

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE  
UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA  
UNA EMPRESA MINERA”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR:**

**JESUS ALEXANDER IPANAQUE GAMBOA**

**ASESOR:**

**MSc. DENYS AMADOR PARRA MURRUGARRA**

**LIMA - PERÚ**

**2017**

*Dedicado a mis padres Rigoberto Ipanaque y Ángela Gamboa, que siempre me apoyaron y siguen apoyándome incondicionalmente para poder alcanzar mis sueños.*

*Los amo mucho, gracias por todo.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>5</b>
<b>PRÓLOGO</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE SIGLAS</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>CAPITULO I: GENERALIDADES</b>	<b>13</b>
1.1. MARCO TEÓRICO	13
1.2. ANTECEDENTES	14
1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	15
1.3.1. Pad de lixiviación	15
1.3.2. Sistema de colección de solución	16
1.3.3. Ampliación de las pozas PLS y GE	17
<b>CAPITULO II: CRITERIOS DE DISEÑO</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO III: INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS DE CAMPO</b>	<b>23</b>
3.1. INVESTIGACIONES DE CAMPO	23
3.1.1. Calicatas	23
3.1.2. Puntos de muestreo	23
3.2. ENSAYOS DE CAMPO	23
3.2.1. Densidad de campo	23
3.2.2. Distribución granulométrica global	24
3.2.3. Ensayos geofísicos	24
3.3. MAPEO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO	24
3.3.1. Depósito morrénico (Unidad geológica geotécnica I)	25
3.3.2. Suelo residual (Unidad geológica geotécnica II)	25
3.3.3. Basamento rocoso (Unidad geológica geotécnica III)	25
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS GEOTÉCNICO</b>	<b>26</b>
4.1. ANÁLISIS GEOTÉCNICO	26
4.1.1. Generalidades	26
4.1.2. Descripción geotécnica de la cimentación	26
4.1.3. Definición de los parámetros geotécnicos	27

4.1.4.	Coeficiente sísmico	29
4.1.5.	Análisis de estabilidad 2D por el método de equilibrio límite	31
4.1.6.	Análisis de desplazamientos permanentes	34
4.1.7.	Análisis esfuerzo-deformación por el método de elementos finitos	35
4.2.	<b>INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA</b>	<b>37</b>
4.2.1.	Hitos de control topográfico	37
4.2.2.	Piezómetro de tubo abierto	37
4.2.3.	Piezómetro de cuerda vibrante	38
4.2.4.	Sensor de asentamiento de cuerda vibrante	38
4.2.5.	Inclinómetro vertical	38
	<b>CAPÍTULO V: HIDROLOGÍA Y BALANCE DE AGUAS</b>	<b>39</b>
5.1.	<b>HIDROLOGÍA</b>	<b>39</b>
5.1.1.	Precipitación anual y mensual	39
5.1.2.	Evaporación y evapotranspiración potencial	41
5.1.3.	Eventos hidrológicos extremos	42
5.2.	<b>BALANCE DE AGUAS</b>	<b>43</b>
5.2.1.	Descripción del modelo del balance de aguas	43
5.2.2.	Parámetros y criterios de simulación	45
5.2.3.	Resultados del balance de aguas	45
	<b>CAPÍTULO VI: DISEÑO CIVIL</b>	<b>48</b>
6.1.	<b>PAD DE LIXIVIACIÓN</b>	<b>48</b>
6.1.1.	Movimiento de tierras	49
6.1.2.	Sistema de subdrenaje	50
6.1.3.	Plan de nivelación	51
6.1.4.	Sistema de revestimiento	52
6.1.5.	Sobrerrevestimiento	54
6.1.6.	Sistema de colección de solución	54
6.1.7.	Apilamiento de mineral	56
6.1.8.	Camino perimetral	57
6.2.	<b>AMPLIACIÓN DE POZAS</b>	<b>57</b>
6.2.1.	Poza PLS	58
6.2.2.	Poza de grandes eventos	58
6.3.	<b>BALANCE DE MASAS</b>	<b>59</b>
	<b>CAPÍTULO VII: DISEÑO HIDRÁULICO</b>	<b>60</b>
7.1.	<b>MANEJO DEL DRENAJE SUPERFICIAL</b>	<b>60</b>

7.1.1.	Canal de coronación Este	61
7.1.2.	Canal de coronación Oeste - Tramo 1	61
7.1.3.	Canal de coronación Oeste - Tramo 2	62
7.1.4.	Estructuras de captación	62
<b>CAPÍTULO VIII: COSTOS DE CAPITAL</b>		<b>63</b>
8.1.	ESTIMADO DE METRADOS	63
8.2.	PRECIOS UNITARIOS	63
8.3.	LISTA DE MATERIALES	64
8.4.	COSTOS INDIRECTOS	64
8.5.	ESTIMADO DE COSTOS	65
<b>CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>66</b>
9.1.	CONCLUSIONES	66
9.2.	RECOMENDACIONES	69
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>71</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>74</b>
<b>PLANOS</b>		<b>75</b>

## RESUMEN

La unidad minera Ángela, propiedad del Consorcio Nueva Lima SA (CNL), se dedica a la extracción de oro mediante la explotación a tajo abierto y posterior lixiviación del mineral en las denominadas Fases 1 y 2 del pad de lixiviación existente, las que se encuentran actualmente en operación.

La capacidad de almacenamiento de las actuales fases del pad de lixiviación no será suficiente para poder continuar con la actividad minera, por lo que será necesario el diseño de una nueva fase, con el fin de satisfacer las demandas de almacenamiento de la unidad minera.

El diseño de la nueva fase fue realizado a nivel de factibilidad y se dividió en las siguientes fases: Fase 3A y Fase 3B. Adicionalmente, el diseño consideró la ampliación de las dos pozas existentes para el manejo de la solución de lixiviación y de aguas de tormentas. El diseño está basado en la tecnología convencional de lixiviación de pilas, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones: la topografía existente en el área del proyecto, las condiciones actuales de construcción alrededor del pad de lixiviación, la configuración de las Fases 1 y 2, la capacidad requerida por CNL, y la estabilidad geotécnica.

El diseño de la ampliación del pad de lixiviación permitirá a CNL continuar con su actividad minera por tres años más, garantizando la estabilidad geotécnica de la pila de lixiviación, correspondiente a las Fases 3A y 3B, y el correcto funcionamiento de las estructuras proyectadas. La ampliación del pad evitará las posibles paradas en la producción debido a la limitada capacidad de almacenamiento del pad de lixiviación existente, estas paradas significarían considerables pérdidas económicas para CNL.

## **ABSTRACT**

*The Angela mining operation, owned by Consorcio Nueva Lima SA (CNL), is active in the extraction of gold through open pit mining and then ore heap leaching in Phases 1 and 2 of the existing leach pad, which are currently in operation.*

*The storage capacity of the heap leach pad current phases will not be enough to continue the mining activity, so it will be necessary to design a new phase, in order to satisfy the storage demands of the mining operation.*

*The design of the new phase was developed at feasibility level and was divided into the following phases: Phase 3A and Phase 3B. Additionally, the design considered the capacity increase of the two existing ponds for the management of the leaching solution and stormwater. The design is based on the conventional heap leaching technology, taking into account the existing topography in the project area, current construction conditions around the leach pad, configuration of Phases 1 and 2, capacity required by CNL, and geotechnical stability.*

*The design of the leach pad expansion will allow CNL to continue its mining activity for three more years, ensuring the heap leach pad geotechnical stability, corresponding to Phases 3A and 3B, and the proper operation of the projected structures. The expansion of the leach pad will avoid possible stops in production due to the storage limited capacity of the existing heap leach pad, these stops would mean considerable economic losses for CNL.*

## PRÓLOGO

El presente trabajo describe detalladamente los pasos y consideraciones a tomar en cuenta para llevar a cabo el diseño de la ampliación de un pad de lixiviación y pozas de operación a nivel de factibilidad, considerando la tecnología de lixiviación en pilas, así como los estándares internacionales de la ingeniería geotécnica, industria minera e ingeniería civil.

Los pads de lixiviación son instalaciones que permiten la extracción de metales de leyes relativamente bajas, a través del proceso de lixiviación en pilas en un área revestida, colectando y transportando la solución hacia pozas, para luego ser bombeadas a una planta de procesos donde se extraen los metales, siendo una operación de costos relativamente bajos cuando se comparan con los procesos convencionales de flotación y concentración.

La importancia de este documento radica en que desarrolla, de manera secuencial, el diseño de la ampliación de un pad de lixiviación, utilizando metodologías modernas y teniendo como respaldo la amplia experiencia del diseñador, tanto en el diseño como en la construcción de pads de lixiviación y una gran variedad de estructuras mineras.

Se realizaron estudios básicos como investigaciones geotécnicas, revisión de la sismicidad, hidrología y balance de aguas. A partir de estos estudios se realizaron los análisis geotécnicos y el diseño civil e hidráulico de la ampliación del pad de lixiviación y pozas de operación, que incluyó la elaboración de metrados y estimación de costos de capital. Cada disciplina involucrada en el desarrollo del proyecto, sustenta sus respectivos análisis, diseños y resultados a partir de cálculos, los que son presentados en sus anexos correspondientes.

Se debe tener en cuenta que el diseño se realizó acorde con las necesidades particulares y condiciones de la operación minera.

Denys Amador Parra Murrugarra

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1: Fuentes de criterios de diseño	19
Tabla 2.2: Criterios de diseño	19
Tabla 4.1: Resumen de propiedades de los materiales	28
Tabla 4.2: Propiedades del basamento rocoso	28
Tabla 4.3: Coeficientes sísmicos	30
Tabla 4.4: Resultados de los análisis de estabilidad	34
Tabla 4.5: Resultados de desplazamientos permanentes por sismo	35
Tabla 4.6: Desplazamientos verticales de la cimentación del pad	36
Tabla 5.1: Precipitación total mensual en escenarios seco, medio y húmedo	40
Tabla 5.2: Evaporación y evapotranspiración	41
Tabla 5.3: Resumen del balance de aguas del pad	46
Tabla 5.4: Demandas de agua fresca de reposición para mina (l/s)	47
Tabla 6.1: Material inadecuado en el pad	49
Tabla 6.2: Movimiento de tierras para nivelación del pad	52
Tabla 6.3: Sistema de revestimiento en pad	54
Tabla 6.4: Capacidad de almacenamiento del pad	57
Tabla 6.5: Materiales para el revestimiento de pozas	59
Tabla 7.1: Canales para pad	60
Tabla 7.2: Estructuras de captación para la ampliación del pad de lixiviación	62

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Proceso de recuperación de mineral en una pila de lixiviación	13
Figura 1.2: Vista panorámica del cierre de una pila de lixiviación	14
Figura 1.3: Vista en planta de la pila de lixiviación	16
Figura 1.4: Vista en planta del sistema de colección de solución	17
Figura 1.5: Vista en planta de la ampliación de las pozas PLS y GE	18
Figura 4.1: Envoltorio no lineal de resistencia cortante del mineral	29
Figura 4.2: Vista en planta de las secciones geotécnicas de estabilidad	31
Figura 4.3: Sección geotécnica de estabilidad 1-1'	32
Figura 4.4: Sección geotécnica de estabilidad 2-2'	32
Figura 4.5: Sección geotécnica de estabilidad 3-3'	32
Figura 5.1: Variación de precipitación total mensual	40
Figura 5.2: Variación de precipitación total mensual según escenarios	41
Figura 5.3: Precipitación, evaporación y evapotranspiración media mensual	42
Figura 5.4: Relación curva IDF para diferentes periodos de retorno	43
Figura 5.5: Modelo de simulación del balance de aguas	44

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b><math>k_y</math></b>	: Aceleración de fluencia
<b><math>m_i</math></b>	: Constante de roca intacta
<b><math>T_r</math></b>	: Periodo de retorno
<b><math>V_p</math></b>	: Velocidad de ondas de compresión (primarias)
<b><math>V_s</math></b>	: Velocidad de ondas de corte (secundarias)
<b><math>V_{s30}</math></b>	: Velocidad de ondas S promedio para los primeros 30 m de profundidad

## LISTA DE SIGLAS

<b>ASTM</b>	: ( <i>American society for testing and materials</i> ) Asociación americana de ensayo de materiales
<b>CNL</b>	: Consorcio Nueva Lima
<b>CQA</b>	: ( <i>Construction quality assurance</i> ) Aseguramiento de la calidad de construcción
<b>FS</b>	: Factor de seguridad
<b>GCL</b>	: ( <i>Geosynthetic clay liner</i> ) Revestimiento geosintético de arcilla
<b>GE</b>	: Grandes eventos
<b>GSi</b>	: ( <i>Geological strength index</i> ) Índice de resistencia geológico
<b>HDPE</b>	: ( <i>High density polyethylene</i> ) Polietileno de alta densidad
<b>IBC</b>	: ( <i>International Building Code</i> ) Código Internacional de Construcción
<b>ISRM</b>	: ( <i>International Society of Rock Mechanics</i> ) Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas
<b>LLDPE</b>	: ( <i>Linear low density polyethylene</i> ) Polietileno de baja densidad
<b>LOM</b>	: ( <i>Life of mine</i> ) Plan de vida de la mina
<b>MAM</b>	: ( <i>Multichannel array of microtremors</i> ) Arreglo multicanal de microtemores

<b>MASW</b>	: ( <i>Multichanel analisis of surface waves</i> ) Análisis multicanal de ondas superficiales
<b>OCH</b>	: Óptimo contenido de humedad
<b>PGA</b>	: ( <i>Peak ground acceleration</i> ) Aceleración pico del suelo
<b>PLS</b>	: ( <i>Pregnant leaching solution</i> ) Solución de lixiviación enriquecida
<b>RMR</b>	: ( <i>Rock mass rating</i> ) Clasificación de la masa rocosa
<b>ROM</b>	: ( <i>Run of mine</i> ) Mineral en bruto de mina
<b>SST</b>	: ( <i>Single sided textured</i> ) Texturada por un solo lado
<b>SUCS</b>	: Sistema unificado de clasificación de suelos
<b>UCS</b>	: ( <i>Unconfined compressive strength</i> ) Compresión no confinada
<b>UM</b>	: Unidad de medida
<b>USACE</b>	: ( <i>US Army Corps of Engineers</i> ) Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EEUU

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de suficiencia profesional detalla el diseño a nivel de factibilidad de la ampliación del pad de lixiviación de la unidad minera Ángela. El diseño incluye las siguientes actividades: investigaciones y campañas geotécnicas de campo, ensayos de laboratorio, análisis geotécnico, hidrología y balance de aguas, diseño civil e hidráulico, costos de capital, y conclusiones y recomendaciones. A continuación se describe brevemente cada uno de los capítulos que componen el presente informe.

Capítulo I: se describen las generalidades del tema desarrollado, tales como una breve y general explicación de la metodología empleada en la recuperación de minerales mediante lixiviación y sus ventajas frente a otros métodos de recuperación; descripción de las estructuras existentes en la unidad minera; y además, una descripción resumida del diseño de la ampliación del pad de lixiviación.

Capitulo II: se presentan los criterios sobre los cuales se realizarán los diseños. Estos criterios son estándares de la industria minera, y algunos fueron proporcionados por el propietario al inicio del proyecto. En este capítulo, también se definen las unidades de medida y las fuentes que proporcionaron los criterios.

Capitulo III: se resumen las investigaciones geotécnicas y ensayos de campo realizados, los cuales son necesarios para definir los parámetros del análisis geotécnico y diseño civil. Asimismo, se presenta la revisión de la información existente proporcionada por el propietario. El programa de investigaciones geotécnicas incluyó el mapeo geológico-geotécnico del área de interés, así como la ejecución de calicatas, ensayos geofísicos y ensayos de campo.

Capitulo IV: se describe la evaluación geotécnica de la configuración final de la ampliación del pad, mediante los siguientes procedimientos: definición de los niveles de cimentación, estimación de parámetros geotécnicos y geomecánicos, determinación del coeficiente sísmico, análisis de estabilidad, análisis de desplazamientos permanentes inducidos por sismo y análisis de esfuerzo-

deformación. Además, se presentan recomendaciones para la instalación de instrumentación geotécnica.

Capítulo V: se presentan las características hidrológicas de la zona del proyecto y la estimación de los parámetros hidrológicos necesarios para realizar el balance de aguas y posterior diseño de las estructuras hidráulicas. También se presenta la verificación de la capacidad de las pozas PLS y GE existentes.

Capítulo VI: se presenta el diseño de los componentes de la ampliación del pad de lixiviación, tales como: nivel de cimentación, sistema de subdrenaje, plan de nivelación, sistema de revestimiento, sobrerrevestimiento, sistema de colección de solución, apilamiento del mineral y camino perimetral. Adicionalmente, se presenta el diseño de la ampliación de las pozas PLS y GE.

Capítulo VII: se presenta el diseño del manejo de drenaje superficial para la ampliación del pad, se consideraron canales de coronación y estructuras de captación. Estas estructuras proyectadas empalmarán con las estructuras hidráulicas existentes y tendrán continuidad.

Capítulo VIII: a partir de los diseños desarrollados, se presenta el estimado de metrados y costos. También se obtuvieron los precios unitarios correspondientes a cada partida definida en el diseño, los que permitieron obtener el costo directo de la construcción de la ampliación del pad de lixiviación. En este capítulo, también se presenta el cálculo de los costos indirectos.

Capítulo IX: se incluyen conclusiones y recomendaciones de cada disciplina desarrollada, surgidas a partir del diseño realizado.

## CAPITULO I: GENERALIDADES

### 1.1. MARCO TEÓRICO

La lixiviación en pilas es una tecnología de procesamiento de minerales, que consiste en lixiviar, mediante soluciones químicas, al mineral chancado con el fin de extraer minerales valiosos. En el caso particular del presente proyecto aurífero, la solución consiste de cianuro de sodio diluido, el que permite disolver el oro del mineral y la solución de lixiviación enriquecida (PLS por sus siglas en inglés) resultante se filtra a través del material apilado para luego ser recuperada a través de un sistema de colección de la solución ubicada en la base del pad de lixiviación. El pad de lixiviación cuenta con un sistema de revestimiento compuesto conformado por geomembrana y una capa de arcilla).

Mediante el sistema de colección, la solución es captada y derivada hacia la poza de solución enriquecida o poza PLS, y desde allí bombeada a la planta de procesos para ser tratada, y recuperar el mineral valioso, luego la solución es recirculada hacia la pila, previamente cargada con solución cianurada. En la Figura 1.1 se muestra el proceso mencionado líneas arriba.

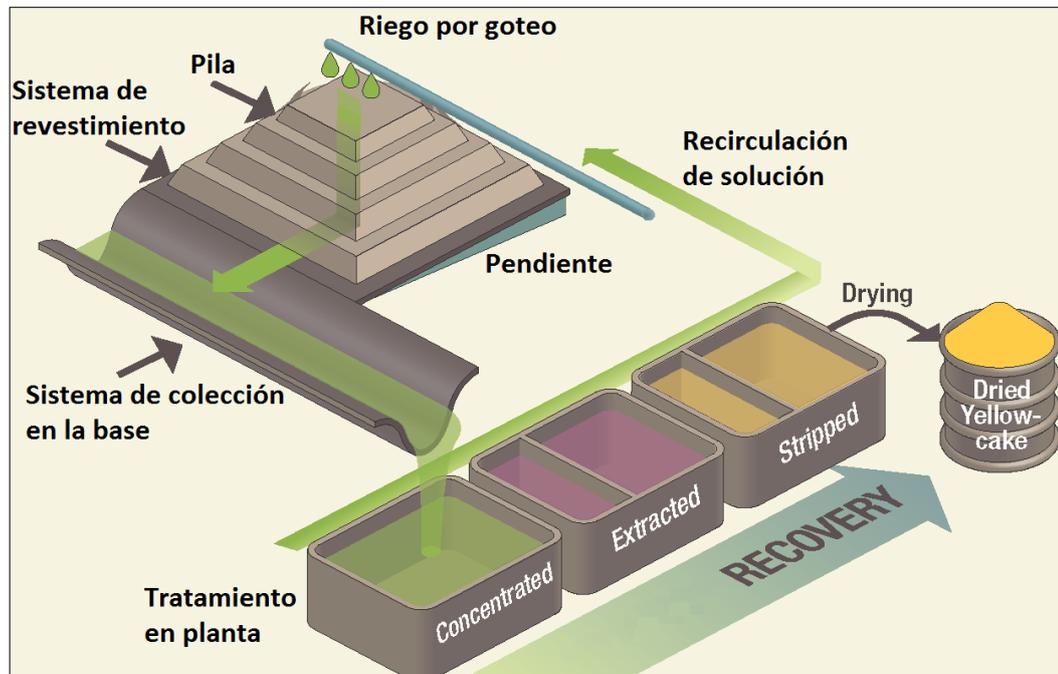


Figura 1.1: Proceso de recuperación de mineral en una pila de lixiviación

Fuente: *US Nuclear Regulatory Commission*

La extracción de metales a través de la tecnología de lixiviación en pilas es un método eficiente y económico para el procesamiento de grandes volúmenes de minerales de baja ley, debido al reducido tratamiento metalúrgico de los minerales, que es requerido para extraer una cantidad equivalente de minerales valiosos en comparación con los procesos de flotación y concentración de minerales. Por otro lado, el costo total del impacto ambiental causado por las pilas de lixiviación es generalmente menor que las mayorías de técnicas tradicionales de recuperación. También se requiere menos consumo de energía para usar esta metodología, por lo cual, muchos la consideran una alternativa ambientalmente sostenible. En la Figura 1.2 se observa la vista panorámica del cierre de una pila de lixiviación luego de finalizar sus operaciones, se observa el mínimo impacto visual en el ambiente.



Figura 1.2: Vista panorámica del cierre de una pila de lixiviación

Fuente: InfoMine

## 1.2. ANTECEDENTES

Consorcio Nueva Lima SA (CNL) inició sus operaciones en Ángela en agosto de 2012, teniendo como objetivo la producción de oro mediante la explotación del tajo

Chalaorco, y la posterior lixiviación del mineral chancado en el pad y recuperación en la planta de procesos.

Inicialmente, el inicio de las operaciones se realizó en la Fase 1 del pad de lixiviación y las pozas PLS y de Grandes Eventos (GE); como ampliación, se construyó la Fase 2, la cual se encuentra actualmente en operación. Debido al aumento de las reservas proyectado por CNL, existe una necesidad de almacenamiento de mineral adicional, por lo que es necesario el diseño de la Fase 3 (dividida en Fases 3A y 3B) y la ampliación de sus pozas, lo cual es el objetivo de este informe.

### 1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Las instalaciones que forman parte del diseño de la Fase 3 del pad de lixiviación están basadas en la información recibida del propietario y las condiciones del terreno existente. A continuación se describen los componentes del diseño.

#### 1.3.1. Pad de lixiviación

Permitirá realizar el proceso de lixiviación y colección de la solución. El sistema de revestimiento ubicado en la base, evitará las infiltraciones y fugas de la solución hacia el terreno natural. En la Figura 1.3 se observa la configuración final del apilamiento de la Fase 3 (colores verde y rojo), conformada por sus respectivos accesos y canales perimetrales, los cuales darán continuidad a las operaciones de mina.

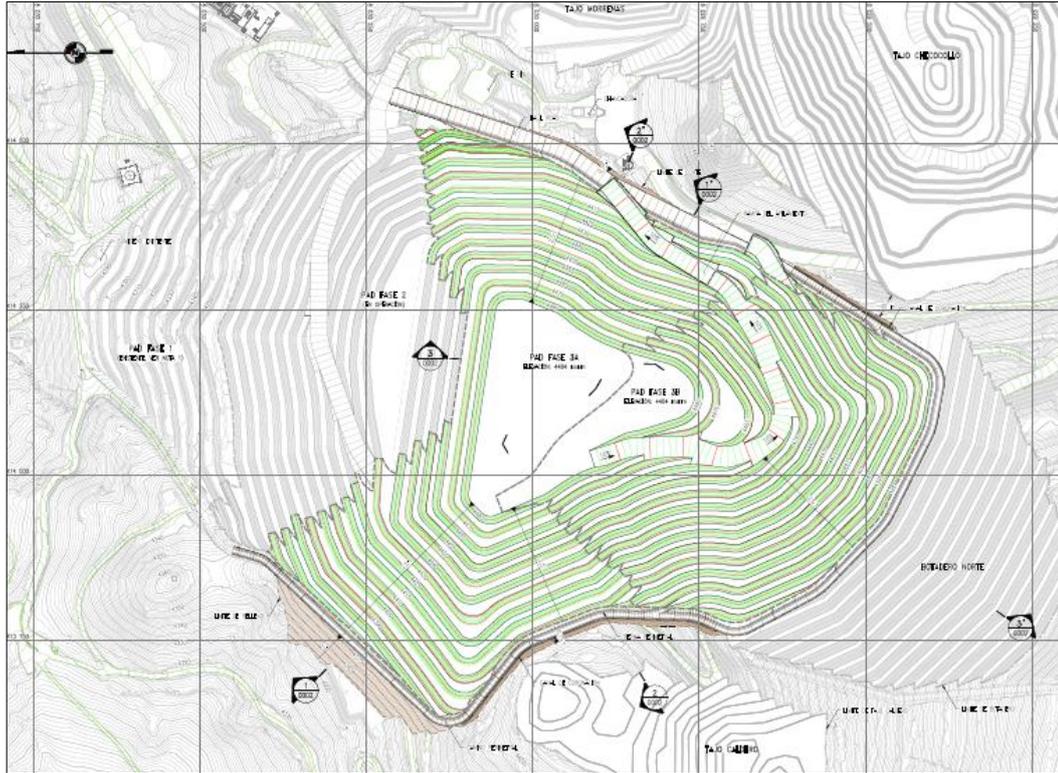


Figura 1.3: Vista en planta de la pila de lixiviación  
Fuente: Elaboración propia

### 1.3.2. Sistema de colección de solución

Conformado por una red de tuberías perforadas que facilitará la captación de la solución y su conducción hacia las pozas de procesos. Este sistema será colocado sobre el sistema de revestimiento. En la Figura 1.4 se observa el sistema de colección proyectado (colores rojo y azul) y el existente (en gris).



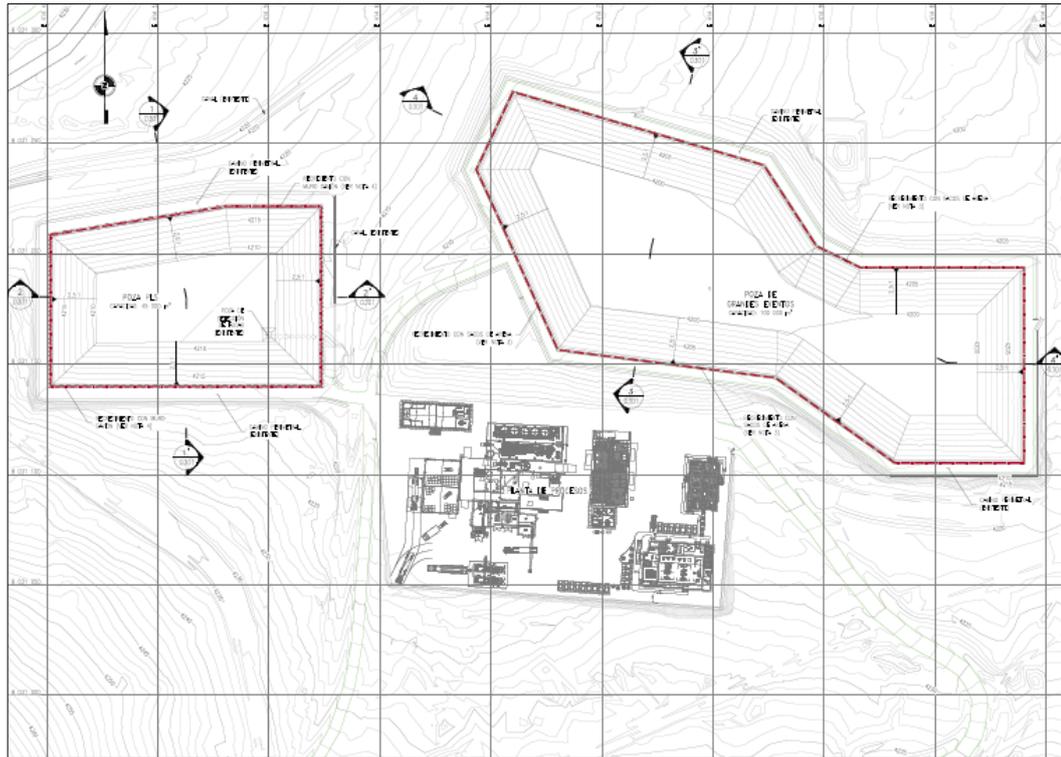


Figura 1.5: Vista en planta de la ampliación de las pozas PLS y GE  
Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO II: CRITERIOS DE DISEÑO

El diseño a nivel de factibilidad de la ampliación del pad de lixiviación fue desarrollado con base en los criterios de diseño establecidos en el presente capítulo, y sobre datos de diseño calculados y establecidos por los estándares internacionales de la ingeniería geotécnica, industria minera e ingeniería civil.

Esta sección presenta la descripción de los criterios de diseño, las unidades de medida, criterios utilizados en este estudio y la fuente que proporcionó el criterio. Los criterios estándares de la industria minera son los que fueron utilizados para el desarrollo de la ingeniería, a excepción de los criterios proporcionados por CNL y que son presentados en la Tabla 2.2. La fuente que proporcionó los criterios de diseño es presentada en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Fuentes de criterios de diseño

Fuente	Denominación
Información o criterio proporcionado por CNL	A
Recomendación del diseñador	B
Cálculo	C
Literatura y/o practica estándar de la industria	D

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.2: Criterios de diseño

Descripción	UM	Criterio usado	Fuente
<b>Parámetros de operación</b>			
Mineral total (2013-2021)	Mt	61.00	A
Reservas de mineral (2018-2021)	Mt	25.00	A
Capacidad requerida de mineral (2018-2021)	Mt	27.50	A
Tiempo de operación (2018-2021)	años	~3	A
Producción de mineral promedio por día	t/día	21 000	A
Producción de mineral promedio por mes	Mt/mes	0.63	A
Producción de mineral promedio por año	Mt/año	7.66	A
Método de transporte	camión / faja	camión	A
Tipo de camión de carga	modelo	CAT 777	A
Producto	ROM / mineral chancado	mineral chancado	A
Ciclo de lixiviación	días	60	A
Tasa de aplicación nominal	l/h/m <sup>2</sup>	10	A
Tasa de aplicación máxima (diseño)	l/h/m <sup>2</sup>	11	A
Flujo máximo de bombeo	m <sup>3</sup> /h	1060	A

Descripción	UM	Criterio usado	Fuente
Tipo de riego	aspersión / goteo	goteo	A
Perdidas por evaporación por el tipo de riego	%	0.1	A
Factor de evaporación en pozas	%	75	A
Factor de evaporación en áreas lixiviadas	%	110	A
Factor de evaporación en áreas no lixiviadas	%	15	A
Humedad natural del mineral (época húmeda)	%	2.9 a 3.2	A
Humedad natural del mineral (época seca)	%	2.2 a 2.5	A
Humedad de lixiviación	%	9 a 12	A
Humedad residual (mezcla tajo Chalaorco + Tajo 2, año 2018)	%	8.7	A
Humedad residual	%	6	A
Absorción, retención de humedad (época húmeda)	%	3 a 4	A
Duración de averías, tiempo de percolación libre	horas	24	A
Precipitación total anual (año seco, periodo de retorno de 100 años) (*)	mm	14.4	A/B
Precipitación total anual (año medio) (*)	mm	169.5	A/B
Precipitación total anual (año húmedo, periodo de retorno de 100 años) (*)	mm	592.6	A/B
Precipitación máxima (100 años de periodo de retorno)	mm	27.1	A/B
Demanda de agua para otras áreas	l/s	4.1	A
Demanda de agua para proyectos	l/s	1.2 a 2	A
<b>Parámetros de balance de aguas</b>			
Área 2D proyectada del pad total (existente y proyectado)	ha	133	B
Capacidad de poza PLS	m <sup>3</sup>	45 000	A
Capacidad de poza GE	m <sup>3</sup>	100 000	A
Área 2D total de pozas (PLS+GE)	ha	3.2	C
Volumen al inicio de la simulación	m <sup>3</sup>	5000	B
Volumen mínimo de operación	m <sup>3</sup>	5000	B
Uso de coberturas impermeables ( <i>raincoats</i> )	si / no	no	A/B
Mes de inicio de la simulación	-	julio 2018	B
<b>Parámetros de estabilidad</b>			
Procedimiento de análisis de estabilidad (Método de equilibrio limite)	procedimiento	Spencer	B/D
Periodo de retorno del evento sísmico de diseño para la condición de operación	años	100	B/C
Periodo de retorno del evento sísmico de diseño para la condición de cierre	años	475	B/C
Aceleración máxima del suelo (Tipo C) PGA - Condición de operación	g	0.27	B/C
Aceleración máxima del suelo (Tipo C) PGA - Condición de cierre	g	0.47	B/C
Coeficiente sísmico condición de operación	g	0.07 - 0.11	B/C/D
Coeficiente sísmico condición de cierre	g	0.13 - 0.153	B/C/D
Estabilidad estática corto plazo, mínimo	FS	1.3	D

Descripción	UM	Criterio usado	Fuente
Estabilidad estática largo plazo, mínimo	FS	1.5	D
Estabilidad pseudoestática, mínimo	FS	1.0	D
Máximo desplazamiento permanente inducido por sismo para la condición de operación	cm	15 - 50	B/D
Máximo desplazamiento permanente inducido por sismo para la condición de cierre	cm	50	B/D
<b>Pad de lixiviación</b>			
Densidad del mineral chancado	t/m <sup>3</sup>	1.60	A
Talud global del pad	H:1V	2.5	B
Talud local	H:V	1.44:1	A
Altura típica de banco	m	8	A
Ancho de banquetas	m	8.48	A
Capacidad de almacenamiento	Mt	27.45	A/B
<b>Sistemas de subdrenaje y colección de solución</b>			
Sistema de subdrenaje	si / no	si	B
Tubería del sistema de subdrenaje	tipo	HDPE pared doble perforada	B
Tipo de sistema de colección	gravedad / bombeo	gravedad	A/B
Tubería del sistema de colección de solución	tipo	HDPE pared doble perforada	B
<b>Sistema de revestimiento</b>			
Sistema de revestimiento	simple / doble	simple	A/B
Material de revestimiento	HDPE / LLDPE	LLDPE	B
Tratamiento superficial de la geomembrana	textura	texturada por un solo lado SST	B
Espesor del revestimiento	mm	2	B
Espesor del revestimiento de suelo de baja permeabilidad	mm	300	B
<b>Rampa de apilamiento</b>			
Radio de giro mínimo	m	30	A
Pendiente máxima	%	10	A
Ancho libre de la vía	m	19	A
Ancho total de la vía	m	26	A
Número de carriles	und	3	A
<b>Camino de acceso perimetral</b>			
Máxima pendiente de diseño	%	22	A
Ancho de superficie de rodadura	m	6	A
Radio mínimo de la curva horizontal	m	40	A
Peralte de acceso perimetral	%	2	A
Base de rodadura	m	0.2	A
<b>Canales de coronación</b>			
Periodo de retorno para canal permanente	años	100	B
Recubrimiento para el canal de derivación permanente	tipo	concreto simple	B

Descripción	UM	Criterio usado	Fuente
Recubrimiento para el canal de derivación temporal	tipo	geomembrana	A
Pendiente mínima del canal	%	1	B
Borde mínimo libre	m	0.3	D

Fuente: Elaboración propia

(\*): Información proporcionada por CNL con base en la información de Silver (2014).

## CAPÍTULO III: INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS DE CAMPO

En esta sección se describen las investigaciones geotécnicas de campo necesarias para el desarrollo del análisis geotécnico y el diseño civil de la ampliación del pad de lixiviación. Asimismo, se evalúan los aspectos geológicos. Se revisó la información que proporcionó CNL, posteriormente se planificó un programa de investigaciones geotécnicas de campo que incluyó el mapeo geológico-geotécnico.

### 3.1. INVESTIGACIONES DE CAMPO

#### 3.1.1. Calicatas

En total se ejecutaron 20 calicatas, de acuerdo con la norma ASTM D2488, se realizó una descripción detallada de los estratos del subsuelo registrados en cada una de las calicatas. Los resúmenes detallados de las calicatas ejecutadas en el área del Pad Fase 3 se resumen en la Tabla 1 del Anexo A.1 y se detallan en el Anexo A.2.

#### 3.1.2. Puntos de muestreo

Con el fin de evaluar y extraer muestras alteradas de desmonte de mina, mineral lixiviado y sobrerrevestimiento, se registraron 10 puntos de muestro en el Botadero Norte, 5 puntos de muestreo en el Pad Fase 2A y 9 puntos de muestreo en el Pad Fase 2B. Mayor detalle se presenta en la Tabla 2 del Anexo A.1.

### 3.2. ENSAYOS DE CAMPO

#### 3.2.1. Densidad de campo

En el área de estudio ejecutaron 4 ensayos de densidad de campo mediante método del cono de arena con la finalidad de determinar la densidad del suelo de cimentación. El resumen de los ensayos se muestra en la Tabla 3 del Anexo A.1; por otro lado, en el Anexo A.3 se presentan los registros correspondientes.

### 3.2.2. Distribución granulométrica global

En el área del Botadero Norte se realizó un ensayo de granulometría global, este ensayo se utilizó para determinar la posibilidad de escalar de manera homotética las muestras de desmonte que serán ensayadas en el laboratorio.

### 3.2.3. Ensayos geofísicos

Se ejecutaron un total de 14 ensayos de refracción sísmica, con una longitud total de 1400 m y longitud máxima de línea de 100 m. La ubicación de las líneas sísmicas se presenta en la Tabla 4 del Anexo A.1. Asimismo, se ejecutaron 12 ensayos MASW y 7 ensayos MAM, la ubicación de estos ensayos se presentan en las Tablas 5 y 6 del Anexo A.1.

Estos ensayos fueron ejecutados con la finalidad de determinar, de forma indirecta, la estratigrafía del suelo de cimentación y sus principales características sísmicas. La distribución de los ensayos ejecutados se presenta en el Plano 100-21-001.

En la Tabla 7 del Anexo A.1 se resume la interpretación de cada una de las líneas de refracción sísmica; en las Tablas 8 y 9 del Anexo A.1 se presenta el resumen con la interpretación de cada ensayo MASW y MAM, respectivamente; en la Tabla 10 del Anexo A.1 se presentan las velocidades de ondas S promedios para los primeros 30 m de profundidad ( $V_{s30}$ ) en cada ensayo MASW y el tipo de suelo de acuerdo con el IBC (2012); y en las Tablas 11 y 12 del Anexo A.1 se presenta una comparación entre los perfiles estratigráficos de  $V_p$  y  $V_s$  para determinar el cambio de rigidez entre las capas de suelo a través del coeficiente de Poisson. Los perfiles resultantes de los ensayos geofísicos se muestran en el Anexo A.4.

## 3.3. MAPEO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

Se realizó el mapeo geológico-geotécnico con el objetivo de identificar los rasgos geológicos y las unidades geológicas-geotécnicas, las cuales fueron identificadas de manera visual y complementadas con investigaciones de campo e información existente. El mapeo y las secciones geológicas-geotécnicas se presentan en los

Planos 100-21-010, y 100-21-011 y 012, respectivamente. En el área de estudio se definieron tres unidades geológicas-geotécnicas:

### 3.3.1. Depósito morrénico (Unidad geológica geotécnica I)

Unidad de origen glaciar, la cual se encuentra en laderas de pendiente media. Este depósito clasifica, de acuerdo con SUCS, como: grava limosa con arena (GM), grava arcillosa con arena (GC), grava pobremente gradada con limo (GP), arena limosa (SM), arcilla con grava y arena (CL) y limo con arena (ML), plasticidad baja a media, de compacidad suelta a medianamente densa en suelos granulares y de consistencia de firme a rígida en suelos finos, ligeramente húmedo a húmedo, color pardo a pardo amarillento, estructura homogénea, presencia de bolonería de tamaño máximo de 7" y bloques de tamaño máximo de 30".

### 3.3.2. Suelo residual (Unidad geológica geotécnica II)

Este depósito está clasificado, según SUCS, como: grava limosa con arena (GM), grava pobremente gradada con arcilla (GP-GC), grava limosa (GM), arena limosa con arena (SM) y limo gravoso con arena (ML), plasticidad nula a media, de compacidad suelta a densa en suelos granulares y de consistencia blanda a rígida en suelos finos, seco a ligeramente húmedo, color pardo a gris claro, estructura homogénea y estratificada, presencia de bolonería de tamaño máximo de 5" y bloques de tamaño máximo de 20".

### 3.3.3. Basamento rocoso (Unidad geológica geotécnica III)

Se identificó la presencia de roca volcánica, de composición mayormente andesítica. Se encuentra subyaciendo al suelo residual y al depósito morrénico, se caracteriza por presentar resistencia media (R3.0), ligeramente alterada a muy alterada, se encuentra ligeramente fracturada a extremadamente fracturada, ligeramente húmeda a húmeda, de color gris. De acuerdo con ISRM, presenta una calidad geomecánica muy mala a regular, RMR básico promedio de 19 a 58.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS GEOTÉCNICO

En este capítulo, se realizará la caracterización y evaluación geotécnica de la configuración final de las nuevas fases del pad de lixiviación, a partir de la información obtenida de las investigaciones de campo y de la información proporcionada por CNL.

### 4.1. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

#### 4.1.1. Generalidades

En este capítulo se desarrolla la descripción geotécnica de las características de la cimentación, la determinación de las propiedades geotécnicas de los materiales que conforman el modelo geotécnico de las nuevas fases del pad de lixiviación, el análisis de respuesta sísmica 1D, el análisis de estabilidad física de taludes 2D por el método de equilibrio límite, el cálculo de desplazamientos permanentes inducidos por sismo por el método simplificado de Bray y Travasarou (2007) y el análisis esfuerzo-deformación por el método de elementos finitos.

De acuerdo con las investigaciones geotécnicas de campo y al diseño civil, el modelo geotécnico de las estructuras, en general, está conformado por mineral lixiviado, desmonte de mina (grueso y fino), suelo de cimentación (suelo residual y depósito morrénico) y basamento rocoso. Los parámetros de resistencia al corte de los materiales que conforman el modelo geotécnico se obtuvieron a partir de la revisión de información, ensayos de campo, ensayos de laboratorio, correlaciones empíricas sustentadas en la literatura existente y experiencia propias.

#### 4.1.2. Descripción geotécnica de la cimentación

La revisión de información y la investigación geotécnica de campo permitieron identificar y definir las características de resistencia cortante de los materiales que se apilarán en las nuevas fases del pad de lixiviación, así también, de los materiales que conformarán la cimentación de las instalaciones proyectadas.

#### 4.1.2.1. Nivel de agua

De acuerdo con la información revisada, los piezómetros instalados en diversas zona del pad de lixiviación registraron que el nivel de las aguas subterráneas en la zona de la ampliación del pad, se encuentra a 18.5 m de profundidad, aproximadamente.

#### 4.1.2.2. Nivel de cimentación

Durante la investigación geotécnica de campo, consistente principalmente en calicatas, se determinaron niveles de cimentación del pad de lixiviación. Estos niveles representan las profundidades que se deben alcanzar para encontrar suelos competentes y cimentar las estructuras durante la construcción. Los suelos de cimentación del pad corresponden a depósitos morrénicos, estos materiales están conformados por grava limosa con arena, grava arcillosa con arena, arcilla con grava y arena, limo con arena de estructura homogénea.

En general, el nivel de cimentación en la zona de ampliación del pad de lixiviación varía desde 0 hasta 1 m.

#### 4.1.2.3. Caracterización del basamento rocoso

El basamento rocoso está conformado por intercalaciones de rocas volcánicas tipo andesita, riolita, riolacita y brechas andesíticas. En general, el basamento rocoso se encuentra entre ligeramente y moderadamente alterado, y muy fracturado, su resistencia varía de débil a muy dura (R2 a R5).

#### 4.1.3. Definición de los parámetros geotécnicos

Las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que conforman el modelo geotécnico se obtuvieron de la información revisada, investigaciones y ensayos de campo, ensayos de laboratorio, correlaciones empíricas sustentadas en la literatura existente y criterio de los profesionales en trabajos similares.

Para la ejecución de los análisis de estabilidad, las propiedades de resistencia cortante de los materiales fueron reducidas apropiadamente, con la finalidad de tomar en cuenta la variabilidad espacial de los mismos. En la Tabla 4.1 se presentan las propiedades utilizadas en los análisis geotécnicos. Asimismo, en la Tabla 4.2 se presenta las propiedades geotécnicas del basamento rocoso, mientras que en la Figura 4.1 se presenta la envolvente no lineal de resistencia cortante que caracteriza el comportamiento geotécnico del mineral lixiviado de la pila, la envolvente se definió a partir de la interpretación de los resultados de los ensayos triaxiales.

Tabla 4.1: Resumen de propiedades de los materiales

Material	Peso específico (kPa)	Peso específico saturado (kPa)	Parámetros de resistencia	
			Cohesión (kPa)	Ángulo de fricción (°)
Mineral lixiviado	17	18	Ver Figura 4.1	
Desmante de mina grueso	16	17	10	38
Desmante de mina fino	15	16	25	19
Relleno estructural	19	20	0	36
Interfase suelo de baja permeabilidad - geomembrana (Fase 2)	17	18	Se utilizará envolvente de falla no lineal (*)	
Depósito morrénico	18	19	10	28
Suelo residual	17	18	0	30
Basamento rocoso	Ver Tabla 4.2			

Fuente: Elaboración propia

(\*): Se podrán modelar las variaciones que experimenta la resistencia al corte ante las diferentes sollicitaciones de carga (esfuerzo normal)

Tabla 4.2: Propiedades del basamento rocoso

Material	Peso unitario (kN/m <sup>3</sup> )	Hoek Brown			
		UCS (MPa)	GSI	Constante de roca intacta (m <sub>i</sub> )	Grado de disturbancia (D)
Basamento rocoso	25	49.6	25	17.4	0.0

Fuente: Elaboración propia

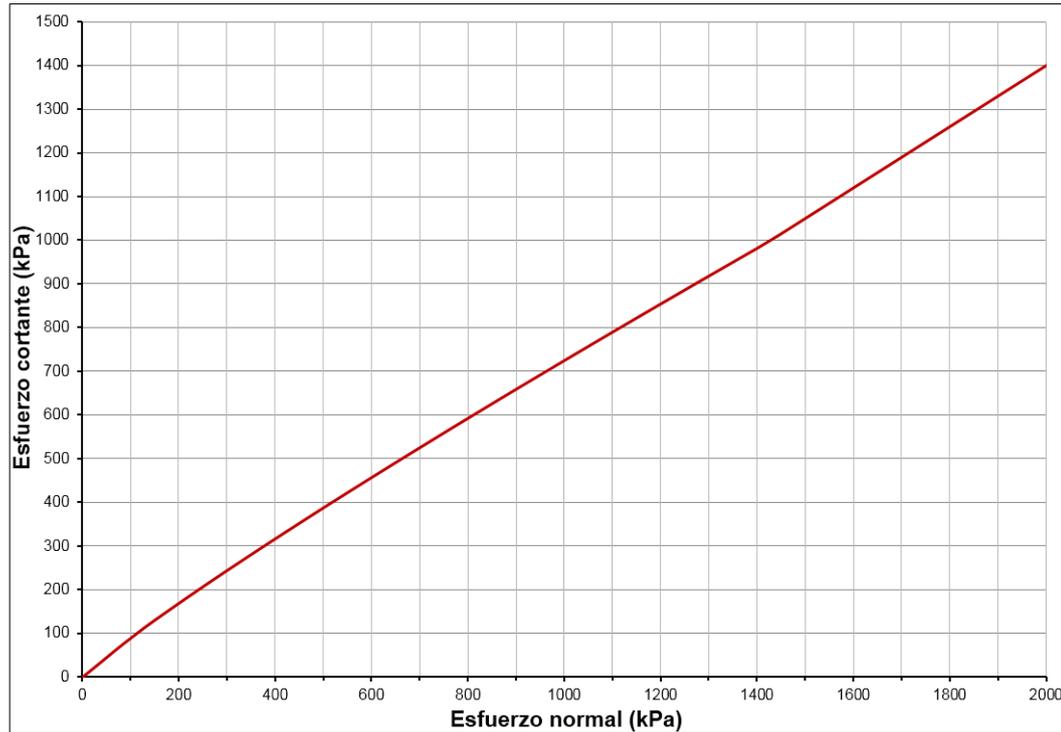


Figura 4.1: Envolvente no lineal de resistencia cortante del mineral

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4. Coeficiente sísmico

Es un coeficiente que permite determinar la fuerza lateral usada en el análisis pseudoestático de equilibrio límite. Esta fuerza es una forma de representar los efectos inerciales de la carga sísmica en taludes y estructuras de retención de tierra. De acuerdo con esta definición, el coeficiente sísmico no es el mismo al PGA, un coeficiente vertical o un factor de seguridad independiente.

De acuerdo con estudios de peligro sísmico realizados para el proyecto, se consideraron valores de PGA de 0.27 y 0.47 para periodos de retorno de 100 y 475 años, respectivamente.

De acuerdo con las recomendaciones del USACE, el coeficiente sísmico se calcula como el 50% del PGA. Esta recomendación surge luego de analizar estructuras con el método pseudoestático con factores de seguridad mayores a 1 sin desarrollar desplazamientos mayores a 1 m, que es un valor arbitrario que puede ser tolerado en presas de tierra. A partir de esta sugerencia, el coeficiente

sísmico se estima en 0.135 y 0.235 para periodos de retorno de 100 y 475 años, respectivamente.

La normativa peruana sobre taludes (E.050 y CE 020) no menciona alguna recomendación respecto a que fracción del PGA se deberá emplear como coeficiente sísmico. En el medio, es común utilizar el 50% del PGA.

Por otro lado, existen otras corrientes y métodos modernos más racionales. En este trabajo, para el cálculo del coeficiente sísmico, se empleó el método Bray y Travararou (2009), que está basado en el concepto de serviciabilidad de la estructura a analizar y la demanda sísmica, expresada por un espectro de respuesta. La serviciabilidad considera el desplazamiento máximo permisible de la estructura manteniendo su integridad. Esta metodología considera los siguientes aspectos: la altura del posible bloque deslizante y su respectivo periodo fundamental basado en la velocidad de ondas de corte promedio del talud de suelo analizado.

El cálculo del coeficiente sísmico considera una magnitud conservadora del desplazamiento inducido por el sismo, el que no puede ser superado y asegura el correcto funcionamiento de la estructura a ser analizada, siempre y cuando el factor de seguridad sea mayor a 1. En la Tabla 4.3 se muestran los resultados de la estimación de los coeficientes sísmicos en condiciones de operación y cierre del pad de lixiviación analizado.

Tabla 4.3: Coeficientes sísmicos

Descripción	Periodo de retorno (años)	Zona	Serviciabilidad (cm)	Coeficiente sísmico
Condición de operación	100	Botadero Norte	50	0.07
		Pad Fase 3	15	0.11
Condición de cierre	475	Botadero Norte	50	0.13
		Pad Fase 3	50	0.153

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.5. Análisis de estabilidad 2D por el método de equilibrio límite

El análisis geotécnico de estabilidad física de taludes consideró analizar tres secciones correspondientes a la Fase 3 del pad: una correspondiente a la Fase 3 sobre el Botadero Norte, y dos correspondientes a la Fase 3 sobre la Fase 2. Estas secciones representan las condiciones más críticas y desfavorables de esta instalación. El análisis se realizó considerando fallas del tipo bloque y circular en condiciones estáticas y pseudoestáticas.

La planta se presenta en la Figura 4.2 y las secciones analizadas en la Figura 4.3, Figura 4.4, Figura 4.5. Para evaluar las secciones más críticas, se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se consideraron las secciones donde el ángulo del talud de apilamiento es mayor y la inclinación de la cimentación es menor, esto permitió analizar la estabilidad considerando la máxima carga de apilamiento que estará sometida la cimentación.
- Para los análisis de estabilidad en la interfase (falla tipo bloque), se consideraron como secciones críticas aquellas donde la cimentación presenta la mayor pendiente.

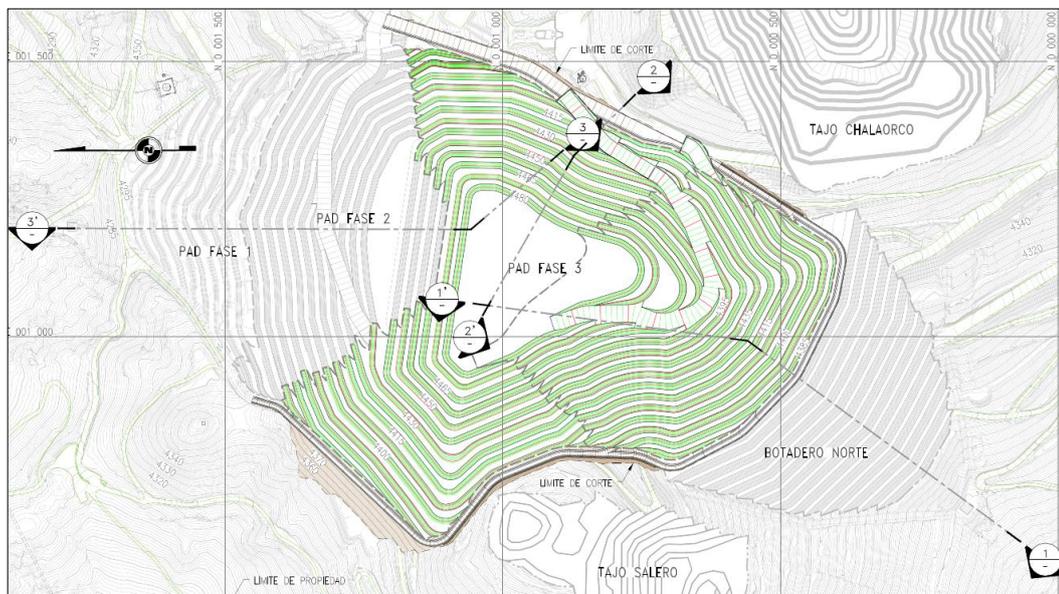


Figura 4.2: Vista en planta de las secciones geotécnicas de estabilidad

Fuente: Elaboración propia

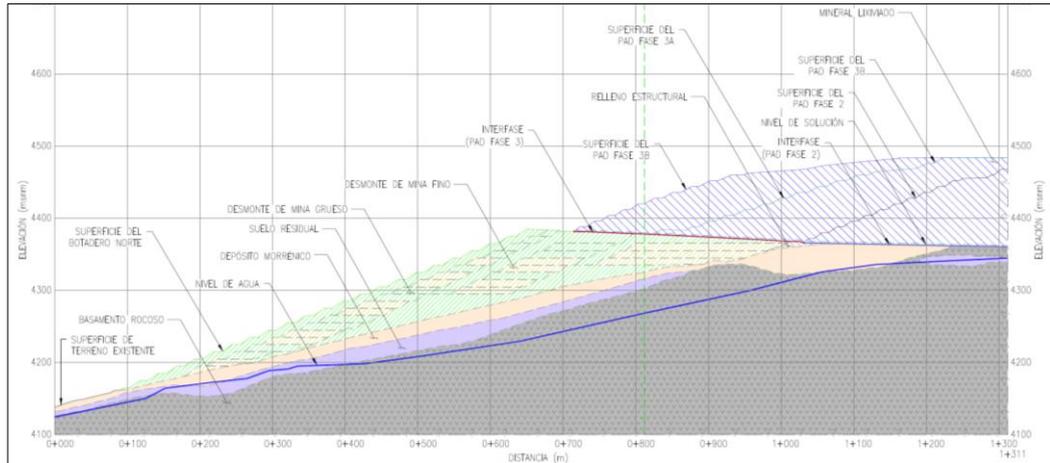


Figura 4.3: Sección geotécnica de estabilidad 1-1'  
 Fuente: Elaboración propia

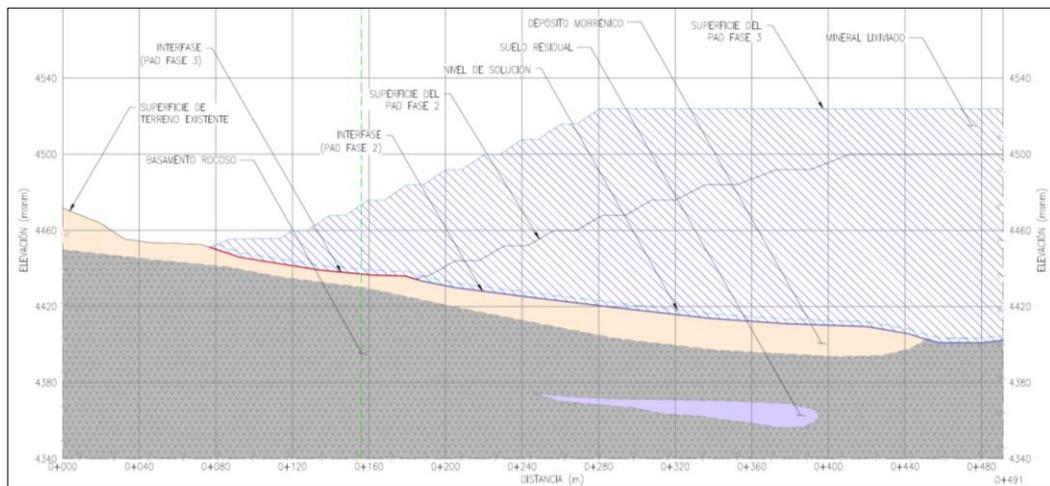


Figura 4.4: Sección geotécnica de estabilidad 2-2'  
 Fuente: Elaboración propia

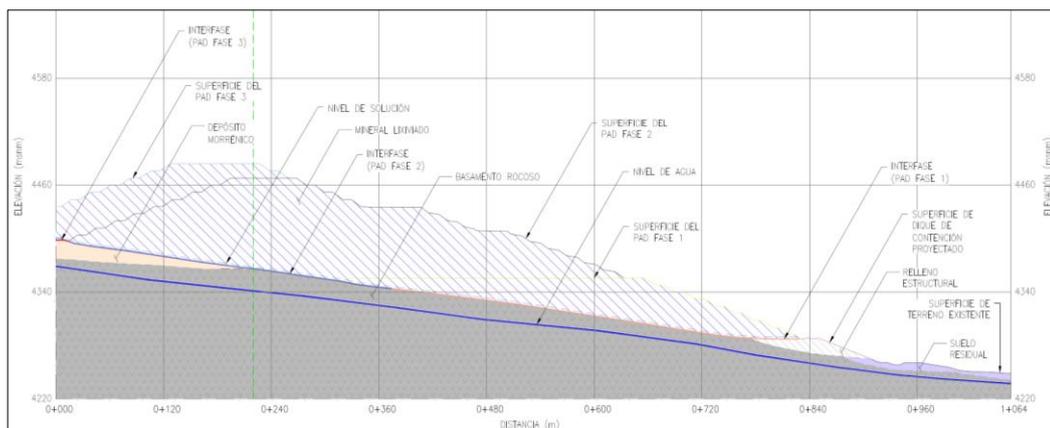


Figura 4.5: Sección geotécnica de estabilidad 3-3'  
 Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.5.1. Metodología de análisis

El análisis de estabilidad de taludes se realizó con el programa de cómputo Slide versión 6.0 (Rocscience, 2010). El cálculo del factor de seguridad se realiza en una sección, donde se tienen las condiciones más críticas, lo cual permite llevar a cabo un análisis de forma bidimensional, y aproximando el problema a un estado de deformación plana. Se utilizó el método de Spencer, ya que satisface simultáneamente todas las ecuaciones de equilibrio estático (fuerzas y momentos) y por ser considerado el más estable numéricamente.

#### 4.1.5.2. Criterios de análisis

Los factores de seguridad que se obtengan del análisis de estabilidad deberán cumplir con los mínimos indicados en el Capítulo 2. Si el FS pseudoestático es menor a 1.0, se deberá verificar que los desplazamientos permanentes sean menores a los admisibles para la estructura y garantice la serviciabilidad. Los desplazamientos permisibles se muestran en la Tabla 4.3.

#### 4.1.5.3. Condiciones de análisis

Las condiciones de análisis fueron las siguientes:

- Se realizó el análisis de estabilidad en la configuración final de las estructuras diseñadas.
- En el modelo geotécnico se considera que el nivel de solución estará como máximo a 2 m por encima de la geomembrana, lo cual es una hipótesis conservadora para instalaciones revestidas que colectan solución.
- El análisis de estabilidad se realizó con las propiedades de resistencia al corte de los materiales que conforman el modelo geotécnico. Las propiedades de resistencia al corte de la interfase suelo de baja permeabilidad y geomembrana, fueron determinadas con base en ensayos de corte directo a gran escala.

#### 4.1.5.4. Resultados obtenidos

En la Tabla 4.4 se presenta el resumen de los resultados obtenidos en los análisis de estabilidad física.

Tabla 4.4: Resultados de los análisis de estabilidad

Sección de análisis	Tipo de falla - Condición	Factor de seguridad (FS)				$k_y$ (*) (g)
		Estático		Pseudoestático		
		Corto plazo	Largo plazo	$T_r=100$ años	$T_r=475$ años	
1-1'	Circular - Global	1.75	1.87	1.51	1.32	-
	Circular - Local	1.31	2.11	1.69	1.44	-
	Bloque - Global	1.89	1.89	1.34	1.19	-
2-2'	Circular - Global	-	2.33	1.69	1.54	-
	Bloque - Global	-	1.93	1.39	1.25	-
3-3'	Circular - Global	-	2.30	1.76	1.67	-
	Circular - Local	-	2.30	1.79	1.70	-
	Bloque - Global	-	1.49	1.09	1.02	0.117
	Bloque - Local	-	1.74	1.33	1.26	-

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis desarrollado

(\*): Corresponde al coeficiente sísmico del análisis de estabilidad con FS =1

De los resultados obtenidos se observa que los FS se encuentran por encima de los mínimos establecidos en los criterios de análisis, tanto para la condición estática como pseudoestática. En el Anexo B.2 se presentan las salidas del programa Slide, las que muestran los análisis de estabilidad de taludes realizados, con información de la superficie de falla crítica y el resumen de las propiedades de resistencia utilizadas.

#### 4.1.6. Análisis de desplazamientos permanentes

Los análisis fueron realizados para las condiciones de operación y cierre de las estructuras a manera de estimar los máximos desplazamientos en la zona de interfase de la pila y así verificar la integridad del sistema de revestimiento, a partir de una metodología más rigurosa que tan solo un factor de seguridad.

En el análisis se utilizó el método de Bray y Travasarou (2007). Para la aplicación de este método se calcularon las aceleraciones de fluencia ( $k_y$ ), las cuales corresponden al valor del coeficiente sísmico para cuando el talud se encuentra

en estado de falla inminente, es decir, un factor de seguridad igual a 1.0. Se calcularon también las alturas promedio de los bloques deslizantes.

En la Tabla 4.5 se presentan los desplazamientos promedios para las condiciones de operación y cierre, y en el Anexo B.3 se detallan los cálculos realizados. Como se puede observar de esta tabla, los valores de desplazamientos calculados se encuentran por debajo de los máximos permisibles para este tipo de estructuras, por lo tanto, se concluye que los desplazamientos inducidos por sismo son aceptables.

Tabla 4.5: Resultados de desplazamientos permanentes por sismo

Sec.	Tipo de falla - Condición	k <sub>y</sub> (g)	Desplazamientos permanentes (cm)					
			Condición de operación (T <sub>r</sub> = 100 años)			Condición de cierre (T <sub>r</sub> = 475 años)		
			P(D)=0	Prom.	Rango	P(D)=0	Prom.	Rango
3-3'	Bloque - Global	0.117	53%	2.8	1.4 - 5.6	2%	18.1	9.05 - 36.2

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis desarrollado

P(D)= 0: Probabilidad de desplazamiento inducido despreciable o cercana a 0 cm

#### 4.1.7. Análisis esfuerzo-deformación por el método de elementos finitos

##### 4.1.7.1. Metodología de análisis

Este método riguroso permite relacionar las leyes constitutivas de los materiales simulando las condiciones físicas (proceso constructivo, entre otros). El modelo físico es dividido en pequeños elementos geométricos que están unidos a través de sus nodos (generación de la malla de elementos finitos). Los análisis esfuerzo-deformación en condiciones estáticas se ejecutaron mediante el software Plaxis 2D 2012.

##### 4.1.7.2. Condiciones analizadas

Las condiciones impuestas al modelo geotécnico fueron las siguientes:

- Se analizó la sección 1-1' que incluye el Botadero Norte, en la superficie del cual el pad de lixiviación estará emplazado. El objetivo es determinar los

asentamientos de la superficie de este botadero por compresión de los materiales debido al peso de la pila.

- Se determinaron los asentamientos en la cimentación (superficie del Botadero Norte) de las distintas fases del pad de lixiviación, debido al proceso de formación de la pila o apilamiento de mineral.
- Se consideró la Fase 2B y el Botadero Norte como condiciones iniciales.
- Se aplicaron, de manera sucesiva, las cargas de las Fases 3A y 3B de la ampliación del pad de lixiviación.

#### 4.1.7.3. Resultados obtenidos

El análisis del perfil del Botadero Norte (sección 1-1') muestra un asentamiento acumulado del orden de 2 m, como se observa en el Anexo B.4. En la Tabla 4.6 se presenta un resumen que muestra los desplazamientos verticales de los puntos de control ubicados a lo largo de la cimentación.

Tabla 4.6: Desplazamientos verticales de la cimentación del pad

Etapa de cálculo	Punto de control	Cota inicial Pad 2B (msnm)	Cota final Pad 3A (msnm)	Cota final Pad 3B (msnm)	Asentamiento total (m)	Pendiente inicial (%)	Pendiente final (%)
Secuencia constructiva del Pad Fase 3 (Fases 3A y 3B)	A	4362.0	4361.9	4361.9	0.08	-	-
	B	4362.7	4362.6	4362.6	0.14	2.0	2.0
	C	4363.5	4363.3	4363.2	0.28	2.0	1.6
	D	4364.3	4363.9	4363.8	0.44	2.0	1.6
	E	4365.1	4364.6	4364.5	0.61	2.0	1.6
	F	4366.3	4365.7	4365.3	0.95	2.0	1.2
	G	4369.7	4368.8	4368.1	1.54	6.0	5.0
	H	4373.8	4373.2	4371.7	2.07	5.0	4.0
	I	4376.6	4376.5	4374.8	1.80	5.0	5.0
	J	4382.7	4382.7	4382.4	0.32	5.0	6.0

Fuente: Elaboración propia

Además de los asentamientos calculados, los resultados indican que debido a las cargas de la Fases 3A y 3B, las pendientes en la cimentación de la Fase 2B cambiarán ligeramente, pero sin dificultar la colección de la solución. Asimismo, la pendiente del Botadero Norte, para la cimentación de las Fases 3A y 3B, deberá estar en el orden de 5%, para garantizar una pendiente mínima de colección de solución después de ocurridos los asentamientos.

Por último, las Fases 3A y 3B deben ser construidas una vez que el Botadero Norte haya sufrido los máximos asentamientos elásticos por su peso propio; ya que, se corre el riesgo de que al construirse de manera inmediata, se podrían generar asentamientos mayores a los determinados en el análisis de esfuerzo-deformación.

#### 4.2. INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA

Se recomienda la instalación de instrumentación geotécnica, la que permitirá monitorear el nivel de solución en el interior del pad, los desplazamientos en el talud del Botadero Norte y del mineral en la pila, y los asentamientos en el desmonte de mina que será la cimentación de las Fases 3A y 3B de la ampliación del pad.

La instrumentación deberá ser implementada durante la construcción de las ampliaciones del pad de lixiviación. En el Plano 100-21-020 se muestra la ubicación en planta de la instrumentación, y en los Planos 100-21-021 y 022 se muestran los detalles constructivos.

##### 4.2.1. Hitos de control topográfico

Permitirán monitorear los desplazamientos o movimientos en superficie, proporcionando tres medidas de desplazamiento en las tres direcciones principales: X, Y, Z. El monitoreo de los hitos topográficos deberá realizarse con una frecuencia no mayor de 7 días.

##### 4.2.2. Piezómetro de tubo abierto

Los piezómetros hidráulicos son empleados para monitorear el nivel de agua subterránea, además de la medición de la calidad de agua. El monitoreo de los piezómetros de tubo abierto deberá realizarse con una frecuencia no mayor de 15 días.

#### 4.2.3. Piezómetro de cuerda vibrante

Monitorearán las variaciones del nivel de solución en el interior de la pila, que se generarán durante el proceso de lixiviación. El monitoreo de los piezómetros de cuerda vibrante deberá realizarse con una frecuencia no mayor de 15 días.

#### 4.2.4. Sensor de asentamiento de cuerda vibrante

Estos sensores medirán los asentamientos que se producirán en la cimentación de las Fases 3A y 3B, que estará conformado por desmonte de mina. Con base en los resultados de los asentamientos, se deberá verificar y calibrar los parámetros de resistencia y elasticidad utilizados para alimentar el modelo geotécnico durante la etapa de diseño. El monitoreo de los sensores de asentamiento deberá realizarse con una frecuencia no mayor de 15 días.

#### 4.2.5. Inclínómetro vertical

Los inclinómetros miden los ángulos de desviación con respecto a la vertical dentro del tubo inclinométrico, permitiendo medir movimientos laterales, que pueden producirse en la plataforma de la Fase 3 de la ampliación del pad de lixiviación.

Los inclinómetros se ubican en la zona donde se estima se presentará la superficie de falla más representativa obtenida del análisis de estabilidad, con el objetivo de monitorear los cambios y movimientos que se presentarán. El monitoreo deberá realizarse con una frecuencia mensual como mínimo. Se deberá considerar como patrón de medida un desplazamiento máximo de 2 m, valor que deberá ser alcanzado cuando las Fases 3A y 3B presenten su máximo apilamiento.

## CAPÍTULO V: HIDROLOGÍA Y BALANCE DE AGUAS

La información hidrológica básica se obtuvo del informe “Modelamiento en Goldsim del Balance Hídrico Mina Ángela” y del memorando técnico “Estimados de Precipitación Mediante Distribuciones de Probabilidades Mina Ángela”, ambos realizados por Silver Asociados SA (en adelante Silver) en el año 2014.

De igual forma, para el balance de aguas se utilizó información de estudios anteriores elaborados por el diseñador en 2015. Además, se cuenta con información complementaria de topografía y arreglos generales de la mina, así como de parámetros y criterios de simulación para el balance de aguas que fueron proporcionados y validados por CNL y complementados por el diseñador.

### 5.1. HIDROLOGÍA

Se realizó un resumen de la hidrología con base en estudios hidrológicos previos. La confiabilidad y responsabilidad de los resultados de dichos estudios fueron asumidas y validadas por CNL. Esta sección presenta el resumen de la precipitación y evaporación, anual y mensual, que se usarán en el balance de aguas, y las precipitaciones utilizadas en el diseño hidráulico.

#### 5.1.1. Precipitación anual y mensual

Con base en la información revisada, se pudo completar y extender los registros de la estación Ángela hasta 42 años de precipitación total mensual. Posteriormente, se determinó la distribución de la precipitación total anual para diferentes periodos de retorno, tanto para escenarios de años secos, húmedos y año promedio, escogiendo la función de mejor ajuste Log-Logistic (3P).

En las Tablas 1 a 4 del Anexo C.1, se muestran los registros de la precipitación total mensual para cada estación analizada. Según el informe elaborado por Silver, se cuenta con estimados de series de precipitación para los años seco, medio y húmedo, cuyos valores fueron utilizados para extender el registro de la estación Ángela (ver Tabla 5 del Anexo C.1) y empleados en el modelo Goldsim del informe de Silver (2014). La precipitación mensual presenta dos periodos bien

diferenciados, en la época de lluvias, diciembre hasta marzo, precipita el 92% de la precipitación anual, y lo restante se presenta en el periodo de estiaje, abril hasta noviembre. La Figura 5.1 muestra el comportamiento de la precipitación total mensual en porcentajes para un año hidrológico promedio de las estaciones analizadas.

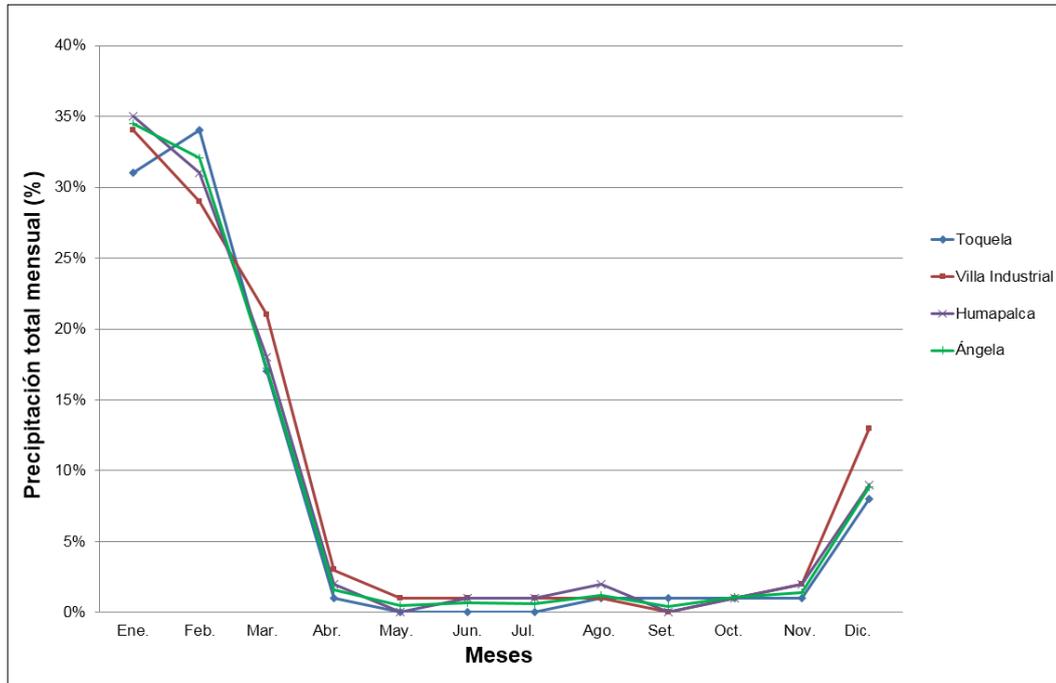


Figura 5.1: Variación de precipitación total mensual

Fuente: Elaboración propia

Se eligió como año seco y año húmedo a la serie correspondiente al periodo de retorno de 100 años; considerando al año medio como el promedio del registro histórico de la precipitación total anual. La Tabla 5.1 y la Figura 5.2 muestran un resumen de las series para los escenarios de año seco, medio y húmedo que serán empleados en el balance de aguas.

Tabla 5.1: Precipitación total mensual en escenarios seco, medio y húmedo

Escenario	Precipitación (mm)											
	En	Fe	Ma	Ab	Ma	Ju	Ju	Ag	Se	Oc	No	Di
Año seco (T <sub>r</sub> =100 años)	5.6	2.7	4.4	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3	0.6
Año medio	56.2	50.7	27.9	3.6	1.2	1.7	1.7	2.3	0.8	2.9	3.2	17.3

Escenario	Precipitación (mm)											
	En	Fe	Ma	Ab	Ma	Ju	Ju	Ag	Se	Oc	No	Di
Año húmedo ( $T_r=100$ años)	203	228.6	97.0	8.6	0.9	0.7	1.1	7.9	2.4	2.5	3.4	36.5

Fuente: Elaboración propia con base en el Modelamiento en Goldsim del Balance Hídrico, Mina Ángela (Silver, 2014)

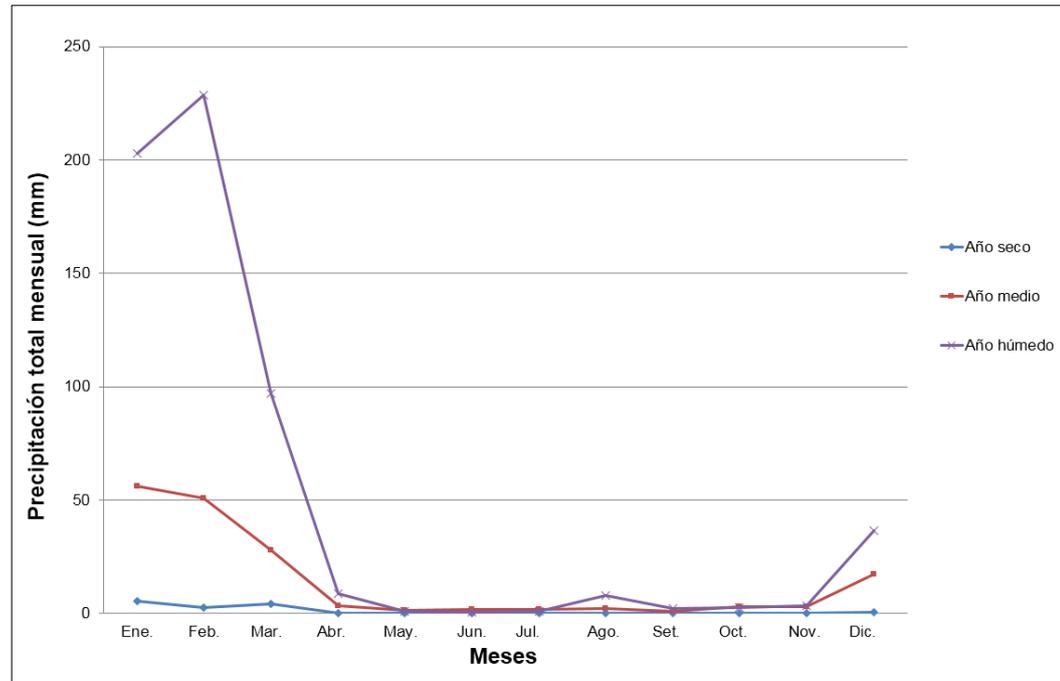


Figura 5.2: Variación de precipitación total mensual según escenarios

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2. Evaporación y evapotranspiración potencial

La evaporación se estimó según los registros obtenidos de la estación Ángela, ver Tabla 6 del Anexo C.1. La evaporación y evapotranspiración potencial total anual estimada corresponden a 1922 y 1404 mm, respectivamente, tal como se muestra en la Tabla 5.2. La Figura 5.3 presenta una comparación entre la precipitación, evaporación y evapotranspiración media mensual; evidenciando las elevadas tasas de evaporación existentes.

Tabla 5.2: Evaporación y evapotranspiración

Parámetros	En	Fe	Ma	Ab	Ma	Ju	Ju	Ag	Se	Oc	No	Di
Evaporación (mm)	163	170	168	167	168	164	161	155	158	150	148	150

Parámetros	En	Fe	Ma	Ab	Ma	Ju	Ju	Ag	Se	Oc	No	Di
Evapotranspiración (mm)	132	112	117	105	95	93	100	116	116	136	142	140

Fuente: Modelamiento en Goldsim del Balance Hídrico, Mina Ángela (Silver, 2014)

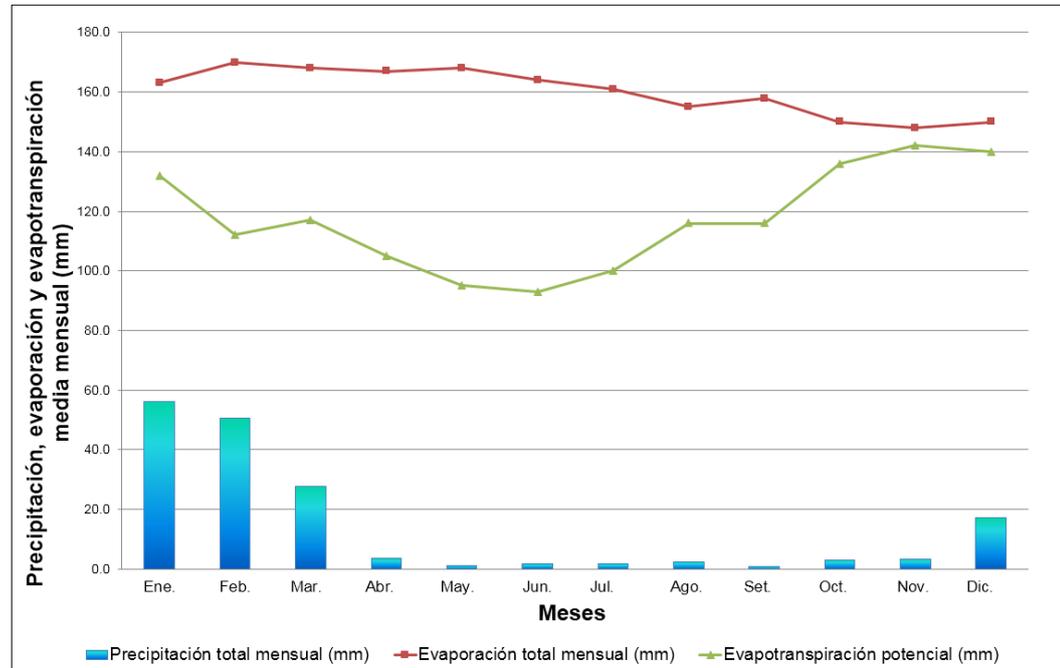


Figura 5.3: Precipitación, evaporación y evapotranspiración media mensual  
 Fuente: Elaboración propia

### 5.1.3. Eventos hidrológicos extremos

Con base en la información revisada, con la finalidad de contar con información de tormentas de diseño, se determinó una precipitación de 27.1 mm en 24 horas, para 100 años de periodo de retorno. A partir de esta información, se obtuvo las precipitaciones máximas en 24 horas, así como también las relaciones Precipitación-Duración-Frecuencia e Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), mostradas en las Tablas 7 y 8 del Anexo C.1, respectivamente.

En la Figura 5.4 se muestran las curvas IDF para diferentes periodos de retorno. De lo anterior, para un periodo de retorno de 100 años, la intensidad estimada es de 46.9 mm.

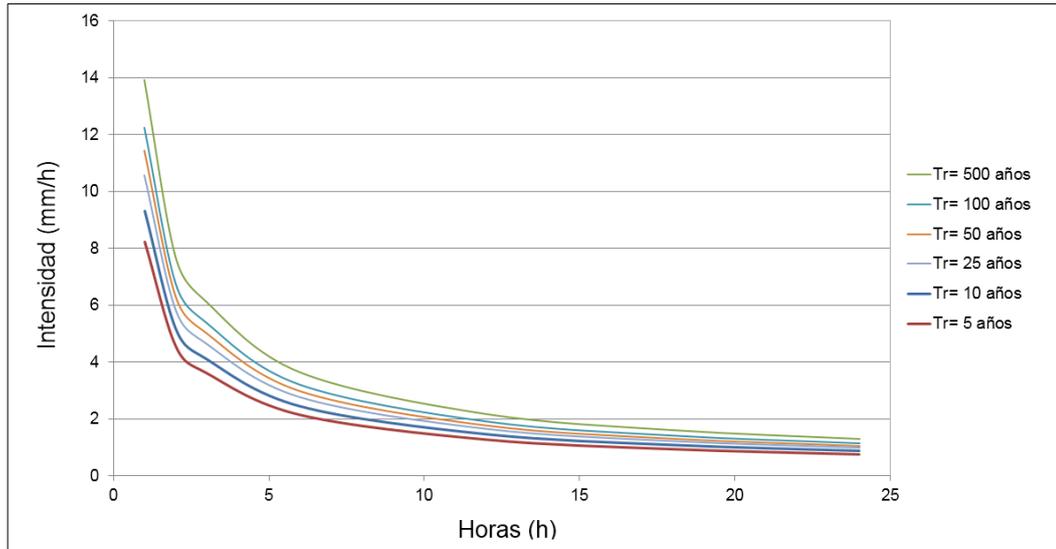


Figura 5.4: Relación curva IDF para diferentes periodos de retorno

Fuente: Elaboración propia

## 5.2. BALANCE DE AGUAS

El propósito del balance de aguas es verificar el funcionamiento del pad de lixiviación y su interconexión con la poza de procesos (PLS) y la poza de grandes eventos (GE), evaluando los resultados de demandas de agua fresca de reposición y descarga de purga de agua.

El balance de aguas considera la ampliación del pad de lixiviación, capacidad de la poza PLS (45 000 m<sup>3</sup>) y poza GE (100 000 m<sup>3</sup>), el plan de apilamiento, ciclos de lixiviación, propiedades del mineral apilado antes y después de la lixiviación, pérdidas por evaporación en riego, factores de evaporación, las áreas lixiviadas y no lixiviadas, verificando la necesidad o no de la construcción de una planta de destrucción de cianuro.

### 5.2.1. Descripción del modelo del balance de aguas

El modelo de balance de aguas se desarrolló utilizando una hoja de cálculo con base en la siguiente ecuación:

$$\text{Flujo entrante} - \text{Flujo saliente} = \text{Cambio en el almacenamiento}$$

Los flujos entrantes corresponden a la precipitación que cae sobre el área revestida del pad de lixiviación, humedad propia del mineral y otros flujos externos que pueden ingresar al sistema. Los flujos salientes los componen la evaporación en el pad de lixiviación, las evaporaciones en las pozas y las salidas de los flujos del sistema pad-pozas. Los cambios de almacenamiento están asociados con cambios del contenido de la humedad almacenada en los vacíos del mineral y las fluctuaciones de niveles de agua en las pozas.

Debe notarse que las variables dependientes del presente cálculo son el flujo de demanda de agua fresca de reposición y las salidas de agua del sistema pad-pozas con necesidades de tratamiento de destrucción de cianuro. La Figura 5.5 muestra el esquema del modelo de simulación del balance de aguas.

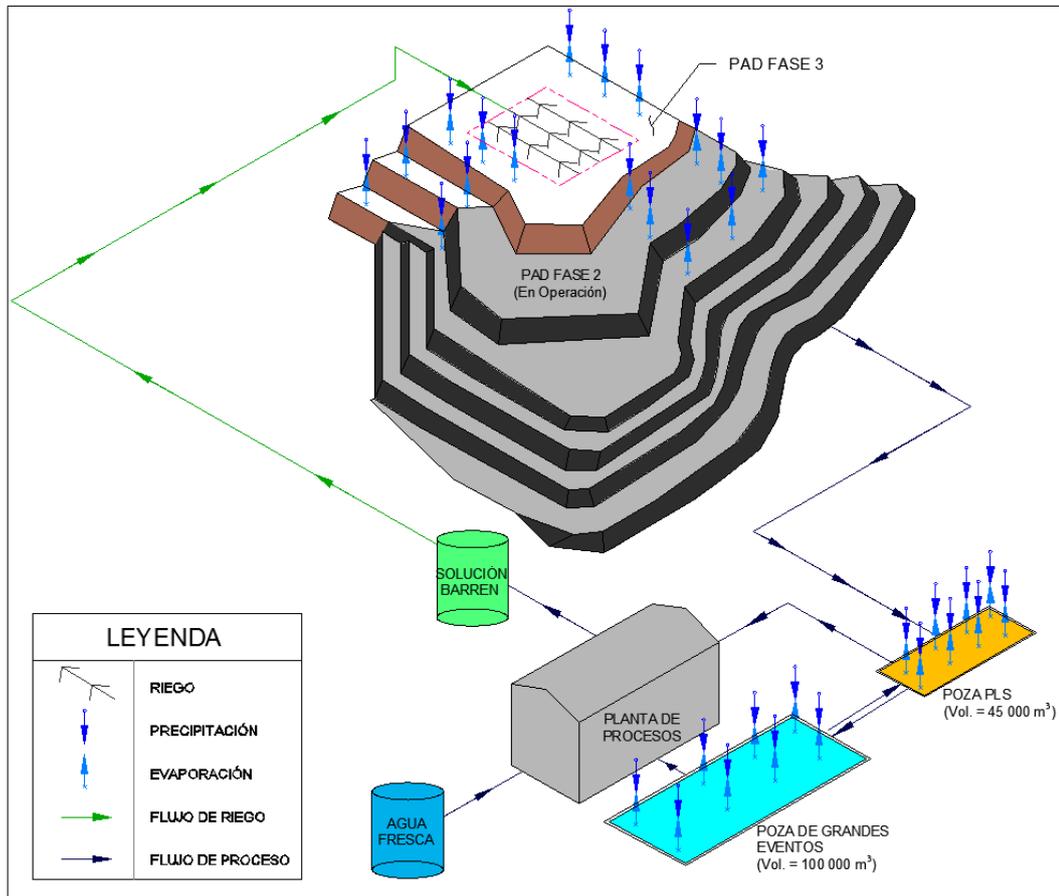


Figura 5.5: Modelo de simulación del balance de aguas

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2. Parámetros y criterios de simulación

El modelo de balance de aguas depende de: los planes de producción previstos, del plan de apilamiento, de las propiedades del mineral, del tipo de riego, de las precipitaciones, evaporaciones, de las dimensiones de las pozas PLS y GE, y el almacenamiento inicial en ellas. Como el balance de aguas está en función de las condiciones de operación de la planta de procesos, los resultados que se obtengan son directamente dependientes de los parámetros de operación que se introduzca al modelo, por lo tanto, estos son susceptibles de cambios.

### 5.2.3. Resultados del balance de aguas

El modelo del balance de aguas permite analizar, evaluar y optimizar el funcionamiento de la ampliación del pad de lixiviación, para ello se realizó la simulación para tres escenarios (año seco, medio y húmedo), de tal forma que se obtengan resultados del balance de aguas que garanticen la buena operación del sistema pad-pozas. En las Tablas 2, 3 y 4 del Anexo C.2, se muestran los resultados del balance de aguas para los tres escenarios considerados.

Se observa que los resultados varían en la medida que la extensión del pad se incrementa hasta su configuración final. Los resultados indican un balance de aguas negativo a lo largo de todo el periodo de operación para un año climático seco, lo que lleva a requerir ingreso de agua de manera permanente al sistema, mientras que en los resultados del balance de aguas del año medio y húmedo se observa que en algunos casos presenta valores positivos.

Por lo general, la tendencia de simulación del balance de aguas es negativa durante la vida útil del pad, lo cual indica la predominancia de las pérdidas y la necesidad de reponer el agua para sostener el flujo de lixiviación y la operación de la mina.

#### 5.2.3.1. Demandas de agua fresca de reposición

Las mayores demandas de agua fresca se presentan en años con precipitaciones mínimas, esto quiere decir que la cantidad de agua capturada por el pad de

lixiviación no es suficiente para que pueda sostener las operaciones durante este periodo de meses de sequía del año.

### 5.2.3.2. Descarga de purga de agua

Por lo general, en todo pad de lixiviación las descargas de purga de agua del sistema pad-pozas se incrementan progresivamente conforme aumenta el apilamiento y las áreas activas e inactivas, esto se presenta siempre y cuando la capacidad de la poza PLS y la poza GE lo permitan en el tiempo.

Debido a que las ampliaciones de las pozas PLS (45 000 m<sup>3</sup>) y GE (100 000 m<sup>3</sup>) cuentan con la capacidad para mantener los flujos de descarga de agua durante las temporadas de lluvias dentro del sistema pad-pozas, estas descargas de purga de agua serán controladas por la poza GE durante la operación del pad, por lo que las descargas fuera del sistema pad-pozas son nulas, no habiendo necesidad de implementar una planta de destrucción de cianuro.

### 5.2.3.3. Resumen de balance de aguas de la ampliación del pad

Los resultados del balance de aguas permitieron estimar las demandas máxima, promedio y mínima de agua fresca de reposición con valores que garanticen el funcionamiento del pad, de igual manera estimar las descargas de purga de agua que resultaron ser nulas para distintas condiciones de simulación. Estos resultados se muestran en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3: Resumen del balance de aguas del pad

Fase del pad	Condición	Demanda de agua fresca de reposición (l/s)			Descarga de purga de agua (l/s)		
		Año seco	Año medio	Año húmedo	Año seco	Año medio	Año húmedo
Pad Fase 3A	Máximo	24.6	21.6	21.6	0.0	0.0	57.6
	Medio	17.2	13.5	9.4	0.0	0.0	6.9
	Mínimo	14.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pad Fase 3B	Máximo	20.9	15.6	15.5	0.0	0.0	82.3
	Medio	16.5	11.4	7.9	0.0	0.0	11.6
	Mínimo	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

#### 5.2.3.4. Demandas de agua fresca de reposición para la mina

Para el análisis de demandas de agua fresca de reposición de la mina, se tomó en cuenta datos de demandas que podrían presentarse en otras instalaciones de la mina, por lo que se considerará la información basada en la experiencia de la operación de la mina Ángela, proporcionada por CNL.

En la Tabla 5.4 se presentan los valores de las demandas de agua fresca de reposición de la mina para los escenarios de simulación.

Tabla 5.4: Demandas de agua fresca de reposición para mina (l/s)

Fase del pad	Condición	Escenarios de simulación		
		Año seco	Año medio	Año húmedo
Pad Fase 3A	Máximo	28.7	25.7	25.7
	Medio	22.4	18.7	14.6
	Mínimo	19.8	6.3	5.3
Pad Fase 3B	Máximo	26.9	21.6	21.5
	Medio	22.5	17.4	13.9
	Mínimo	20.4	5.9	5.9

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

## CAPÍTULO VI: DISEÑO CIVIL

La ingeniería de factibilidad de los componentes de la unidad minera Ángela fue realizada con base en la tecnología convencional de lixiviación en pilas, para lo cual se tomaron como referencia los criterios de diseño preparados por el diseñador, con datos proporcionados por CNL, datos recomendados por el diseñador al inicio y durante el desarrollo del proyecto y que son incluidos en el Capítulo 2 del presente documento.

El diseño de la ampliación del pad de lixiviación, Pad Fase 3, contempla niveles de cimentación, sistema de subdrenaje, nivelación de la superficie del pad de lixiviación, sistema de revestimiento, sistema de colección y conducción de la solución lixiviada, diseño de apilamiento de mineral, asimismo, incluyó el diseño de los caminos de acceso perimetral y canales de coronación. El Plano 100-02-001 muestra la configuración general de la ampliación del pad de lixiviación.

El diseño de la ampliación de la poza PLS y poza de grandes eventos contempla los detalles constructivos para el incremento de la altura de sus bermas perimetrales. El Plano 110-02-001 muestra la configuración en planta de la ampliación de las pozas.

A continuación se presenta un resumen de los principales aspectos desarrollados para el diseño de las diversas estructuras antes mencionadas.

### 6.1. PAD DE LIXIVIACIÓN

La ampliación del pad de lixiviación se configuró tomando en cuenta las siguientes características: topografía existente en el área del proyecto, condiciones actuales de construcción alrededor del pad de lixiviación, configuración de las Fases 1 y 2 (actualmente en operación), y la capacidad requerida por CNL. La ampliación del pad de lixiviación se dividió en dos fases en función al LOM proporcionado por CNL para una producción de 21 000 tpd. Las dos fases se denominaron: Fase 3A y 3B.

La Fase 3A abarcará un área aproximada de 47.42 ha y se apoyará sobre la cresta del Botadero Norte por el sur y sobre la Fase 2 por el norte. La Fase 3B abarcará un área aproximada de 21.69 ha y se apoyará sobre la cresta del Botadero Norte por el sur y sobre la Fase 3A por el norte.

A continuación se describen detalladamente las dos fases de la ampliación del pad de lixiviación. En el Plano 100-00-002 se muestra la configuración general de las instalaciones.

#### 6.1.1. Movimiento de tierras

Previo a la ejecución de los trabajos de nivelación del área, se deberán realizar trabajos de preparación de la superficie de cimentación competente del pad de lixiviación. Los materiales que no sean adecuados como suelos de cimentación deberán ser excavados hasta encontrar una cimentación adecuada y capaz de soportar las cargas generadas por el mineral a ser apilado.

##### 6.1.1.1. Material inadecuado

El material inadecuado retirado será almacenado en el Depósito Sur que ha sido designado por CNL para este efecto. El área deberá ser inspeccionada y aprobada por el Ingeniero/Supervisor de CQA antes de iniciar los trabajos de instalación de los subdrenajes y el movimiento de tierras para la conformación de la nivelación del pad de lixiviación. A partir de la información topográfica recibida de CNL y en función de las investigaciones geotécnicas realizadas por el diseñador, en la Tabla 6.1 se resume los volúmenes aproximados de material inadecuado y sus características.

Tabla 6.1: Material inadecuado en el pad

Descripción	UM	Fase 3A	Fase 3B
Material inadecuado	m <sup>3</sup>	84 110	3600
Distancia de acarreo hasta Depósito Sur	km	2.0	2.0
Material aprovechable como relleno estructural	m <sup>3</sup>	14 200	-

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

Las cantidades corresponden a valores netos antes de aplicar contingencia

En el Plano 100-02-003 se muestran las profundidades de excavación estimadas para remoción del material inadecuado hasta el nivel de cimentación en la ampliación del pad de lixiviación.

#### 6.1.2. Sistema de subdrenaje

Una vez concluida la excavación y eliminación de material inadecuado y los cortes necesarios para alcanzar la superficie de nivelación, se procederá con la instalación del sistema de subdrenaje. Este sistema se diseñó para captar los flujos de aguas subterráneas que se originen dentro de los límites del pad de lixiviación y derivarlos por debajo del sistema de revestimiento hacia la poza de monitoreo de subdrenaje o a los buzones de monitoreo de subdrenaje.

Los subdrenes principales y secundarios estarán confinados en una zanja trapezoidal de 600 mm de profundidad mínima y ancho variable en función del diámetro de la tubería. Todas las zanjas deberán ser rellenas con grava para drenaje. Se colocará una lámina de geotextil sobre la grava para evitar que el relleno estructural se introduzca en la grava, ocasionando obstrucciones en el sistema de subdrenaje. La grava para drenaje deberá colocarse de acuerdo con las prácticas estándares de construcción.

Si durante la construcción se encuentran ojos de agua, será necesaria la instalación de subdrenes secundarios adicionales. La ubicación final de los subdrenes será definida en campo por el Ingeniero/Supervisor de CQA.

El sistema de subdrenaje constará de una serie de tuberías de HDPE de pared doble perforadas de 100 y 300 mm de diámetro, que estarán instaladas estratégicamente en el área del pad, con la finalidad de medir los niveles freáticos y verificar que estos no comprometan la estabilidad del pad. Posteriormente, una parte de estas tuberías serán conducidas hacia dos buzones de monitoreo de subdrenaje, ubicados al oeste de la Fase 2, donde el flujo podrá ser monitoreado y evacuado al medio ambiente en caso se encuentre libre de contaminación (como es de esperar) o a la poza de PLS en caso presente cualquier nivel de contaminación. El sistema de tuberías restante será conducido hacia el sur de la Fase 2, donde empalmará con el sistema de subdrenaje existente del Botadero

Norte, para lo cual CNL deberá dejar mechas de tuberías durante la construcción del sistema de subdrenaje del botadero.

En el Plano 100-02-010 se muestra la configuración en planta del sistema de subdrenaje y en el Plano 100-02-050 se muestran los detalles de construcción.

### 6.1.3. Plan de nivelación

Posterior a la eliminación de materiales inadecuados y habiéndose aprobado la superficie de cimentación e instalación del sistema de subdrenaje, se realizarán los trabajos de movimiento de tierras necesarios para la nivelación de las fases del pad de lixiviación, los cuales incluyen los cortes y rellenos necesarios para proporcionar un drenaje adecuado de la solución a través de las tuberías de colección. Asimismo, estos trabajos incluyen los cortes y rellenos necesarios para la conformación del acceso perimetral y canal de coronación. Los rellenos deberán realizarse de acuerdo con las prácticas estándares de construcción. Los materiales que no sean aprovechables deberán ser transportados y almacenados en el Depósito Sur.

La superficie de nivelación de la ampliación del pad de lixiviación se diseñó para tener una gradiente máxima y mínima de 40% (2.5H:1V) y 2.5%, respectivamente, de esta manera se garantiza un drenaje efectivo de la solución y las condiciones necesarias para que los equipos mecánicos puedan efectuar la compactación de los rellenos previstos en el diseño, así como la instalación del sistema de impermeabilización.

En el sector noroeste del pad de lixiviación, al norte de cerro Salero, se ha previsto la construcción de un relleno masivo que será realizado de la siguiente manera: el estrato inferior, de espesor variable, se conformará con desmonte de mina y será compactado con el paso de los equipos de construcción en capas de 1 m; el estrato intermedio, de 3 m de espesor, será conformado con relleno controlado y compactado en capas de 800 mm; y el estrato superior será de 1.5 m de espesor, como mínimo, y con una pendiente hacia el interior del pad de 5%, será conformado con relleno estructural y compactado en capas de 300 mm.

La cresta del Botadero Norte deberá configurarse con una pendiente de 5% en dirección norte; esta configuración deberá ser realizada como parte de las operaciones de descarga de desmonte a cargo de mina, de tal manera que el movimiento de tierras para la construcción de la Fase 3 del pad sea mínimo. Sobre la cresta del Botadero Norte se realizarán rellenos de la siguiente manera: el estrato inferior, de 6 m de espesor aproximadamente, se conformará con desmonte de mina y será compactado con el paso de los equipos de construcción en capas de 1 m; el estrato superior será de 1.5 m de espesor, será conformado con relleno estructural y compactado en capas de 300 mm.

A partir de la comparación entre las superficies de cimentación y de nivelación, en la Tabla 6.2 se resumen los volúmenes de corte y relleno y sus características.

Tabla 6.2: Movimiento de tierras para nivelación del pad

Descripción	UM	Fase 3A	Fase 3B
Corte simple	m <sup>3</sup>	179 100	11 800
Material aprovechable como relleno estructural	m <sup>3</sup>	22 000	-
Relleno estructural	m <sup>3</sup>	195 100	79 000
Relleno masivo	m <sup>3</sup>	523 500	310 800

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

Las cantidades corresponden a valores netos antes de aplicar contingencia

En el Plano 100-02-020 se muestra la nivelación en planta y en el Plano 100-02-051 se muestran los detalles y secciones de la nivelación.

#### 6.1.4. Sistema de revestimiento

El sistema de revestimiento garantizará la impermeabilización del sistema. Luego de los trabajos de nivelación, se colocará una capa de suelo de baja permeabilidad de 300 mm de espesor, como mínimo. Sobre esta capa se instalará una geomembrana de LLDPE texturada por un solo lado (SST por sus siglas en inglés) de 2.0 mm de espesor.

##### 6.1.4.1. Suelo de baja permeabilidad

El material para revestimiento consistirá de suelo arcilloso (arcilla, arena arcillosa, grava arcillosa) acondicionado a una humedad que variará en un rango entre -2%

y +2% del OCH, y se compactará al 95% de la máxima densidad seca de acuerdo con lo obtenido en el ensayo de compactación Proctor estándar.

El material que se usará como suelo baja permeabilidad deberá ser no generador de drenaje ácido y consistirá en suelos que garanticen una permeabilidad menor a  $5 \times 10^{-6}$  cm/s, además, deberá proceder de fuentes de préstamo aprobadas (canteras).

#### 6.1.4.2. Geomembrana de LLDPE SST de 2.0 mm

Este tipo de geomembrana fue seleccionada para el pad de lixiviación debido a que por su flexibilidad presenta una mayor resistencia al punzonamiento ante la aplicación de cargas debido al apilamiento del mineral, y mejora la resistencia cortante de la interfase suelo-geomembrana. Por otra parte, la instalación de la geomembrana se efectuará manteniendo la cara texturada en contacto con el suelo de baja permeabilidad, a fin de mejorar la resistencia al corte en la interfase.

El personal encargado de la instalación deberá proporcionar anclajes temporales y permanentes a la geomembrana. El anclaje temporal podrá consistir en sacos de arenas u otros materiales de lastre, que son necesarios para brindar sujeción y arriostre a la geomembrana, a fin de evitar los desplazamientos significativos durante las operaciones de despliegue y soldadura propios de la construcción. Los anclajes permanentes consisten en zanjas, dentro de las cuales se colocarán los extremos de la geomembrana para fijarse al terreno empleando rellenos compactados.

Las zanjas de anclaje son dimensionadas para asegurar que la geomembrana sea arrancada de la zanja antes que los esfuerzos generados produzcan el rasgado de la misma. Sin embargo, las zanjas de anclaje no deberían ser poco profundas, debido al peligro de que la geomembrana sea retirada con un mínimo esfuerzo. Con base en cálculos del Anexo D.2, se concluye que las zanjas de anclaje de 600 mm de profundidad y 500 mm de ancho cumplen con los criterios anteriormente mencionados.

El Plano 100-02-030 muestra la configuración del revestimiento en planta y el Plano 100-02-052 muestra los detalles constructivos. A continuación en la Tabla 6.3 se resumen los metrados de revestimiento para cada componente de la ampliación del pad de lixiviación.

Tabla 6.3: Sistema de revestimiento en pad

Descripción	UM	Fase 3A	Fase 3B
Geomembrana LLDPE SST de 2.0 mm	m <sup>2</sup>	203 970	56 820
Suelo de baja permeabilidad	m <sup>3</sup>	64 560	18 320
Sobrerrevestimiento	m <sup>3</sup>	97 980	26 620

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

Las cantidades corresponden a valores netos antes de aplicar contingencia

#### 6.1.5. Sobrerrevestimiento

Sobre la geomembrana instalada se colocará el sobrerrevestimiento que consiste de materiales granulares, previamente procesados colocados en capas de 500 mm de espesor como mínimo, cuya finalidad es proteger la geomembrana y las tuberías de colección de solución de posibles daños ocasionados por el acarreo y acomodo del mineral dentro del área de apilamiento. Asimismo, el sobrerrevestimiento, siendo un material granular de alta permeabilidad, facilitará la colección de la solución, actuando como un elemento de drenaje. A criterio del Ingeniero/Supervisor de CQA, el espesor de sobrerrevestimiento podrá ser aumentado en caso sea necesario, lo cual dependerá del tipo de maquinarias y procedimientos utilizados por CNL para la colocación de los materiales sobre la geomembrana.

Los materiales de sobrerrevestimiento estarán conformados por mineral granular seleccionado y durable, con coeficientes de permeabilidad relativamente altos. El material para sobrerrevestimiento será proporcionado por CNL, y deber contar con la aprobación del Ingeniero/Supervisor de CQA durante la construcción.

#### 6.1.6. Sistema de colección de solución

El sistema de colección de la solución proporcionará una evacuación relativamente rápida de la solución lixiviada y de la infiltración del agua de tormentas dentro del pad de lixiviación. La red de tuberías se diseñó para reducir

la carga hidráulica de la solución en el sistema de revestimiento del pad de lixiviación, así como también para facilitar y acelerar la colección de solución.

El sistema de colección de la solución estará conformado por tuberías de HDPE de pared doble perforadas, habiéndose dividido el sistema en tuberías laterales o secundarias y tuberías principales o primarias.

Los flujos provenientes del proceso de lixiviación serán captados mediante tuberías laterales de 100 mm de diámetro, las que conducirán la solución hacia las tuberías principales de 300 y 450 mm de diámetro, dispuestas según el esquema denominado “espina de pescado” y descargarán los flujos en las tuberías principales.

Las tuberías de colección principales fueron ubicadas en las rutas de drenaje formadas durante la nivelación del pad o donde se requiera para drenar adecuadamente la solución hacia las zonas bajas del pad. Cada tubería principal fue dimensionada en función de: pendiente de diseño, área efectiva de contribución y tasa de riego de la solución, resultando en diámetros de 300 y 450 mm. Además, se consideró una reducción del 30% de la capacidad de la tubería debido a la reducción de la sección que ocurre de manera usual debido a la carga producida por la pila de mineral.

El espaciamiento de 15 m entre colectores laterales fue calculado para disminuir la carga en el sistema de revestimiento y es función de los siguientes factores: carga hidráulica permisible sobre el revestimiento, permeabilidad del mineral chancado y tasa de aplicación de la solución. Se estima que la máxima carga hidráulica permisible sobre el revestimiento durante las operaciones normales no debe exceder a 1 m, cargas mayores de hasta 2 m son tolerables pero sólo para periodos de corta duración. Para mayor detalle ver las memorias de cálculo en el Anexo D.1.

La mayor parte del sistema de colección de las Fases 3A y 3B será direccionado hacia la parte más baja de la plataforma formada en la cresta del Botadero Norte, en este punto, la tubería principal del sistema de colección de la Fase 3 se conectará con una tubería existente de la Fase 2B, que transportará la solución

hacia el sumidero existente al pie de la Fase 1. Una menor fracción del sistema de colección será descargada mediante una tubería que pasará por las Fases 1 y 2 hacia el sumidero existente al pie de la Fase 1.

En el Plano 100-02-040 se muestra el sistema de colección de solución en planta, donde se puede observar lo descrito anteriormente, mientras que en el Plano 100-02-053 se muestran los detalles de construcción.

#### 6.1.7. Apilamiento de mineral

La configuración del pad de lixiviación se diseñó con un talud global de 2.5H:1V para una condición final. La geometría del pad considera capas de 8 m de altura, con superficies planas y banquetas intermedias entre capas de 8.48 m de ancho, aproximadamente, la que permitirá mantener el talud global. La configuración de cada capa se desarrolló asumiendo que el mineral se apilará con un talud local de 1.44H:1V (ángulo de reposo) y que cada capa tendrá un retiro tal que permita obtener el talud global indicado anteriormente. Es muy importante que estos anchos sean respetados para garantizar la estabilidad general del pad de lixiviación.

De acuerdo con esta disposición, la mayor altura de apilamiento será de 125 m, proyectada sobre la Fase 2B con respecto al revestimiento de geomembrana del pad de lixiviación en su condición última de apilamiento.

Durante la operación de carguío de mineral, podrán requerirse ajustes en los taludes intermedios y en los anchos de las banquetas, que permitan controlar posibles deslizamientos en los taludes del mineral. Adicionalmente, se debe considerar apilar las capas con ligeras pendientes, de modo tal que se logren banquetas con pendiente longitudinal y facilitar la instalación de cunetas y reducir los costos durante la etapa de rehabilitación del pad de lixiviación.

El pie del talud del apilamiento deberá tener un retiro mínimo de 5 m con respecto a la berma perimetral que se extiende en todo el perímetro del pad.

En el Plano 100-02-001 se muestra la configuración en planta del apilamiento correspondiente a la Fase 3. En el Plano 100-02-002 se muestran los detalles del apilamiento de mineral. La Tabla 6.4 muestra un resumen de las capacidades de cada fase del pad.

Tabla 6.4: Capacidad de almacenamiento del pad

Fase	UM	Capacidad
Pad Fase 3A	Mt	20.35
Pad Fase 3B	Mt	7.10

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

#### 6.1.8. Camino perimetral

Se incluyó el diseño de un camino de acceso perimetral a lo largo del perímetro de la ampliación del pad, el que será empalmado al acceso perimetral de la Fase 2 y permitirá el tránsito durante la construcción y operación de la ampliación del pad.

Al igual que en las fases existentes, el acceso perimetral tendrá un ancho de 6 m libres, con la finalidad de proporcionar condiciones adecuadas de tránsito de vehículos ligeros de inspección y los equipos necesarios durante la construcción y operación del pad de lixiviación. La capa de rodadura tendrá 200 mm de espesor, y los accesos perimetrales deberán tener una ligera inclinación de aproximadamente 2% con dirección al canal de derivación adyacente.

La vista en planta del alineamiento así como el perfil longitudinal del acceso perimetral de la Fase 3A se muestran en los Planos 100-02-060 y 100-02-061; y de la Fase 3B se muestran en el Plano 100-02-062. En el Plano 100-02-063 se muestran las secciones típicas de las Fases 3A y 3B.

#### 6.2. AMPLIACIÓN DE POZAS

Luego de la verificación de la capacidad de las pozas para las actuales condiciones operativas y debido al incremento de las áreas del pad de lixiviación, las pozas PLS y de grandes eventos deberán aumentar su capacidad mediante el incremento de la altura de sus bermas perimetrales. En el Plano 110-02-001 se

muestra la configuración en planta del perímetro recrecido y en el Plano 110-02-002 se muestran las secciones generales.

#### 6.2.1. Poza PLS

La poza PLS incrementará la altura de su berma perimetral en 2 m para aumentar su capacidad de almacenamiento de 30 000 a 45 000 m<sup>3</sup>, incrementando su nivel de almacenamiento desde la cota 4215 hasta 4217 msnm. Para este efecto se utilizarán muros de gaviones.

La cara interna de los muros de gaviones tendrán un doble revestimiento, de geomembrana de HDPE lisa de 1.5 mm de espesor, para mantener la impermeabilización de la poza. Debido a que el suelo arcilloso de baja permeabilidad no puede ser instalado en el respaldo vertical del muro de gaviones, se instalará un revestimiento geosintético de arcilla o GCL antes de la colocación de la geomembrana, el que consiste de una capa de bentonita rodeada de una capa de geotextil a cada lado. En la base del muro, la geomembrana será soldada por extrusión a la geomembrana existente en la poza; y en la cresta, será soldada a un inserto de HDPE de 4" que estará embebido en una base de concreto. Por otro lado, en la base, el GCL será fijado, en la zanja de anclaje existente; y en la cresta, será fijado al inserto de HDPE.

#### 6.2.2. Poza de grandes eventos

La poza de grandes eventos incrementará la altura de su berma perimetral en 0.6 m para aumentar su capacidad de almacenamiento de 90 000 a 100 000 m<sup>3</sup>, incrementando su nivel de almacenamiento desde la cota 4205.5 hasta la cota 4206 msnm. Para este efecto se utilizarán sacos de arena.

Los sacos de arena conformarán un cuerpo que será envuelto con geomembrana, de HDPE lisa de 1.5 mm de espesor, para garantizar la impermeabilización. La geomembrana será soldada por extrusión a la geomembrana existente en la poza. Los sacos serán dispuestos de tal manera que se respete el ancho de 4 m en el camino perimetral adyacente.

El personal encargado de la instalación del sistema de revestimiento deberá proporcionar anclajes temporales y permanentes a la geomembrana. El anclaje temporal podrá consistir en sacos de arenas u otros materiales de lastre, que son necesarios para brindar sujeción y arriostre a la geomembrana, a fin de evitar los desplazamientos significativos durante las operaciones de despliegue y soldadura propios de la construcción.

En los Planos 110-02-003 y 110-02-004 se muestran los detalles constructivos de la ampliación de pozas. En la Tabla 6.5 se resumen los metrados de geosintéticos necesarios para el revestimiento de la ampliación de las pozas PLS y GE.

Tabla 6.5: Materiales para el revestimiento de pozas

Poza	UM	Geomembrana	GCL
Poza PLS	m <sup>2</sup>	2970	1610
Poza GE	m <sup>2</sup>	1080	-

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

Las cantidades corresponden a valores netos antes de aplicar contingencia

### 6.3. BALANCE DE MASAS

En el Anexo D.3 se muestra la recuperación de materiales a ser utilizados como relleno estructural y suelo de baja permeabilidad, provenientes del corte de material inadecuado y del corte para nivelación realizados para la construcción de los componentes de la ampliación del pad de lixiviación; además, se detalla las capacidades de las canteras disponibles indicadas por CNL.

## CAPÍTULO VII: DISEÑO HIDRÁULICO

El plan de manejo del drenaje superficial contempla el uso de los canales existentes, canales proyectados y estructuras de captación. Todas las estructuras hidráulicas fueron diseñadas para un evento hidrológico extremo de 100 años de periodo de retorno.

El dimensionamiento de la sección de los canales proyectados fue realizado mediante las ecuaciones de flujo uniforme con el flujo pico (fórmula para canales abiertos) que ocurra en el extremo de cada tramo. El borde libre en todos los tramos será 300 mm o el 20% de la energía específica del flujo; además, se consideró una elevación extra en tramos curvos.

### 7.1. MANEJO DEL DRENAJE SUPERFICIAL

Las estructuras hidráulicas diseñadas para el manejo de drenaje superficial en la zona del pad de lixiviación se determinaron en función de la capacidad de derivar los flujos superficiales provenientes de las áreas de aporte. Se cuenta con la configuración de los canales de coronación Este, Oeste y los canales existentes, que por lo general son perimetrales al pad de lixiviación. El arreglo general que representa la dirección y el sentido del flujo del manejo de drenaje superficial del pad de lixiviación se muestra en el Plano 100-10-001.

En la Tabla 7.1 se muestra el resumen del dimensionamiento de los canales de coronación. El sustento del dimensionamiento se muestra en el Anexo E.1. A continuación se realiza una descripción de las estructuras hidráulicas proyectadas. En el Plano 100-10-002 Se muestran los detalles de los canales.

Tabla 7.1: Canales para pad

Canal de coronación	Tipo de sección	Base (m)	Altura (m)	Tipo de revestimiento	Espesor (mm)	Longitud (m)
Este	Trapezoidal	0.4	0.4	Concreto armado	100	425
Oeste - Tramo 1	Trapezoidal	0.6	0.6	Concreto armado	150	310

Canal de coronación	Tipo de sección	Base (m)	Altura (m)	Tipo de revestimiento	Espesor (mm)	Longitud (m)
Oeste - Tramo 2	Trapezoidal	0.6	0.6	Concreto armado	150	295

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

#### 7.1.1. Canal de coronación Este

Estará ubicado en la zona este de la Fase 3 y al oeste del tajo Chalaorco, formará parte del acceso proyectado, tendrá el aporte de los flujos superficiales provenientes de las laderas del cerro Chalaorco, y empalmará con los canales y estructuras de drenaje existentes por medio de una estructura de captación.

Tendrá una longitud de 425 m, con pendiente mínima de 1%, será de sección trapezoidal con taludes laterales 1H:1V, presentará una base y altura iguales a 0.40 m, y contará con revestimiento de concreto armado de 100 mm de espesor apoyado en una capa simple de solado de 50 mm de espesor en toda la sección. El canal conducirá un caudal de diseño igual a 0.16 m<sup>3</sup>/s, para un periodo de retorno de 100 años considerado para etapa de operación, que corresponde a un área de aporte de 2.7 ha.

#### 7.1.2. Canal de coronación Oeste - Tramo 1

Estará ubicado en la zona oeste de la Fase 3, formará parte del acceso proyectado, tendrá el aporte de los flujos superficiales provenientes de las laderas del cerro Salero, y empalmará con los canales y estructuras de drenaje existentes por medio de una estructura de captación.

Tendrá una longitud de 310 m, con pendiente mínima de 1%, será de sección trapezoidal con taludes laterales 1H:1V, presentará una base y altura iguales a 0.60 m, y contará con revestimiento de concreto armado de 150 mm de espesor apoyado en una capa simple de solado de 50 mm de espesor en toda la sección. El canal conducirá un caudal de diseño igual a 0.11 m<sup>3</sup>/s, para un periodo de retorno de 100 años considerado para etapa de operación, que corresponde a un área de aporte de 1.7 ha.

### 7.1.3. Canal de coronación Oeste - Tramo 2

Estará ubicado en la zona oeste de la Fase 3 y al este del tajo Salero, formará parte del acceso proyectado, tendrá el aporte de los flujos superficiales provenientes de las laderas del cerro Salero, y empalmará con los canales y estructuras de drenaje existentes por medio de una estructura de captación.

Tendrá una longitud de 295 m, con pendiente mínima de 1%, será de sección trapezoidal con taludes laterales 1H:1V, presentará una base y altura iguales a 0.60 m, y contará con revestimiento de concreto armado de 150 mm de espesor apoyado en una capa simple de solado de 50 mm de espesor en toda la sección. El canal conducirá un caudal de diseño igual a 0.19 m<sup>3</sup>/s, para un periodo de retorno de 100 años considerado para etapa de operación, que corresponde a un área de aporte de 1.1 ha.

### 7.1.4. Estructuras de captación

Darán continuidad al manejo de drenaje superficial, captarán y controlarán los flujos y sedimentos provenientes de los canales proyectados y derivarán el flujo hacia los canales existentes. Tendrán dimensiones proporcionales a la base y altura del canal de ingreso.

En la Tabla 7.2 se resumen las características de las estructuras de captación. En el Plano 100-10-003 se muestran los detalles y dimensiones de cada uno de ellos.

Tabla 7.2: Estructuras de captación para la ampliación del pad de lixiviación

Estructura de captación	Canal de coronación	Tipo de sección	Base (mxm)	Altura (m)	Tipo de revestimiento	Espesor (mm)
Este	Este	Rectangular	1.2 x 1.2	1.2	Concreto armado	200
Oeste 1	Oeste - Tramo 1	Rectangular	1.8 x 1.8	1.8	Concreto armado	200
Oeste 2	Oeste - Tramo 2	Rectangular	1.8 x 1.8	1.8	Concreto armado	200

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

## CAPÍTULO VIII: COSTOS DE CAPITAL

### 8.1. ESTIMADO DE METRADOS

Se determinó los metrados de movimiento de tierras, materiales geosintéticos, entre otros, con la finalidad de proporcionar al propietario las cantidades de materiales que serán requeridas para la construcción de la ampliación del pad, pozas de operación, caminos y canales, y los costos de capital asociados a estas estructuras. Para el cálculo de metrados de material y volúmenes de movimiento de tierras, se tomó como base el presente informe y los planos de ingeniería elaborados para este estudio.

Los volúmenes de excavación de materiales inadecuados fueron estimados con base en la investigación geotécnica y la información recibida por el propietario. Es necesario indicar que los metrados estimados son referenciales y podrían variar debido a las condiciones reales del terreno encontrado durante la construcción.

En consecuencia a lo señalado anteriormente, los metrados de los volúmenes de las partidas de movimiento de tierras fueron afectados por un factor de crecimiento de 10%, que considera incertidumbres en la topografía, en la determinación de los niveles de cimentación, en la estimación de los taludes de corte, y en el diseño definitivo de las estructuras. Adicionalmente, para los metrados de los materiales geosintéticos se consideró un factor de crecimiento de 15% que incluye adicionalmente el desperdicio de materiales.

### 8.2. PRECIOS UNITARIOS

Se realizó un análisis de precios unitarios para cada partida, donde se dividieron los insumos por rubros de: mano de obra, equipos de construcción, materiales y subcontratos. Sin embargo, las cantidades unitarias para los rubros de mano de obra y equipos de construcción dependen netamente del rendimiento a utilizarse en la partida, los cuales fueron determinados por el estudio de trabajo de la partida u obtenidos de la base de datos propia.

En las partidas de eliminación de material, se incluyeron las distancias reales entre los componentes del proyecto hacia el Depósito Sur, además de las distancias aproximadas desde los componentes del proyecto hacia las canteras.

Otros ítems importantes corresponden a los costos de los geosintéticos, para los cuales se obtuvieron cotizaciones de los materiales requeridos incluyendo sus costos de instalación.

Los costos unitarios de las partidas de movimiento de tierras, geosintéticos y mano de obra fueron estimados a partir de la información proporcionada por el propietario, específicamente los obtenidos del proceso constructivo de la Fase 2 del pad ejecutado en el 2013, y actualizados al presente año. Con respecto a los costos de flete de los materiales, se consideraron materiales traídos desde la ciudad más cercana.

Debido a la considerable cantidad de materiales geosintéticos, tuberías de HDPE, accesorios de HDPE y estructuras de concreto, fue importante la cotización de los distintos materiales del proyecto por intermedio de proveedores locales.

### 8.3. LISTA DE MATERIALES

Con base en las cotizaciones realizadas y considerando los metrados obtenidos para las distintas partidas, se desarrolló una lista de materiales por componente del proyecto que puede ser usada por el área de procura del propietario para su compra.

En esta lista de materiales se están incluyendo materiales geosintéticos y tuberías de HDPE, incluyendo sus accesorios.

### 8.4. COSTOS INDIRECTOS

Para la correcta estimación de los costos indirectos, se realizó un análisis de gastos generales por componente del proyecto. En estos gastos generales se incluyen los costos de la propuesta de construcción del proyecto, gastos

financieros, impuestos, *staff* de la construcción, economato, equipos de cómputo y topografía, viajes, etc.

Es importante considerar que los ítems de utilidad, supervisión y *owner team* son porcentajes proporcionados por CNL.

#### 8.5. ESTIMADO DE COSTOS

De acuerdo con la información obtenida y generada en los párrafos anteriores, se pudo determinar los costos de cada componente. Para poder realizar esta estimación fue necesario considerar un costo por concepto de contingencia debido a los costos no previstos en este nivel de ingeniería y se incluirán en un estudio superior. Además, de acuerdo con esta estimación de costos y el nivel de estudio de factibilidad desarrollado, la precisión considerada fue de  $\pm 15\%$ .

En el Anexo F.1 se muestran las partidas más importantes para la construcción de las 2 etapas de la ampliación del pad de lixiviación, así como el estimado de metros de movimiento de tierras y materiales.

## CAPÍTULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1. CONCLUSIONES

#### Investigaciones geotécnicas de campo

- Se realizaron las siguientes investigaciones geotécnicas superficiales: 20 calicatas, 24 puntos de muestreo y 4 ensayos de densidad de campo. Todas fueron ubicadas y distribuidas dentro del área de interés, a fin de determinar y evaluar las condiciones geotécnicas de los materiales que conformarán las diferentes estructuras proyectadas.
- Se realizaron los siguientes ensayos de prospección geofísica: 14 ensayos de refracción sísmica, 12 ensayos MASW y 7 ensayos MAM. Mediante la realización de los ensayos geofísicos se determinaron indirectamente los parámetros elásticos de los materiales que conforman el suelo de cimentación, así como la estratigrafía de los suelos de cimentación.
- Los ensayos geofísicos en el Botadero Norte que se encontraba en operación durante la ejecución de los trabajos de campo para este estudio, permitieron caracterizar el suelo de cimentación potente (suelo residual y morrénico) y el desmonte de mina para posteriormente realizar los análisis geotécnicos.

#### Análisis geotécnico

- Los coeficientes sísmicos empleados en el análisis de estabilidad pseudoestático del pad fueron obtenidos utilizando el método de Bray y Travarou (2009) para periodos de retorno de 100 años y 475 años, empleando espectros de peligro uniforme y de análisis de respuesta sísmica unidimensional no lineal, lo cual ofrece una mejor estimación de un coeficiente para los periodos de operación y cierre de las estructuras analizadas. Se obtuvieron valores de 0.11 y 0.153 para las condiciones de operación y de cierre, respectivamente.
- Los resultados de los análisis de estabilidad indican que la influencia del Pad Fase 3 sobre las Fases 1 y 2 está expresada en factores de seguridad cercanos a los límites permisibles, según los criterios de diseño definidos. Asimismo, tanto para la condición de operación como de cierre, se realizaron análisis de desplazamientos permanentes, obteniéndose valores de 5.6 y

36.2 cm de desplazamiento para condiciones de operación y cierre, respectivamente, estos valores se encuentran por debajo de los límites permisibles.

- Los resultados del análisis de asentamiento, mediante el método de elementos finitos para el sector del Pad Fases 3A y 3B que se apoyará sobre el Botadero Norte, proporcionan un asentamiento de hasta 2 m. El control de estos asentamientos será realizado proporcionando a la superficie final del Botadero Norte (cimentación del Pad Fase 3) una pendiente de 5%, de este modo los asentamientos a ocurrir no comprometerán la pendiente mínima para la colección de la solución.

### **Hidrología y balance de aguas**

- Las precipitaciones extremas, en 24 horas, para diferentes periodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años corresponden a 18.2, 20.6, 23.4, 25.3, 27.1 y 30.8 mm, respectivamente.
- La verificación de la capacidad de la poza PLS indica la necesidad de 39 740 m<sup>3</sup> como volumen calculado y 45 000 m<sup>3</sup> como volumen de diseño.
- La verificación de la capacidad de la poza GE fue realizada en el balance de aguas para los escenarios de años seco, medio y húmedo.
- Las descargas de purga del sistema serán controlados por la poza GE, que tiene una capacidad suficiente para este fin, por lo tanto, no es necesario la construcción de una planta de destrucción de cianuro para tratar excedentes de purga del sistema pad-pozas.

### **Diseño civil**

- La cresta final del Botadero Norte, actualmente en operación, deberá tener una pendiente de 5% para compensar los asentamientos que pueda sufrir el desmonte y asegurar el sentido del flujo de la solución de la Fase 3.
- En las zonas que demandan grandes rellenos para alcanzar la superficie de nivelación, se emplearán rellenos masivos y relleno estructural en las capas finales, según lo indique la estabilidad geotécnica.
- Después de realizar la nivelación, se construirá el sistema de subdrenaje consistente en zanjas con tuberías de HDPE perforadas de pared doble colocadas en el fondo de la zanja y rellenas con grava. Las tuberías serán de 100 y 300 mm de diámetro

- El sistema de revestimiento consistirá en la colocación de una capa de suelo de baja permeabilidad de 300 mm (mínimo) de espesor. Sobre esta cobertura se colocará una geomembrana de LLDPE texturada por un solo lado (SST) de 2.0 mm de espesor. Por su flexibilidad, esta geomembrana presenta una mayor resistencia al punzonamiento y mejora la resistencia cortante de la interfase suelo-geomembrana.
- El sistema de colección de la solución consistirá de tuberías laterales y principales de HDPE perforadas de pared doble, de diferentes 300 y 450 mm de diámetro. Este sistema permitirá captar los flujos de solución y reducir la carga hidráulica de la solución sobre la geomembrana.
- Una parte de los flujos provenientes del sistema de colección de la Fase 3 será derivados hacia el sumidero existente al pie de la Fase 1, utilizando el sistema de colección de la Fase 2. Una menor fracción del sistema de colección será descargada mediante una tubería que pasará por las Fases 1 y 2 hasta el sumidero existente al pie de la Fase 1.
- Los accesos perimetrales tendrán 6 m de ancho libre. La capa de rodadura será de 200 mm de espesor y 2% de bombeo para asegurar la escorrentía superficial.
- Se utilizarán muros gaviones de 2 m de altura para incrementar la capacidad de la poza PLS de 30 000 a 45 000 m<sup>3</sup>. Estos muros gaviones tendrán doble revestimiento de geomembrana y GCL.
- Se emplearán sacos de arena de 0.6 m de altura revestidos con geomembrana para altura de la poza de grandes eventos y así incrementar su capacidad de 90 000 a 100 000 m<sup>3</sup>.

### **Diseño hidráulico**

- Los canales de coronación captarán los flujos superficiales provenientes de las áreas de aporte correspondientes a las laderas naturales y los taludes de corte para la conformación de los accesos perimetrales. Los flujos superficiales serán drenados hacia las estructuras hidráulicas existentes o hacia las quebradas naturales, de acuerdo con la zona donde se desarrolla.
- Los canales existentes principales, adyacentes a los componentes mineros, formarán parte de la configuración para el manejo del drenaje superficial de los componentes mineros. Esta información fue proporcionada por el propietario.

- Las estructuras de captación proyectadas tendrán la función de coleccionar los flujos superficiales provenientes por los canales de coronación para derivarlos hacia los canales existentes.

### **Costos de capital**

- Los metrados de los volúmenes de las partidas de movimiento de tierras fueron afectados por un factor de crecimiento de 10%, que considera incertidumbres en la topografía, en la determinación de los niveles de cimentación, en la estimación de los taludes de corte, y en el diseño definitivo de las estructuras.
- Para los metrados de los materiales geosintéticos se consideró un factor de crecimiento de 15% que incluye adicionalmente desperdicios.
- Los costos unitarios de movimientos de tierras, geosintéticos y mano de obra fueron estimados a partir de la información proporcionada por el propietario, específicamente los obtenidos del proceso constructivo del pad Fase 2 ejecutado en el 2013, y actualizados al presente año.
- Los porcentajes considerados para los costos indirectos fueron proporcionados por el propietario.
- Los costos por área para cada etapa de la ampliación fueron calculados en función del área que será construida.

## **9.2. RECOMENDACIONES**

### **Análisis geotécnico**

- El propietario deberá considerar como patrón de medida de asentamiento, un desplazamiento máximo de 2 m, el cual deberá presentarse cuando la Fase 3 alcance el máximo apilamiento del mineral. En caso que se obtenga un desplazamiento mayor a 2 m, se deberá realizar un análisis de deformaciones mediante la técnica de elementos finitos para calibrar los parámetros de los materiales y evaluar la influencia de estos nuevos desplazamientos en la colección de la solución.

### **Hidrología y balance de aguas**

- Se debe tomar en cuenta que los valores máximos de las demandas de agua fresca de reposición tienen gran ocurrencia en la operación del pad de

lixiviación debido al clima semiárido del proyecto, por lo que se recomienda tener como referencia estos valores para establecer planes de contingencia durante la operación de la ampliación del pad de lixiviación.

- Se recomienda una estrecha coordinación con los operadores de las estaciones meteorológicas para que éstos informen rápidamente acerca de los datos diarios de precipitaciones máximas, de manera tal que se pueda proporcionar adecuadamente el ingreso de agua fresca al sistema.

### **Diseño civil**

- Se recomienda que todos los movimientos de tierras y materiales realizados durante la construcción se realicen de acuerdo con las especificaciones técnicas y cumpliendo las practicas estándar en minería.
- Todos los trabajos de movimiento de tierras y colocación de materiales deberán ser registrados en los planos *as-built*.
- Durante la colocación del material de sobrerrevestimiento, se recomienda realizar la prueba de plataforma de relleno (*test fill*) para todos los vehículos y maquinarias que serán utilizadas para la colocación y esparcimiento del sobrerrevestimiento, evitando así la rotura de la geomembrana.

### **Diseño hidráulico**

- En aquellos canales con tramos con pendientes mayores a 10%, se recomienda usar dados de concreto que permitan disminuir las velocidades del flujo y controlar la erosión y deterioro de los canales.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Anddes Asociados SAC, "Estudio de Tradeoff y Prefactibilidad para la Ampliación del Pad de Lixiviación, Pozas y Botadero: PU-020-03-S002-0000-19-27-0001", Lima, Perú, 2014.
2. Anddes Asociados SAC, "Estudio de Ingeniería para la Construcción de Pad, Pozas, Depósito de Desmonte para la Operación Minera Ángela: PU-022-03-S002-0000-25-27-0001", Lima, Perú, 2015.
3. Anddes Asociados SAC, "Estudio de Ingeniería para la Construcción de Pad, Pozas, Depósito de Desmonte para la Operación Minera Ángela: PU-020-03-S002-0000-19-27-0001", Lima, Perú, 2015.
4. Anddes Asociados SAC, "Estudio de Tradeoff y Prefactibilidad para la Ampliación del Pad de Lixiviación, Pozas y Botadero: PU-020-03-S001-0000-19-27-0001", Lima, Perú, 2014.
5. Anddes Asociados SAC, "Evaluación de Ampliación de Capacidad de Pad de Lixiviación", Lima, Perú, 2014.
6. Anddes Asociados SAC, "Informe de Aseguramiento de la Calidad de la Construcción Pad Fase 2A", Lima, Perú, 2013.
7. Bray, J. and Travasarou, T., "Simplified Seismic Slope Displacement Procedures", University of California, Berkeley, USA, 2007.
8. Bray, J. and Travasarou, T., "Pseudostatic Coefficient for Use in Simplified Seismic Slope Stability Evaluation", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 135, USA, 2009.
9. Chávez, J, Aguilar, Z., Alva, J. y Lázares, F., "Spectral Acceleration Attenuation Relationship for Peru Subduction Earthquake", Lima, Perú, 2006.

10. Chow, V., Maidment D. & Ways L., "Hidrología Aplicada", Bogotá, Colombia, 1994.
11. Dector Perú, "Ingeniería de Detalle Botadero Norte", Lima, Perú, 2008.
12. Dector Perú, "Ingeniería de Detalle del Pad de Lixiviación Fase 1", Lima, Perú, 2007.
13. Hynes-Griffin, M. and Franklin, A., "Rationalizing the Seismic Coefficient Method", Mississippi, USA, 1984.
14. International Code Council, "International Building Code", USA, 2009.
15. Linsley, Kohler & Paulhus, "Hidrología para Ingenieros", Bogotá, Colombia, 1977.
16. Ministerio de Transporte y Comunicaciones, "Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje", Lima, Perú, 2011.
17. Rocha Felices, Arturo, "Hidráulica de Canales y Tuberías", Primera Edición, Lima, Perú, 1998.
18. Rocscience: Slide, "2D Limit Equilibrium Slope Stability for Soil and Rock Slopes". User's Guide, Canadá, 2010.
19. Silver Associates, "Dossier de Calidad, Obras Civiles para la Construcción del Pad de Lixiviación y Preminado del Proyecto Ángela Fase - I", Lima, Perú, 2013.
20. Silver Associates, "Modelamiento en Goldsim del Balance Hídrico Mina Ángela", Lima, Perú, 2014.
21. Trencó Dector, "Ingeniería de Detalle del Pad de Lixiviación Fase 2A y 2B", Lima, Perú, 2012.

22. US Army Corps of Engineers, "Slope Stability". Engineering Manual N° 1110-2-1902, Washington, USA, 2003.
  
23. US Army Corps of Engineers, "Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigations", Engineer Manual N° 1110-1-1802, Washington, USA, 1995.

## ANEXOS

### **Anexo A      Investigaciones geotécnicas**

- Anexo A.1      Investigaciones de campo
- Anexo A.2      Registro de calicatas
- Anexo A.3      Ensayos de densidad
- Anexo A.4      Ensayos geofísicos

### **Anexo B      Análisis geotécnico**

- Anexo B.1      Coeficiente sísmico
- Anexo B.2      Análisis de estabilidad
- Anexo B.3      Desplazamientos permanentes
- Anexo B.4      Análisis de esfuerzo deformación

### **Anexo C      Hidrología y balance de aguas**

- Anexo C.1      Cálculos hidrológicos
- Anexo C.2      Balance de aguas

### **Anexo D      Diseño civil**

- Anexo D.1      Espaciamiento de tuberías
- Anexo D.2      Dimensionamiento de zanja de anclaje
- Anexo D.3      Balance de masas

### **Anexo E      Diseño hidráulico**

- Anexo E.1      Cálculos hidráulicos

### **Anexo F      Costos de capital**

- Anexo F.1      Costos de capital

## PLANOS

### Generales

- 100-00-001 Lámina de títulos
- 100-00-002 Arreglo general de las instalaciones

### Geotécnicos

- 100-21-001 Investigaciones geotécnicas
- 100-21-010 Mapeo geológico geotécnico - Planta
- 100-21-011 Mapeo geológico geotécnico - Secciones - Lámina 1 de 2
- 100-21-012 Mapeo geológico geotécnico - Secciones - Lámina 2 de 2
- 100-21-020 Instrumentación geotécnica - Planta
- 100-21-021 Instrumentación geotécnica - Detalles - Lámina 1 de 2
- 100-21-022 Instrumentación geotécnica - Detalles - Lámina 2 de 2

### Pad de lixiviación Fases 3A y 3B

- 100-02-001 Arreglo general - Planta
- 100-02-002 Arreglo general - Secciones
- 100-02-003 Cimentación
- 100-02-010 Sistema de subdrenaje - Planta
- 100-02-020 Nivelación - Planta
- 100-02-030 Sistema de revestimiento - Planta
- 100-02-040 Sistema de colección de solución - Planta
- 100-02-050 Sistema de subdrenaje - Detalles
- 100-02-051 Nivelación - Secciones y detalles
- 100-02-052 Sistema de revestimiento - Detalles
- 100-02-053 Sistema de colección de solución - Detalles
- 100-02-060 Camino perimetral Fase 3A - Planta y perfil - Lámina 1 de 2
- 100-02-061 Camino perimetral Fase 3A - Planta y perfil - Lámina 2 de 2
- 100-02-062 Camino perimetral Fase 3B - Planta y perfil
- 100-02-063 Camino perimetral - Secciones típicas

### Hidráulica

- 100-10-001 Manejo de drenaje superficial - Arreglo general
- 100-10-002 Canales de coronación - Detalles generales

100-10-003 Estructuras de captación - Planta y secciones

**Pozas PLS y Grandes eventos**

110-02-001 Arreglo general - Planta

110-02-002 Arreglo general - Secciones

110-02-003 Detalles de crecimiento - Lámina 1 de 2

110-02-004 Detalles de crecimiento - Lámina 2 de 2

## ANEXOS

## **ANEXO A - INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS**

---

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN  
Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA

*Ipanaque Gamboa, Jesus Alexander*

**Tabla 1**  
**Calicatas de cimentación**

Área	Calicata	Coordenada UTM (*)		Suelo orgánico (m)	Df (m)	Nivel freático (m)	Nivel de roca (m)	Profundidad total (m)
		Norte	Este					
Pad Fase 3	CA-PU15-75	0 000 808	001 286	NE	1.0	NE	NE	4.8
	CA-PU15-76	0 000 773	001 327	NE	1.0	NE	NE	4.7
	CA-PU15-77	0 000 664	001 310	NE	1.0	NE	NE	3.7
	CA-PU15-78	0 000 550	001 280	0.2	1.0	NE	NE	4.8
	CA-PU15-79	0 000 658	001 219	NE	1.0	NE	NE	4.0
	CA-PU15-80	0 000 728	001 151	NE	NA	NE	NE	4.6
	CA-PU15-105	0 000 834	000 705	NE	1.5	NE	NE	4.4
	CA-PU15-106	0 000 870	000 762	NE	1.0	NE	NE	6.5
	CA-PU15-107	0 000 968	000 699	NE	1.0	NE	NE	1.6
	CA-PU15-108	0 001 037	000 698	NE	0.7	NE	0.7	0.7
	CA-PU15-109	0 001 079	000 696	0.2	1.0	NE	NE	1.8
	CA-PU15-110	0 001 153	000 607	NE	1.0	NE	NE	1.2
	CA-PU15-111	0 001 153	000 718	0.2	1.0	NE	NE	2.0
	CA-PU15-112	0 001 265	000 798	0.2	1.0	NE	NE	2.1
	CA-PU15-113	0 001 367	000 814	0.2	1.0	NE	1.5	1.5
	CA-PU15-114	0 001 416	000 857	NE	1.0	NE	1.3	1.3
	CA-PU15-115	0 001 344	000 724	0.2	1.0	NE	1.4	1.4
	CA-PU15-116	0 001 335	000 679	0.2	1.0	NE	2.2	2.2
CA-PU15-117	0 001 255	000 659	NE	1.0	NE	2.8	2.8	
CA-PU15-118	0 001 223	000 722	NE	1.5	NE	4.0	4.0	

Fuente: Elaboración propia a partir de las campañas desarrolladas

Abreviaturas:

Df: Nivel de cimentación propuesta

NE: No encontrado

NA.: No aplica

(\*): Coordenadas UTM relativas proporcionadas por el cliente

**Tabla 2**  
**Puntos de muestreo**

Área	Material	Punto de muestreo	Coordenada UTM (*)	
			Norte	Este
Botadero Norte	Desmante de mina	PM-PU15-201	0 000 464	001 054
		PM-PU15-202	0 000 489	001 062
		PM-PU15-203	0 000 532	001 066
		PM-PU15-204	0 000 552	001 033
		PM-PU15-205	0 000 617	000 949
		PM-PU15-206	0 000 372	000 945
		PM-PU15-207	0 000 293	000 853
		PM-PU15-208	0 000 419	000 798
		PM-PU15-209	0 000 370	000 802
		PM-PU15-210	0 000 318	000 894
Pad Fase 2A	Mineral	PM-PU15-301	0 001 299	000 999
		PM-PU15-302	0 001 340	001 004
		PM-PU15-303	0 001 357	000 977
		PM-PU15-304	0 001 311	000 954
		PM-PU15-305	0 001 304	000 969
Pad Fase 2B	Mineral	PM-PU15-401	0 001 160	000 898
		PM-PU15-402	0 001 145	000 918
		PM-PU15-403	0 001 121	000 974
		PM-PU15-404	0 001 049	000 961
		PM-PU15-405	0 001 071	000 917
		PM-PU15-406	0 001 088	000 775
	Sobrerrevestimiento	PM-PU15-407	0 001 038	000 799
		PM-PU15-408	0 000 983	000 829
		PM-PU15-409	0 000 863	000 856

Fuente: Elaboración propia a partir de las campañas desarrolladas

(\*): Coordenadas UTM relativas proporcionadas por el cliente

**Tabla 3**  
**Ensayos de densidad de campo - Método del cono de arena**

Área	Sondeo	Material	Clasificación SUCS	Profundidad (m)	Contenido de humedad (%)	Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )
Pad Fase 3	DN-PU15-301	Mineral lixiviado	GP-GM	0.12	3.3	2.07	2.01
	DN-PU15-302		GP-GM	0.12	2.5	2.23	2.18
	DN-PU15-401		GW	0.12	3.7	2.08	2.00
	DN-PU15-402		GW-GM	0.12	1.7	2.05	2.01

Fuente: Elaboración propia a partir de las campañas desarrolladas

Abreviaturas:

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

**Tabla 4**  
**Ubicación de líneas de refracción sísmica**

Área	Línea de refracción sísmica	Longitud (m)	Coordenada UTM (*)			
			Inicial		Final	
			Este	Norte	Este	Norte
Pad Fase 2	LR-PU15-01	100	001 151	0 001 678	001 250	0 001 689
	LR-PU15-02	100	001 229	0 001 624	001 312	0 001 580
	LR-PU15-03	100	001 220	0 001 558	001 312	0 001 519
	LR-PU15-04	100	001 176	0 001 469	001 275	0 001 454
	LR-PU15-05	100	000 997	0 001 356	000 983	0 001 257
Pad Fase 3	LR-PU15-06	100	000 786	0 001 300	000 836	0 001 387
	LR-PU15-07	100	000 647	0 001 255	000 736	0 001 301
Botadero Norte	LR-PU15-08	100	001 023	0 000 750	000 926	0 000 774
	LR-PU15-09	100	000 915	0 000 663	001 009	0 000 630
	LR-PU15-10	100	000 888	0 000 562	000 961	0 000 493
	LR-PU15-11	100	000 758	0 000 396	000 819	0 000 317
	LR-PU15-12	100	000 850	0 000 340	000 938	0 000 292
	LR-PU15-13	100	000 748	0 000 263	000 833	0 000 211
	LR-PU15-14	100	000 646	0 000 214	000 722	0 000 150

Fuente: Elaboración propia a partir de las campañas desarrolladas

(\*): Coordenadas UTM relativas proporcionadas por el cliente

**Tabla 5**  
**Ubicación de ensayos de ondas superficiales MASW**

Área	Ensayos MASW	Longitud (m)	Coordenada UTM (*)	
			Este	Norte
Pad Fase 2	MASW-PU15-01	100	001 201	0 001 683
	MASW-PU15-02	100	001 274	0 001 602
	MASW-PU15-03	100	001 266	0 001 539
	MASW-PU15-04	100	001 225	0 001 462
	MASW-PU15-05	100	000 990	0 001 307
Pad Fase 3	MASW-PU15-06	100	000 692	0 001 281
Botadero Norte	MASW-PU15-07	100	000 975	0 000 762
	MASW-PU15-08	100	000 962	0 000 646
	MASW-PU15-09	100	000 923	0 000 528
	MASW-PU15-10	100	000 894	0 000 313
	MASW-PU15-11	100	000 790	0 000 237
	MASW-PU15-12	100	000 685	0 000 183

Fuente: Elaboración propia a partir de las campañas desarrolladas

(\*): Coordenadas UTM relativas proporcionadas por el cliente

**Tabla 6**  
**Ubicación de ensayos de ondas superficiales MAM**

Área	Ensayos MAM	Longitud (m)	Coordenada UTM (*)	
			Este	Norte
Pad Fase 2	MAM-PU15-01	100	001 225	0 001 462
	MAM-PU15-02	100	000 990	0 001 307
	MAM-PU15-03	100	001 274	0 001 602
Botadero Norte	MAM-PU15-04	100	000 975	0 000 762
	MAM-PU15-05	100	000 923	0 000 528
	MAM-PU15-06	100	000 894	0 000 313
	MAM-PU15-07	100	000 790	0 000 237

Fuente: Elaboración propia a partir de las campañas desarrolladas

(\*): Coordenadas UTM relativas proporcionadas por el cliente

**Tabla 7**  
**Resumen de líneas de refracción sísmica**

Área	Línea de refracción sísmica	Estrato sísmico	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
Pad Fase 2	LR-PU15-01	1	800 - 1000	5 - 15	Relleno controlado
		2	1000 - 1200	3 - 10	Suelo denso
		3	1200 - 1800	5 - 8	Suelo muy denso o roca fracturada
		4	1800 - 2600	15 - 18	Roca volcánica dura
	LR-PU15-02	1	300 - 1200	23 - 25	Mineral lixiviado
		2	1200 - 2200	7 - 12	Suelo muy denso o roca fracturada
		3	2200 - 3000	2 - 10	Roca volcánica
	LR-PU15-03	1	200 - 300	5 - 6	Mineral lixiviado suelto
		2	300 - 550	10 - 14	Mineral lixiviado medianamente denso
		3	550 - 1300	18 - 23	Mineral lixiviado denso
	LR-PU15-04	1	260 - 300	3 - 4	Mineral lixiviado suelto
		2	300 - 560	13 - 15	Mineral lixiviado medianamente denso
		3	560 - 700	22 - 24	Mineral lixiviado denso
	LR-PU15-05	1	200 - 320	6 - 13	Mineral lixiviado suelto
		2	320 - 500	8 - 10	Mineral lixiviado medianamente denso
		3	500 - 770	6 - 13	Mineral lixiviado denso
4		770 - 800	8 - 16	Suelo muy denso	
Pad Fase 3	LR-PU15-06	1	600 - 800	4 - 5	Suelo residual denso
		2	800 - 1600	8 - 15	Suelo residual muy denso o roca fracturada
		3	1600 - 2500	22 - 26	Roca volcánica dura
	LR-PU15-07	1	300 - 400	1 - 5	Relleno controlado
		2	400 - 900	5 - 18	Suelo denso
		3	900 - 1600	5 - 13	Suelo muy denso o roca fracturada
		4	1600 - 3000	12 - 17	Roca volcánica dura
		5	3000 - 3400	5 - 12	Roca volcánica muy dura
Botadero Norte	LR-PU15-08	1	550 - 850	1 - 8	Suelo medianamente denso
		2	850 - 1150	8 - 15	Suelo denso
		3	1150 - 1800	10 - 12	Suelo muy denso o roca fracturada
		4	1800 - 2000	10 - 11	Roca volcánica dura
	LR-PU15-09	1	500 - 1100	5 - 8	Desmonte de mina
		2	1100 - 1600	8 - 13	Suelo denso a muy denso
		3	1600 - 1800	3 - 8	Roca volcánica fracturada
		4	1800 - 2000	14 - 15	Roca volcánica moderadamente fracturada
	LR-PU15-10	1	200 - 300	2 - 5	Desmonte de mina suelto
		2	300 - 750	12 - 14	Desmonte de mina medianamente denso
		3	750 - 1400	10 - 18	Suelo denso a muy denso
		4	1400 - 1500	5 - 8	Roca volcánica fracturada
	LR-PU15-11	1	200 - 700	20 - 24	Desmonte de mina
		2	700 - 1500	6 - 20	Suelo denso a muy denso
		3	1500 - 1700	5 - 12	Roca volcánica fracturada
	LR-PU15-12	1	200 - 300	3 - 5	Desmonte de mina suelto
		2	300 - 1050	20 - 23	Desmonte de mina medianamente denso
		3	1050 - 1150	12 - 13	Suelo denso
	LR-PU15-13	1	200 - 300	2 - 4	Desmonte de mina suelto
		2	300 - 900	10 - 12	Desmonte de mina medianamente denso
3		900 - 1600	12 - 14	Suelo denso a muy denso	
4		1600 - 1800	12 - 13	Roca volcánica fracturada	
LR-PU15-14	1	400 - 1000	8 - 10	Suelo de consistencia rígido	
	2	1000 - 1300	4 - 12	Suelo de consistencia muy rígida	
	3	1300 - 2200	8 - 16	Roca fracturada	
	4	2200 - 2600	5 - 10	Roca volcánica dura	

Fuente: Elaboración propia a partir de las campañas desarrolladas

**Abreviaturas:**

Vp: Velocidad de onda primaria

**Tabla 8**  
**Resumen de los ensayos MASW**

Área	Ensayo MASW	Estrato sísmico	Vs (m/s)	Profundidad (m)	Descripción
Pad Fase 2	MASW-PU15-01	1	375 - 368	0 - 4	Relleno controlado
		2	368 - 484	4 - 11	Suelo denso
		3	484 - 654	11 - 21	Suelo muy denso o roca fracturada
		4	654 - 894	21 - 30*	Roca volcánica dura
	MASW-PU15-02	1	168 - 184	0 - 2	Mineral lixiviado suelto
		2	184 - 352	2 - 11	Mineral lixiviado medianamente denso
		3	352 - 431	11 - 21	Mineral lixiviado denso
	MASW-PU15-03	4	431 - 639	21 - 30*	Suelo muy denso o roca fracturada
		1	164 - 179	0 - 4	Mineral lixiviado suelto
		2	179 - 318	4 - 13	Mineral lixiviado medianamente denso
	MASW-PU15-04	3	318 - 454	13 - 30*	Mineral lixiviado denso
		1	189 - 191	0 - 2	Mineral lixiviado suelto
		2	191 - 328	2 - 16	Mineral lixiviado medianamente denso
	MASW-PU15-05	3	328 - 463	16 - 30*	Mineral lixiviado denso
		1	145 - 167	0 - 4	Mineral lixiviado suelto
2		167 - 333	4 - 13	Mineral lixiviado medianamente denso	
Pad Fase 3	MASW-PU15-06	3	333 - 480	13 - 30*	Mineral lixiviado denso
		1	225 - 231	0 - 1	Relleno controlado
		2	231 - 288	1 - 4	Suelo medianamente denso
		3	288 - 507	4 - 9	Suelo denso
		4	507 - 703	9 - 21	Suelo muy denso o roca fracturada
Botadero Norte	MASW-PU15-07	5	703 - 951	21 - 30*	Roca volcánica dura
		1	283 - 322	0 - 7	Suelo medianamente denso
	MASW-PU15-08	2	322 - 529	7 - 30*	Suelo denso
		1	297 - 332	0 - 5	Desmonte de mina denso
		2	332 - 503	5 - 16	Suelo denso
	MASW-PU15-09	3	503 - 588	16 - 30*	Suelo muy denso o roca fracturada
		1	161 - 166	0 - 2	Desmonte de mina suelto
		2	166 - 300	2 - 16	Desmonte de mina medianamente denso
	MASW-PU15-10	3	300 - 461	16 - 30*	Suelo denso
		1	141 - 173	0 - 4	Desmonte de mina
		2	173 - 345	4 - 24	Desmonte de mina medianamente denso
	MASW-PU15-11	3	345 - 348	24 - 30*	Suelo denso
1		168 - 175	0 - 2	Desmonte de mina suelto	
2		175 - 336	2 - 11	Desmonte de mina medianamente denso	
MASW-PU15-12	3	336 - 589	11 - 30*	Suelo denso a muy denso	
	1	259 - 345	0 - 5	Suelo de consistencia rígida	
	2	345 - 509	5 - 16	Suelo de consistencia muy rígida	
		3	509 - 694	16 - 30*	Suelo de consistencia dura o roca fracturada

Fuente: Elaboración propia a partir de las campañas desarrolladas

**Abreviaturas:**

Vs: Velocidad de ondas de corte

(\*): Máxima profundidad de investigación

**Tabla 9**  
**Resumen de los ensayos MAM**

Área	Ensayo MAM	Estrato sísmico	Vs (m/s)	Profundidad (m)	Descripción
Pad Fase 2	MAM-PU15-01	1	186 - 192	0 - 2	Mineral lixiviado suelto
		2	192 - 340	2 - 17	Mineral lixiviado medianamente denso
		3	340 - 467	17 - 42	Mineral lixiviado denso
		4	467 - 536	42 - 100*	Suelo muy denso o roca fracturada
	MAM-PU15-02	1	145 - 184	0 - 4	Mineral lixiviado suelto
		2	184 - 341	4 - 17	Mineral lixiviado medianamente denso
		3	341 - 511	17 - 50	Mineral lixiviado denso
		4	511 - 621	50 - 66	Suelo muy denso o roca fracturada
		5	621 - 806	66 - 100*	Roca volcánica dura
	MAM-PU15-03	1	189 - 200	0 - 2	Mineral lixiviado suelto
		2	200 - 276	2 - 10	Mineral lixiviado medianamente denso
		3	276 - 470	10 - 23	Mineral lixiviado denso
		4	470 - 690	23 - 35	Suelo muy denso o roca fracturada
		5	690 - 1098	35 - 100*	Roca volcánica dura
	Botadero Norte	MAM-PU15-04	1	269 - 314	0 - 6
2			314 - 581	6 - 32	Suelo denso
3			581 - 679	32 - 42	Suelo muy denso o roca fracturada
4			679 - 1186	42 - 100*	Roca volcánica dura
MAM-PU15-05		1	163 - 184	0 - 4	Desmonte de mina suelto
		2	184 - 343	4 - 15	Desmonte de mina medianamente denso
		3	343 - 493	15 - 35	Suelo denso
		4	493 - 683	35 - 50	Suelo muy denso o roca fracturada
		5	683 - 1136	50 - 100*	Roca volcánica dura
MAM-PU15-06		1	155 - 188	0 - 4	Desmonte de mina suelto
		2	188 - 362	4 - 17	Desmonte de mina medianamente denso
		3	362 - 536	17 - 42	Suelo denso
		4	536 - 708	42 - 66	Suelo muy denso o roca fracturada
		5	708 - 1014	66 - 100*	Roca volcánica dura
MAM-PU15-07		1	160 - 181	0 - 2	Desmonte de mina suelto
		2	181 - 298	2 - 10	Desmonte de mina medianamente denso
		3	298 - 526	10 - 26	Suelo denso
		4	526 - 703	26 - 46	Suelo muy denso o roca fracturada
		5	703 - 1037	46 - 100*	Roca volcánica dura

Fuente: Elaboración propia a partir de las campañas desarrolladas

**Abreviaturas:**

Vs: Velocidad de ondas de corte

(\*): Máxima profundidad de investigación

**Tabla 10**  
Resumen de  $V_{s30}$  según el IBC (2012)

Ensayo MASW	$V_{s30}$ (m/s)	Tipo de suelo IBC (2012)
MASW-PU15-01	530	C
MASW-PU15-02	324	*
MASW-PU15-03	282	*
MASW-PU15-04	294	*
MASW-PU15-05	273	*
MASW-PU15-06	495	C
MASW-PU15-07	388	*
MASW-PU15-08	427	*
MASW-PU15-09	270	*
MASW-PU15-10	258	*
MASW-PU15-11	317	*
MASW-PU15-12	442	C
MASW-PU15-18	523	*
MASW-PU15-19	510	C
MASW-PU15-20	608	C
MASW-PU15-21	542	C
MASW-PU15-22	584	C
MASW-PU15-23	534	C
MASW-PU15-24	506	C
MASW-PU15-25	1030	B
MASW-PU15-26	670	C
MASW-PU15-27	1095	B

Fuente: Elaboración propia a partir de las campañas desarrolladas

**Abreviaturas:**

$V_{s30}$ : Velocidad de ondas de corte promedio para los primeros 30 m de profundidad

IBC: International Building Code

(\*): No aplica la clasificación IBC por tener potencia de suelos superiores a 30 m

**Tabla 11**  
Parámetros dinámicos para la zona del Pad Fase 2

Material	$\rho$ ( $\text{kN/m}^3$ )	Profundidad (m)	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	$V_p/V_s$	$\mu$	$E_{\text{máx}}$ (MPa)	$G_{\text{máx}}$ (MPa)
Mineral lixiviado suelto	18	5	300	150	2	0.33	108	40.5
Mineral lixiviado medianamente denso	18	10	500	270	1.85	0.29	339.6	131.2
Mineral lixiviado denso	19	15	650	360	1.81	0.28	629.8	246.2

Fuente: Elaboración propia a partir de las campañas desarrolladas

**Abreviaturas:**

$\rho$ : Densidad del material

$V_p$ : Velocidad de ondas compresionales

$V_s$ : Velocidad de ondas de corte

$\mu$ : Coeficiente de Poisson

E: Módulo de elasticidad

G: Módulo de corte

**Tabla 12**  
Parámetros dinámicos para la zona del Botadero Norte

Material	$\rho$ ( $\text{kN/m}^3$ )	Profundidad (m)	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	$V_p/V_s$	$\mu$	$E_{\text{máx}}$ (MPa)	$G_{\text{máx}}$ (MPa)
Desmante de mina suelto	18	5	350	180	1.94	0.32	154	58.3
Desmante de mina medianamente denso	18	10	500	260	1.92	0.31	319.9	121.7
Desmante de mina medianamente denso	19	15	650	350	1.86	0.3	603.2	232.8

Fuente: Elaboración propia a partir de las campañas desarrolladas

**Abreviaturas:**

$\rho$ : Densidad del material

$V_p$ : Velocidad de ondas compresionales

$V_s$ : Velocidad de ondas de corte

$\mu$ : Coeficiente de Poisson

E: Módulo de elasticidad

G: Módulo de corte

Ubicación		CALICATA: CA-PU15-75		Página 1 de 1	
Fecha de inicio	07/09/2015	Sistema de coordenadas	UTM relativas		
Fecha de término	07/09/2015	Norte	0 000 550.0		
Tipo de excavación	Mecánica	Este	001 290.0		
Tipo de equipo	CAT 320 D	Elevación (msnm)	4 507.0		
Dimensión de excavación	2.0 m x 4.0 m	Nivel freático (m)	No encontrado		
Registrado por	R.C.F.	Profundidad calicata (m)	4.8		
Condición superficial	Plana				
Profundidad (m)	SUICS	Condición de la muestra		Muestra	Comentarios
		Disturbada	En bloque		
0					
0	ML				Suelo residual.
0					
1					
1	CL			M-1	Dr = 1.0 m
1					
2					
2	ML				
2					
3					
3	ML				
3					
4					
4	ML				
4					
5					
5					Rechazo a la excavación (límite de la excavación)
					Abreviatura: Dr: Profundidad de fundación propuesta

Ubicación		CALICATA: CA-PU15-76		Página 1 de 1	
Fecha de inicio	07/09/2015	Sistema de coordenadas	UTM relativas		
Fecha de término	07/09/2015	Norte	0 000 773.0		
Tipo de excavación	Mecánica	Este	001 327.0		
Tipo de equipo	CAT 320 D	Elevación (msnm)	4 492.0		
Dimensión de excavación	2.0 m x 4.0 m	Nivel freático (m)	No encontrado		
Registrado por	R.C.F.	Profundidad calicata (m)	4.7		
Condición superficial	Ladera de pendiente baja				
Profundidad (m)	SUICS	Condición de la muestra		Muestra	Comentarios
		Disturbada	En bloque		
0					
0					Depósito moréno.
0					
1					
1	ML				Dr = 1.0 m
1					
2					
2	ML			M-1	Suelo residual.
2					
3					
3	ML				
3					
4					
4	ML				
4					
5					Rechazo a la excavación (límite de la excavación)
					Abreviatura: Dr: Profundidad de fundación propuesta

Ubicación		CALICATA: CA-PU15-77		Página 1 de 1	
Fecha de inicio	08/09/2015	Sistema de coordenadas	UTM relativas		
Fecha de término	08/09/2015	Norte	0 000 664.0		
Tipo de excavación	Mecánica	Este	001 310.0		
Tipo de equipo	CAT 320 D	Elevación (msnm)	4 413.0		
Dimensión de excavación	2.0 m x 4.0 m	Nivel freático (m)	No encontrado		
Registrado por	R.C.F.	Profundidad calicata (m)	3.7		
Condición superficial	Ladera de pendiente media				
Profundidad (m)	SUICS	Condición de la muestra		Muestra	Comentarios
		Disturbada	En bloque		
0					
0	GM				Depósito moréno.
0					
1					Dr = 1.0 m
1	CL				
1					
2					
2	ML				
2					
3					
3	ML				Suelo residual.
3					
4					Rechazo a la excavación (suelo muy rígido)
					Abreviatura: Dr: Profundidad de fundación propuesta

Ubicación		CALICATA: CA-PU15-78		Página 1 de 1	
Fecha de inicio	08/09/2015	Sistema de coordenadas	UTM relativas		
Fecha de término	08/09/2015	Norte	0 000 550.0		
Tipo de excavación	Mecánica	Este	001 290.0		
Tipo de equipo	CAT 320 D	Elevación (msnm)	4 492.0		
Dimensión de excavación	2.0 m x 4.0 m	Nivel freático (m)	No encontrado		
Registrado por	R.C.F.	Profundidad calicata (m)	4.8		
Condición superficial	Ladera de pendiente fuerte				
Profundidad (m)	SUICS	Condición de la muestra		Muestra	Comentarios
		Disturbada	En bloque		
0					
0					Depósito moréno. Espesor de suelo orgánico = 0.2 m
0					
1					Dr = 1.0 m
1	GC				
1					
2					
2	ML				Suelo residual.
2					
3					
3	ML				
3					
4					
4	ML			M-1	
4					
5					Rechazo a la excavación (límite de la excavación)
					Abreviatura: Dr: Profundidad de fundación propuesta

Ubicación		CALICATA: CA-FU15-79		Página 1 de 1	
Fecha de inicio	05/05/2015	Sistema de coordenadas	UTM Noroeste	Este	0 000 550.0
Fecha de término	05/05/2015	Norte	0 000 550.0	Este	001 210.0
Tipo de excavación	Mecánica	Elevación (msnm)	4 385.0	Nivel freático (m)	No encontrado
Tipo de equipo	CAT 320 D	Profundidad calicata (m)	4.0	Profundidad calicata (m)	4.0
Dimensión de excavación	2.0 m x 4.0 m				
Registro por	R.C.F.				
Condición superficial	Ladera de pendiente fuerte				
Profundidad (m)	SUCS	Gráfico	Condición de la muestra	Muestra	Comentarios
			<input checked="" type="checkbox"/> Disturbada <input type="checkbox"/> En bloque		
0					
0.5	GM			SM	Depósito monónico.
1					
1.5	OC			SM	Grava arcillosa con arena, plasticidad baja a media, medianamente densa, ligeramente húmeda a húmeda, color pardo, estructura homogénea, grava angular de TM = 3°. Grava = 40.0 %, Arena = 20.0 %, Finos = 40.0 %.
2					
2.5					
3	ML			SM	Limo con arena, plasticidad baja a media, firme a rígido, ligeramente húmedo, color pardo, estructura homogénea, grava angular de TM = 3°. Grava = 10.0 %, Arena = 20.0 %, Finos = 70.0 %.
4					
4	Rechazo a la excavación (límite de la excavación)			Abreviatura:	DF: Profundidad de fundación propuesta

Ubicación		CALICATA: CA-FU15-80		Página 1 de 1	
Fecha de inicio	05/05/2015	Sistema de coordenadas	UTM Noroeste	Este	0 000 720.0
Fecha de término	05/05/2015	Norte	0 000 720.0	Este	001 151.0
Tipo de excavación	Mecánica	Elevación (msnm)	4 385.0	Nivel freático (m)	No encontrado
Tipo de equipo	CAT 320 D	Profundidad calicata (m)	4.0	Profundidad calicata (m)	4.0
Dimensión de excavación	2.0 m x 4.0 m				
Registro por	R.C.F.				
Condición superficial	Ladera de pendiente baja				
Profundidad (m)	SUCS	Gráfico	Condición de la muestra	Muestra	Comentarios
			<input checked="" type="checkbox"/> Disturbada <input type="checkbox"/> En bloque		
0					
0.5					
1					
1.5					
2	GM			SM	Grava limosa con arena, plasticidad baja a media, medianamente densa a densa, seca a ligeramente húmeda, color pardo claro, estructura homogénea, grava angular con bolsonería y bloques de TM = 15° en 15% del volumen total. Grava = 45.0 %, Arena = 20.0 %, Finos = 35.0 %.
2.5					
3					
3.5					
4					
4	Rechazo a la excavación (límite de la excavación)			Abreviatura:	DF: Profundidad de fundación propuesta NA: No Aplica

Ubicación		CALICATA: CA-FU15-105		Página 1 de 1	
Fecha de inicio	12/05/2015	Sistema de coordenadas	UTM Noroeste	Este	0 000 534.0
Fecha de término	12/05/2015	Norte	0 000 534.0	Este	000 700.0
Tipo de excavación	Mecánica	Elevación (msnm)	4 424.0	Nivel freático (m)	No encontrado
Tipo de equipo	CAT 320 D	Profundidad calicata (m)	4.4	Profundidad calicata (m)	4.4
Dimensión de excavación	2.0 m x 4.0 m				
Registro por	R.C.F.				
Condición superficial	Plana				
Profundidad (m)	SUCS	Gráfico	Condición de la muestra	Muestra	Comentarios
			<input checked="" type="checkbox"/> Disturbada <input type="checkbox"/> En bloque		
0					
0.5	GM			SM	Superficie con poca vegetación, presencia de bolsonería y bloques.
1					
1.5					
2	GM			SM	Grava limosa con arena, plasticidad baja, medianamente densa, ligeramente húmeda, color pardo, estructura estratificada, grava angular de TM = 3°. Grava = 60.0 %, Arena = 25.0 %, Finos = 15.0 %.
2.5					
3					
3.5	OC			M-1	Grava mal graduada con arcilla, plasticidad baja, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda a húmeda, color pardo amarillento, estructura estratificada, grava angular con bolsonería y bloques de TM = 15° en 50.0 % del volumen total. Grava = 65.0 %, Arena = 25.0 %, Finos = 10.0 %.
4					
4	Rechazo a la excavación (límite de la excavación)			Abreviatura:	DF: Profundidad de fundación propuesta

Ubicación		CALICATA: CA-FU15-106		Página 1 de 1	
Fecha de inicio	16/05/2015	Sistema de coordenadas	UTM Noroeste	Este	0 000 870.0
Fecha de término	16/05/2015	Norte	0 000 870.0	Este	000 760.0
Tipo de excavación	Mecánica	Elevación (msnm)	4 414.0	Nivel freático (m)	No encontrado
Tipo de equipo	CAT 320 D	Profundidad calicata (m)	4.4	Profundidad calicata (m)	4.4
Dimensión de excavación	2.0 m x 4.0 m				
Registro por	R.C.F.				
Condición superficial	Ladera de pendiente baja a media				
Profundidad (m)	SUCS	Gráfico	Condición de la muestra	Muestra	Comentarios
			<input checked="" type="checkbox"/> Disturbada <input type="checkbox"/> En bloque		
0					
0.5					
1					
1.5					
2					
2.5	GC			M-1	Grava arcillosa con arena, plasticidad media, medianamente densa, húmeda, color pardo amarillento, estructura estratificada, grava angular con bolsonería y bolsonería de TM = 20° en 20% del volumen total. Grava = 65.5 %, Arena = 10.4 %, Finos = 15.1 %.
3					
3.5					
4					
4	Límite de la excavación (límite de la excavación)			Abreviatura:	DF: Profundidad de fundación propuesta

Ubicación		CALICATA: CA-PU15-107				
Pad Fasa 3		Página 1 de 1				
Fecha de inicio: 16/09/2015		Fecha de término: 16/09/2015				
Fecha de inicio: 16/09/2015		Fecha de término: 16/09/2015				
Tipo de excavación: Mecánica		Sistema de coordenadas: UTM peruano				
Tipo de equipo: CAT 320 D		Norte: 0 000 000.0				
Dimensión de excavación: 2.0 m x 4.0 m		Este: 000 000.0				
Registrado por: R.C.F.		Elevación (msnm): 4 400.0				
Condición superficial: Ladera de pendiente media		Nivel freático (m): No encontrado				
		Profundidad calicata (m): 1.0				
Profundidad (m)	SUCS	Condición de la muestra		Muestra	Código muestra	Comentarios
		Disturbada	En bloque			
0	OL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		Descripción				
		Limo orgánico, plasticidad baja, blanco, ligeramente húmedo, color partido oscuro, estructura homogénea, grava angular de TM = 3		SM		Presencia de raíces y escasa vegetación superficial.
		Grava = 10.0 %, Arena = 10.0 %, Fines = 80.0 %				
	OM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		Grava limosa con arena, plasticidad nula a baja, suelta, seca, color partido, estructura homogénea, grava angular de TM = 3		SM		
		Grava = 40.0 %, Arena = 20.0 %, Fines = 40.0 %				
1	ML	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		Limo, plasticidad baja, firme a rígido, seco, color partido claro, estructura homogénea, grava angular de TM = 3		SM		Suelo residual
		Grava = 5.0 %, Arena = 5.0 %, Fines = 90.0 %				Df = 1.0 m
Rechazo a la excavación (suelo muy rígido)						Abreviatura: Df: Profundidad de fundación propuesta

Ubicación		CALICATA: CA-PU15-108				
Pad Fasa 3		Página 1 de 1				
Fecha de inicio: 16/09/2015		Fecha de término: 16/09/2015				
Fecha de inicio: 16/09/2015		Fecha de término: 16/09/2015				
Tipo de excavación: Mecánica		Sistema de coordenadas: UTM peruano				
Tipo de equipo: CAT 320 D		Norte: 0 001 037.0				
Dimensión de excavación: 2.0 m x 4.0 m		Este: 000 000.0				
Registrado por: R.C.F.		Elevación (msnm): 4 410.0				
Condición superficial: Ladera de pendiente media		Nivel freático (m): No encontrado				
		Profundidad calicata (m): 0.7				
Profundidad (m)	SUCS	Condición de la muestra		Muestra	Código muestra	Comentarios
		Disturbada	En bloque			
0	ML	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		Descripción				
		Limo con grava, plasticidad baja, blanco, seco, color partido, estructura homogénea, grava angular de TM = 3		SM		Presencia de raíces y escasa vegetación superficial. Bloques y botonera en 25.0% del volumen total.
		Grava = 20.0 %, Arena = 10.0 %, Fines = 70.0 %				
	GM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		Grava limosa con arena, plasticidad nula a baja, medianamente densa, seca, color partido, estructura homogénea, grava angular de TM = 3		SM		Df = 0.7 m
		Grava = 45.0 %, Arena = 25.0 %, Fines = 30.0 %				
Rechazo a la excavación (basamento rocoso)						Abreviatura: Df: Profundidad de fundación propuesta

Ubicación		CALICATA: CA-PU15-109				
Pad Fasa 3		Página 1 de 1				
Fecha de inicio: 16/09/2015		Fecha de término: 16/09/2015				
Fecha de inicio: 16/09/2015		Fecha de término: 16/09/2015				
Tipo de excavación: Mecánica		Sistema de coordenadas: UTM peruano				
Tipo de equipo: CAT 320 D		Norte: 0 001 070.0				
Dimensión de excavación: 2.0 m x 4.0 m		Este: 000 000.0				
Registrado por: R.C.F.		Elevación (msnm): 4 400.0				
Condición superficial: Ladera de pendiente baja		Nivel freático (m): No encontrado				
		Profundidad calicata (m): 1.0				
Profundidad (m)	SUCS	Condición de la muestra		Muestra	Código muestra	Comentarios
		Disturbada	En bloque			
0	DL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		Descripción				
		Limo con arena, plasticidad baja, blanco, seco, color partido oscuro, estructura homogénea, grava angular de TM = 3		SM		Presencia de raíces y escasa vegetación superficial.
		Grava = 10.0 %, Arena = 20.0 %, Fines = 70.0 %				
	GM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		Grava limosa con arena, plasticidad nula, suelta a medianamente densa, seca, color partido, estructura homogénea, grava angular de TM = 3		SM		Df = 1.0 m
		Grava = 55.0 %, Arena = 20.0 %, Fines = 15.0 %				
1	ML	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		Limo, plasticidad baja, firme, seco, color partido claro, estructura homogénea, grava angular de TM = 1		M-1		
		Grava = 10.0 %, Arena = 10.0 %, Fines = 80.0 %				
Rechazo a la excavación (suelo muy rígido)						Abreviatura: Df: Profundidad de fundación propuesta

Ubicación		CALICATA: CA-PU15-110				
Pad Fasa 3		Página 1 de 1				
Fecha de inicio: 16/09/2015		Fecha de término: 16/09/2015				
Fecha de inicio: 16/09/2015		Fecha de término: 16/09/2015				
Tipo de excavación: Mecánica		Sistema de coordenadas: UTM peruano				
Tipo de equipo: CAT 320 D		Norte: 0 000 858.0				
Dimensión de excavación: 2.0 m x 4.0 m		Este: 001 295.0				
Registrado por: R.C.F.		Elevación (msnm): 4 397.0				
Condición superficial: Plana		Nivel freático (m): No encontrado				
		Profundidad calicata (m): 1.2				
Profundidad (m)	SUCS	Condición de la muestra		Muestra	Código muestra	Comentarios
		Disturbada	En bloque			
0	SM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		Descripción				
		Arena limosa con grava, plasticidad nula a baja, medianamente densa, seca, color partido rojizo, estructura homogénea, grava angular de TM = 3		SM		Releno no controlado
		Grava = 25.0 %, Arena = 40.0 %, Fines = 35.0 %				
	ML	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
		Limo arenoso, plasticidad baja, rígido, ligeramente húmedo, color partido amarillento, estructura homogénea, grava angular de TM = 1		SM		Suelo residual
		Grava = 5.0 %, Arena = 35.0 %, Fines = 60.0 %				Df = 1.0 m
Rechazo a la excavación (suelo rígido)						Abreviatura: Df: Profundidad de fundación propuesta

Ubicación		CALICATA: CAPU15-111		Página 1 de 1	
Pad Fase 3 Fecha de inicio: 16/09/2015 Fecha de término: 16/09/2015 Tipo de excavación: Mecánica Tipo de equipo: CAT 320 D Dimensión de excavación: 2,0 m x 4,0 m Registro por: R.C.F. Condición superficial: Ladera de pendiente baja		Sistema de coordenadas: UTM reactivas Norte: 0 001 153,0 Este: 000 718,0 Elevación (msnm): 4 302,0 Nivel realce (m): No encontrado Profundidad calicata (m): 2,5			
Profundidad (m)	SUCS	Condición de la muestra		Muestra	Comentarios
		Disturbada	En bloque		
Descripción					
0	OL			OL	Presencia de raíces y escasa vegetación superficial.
	ML			ML	
	SM			SM	
2				M-1	
Rechazo a la excavación (suelo denso)					Abreviatura: Df: Profundidad de fundación propuesta

Ubicación		CALICATA: CA-PU15-112		Página 1 de 1	
Pad Fase 3 Fecha de inicio: 16/09/2015 Fecha de término: 16/09/2015 Tipo de excavación: Mecánica Tipo de equipo: CAT 320 D Dimensión de excavación: 2,0 m x 4,0 m Registro por: R.C.F. Condición superficial: Ladera de pendiente baja		Sistema de coordenadas: UTM reactivas Norte: 0 001 336,0 Este: 000 758,0 Elevación (msnm): 4 373,0 Nivel realce (m): No encontrado Profundidad calicata (m): 2,1			
Profundidad (m)	SUCS	Condición de la muestra		Muestra	Comentarios
		Disturbada	En bloque		
Descripción					
0	OL			OL	Deposito orgánico con presencia de raíces y escasa vegetación superficial.
	ML			ML	
2				SM	
Rechazo a la excavación (suelo rígido)					Nota: Df: Profundidad de fundación propuesta

Ubicación		CALICATA: CA-PU15-113		Página 1 de 1	
Pad Fase 3 Fecha de inicio: 16/09/2015 Fecha de término: 16/09/2015 Tipo de excavación: Mecánica Tipo de equipo: CAT 320 D Dimensión de excavación: 2,0 m x 4,0 m Registro por: R.C.F. Condición superficial: Ladera de pendiente baja		Sistema de coordenadas: UTM reactivas Norte: 0 001 387,0 Este: 000 614,0 Elevación (msnm): 4 364,0 Nivel realce (m): No encontrado Profundidad calicata (m): 1,5			
Profundidad (m)	SUCS	Condición de la muestra		Muestra	Comentarios
		Disturbada	En bloque		
Descripción					
0	OL			OL	Presencia de raíces y escasa vegetación.
	ML			ML	
	SM			SM	
1	GM			GM	
Rechazo a la excavación (basamento rocoso)					Nota: Df: Profundidad de fundación propuesta

Ubicación		CALICATA: CA-PU15-114		Página 1 de 1	
Pad Fase 3 Fecha de inicio: 16/09/2015 Fecha de término: 16/09/2015 Tipo de excavación: Mecánica Tipo de equipo: CAT 320 D Dimensión de excavación: 2,0 m x 4,0 m Registro por: R.C.F. Condición superficial: Ladera de pendiente baja		Sistema de coordenadas: UTM reactivas Norte: 0 001 416,0 Este: 000 657,0 Elevación (msnm): 4 350,0 Nivel realce (m): No encontrado Profundidad calicata (m): 1,3			
Profundidad (m)	SUCS	Condición de la muestra		Muestra	Comentarios
		Disturbada	En bloque		
Descripción					
0	ML			ML	Suelo residual.
	GM			GM	
1				SM	
Rechazo a la excavación (basamento rocoso)					Nota: Df: Profundidad de fundación propuesta

Ubicación		CALICATA: CA-PU15-115	
Pasó Fase 3		Página 1 de 1	
Fecha de inicio	16/05/2015	Sistema de coordenadas	UTM noroeste
Fecha de término	16/05/2015	Norte	0 001 344.0
Tipo de excavación	Mecánica	Este	000 774.0
Tipo de equipo	CAT 320 D	Elevación (msnm)	4 301.0
Dimensión de excavación	2.0 m x 4.0 m	Nivel freático (m)	No encontrado
Registrado por	R.C.F.	Profundidad calicata (m)	1.4
Condición superficial	Ladera de pendiente baja		
Profundidad (m)	SUCS	Condición de la muestra	Comentarios
		Disturbada	
		En bloque	
Descripción			
0	OL	Limo, plastilidad baja, blanco, seco, color pardo, estructura homogénea, grava angular de TM = 3". Grava = 10.0 %, Arena = 10.0 %, Fines = 80.0 %.	Suelo orgánico con presencia de vegetación superficial y raíces.
	ML	Limo, plastilidad baja, blanco, seco, color pardo, estructura homogénea, grava angular de TM=3". Grava = 10.0 %, Arena = 10.0 %, Fines = 80.0 %.	
	GM	Grava limosa con arena, plastilidad nula, medianamente densa a densa, color pardo a gris claro, estructura homogénea, grava angular de TM = 3". Grava = 60.0 %, Arena = 25.0 %, Fines = 15.0 %.	Suelo residual
Rechazo a la excavación (basamento rocoso)			
Notas: Df: Profundidad de fundación propuesta			

Ubicación		CALICATA: CA-PU15-116	
Pasó Fase 3		Página 1 de 1	
Fecha de inicio	16/05/2015	Sistema de coordenadas	UTM noroeste
Fecha de término	16/05/2015	Norte	0 001 335.0
Tipo de excavación	Mecánica	Este	000 679.0
Tipo de equipo	CAT 320 D	Elevación (msnm)	4 343.0
Dimensión de excavación	2.0 m x 4.0 m	Nivel freático (m)	No encontrado
Registrado por	R.C.F.	Profundidad calicata (m)	2.2
Condición superficial	Ladera de pendiente media		
Profundidad (m)	SUCS	Condición de la muestra	Comentarios
		Disturbada	
		En bloque	
Descripción			
0	OL	Limo, plastilidad baja, blanco, seco, color pardo, estructura homogénea, grava angular de TM = 3". Grava = 10.0 %, Arena = 10.0 %, Fines = 80.0 %.	Presencia de raíces y superficie con escasa vegetación.
	GM	Grava limosa, plastilidad baja, suelta, seco color pardo oscuro, estructura homogénea, grava subangular de TM = 3". Grava = 30.0 %, Arena = 25.0 %, Fines = 45.0 %.	
	ML	Limo con grava, plastilidad baja, blanco, seco, color pardo oscuro, estructura homogénea. Grava = 10.0 %, Arena = 20.0 %, Fines = 70.0 %.	
	SM	Arena limosa con grava, plastilidad baja, banda, medianamente densa, ligeramente húmeda, color pardo claro, estructura homogénea, grava angular, Grava = 25.0 %, Arena = 40.0 %, Fines = 35.0 %.	
Rechazo a la excavación (basamento rocoso)			
Notas: Df: Profundidad de fundación propuesta			

Ubicación		CALICATA: CA-PU15-117	
Pasó Fase 3		Página 1 de 1	
Fecha de inicio	16/05/2015	Sistema de coordenadas	UTM noroeste
Fecha de término	16/05/2015	Norte	0 001 255.0
Tipo de excavación	Mecánica	Este	000 650.0
Tipo de equipo	CAT 320 D	Elevación (msnm)	4 361.0
Dimensión de excavación	2.0 m x 4.0 m	Nivel freático (m)	No encontrado
Registrado por	R.C.F.	Profundidad calicata (m)	2.0
Condición superficial	Ladera de pendiente plana		
Profundidad (m)	SUCS	Condición de la muestra	Comentarios
		Disturbada	
		En bloque	
Descripción			
0	GM	Grava limosa con arena, plastilidad baja, medianamente densa a densa, seca a ligeramente húmeda, color pardo a gris, estructura homogénea, grava angular con botanera y bloques de TM = 1" en un 10% del volumen total. Grava = 65.0 %, Arena = 20.0 %, Fines = 15.0 %.	Relieve no controlado.
	ML	Limo con arena, plastilidad baja, blanco, ligeramente húmedo, color pardo oscuro, estructura homogénea, grava angular. Grava = 10.0 %, Arena = 15.0 %, Fines = 75.0 %.	
	GM	Grava limosa, plastilidad nula a baja, densa, seca a ligeramente húmeda, color pardo a gris verdoso, estructura estratificada, grava angular con botanera de TM = 1" en un 5% del volumen total. Grava = 60.0 %, Arena = 25.0 %, Fines = 15.0 %.	
Rechazo a la excavación (basamento rocoso)			
Notas: Df: Profundidad de fundación propuesta			

Ubicación		CALICATA: CA-PU15-118	
Pasó Fase 3		Página 1 de 1	
Fecha de inicio	16/05/2015	Sistema de coordenadas	UTM noroeste
Fecha de término	16/05/2015	Norte	0 001 223.0
Tipo de excavación	Mecánica	Este	000 722.0
Tipo de equipo	CAT 320 D	Elevación (msnm)	4 372.0
Dimensión de excavación	2.0 m x 4.0 m	Nivel freático (m)	No encontrado
Registrado por	R.C.F.	Profundidad calicata (m)	4.0
Condición superficial	Ladera de pendiente plana		
Profundidad (m)	SUCS	Condición de la muestra	Comentarios
		Disturbada	
		En bloque	
Descripción			
0	GM	Grava limosa con arena, plastilidad baja, medianamente densa a densa, seca a ligeramente húmeda, color pardo a gris, estructura homogénea, grava angular con botanera de TM = 1" en un 5% del volumen total. Grava = 60.0 %, Arena = 35.0 %, Fines = 25.0 %.	Suelo residual.
	GM	Grava limosa, plastilidad nula a baja, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, color marrón a gris oscuro, estructura homogénea, grava angular con botanera de TM = 1" en un 10% del volumen total. Grava = 35.0 %, Arena = 30.0 %, Fines = 35.0 %.	
Rechazo a la excavación (basamento rocoso)			
Notas: Df: Profundidad de fundación propuesta			

**Tabla 1**  
**Ensayos de densidad de campo**

<b>Código de ensayo:</b>	<b>DN-PU15-301</b>	<b>DN-PU15-302</b>	<b>DN-PU15-401</b>	<b>DN-PU15-402</b>
Fecha	05/08/2015	05/08/2015	05/08/2015	05/08/2015
Profundidad (m)	0.12	0.12	0.12	0.12
Ubicación de prueba	N: 0 001 323 E: 000 991	N: 0 001 300 E: 000 931	N: 0 001 240 E: 000 869	N: 0 001 193 E: 000 843
Densidad de arena (g/cm <sup>3</sup> )	1.53	1.53	1.53	1.53
Peso de arena en el cono (g)	1 627.00	1 627.00	1 627.00	1 627.00
<b>Densidad</b>				
Peso de recipiente (g)	100.00	100.00	100.00	100.00
Recipiente + Suelo húmedo (g)	4 351.00	5 365.00	3 996.00	5 550.00
Peso de suelo húmedo (g)	4 251.00	5 265.00	3 896.00	5 450.00
Cono + Arena inicial (g)	7 175.00	7 451.00	7 310.00	7 091.00
Cono + Arena final (g)	2 408.00	2 211.00	2 814.00	1 393.00
Arena usada (Cono + Hueco) (g)	4 767.00	5 240.00	4 496.00	5 698.00
Arena usada (Hueco) (g)*	3 140.00	3 613.00	2 869.00	4 071.00
Volumen del hueco (cm <sup>3</sup> )	2 052.29	2 361.44	1 875.16	2 660.78
<b>Densidad húmeda (g/cm<sup>3</sup>)**</b>	<b>2.07</b>	<b>2.23</b>	<b>2.08</b>	<b>2.05</b>
<b>Contenido de agua</b>				
N° de recipiente	-	-	-	-
Peso de recipiente (g)	-	-	-	-
Recipiente + Suelo húmedo (g)	-	-	-	-
Recipiente + Suelo seco (g)	-	-	-	-
Peso del agua (g)	-	-	-	-
Peso del suelo seco (g)	-	-	-	-
Contenido de humedad (%)	3.30	2.50	3.70	1.70
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>):</b>	<b>2.01</b>	<b>2.18</b>	<b>2.00</b>	<b>2.01</b>
Compactación (%)	-	-	-	-
Diferencia de humedad (%)	-	-	-	-
MDS corregida Proctor estándar (g/cm <sup>3</sup> )	-	-	-	-
OCH corregido (%)	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir de las campañas desarrolladas

**Abreviaturas:**

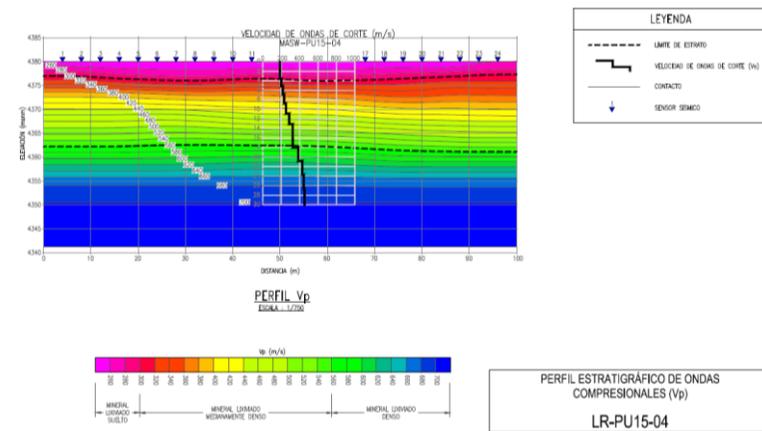
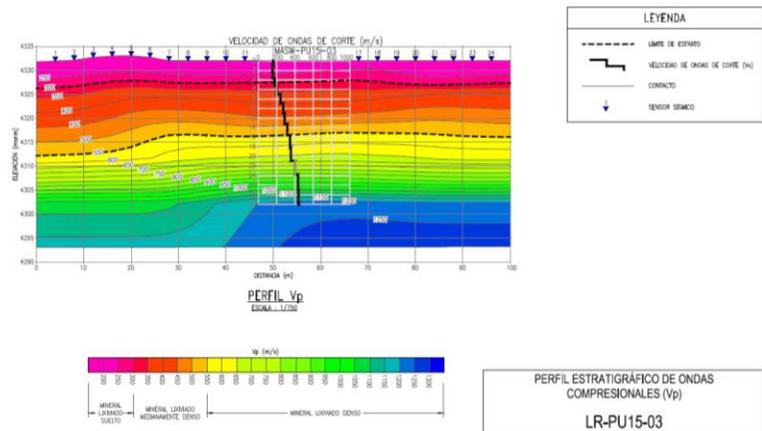
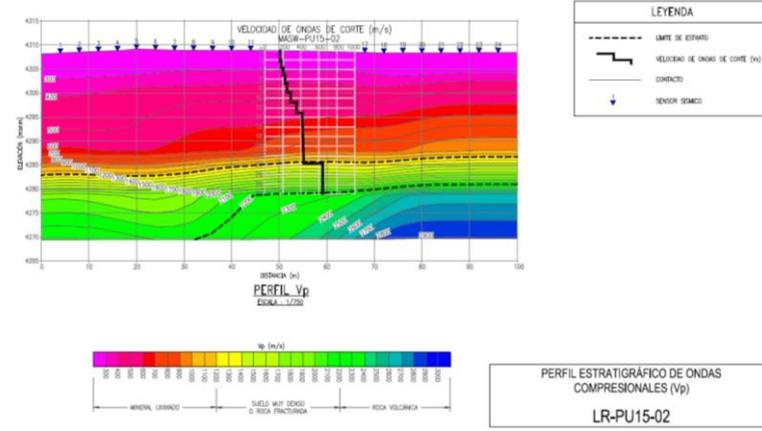
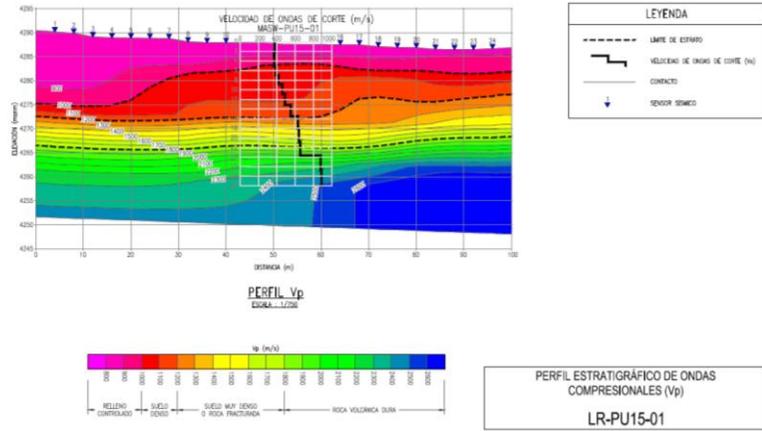
MDS: Máxima densidad seca

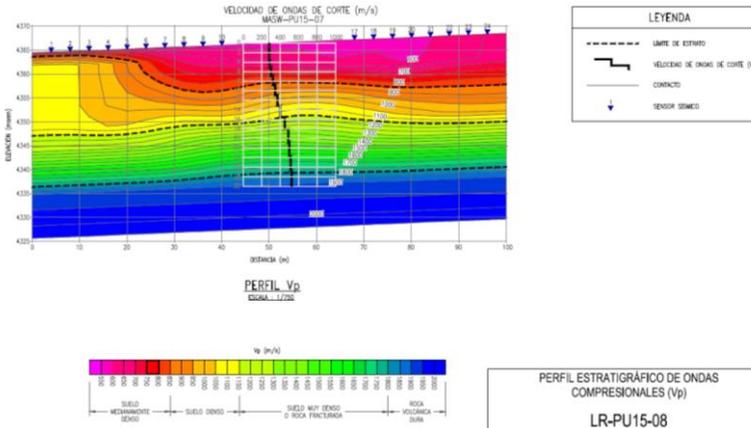
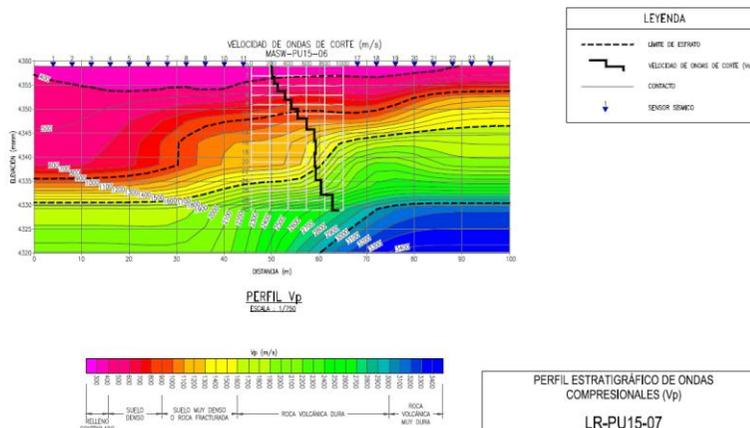
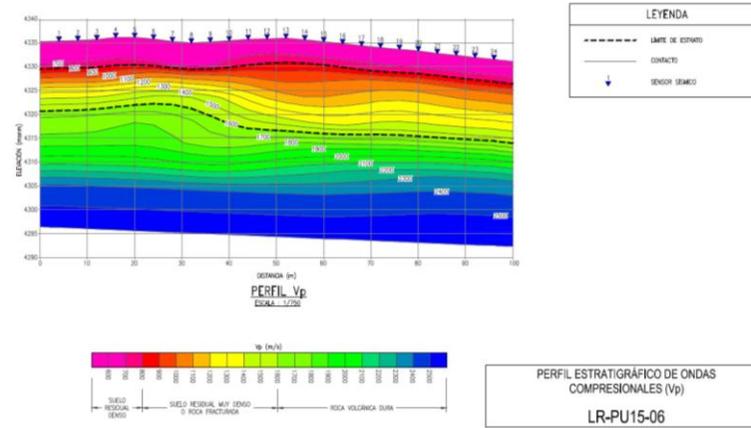
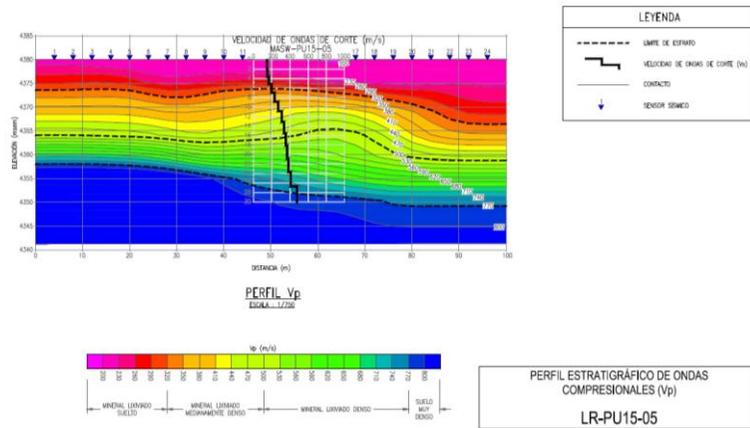
OCH: Óptimo contenido de humedad

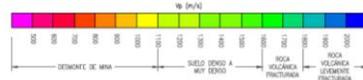
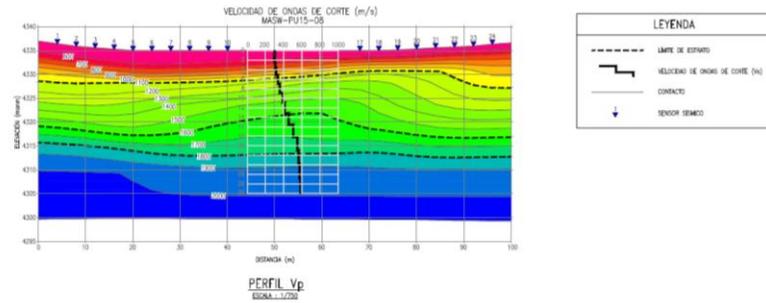
(\*): Arena usada (Neto) = Arena usada (Bruto) - Peso de arena en el cono

(\*\*): Densidad húmeda = Peso suelo húmedo / (Arena usada (Neto) / Densidad arena)

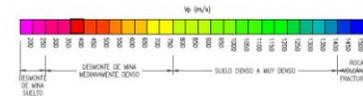
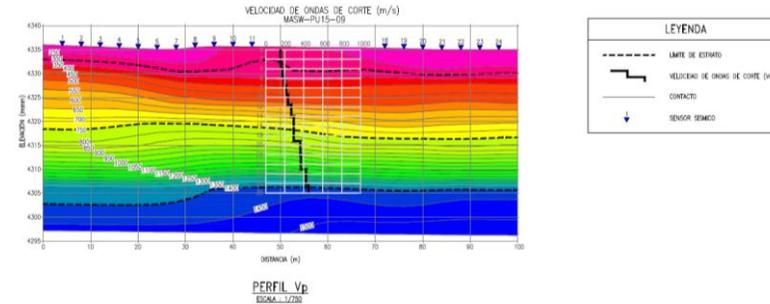
(\*\*\*): Ensayos actualmente en proceso



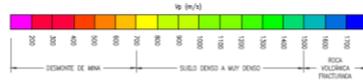
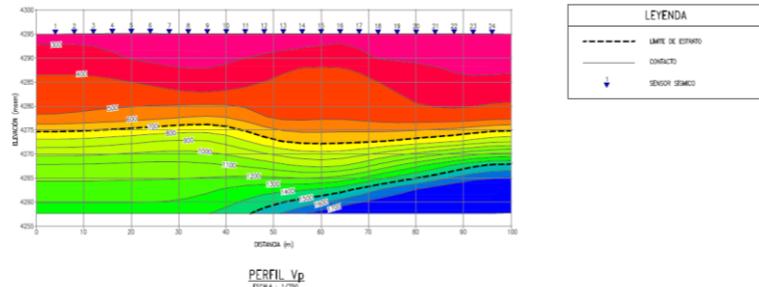




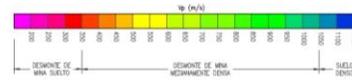
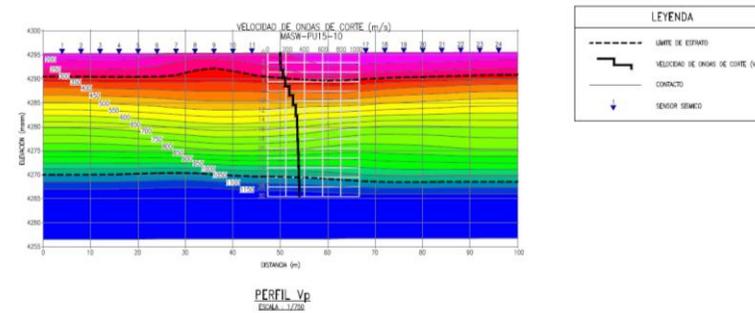
PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE ONDAS COMPRESIONALES (Vp)  
 LR-PU15-09



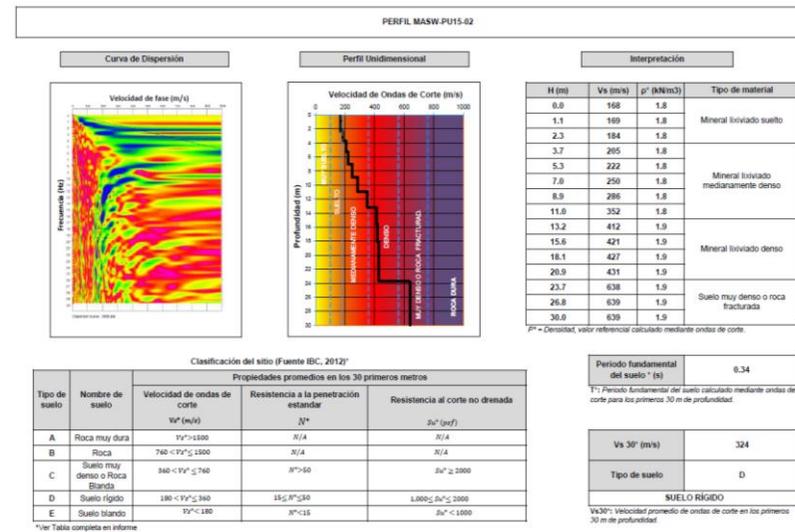
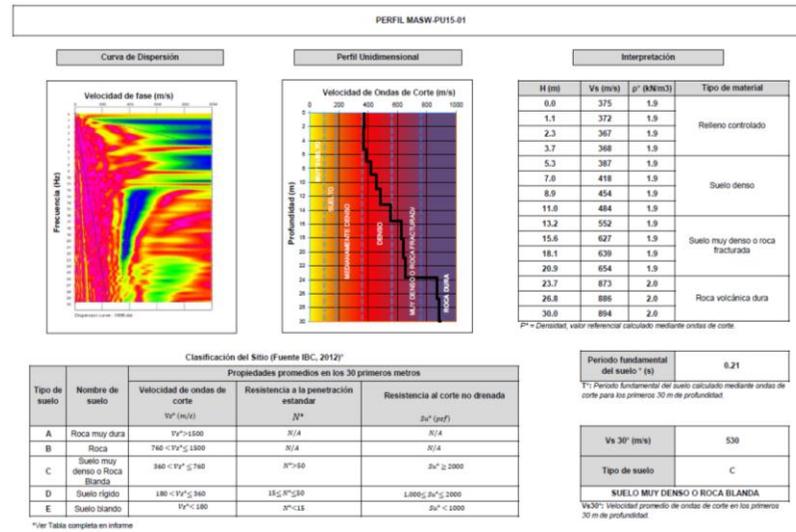
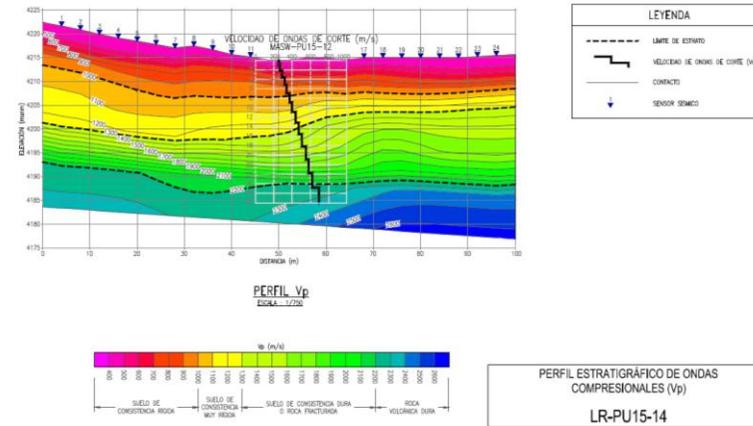
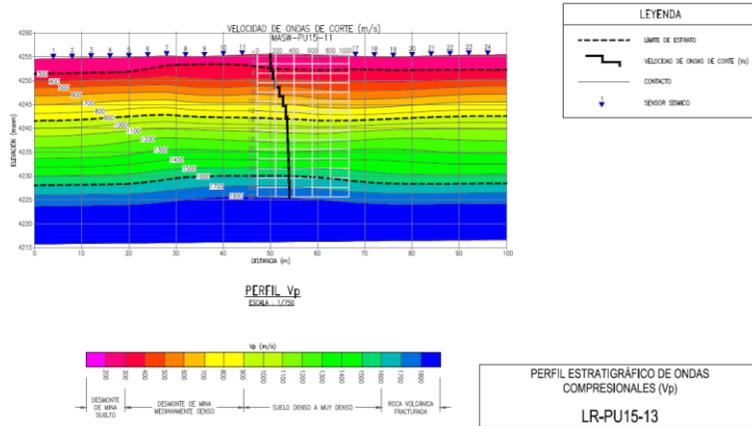
PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE ONDAS COMPRESIONALES (Vp)  
 LR-PU15-10

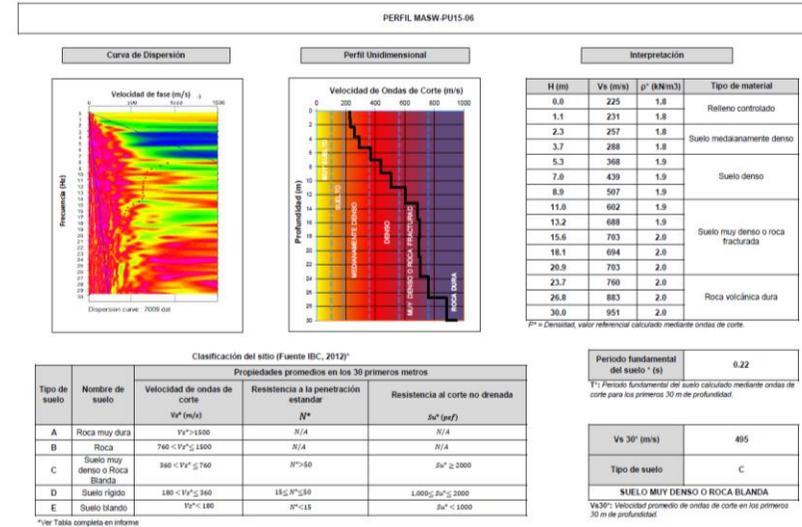
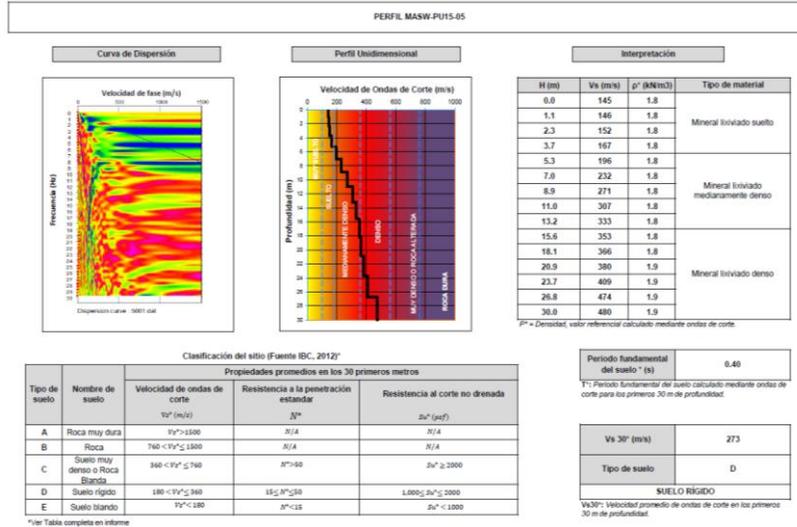
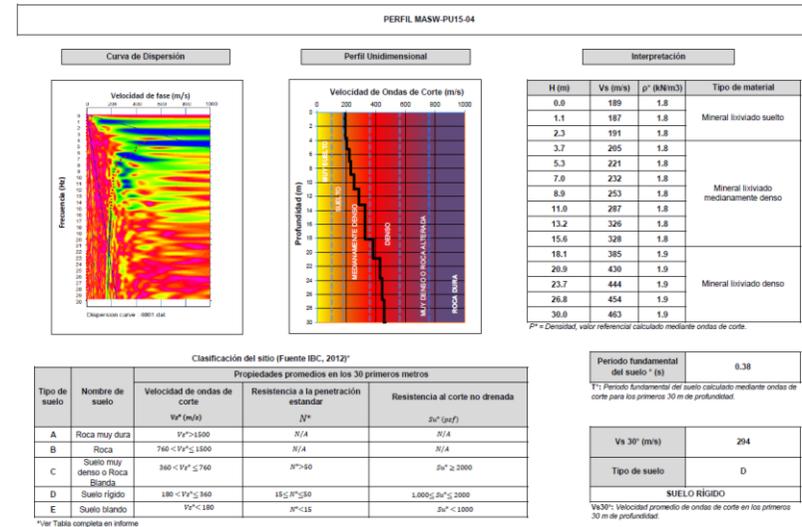
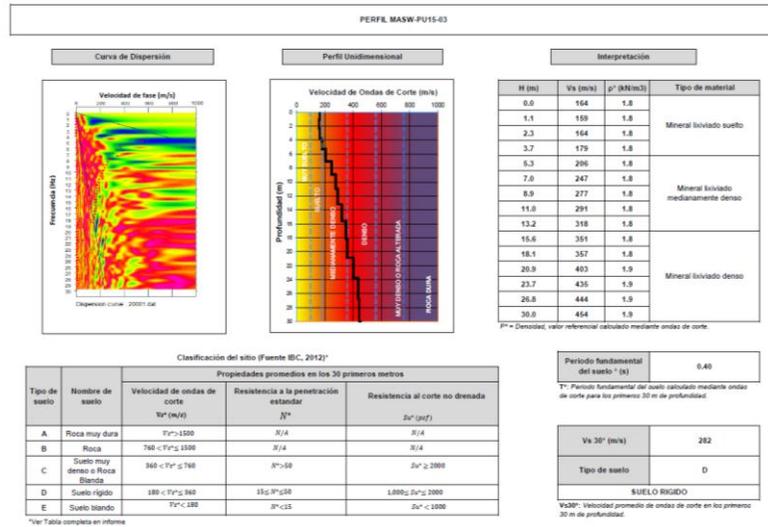


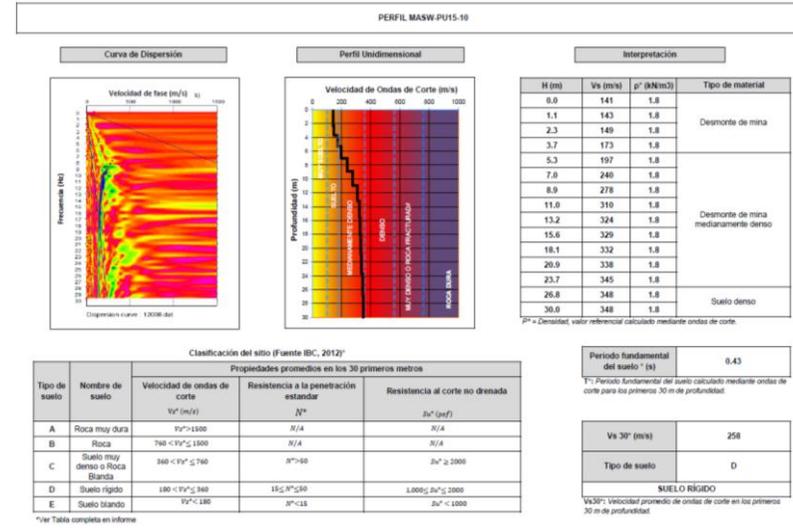
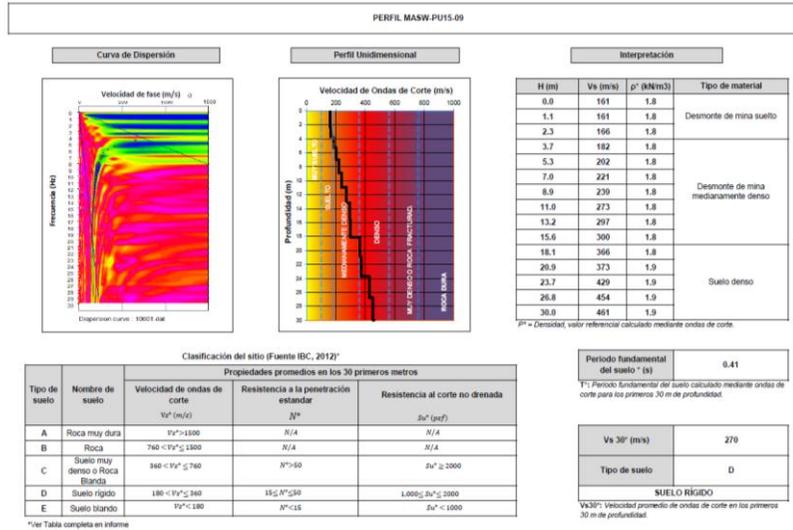
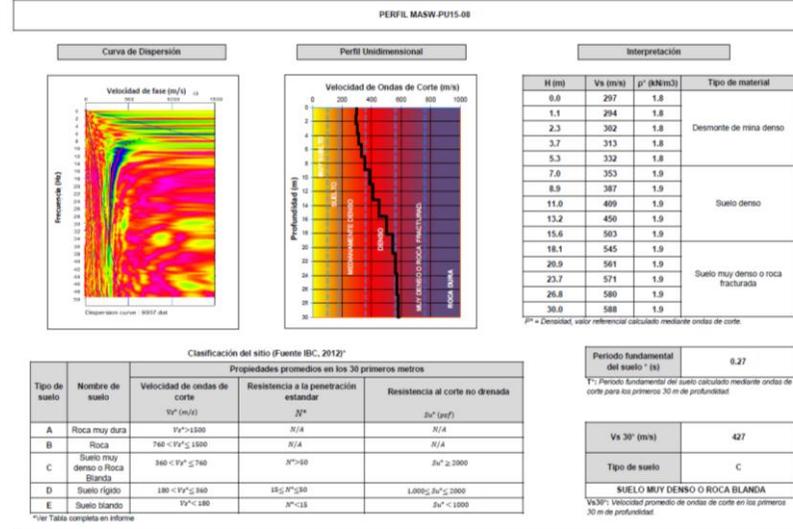
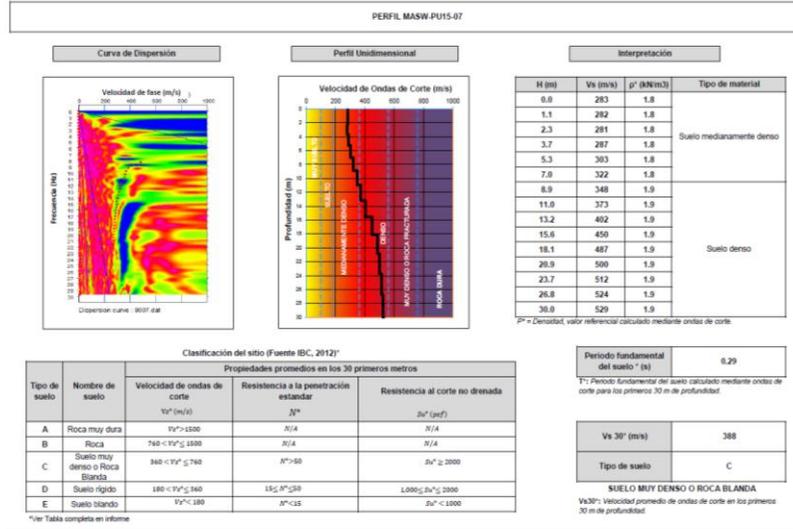
PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE ONDAS COMPRESIONALES (Vp)  
 LR-PU15-11

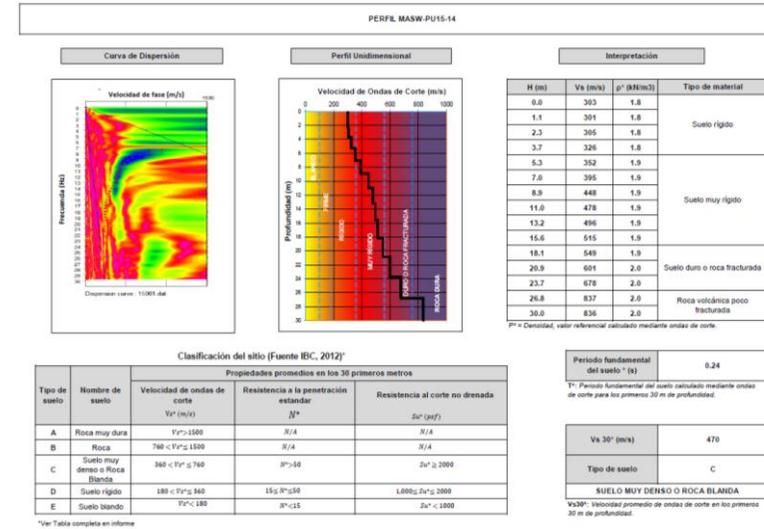
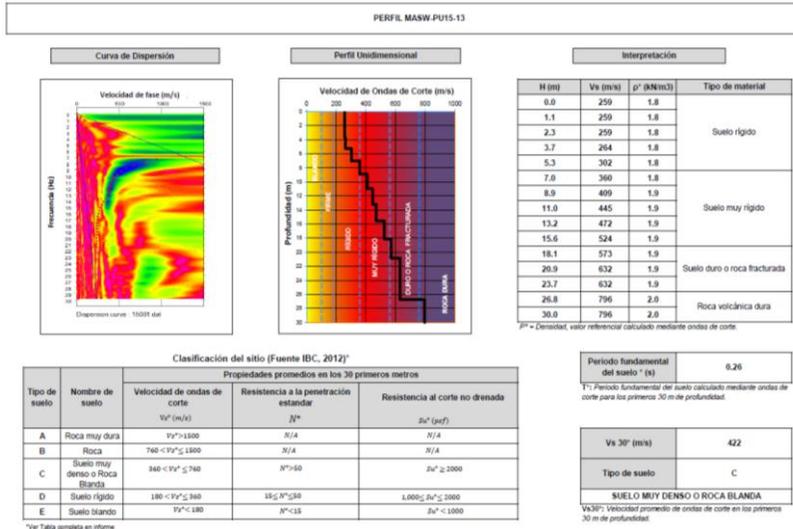
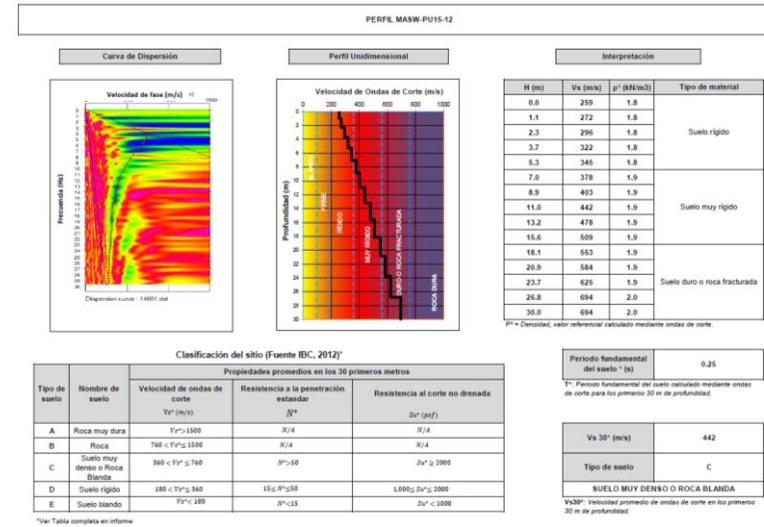
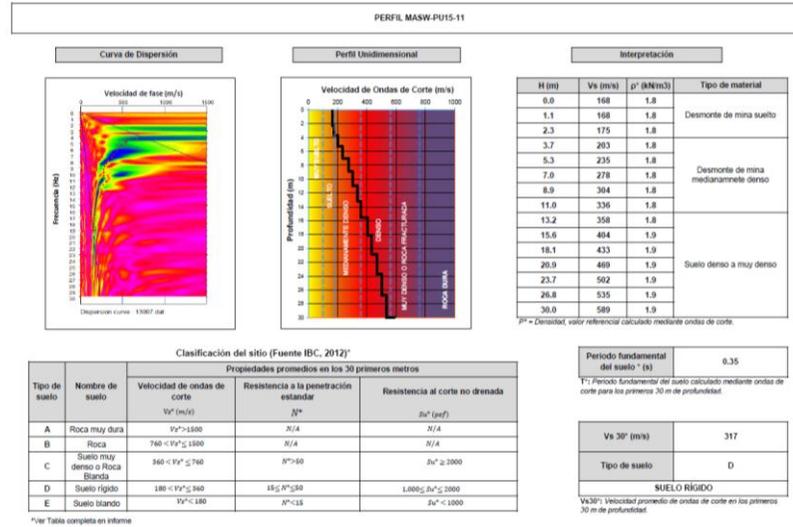


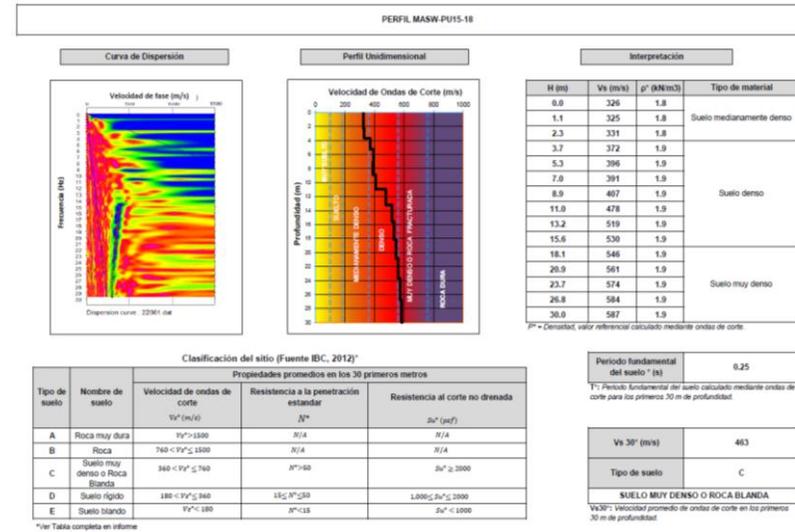
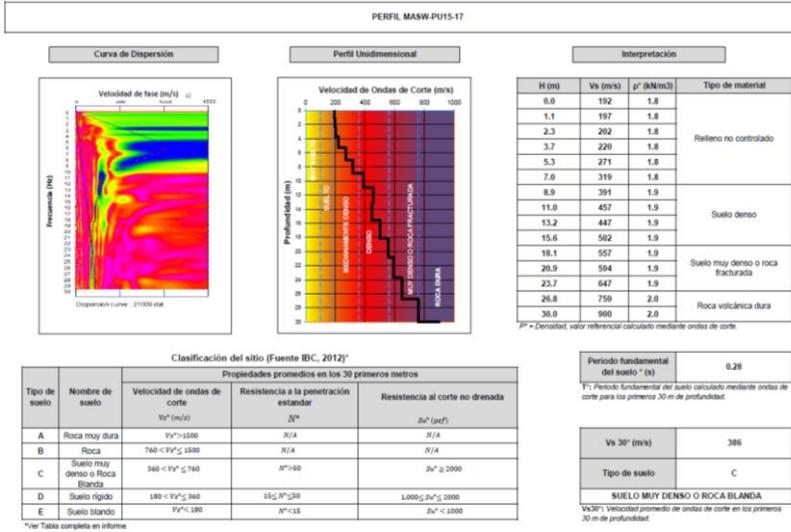
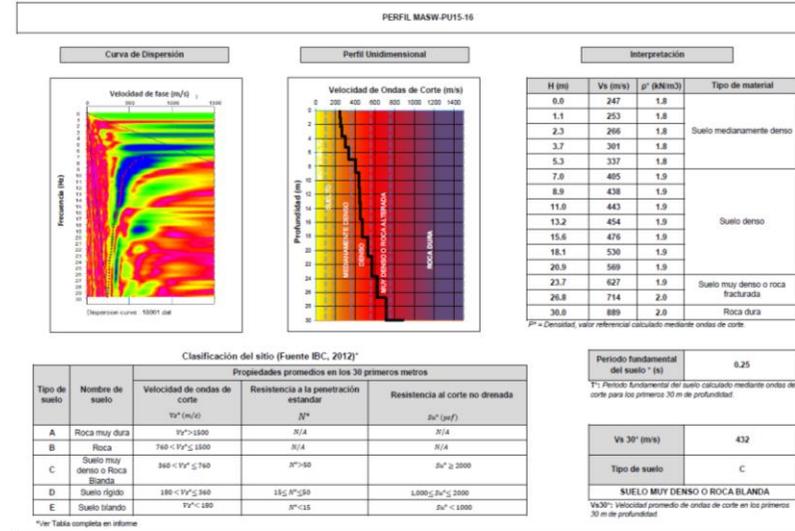
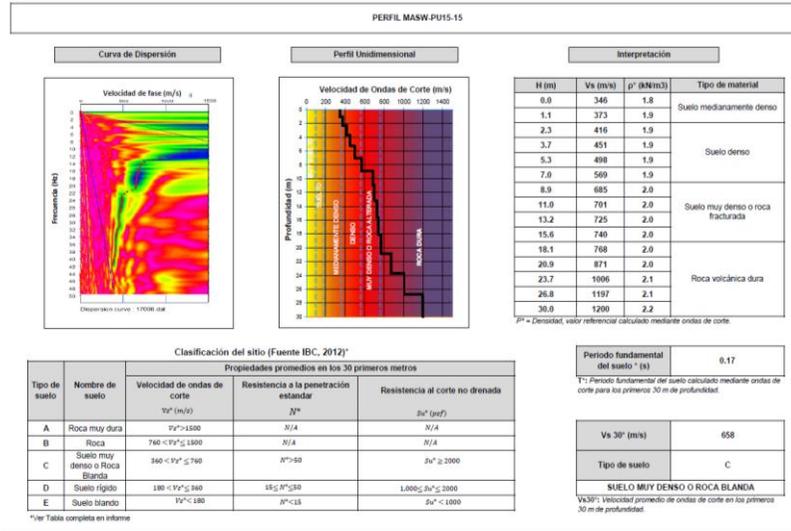
PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE ONDAS COMPRESIONALES (Vp)  
 LR-PU15-12

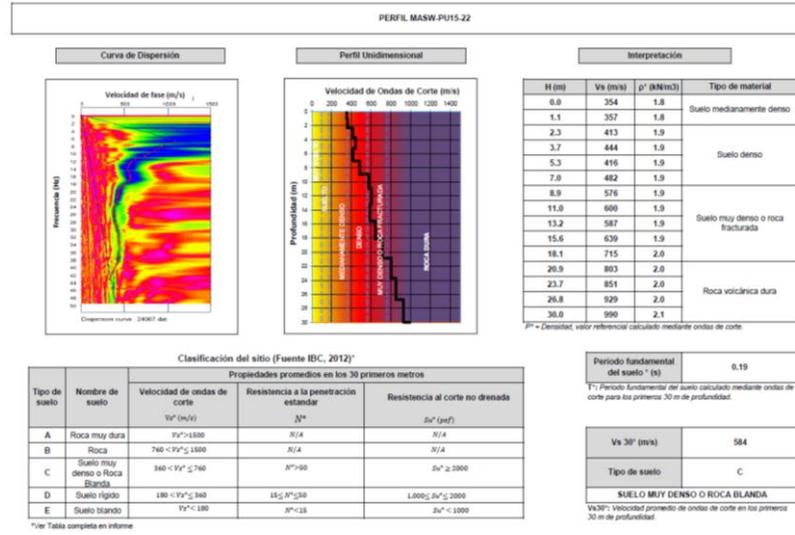
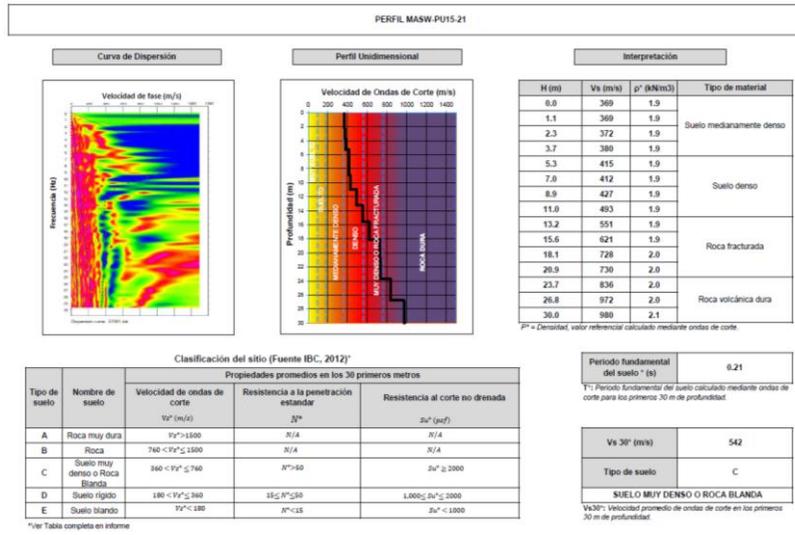
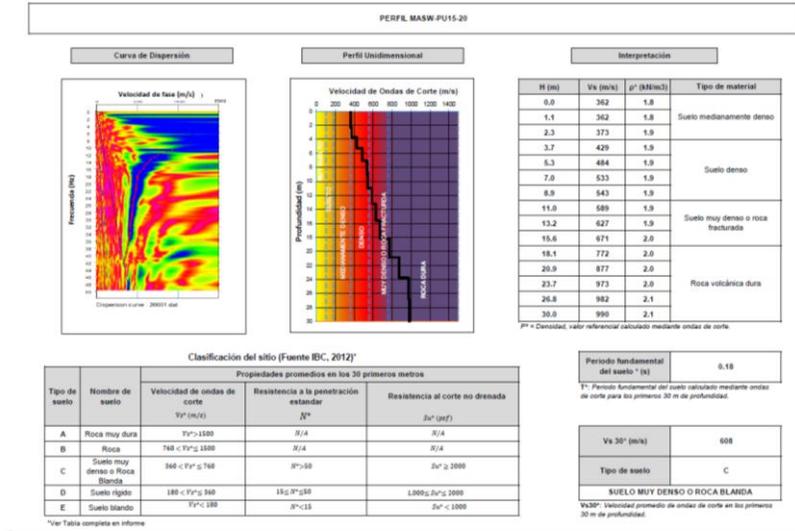
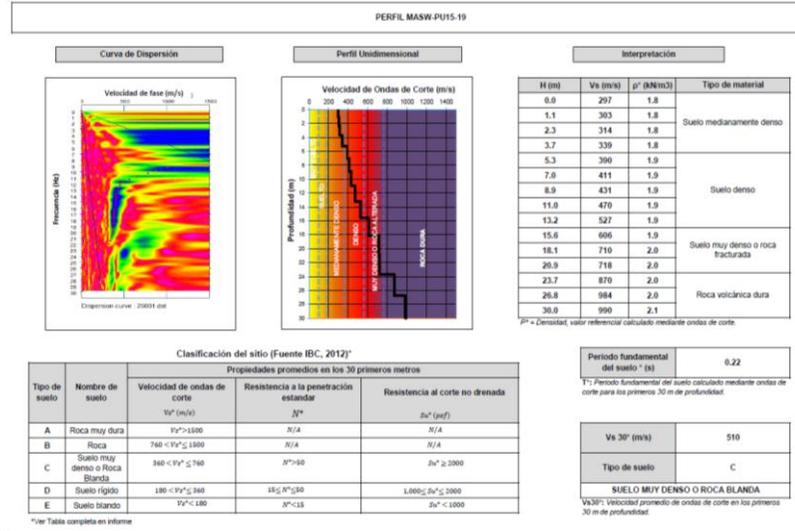


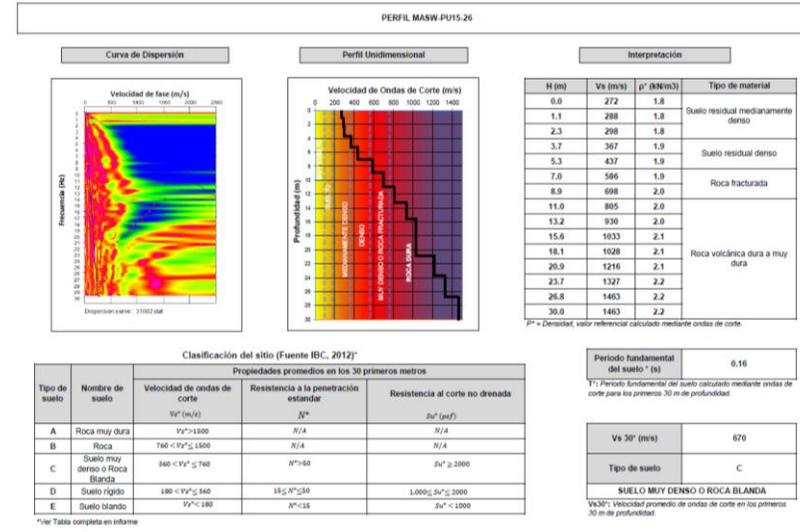
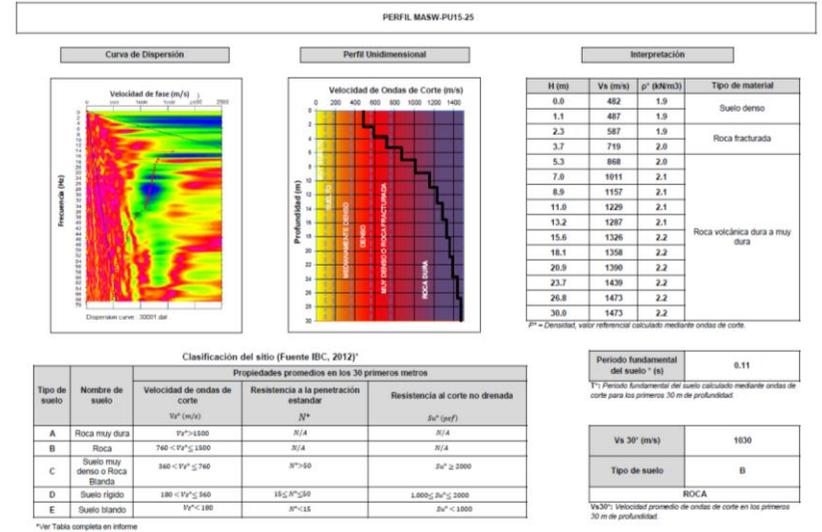
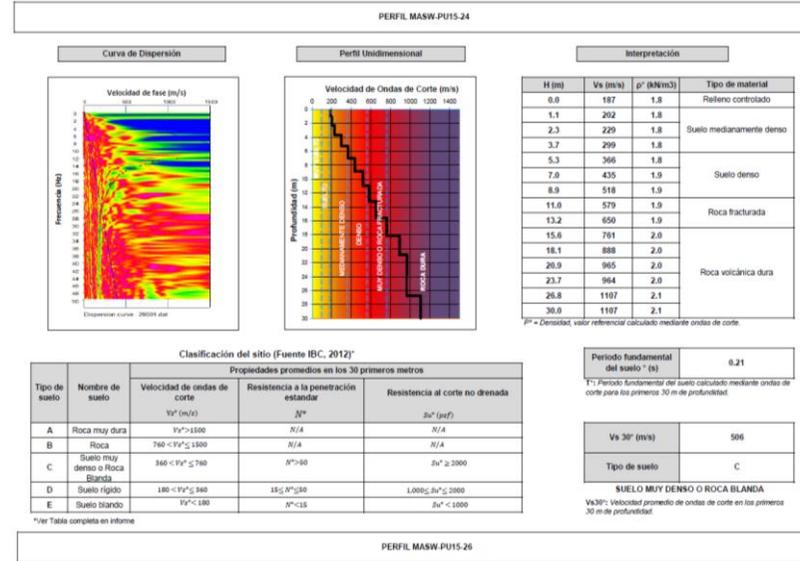
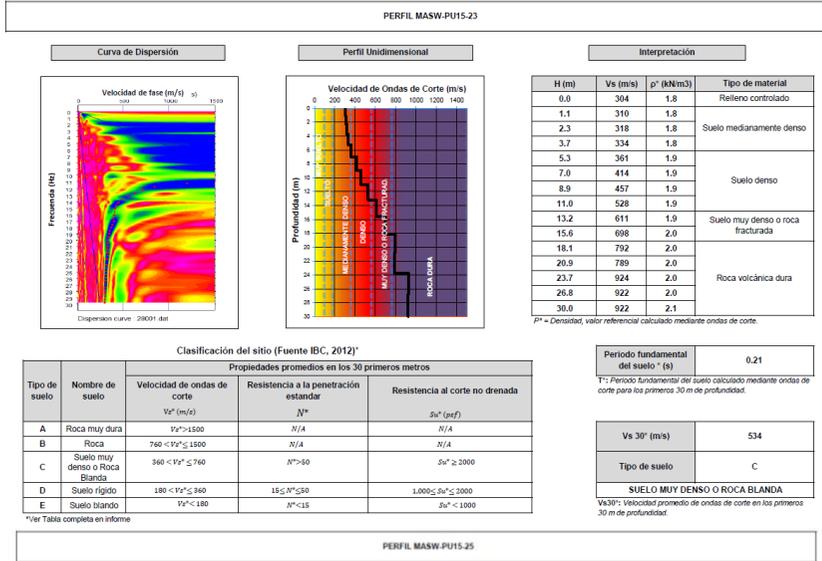


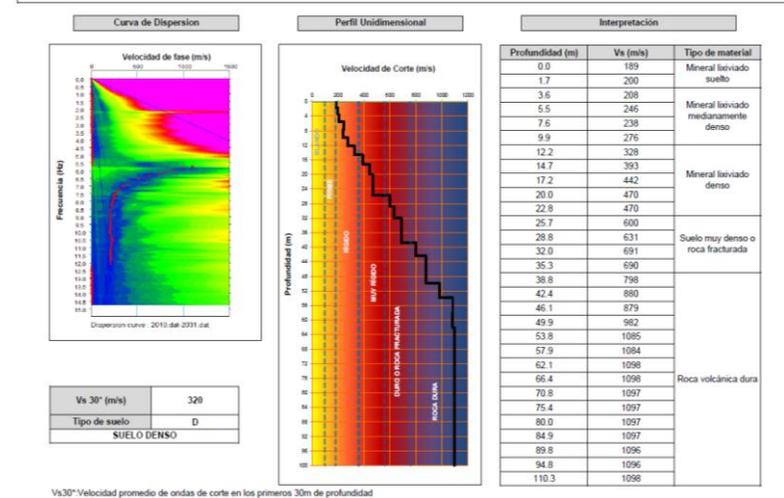
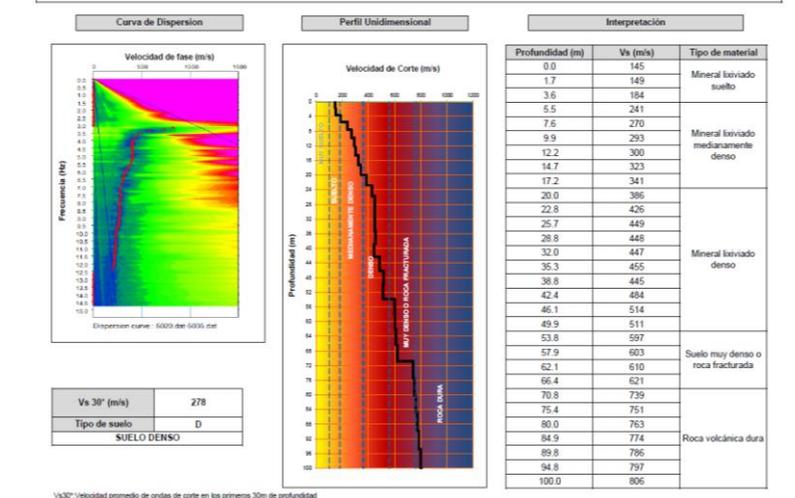
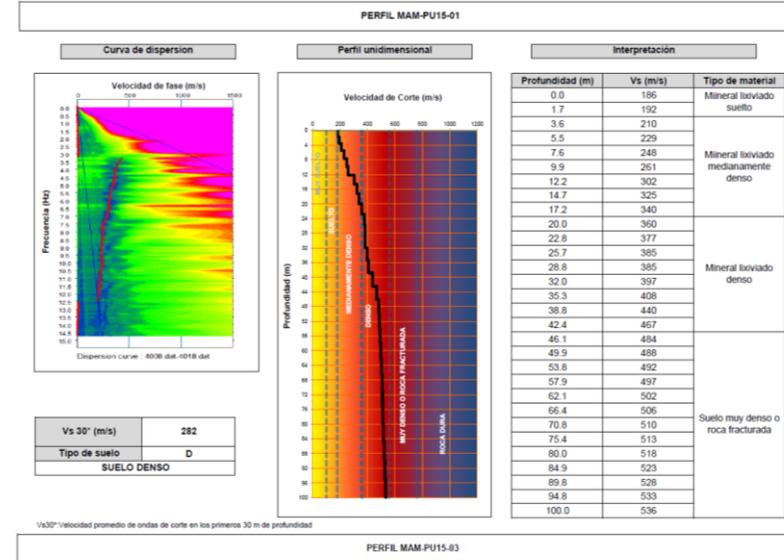
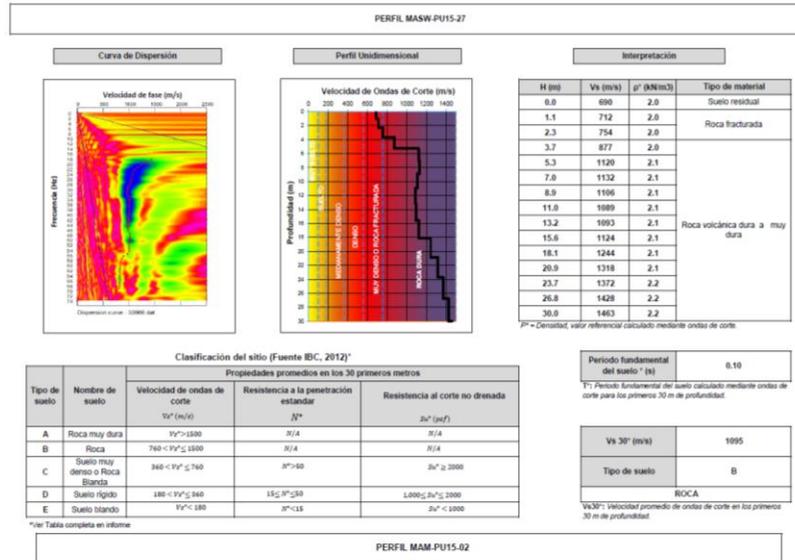


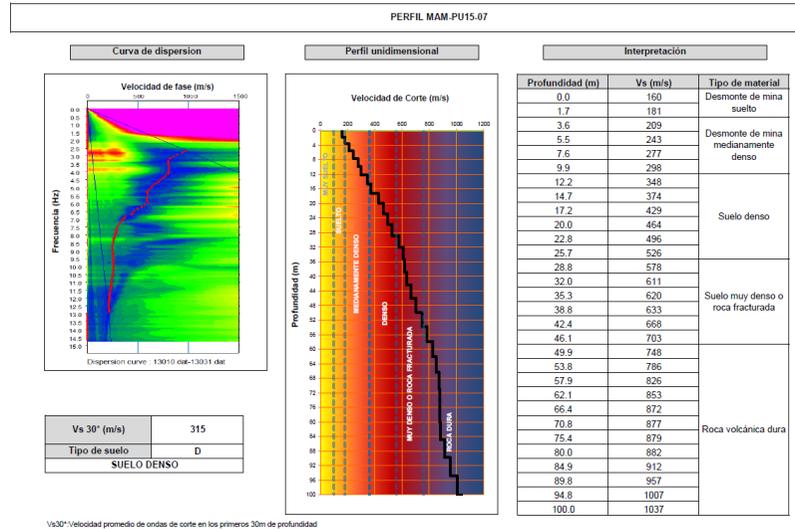
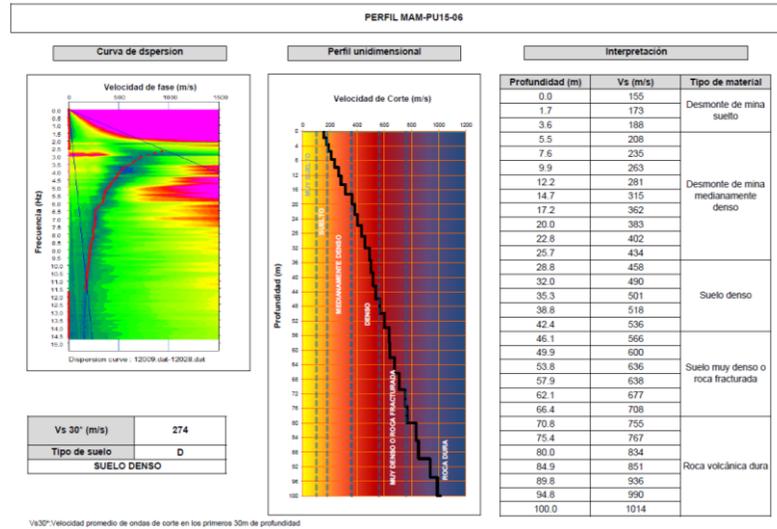
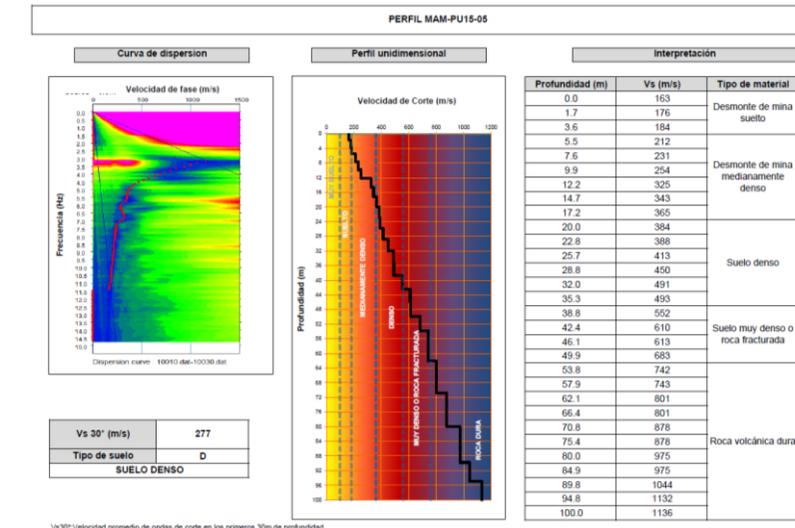
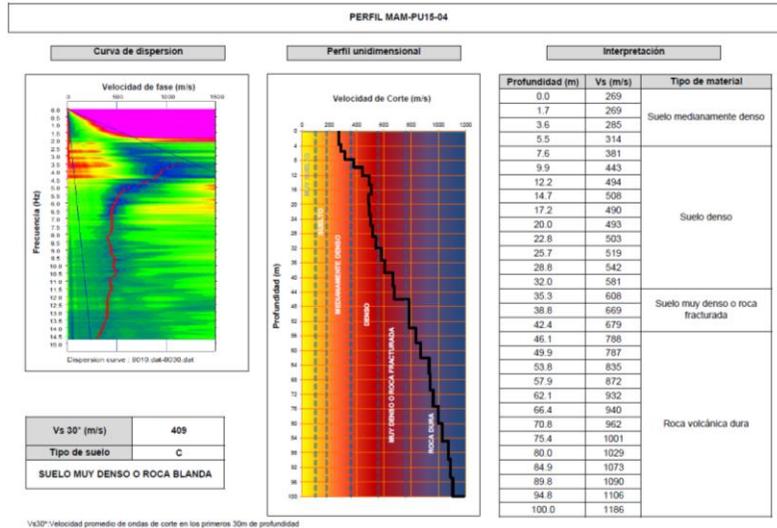


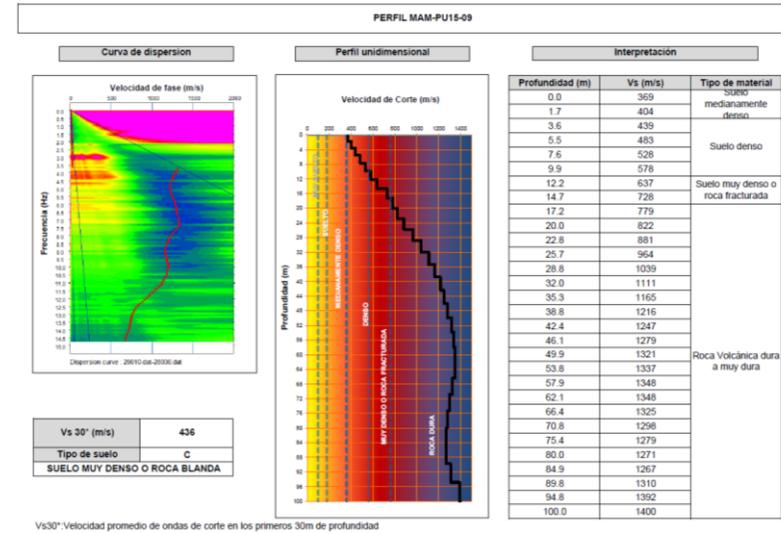
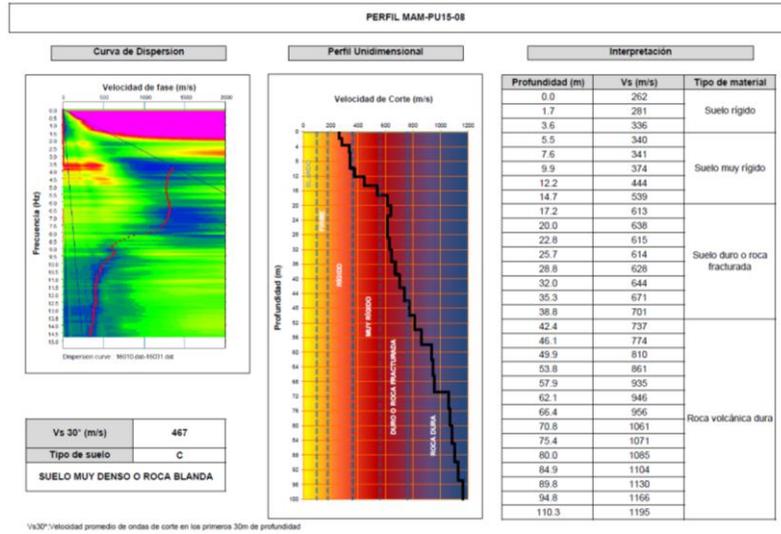












## **ANEXO B - ANÁLISIS GEOTÉCNICO**

**Tabla 1**  
**Cálculo del coeficiente pseudoestático**  
**Método de Bray y Travararou (2009)**

Paámetros		Estructuras en análisis	Coeficiente pseudoestático		
			Pad Fase 3 condición de operación	Pad Fase 3 condición de cierre	Botadero Norte
Datos de entrada	Dperm (cm)	:	15.0	50.0	50.0
	Vs (m/seg)	:	-	-	-
	H (m)	:	-	-	-
	Ts (seg)	:	0.320	0.320	0.400
Espectro de respuesta del sitio (Tr=100 años)	Magnitud (Mw)	:	6.0	-	6.0
	Sa <sub>1</sub> (Ts deg) (g)	:	0.420	-	0.480
	k <sub>1</sub> (cm)	:	<b>0.107</b>	-	<b>0.065</b>
Espectro de respuesta del sitio (Tr=475 años)	Magnitud (Mw)	:	-	7.3	7.3
	Sa <sub>2</sub> (Ts deg) (g)	:	-	0.840	0.680
	k <sub>2</sub> (cm)	:	-	<b>0.153</b>	<b>0.127</b>
<b>Coeficiente pseudoestático promedio</b>		:	<b>0.107</b>	<b>0.153</b>	-

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Parametros de entrada:**

$\sigma$  (Desv. est.): 0.66

g (cm/seg<sup>2</sup>): 981

**Abreviaturas:**

Dperm: Deformación permisible

Vs: Velocidad de onda de corte promedio del suelo

H: Altura bloque deslizando

Ts: Periodo de la estructura de suelo

Ts deg: Periodo degradado de la estructura de suelo

Sa<sub>i</sub>: Aceleración espectral para ley de atenuación "i"

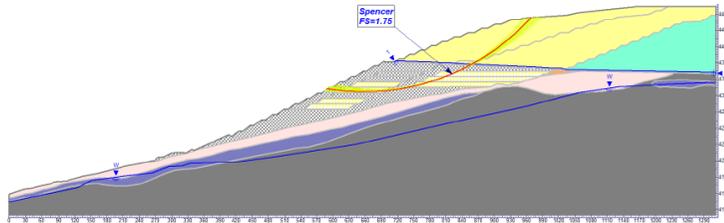
K<sub>i</sub>: Coeficiente pseudoestático obtenido por la ley de atenuación/espectro "i"

Tr: Tiempo de retorno

Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Corto plazo  
 Sección 1-1' - Falla Circular Global - Análisis estático - FS= 1,75

Materiales	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	c' (KN/m <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Desmorte de mina grueso	16	-	-	-	10	38	
Desmorte de mina fino	15	-	-	-	20	19	
Suelo residual	17	-	-	-	0	30	
Relleno estructural	19	-	-	-	0	36	
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	28	
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

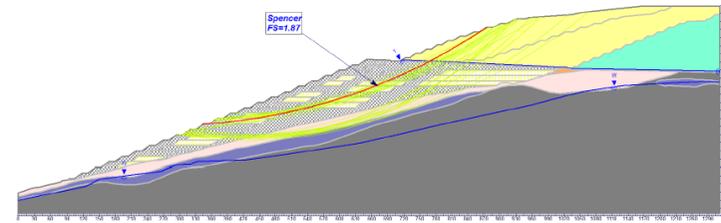
Nota: \*: Envolvente no lineal



Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Largo plazo  
 Sección 1-1' - Falla Circular Global - Análisis estático - FS= 1,87

Materiales	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	c' (KN/m <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Desmorte de mina grueso	16	-	-	-	10	38	
Desmorte de mina fino	15	-	-	-	20	19	
Suelo residual	17	-	-	-	0	30	
Relleno estructural	19	-	-	-	0	36	
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	28	
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

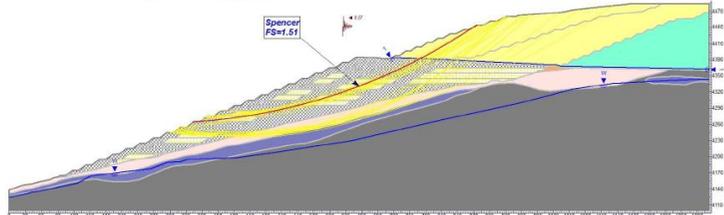
Nota: \*: Envolvente no lineal



Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 100 años  
 Sección 1-1' - Falla Circular Global - Análisis pseudoestático - FS= 1,51

Materiales	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	c' (KN/m <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Desmorte de mina grueso	16	-	-	-	10	38	
Desmorte de mina fino	15	-	-	-	20	19	
Suelo residual	17	-	-	-	0	30	
Relleno estructural	19	-	-	-	0	36	
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	28	
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

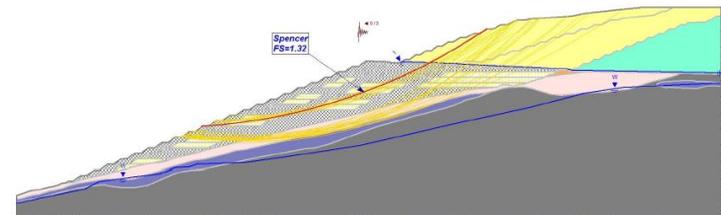
Nota: \*: Envolvente no lineal



Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 475 años  
 Sección 1-1' - Falla Circular Global - Análisis pseudoestático - FS= 1,32

Materiales	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	c' (KN/m <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Desmorte de mina grueso	16	-	-	-	10	38	
Desmorte de mina fino	15	-	-	-	20	19	
Suelo residual	17	-	-	-	0	30	
Relleno estructural	19	-	-	-	0	36	
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	28	
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

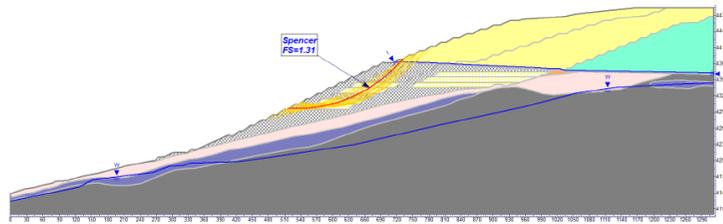
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Corto plazo**  
Sección 1-1' - Falla Circular Local - Análisis estático - FS= 1,31

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Desmonte de mina grueso	16	-	-	-	10	38	
Desmonte de mina fino	15	-	-	-	20	19	
Suelo residual	17	-	-	-	0	30	
Relleno estructural	19	-	-	-	0	36	
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	28	
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

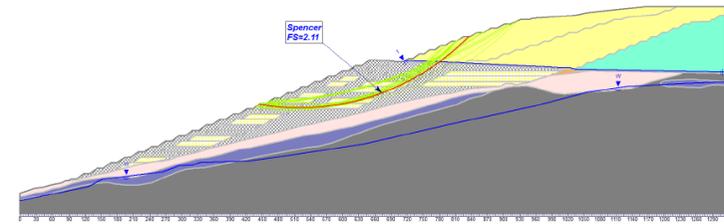
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Largo plazo**  
Sección 1-1' - Falla Circular Local - Análisis estático - FS= 2,11

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Desmonte de mina grueso	16	-	-	-	10	38	
Desmonte de mina fino	15	-	-	-	20	19	
Suelo residual	17	-	-	-	0	30	
Relleno estructural	19	-	-	-	0	36	
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	28	
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

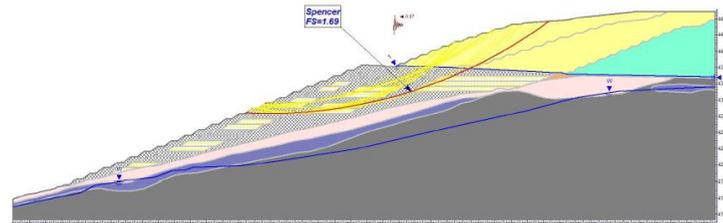
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 100 años**  
Sección 1-1' - Falla Circular Local - Análisis pseudoestático - FS= 1,69

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Desmonte de mina grueso	16	-	-	-	10	38	
Desmonte de mina fino	15	-	-	-	20	19	
Suelo residual	17	-	-	-	0	30	
Relleno estructural	19	-	-	-	0	36	
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	28	
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

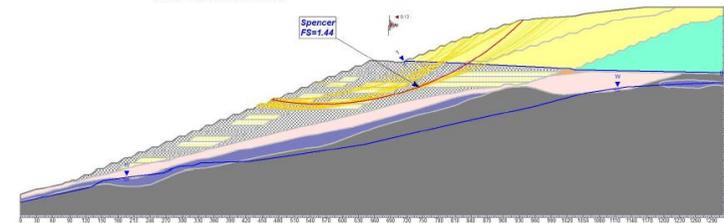
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 475 años**  
Sección 1-1' - Falla Circular Local - Análisis pseudoestático - FS= 1,44

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Desmonte de mina grueso	16	-	-	-	10	38	
Desmonte de mina fino	15	-	-	-	20	19	
Suelo residual	17	-	-	-	0	30	
Relleno estructural	19	-	-	-	0	36	
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	28	
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

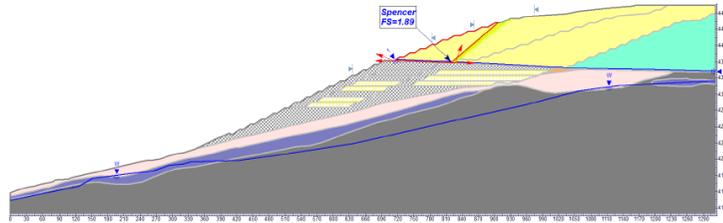
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Corto plazo**  
 Sección 1-1' - Falla Bloque Global - Análisis estático - FS= 1,89

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	$m_i$	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Desmorte de mina grueso	16	-	-	-	10	38	
Desmorte de mina fino	15	-	-	-	20	19	
Suelo residual	17	-	-	-	0	30	
Relleno estructural	19	-	-	-	0	36	
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	28	
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

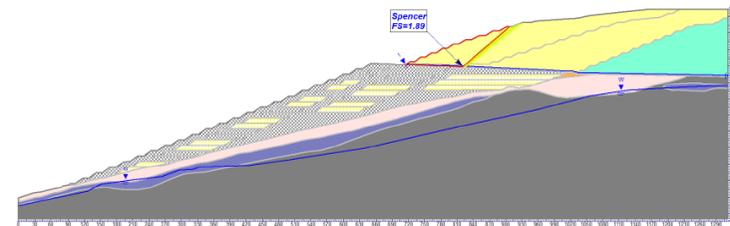
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Corto plazo**  
 Sección 1-1' - Falla Bloque Global - Análisis estático - FS= 1,89

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	$m_i$	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Desmorte de mina grueso	16	-	-	-	10	38	
Desmorte de mina fino	15	-	-	-	20	19	
Suelo residual	17	-	-	-	0	30	
Relleno estructural	19	-	-	-	0	36	
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	28	
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

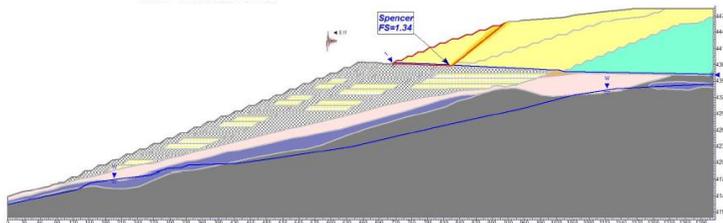
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 100 años**  
 Sección 1-1' - Falla Bloque Global - Análisis pseudoestático - FS= 1,34

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	$m_i$	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Desmorte de mina grueso	16	-	-	-	10	38	
Desmorte de mina fino	15	-	-	-	20	19	
Suelo residual	17	-	-	-	0	30	
Relleno estructural	19	-	-	-	0	36	
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	28	
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

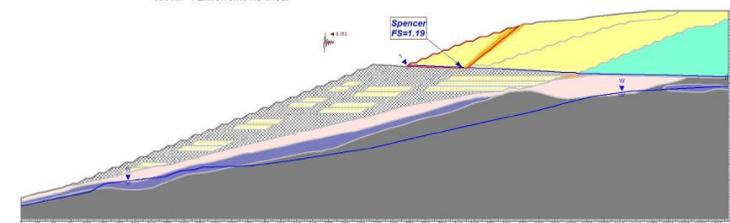
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 475 años**  
 Sección 1-1' - Falla Bloque Global - Análisis pseudoestático - FS= 1,19

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	$m_i$	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Desmorte de mina grueso	16	-	-	-	10	38	
Desmorte de mina fino	15	-	-	-	20	19	
Suelo residual	17	-	-	-	0	30	
Relleno estructural	19	-	-	-	0	36	
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	28	
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

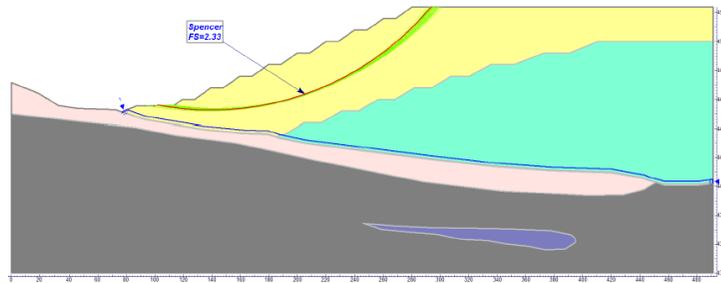
Nota: \*: Envolvente no lineal



Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Largo plazo  
Sección 2-2' - Falla Circular Global - Análisis estático - FS= 2,33

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	-	0	30
Depósito morrénico	18	-	-	-	-	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

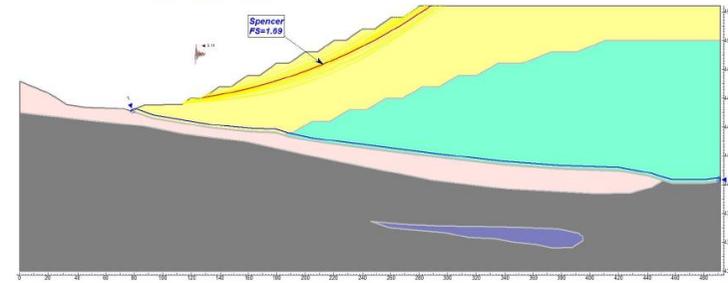
Nota: \*: Envolvente no lineal



Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 100 años  
Sección 2-2' - Falla Circular Global - Análisis pseudoestático - FS= 1,69

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	-	0	30
Depósito morrénico	18	-	-	-	-	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

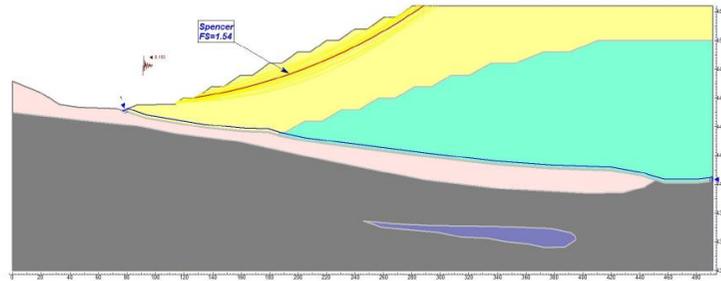
Nota: \*: Envolvente no lineal



Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 475 años  
Sección 2-2' - Falla Circular Global - Análisis pseudoestático - FS= 1,54

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	-	0	30
Depósito morrénico	18	-	-	-	-	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

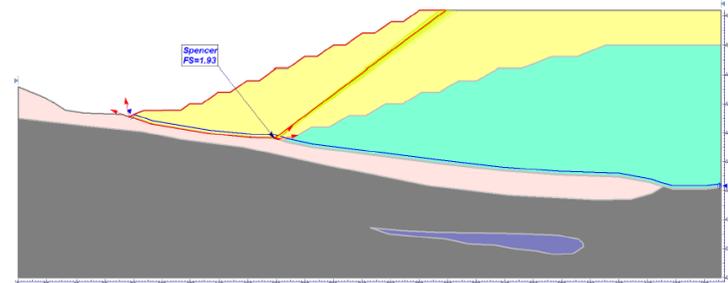
Nota: \*: Envolvente no lineal



Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Largo plazo  
Sección 2-2' - Falla Bloque Global - Análisis estático - FS= 1,93

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	-	0	30
Depósito morrénico	18	-	-	-	-	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

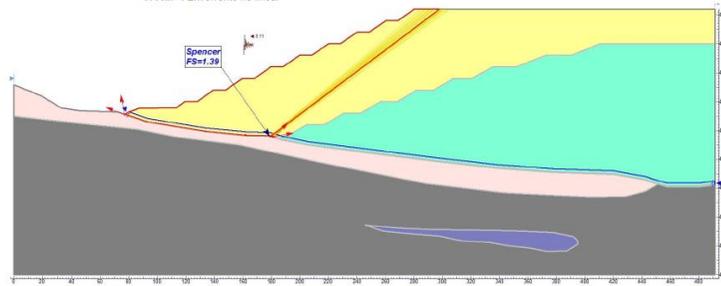
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 100 años**  
Sección 2-2' - Falla Bloque Global - Análisis pseudoestático - FS= 1,39

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	-	0	30
Depósito morrénico	18	-	-	-	-	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

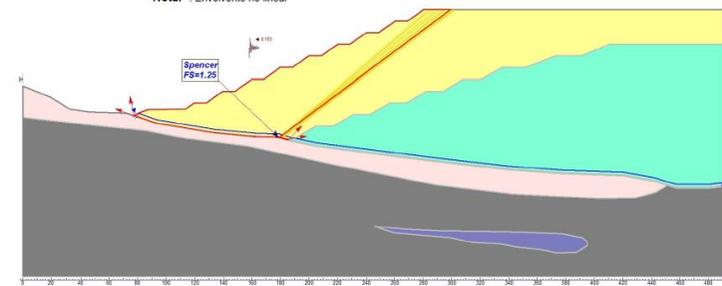
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 475 años**  
Sección 2-2' - Falla Bloque Global - Análisis pseudoestático - FS= 1,25

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	-	0	30
Depósito morrénico	18	-	-	-	-	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

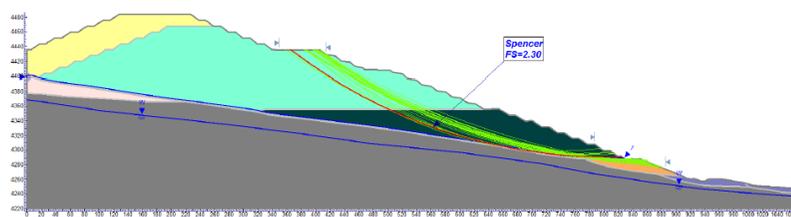
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Largo plazo**  
Sección 3-3' - Falla Circular Global - Análisis estático - FS= 2,30

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	-	0	30
Relleno estructural	19	-	-	-	-	0	36
Depósito morrénico	18	-	-	-	-	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

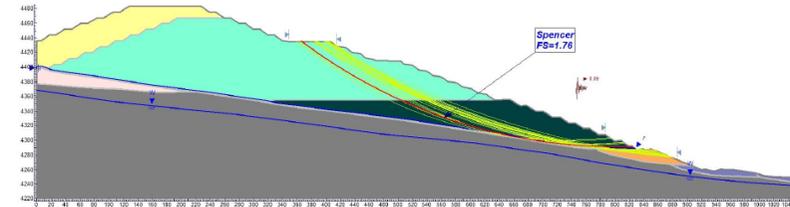
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 100 años**  
Sección 3-3' - Falla Circular Global - Análisis pseudoestático - FS= 1,76

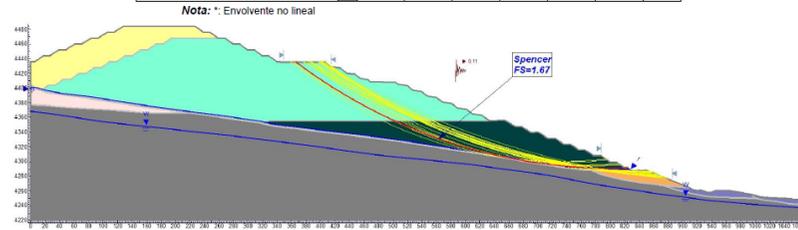
Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	-	0	30
Relleno estructural	19	-	-	-	-	0	36
Depósito morrénico	18	-	-	-	-	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

Nota: \*: Envolvente no lineal



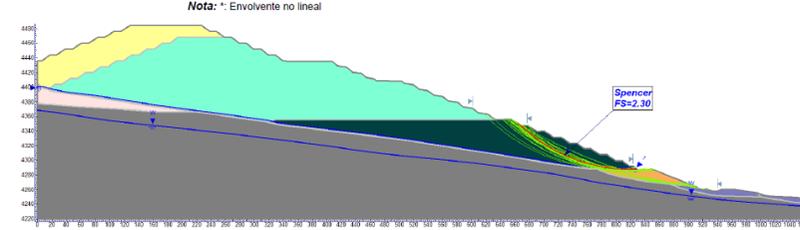
**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 475 años**  
 Sección 3-3' - Falla Circular Global - Análisis pseudoestático - FS= 1,67

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	$m_i$	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	0	0	30
Relleno estructural	19	-	-	-	0	0	36
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-



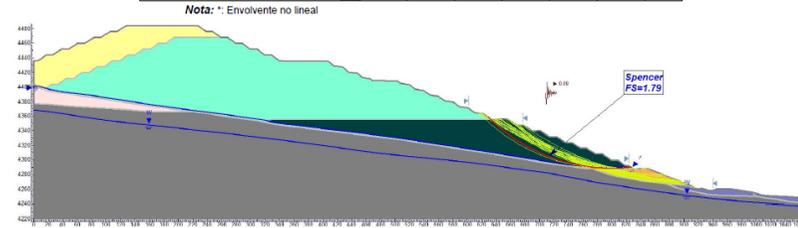
**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Largo plazo**  
 Sección 3-3' - Falla Circular Local - Análisis estático - FS= 2,30

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	$m_i$	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	0	0	30
Relleno estructural	19	-	-	-	0	0	36
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-



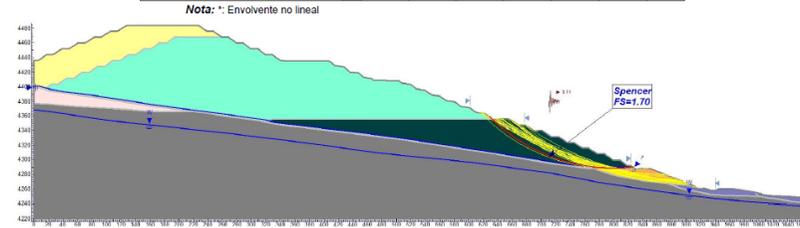
**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 100 años**  
 Sección 3-3' - Falla Circular Local - Análisis pseudoestático - FS= 1,79

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	$m_i$	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	0	0	30
Relleno estructural	19	-	-	-	0	0	36
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 475 años**  
 Sección 3-3' - Falla Circular Local - Análisis pseudoestático - FS= 1,70

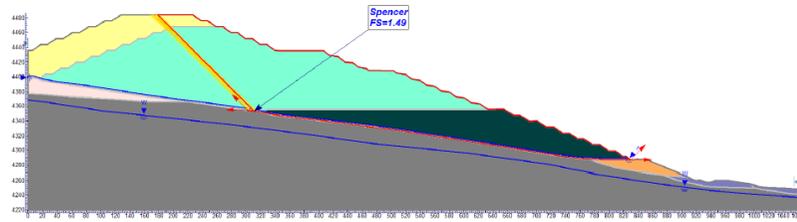
Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	$m_i$	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	0	0	30
Relleno estructural	19	-	-	-	0	0	36
Depósito morrénico	18	-	-	-	10	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Largo plazo**  
 Sección 3-3' - Falla Bloque Global - Análisis estático - FS= 1,49

Materiales	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	c' (KN/m <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)
Mineral lixiviado Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	-	0	30
Relleno estructural	19	-	-	-	-	0	36
Depósito morrénico	18	-	-	-	-	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

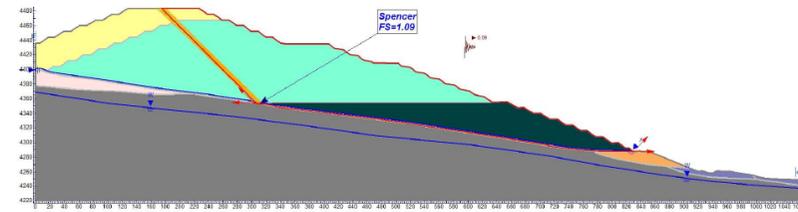
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 100 años**  
 Sección 3-3' - Falla Bloque Global - Análisis pseudoestático - FS= 1,09

Materiales	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	c' (KN/m <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)
Mineral lixiviado Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	-	0	30
Relleno estructural	19	-	-	-	-	0	36
Depósito morrénico	18	-	-	-	-	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

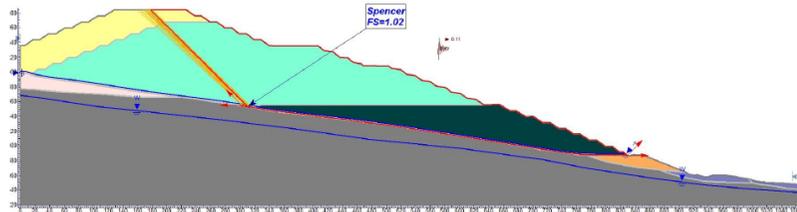
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 475 años**  
 Sección 3-3' - Falla Bloque Global - Análisis pseudoestático - FS= 1,02

Materiales	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	c' (KN/m <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)
Mineral lixiviado Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	-	0	30
Relleno estructural	19	-	-	-	-	0	36
Depósito morrénico	18	-	-	-	-	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

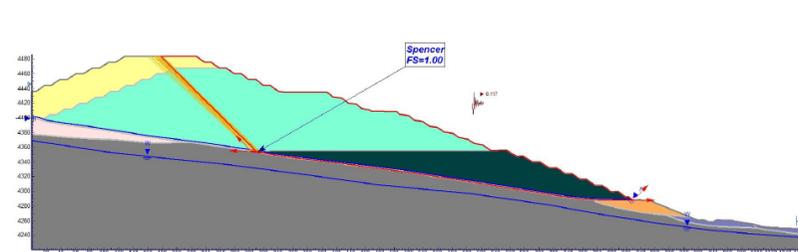
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3**  
 Sección 3-3' - Falla Bloque Global - Aceleración de Fluencia - ky = 0,117

Materiales	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	UCS (MPa)	GSI	mi	D	c' (KN/m <sup>2</sup> )	$\phi'$ (°)
Mineral lixiviado Fase 5	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 5	17	-	-	-	-	*	*
GCL	15	-	-	-	-	10	8
Suelo residual	17	-	-	-	-	0	30
Relleno controlado	18	-	-	-	-	0	35
Depósito morrénico	18	-	-	-	-	10	28
Relleno estructural	19	-	-	-	-	0	36
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

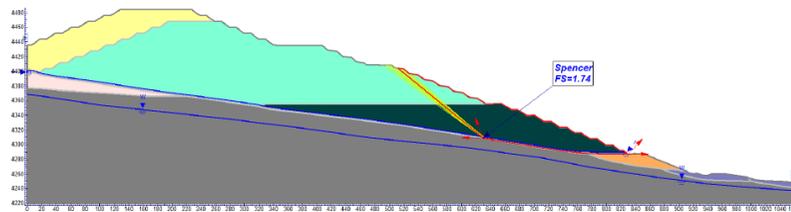
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Largo plazo**  
 Sección 3-3' - Falla Bloque Local - Análisis estático - FS= 1,74

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	$m_i$	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	-	0	30
Relleno estructural	19	-	-	-	-	0	36
Depósito morrénico	18	-	-	-	-	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

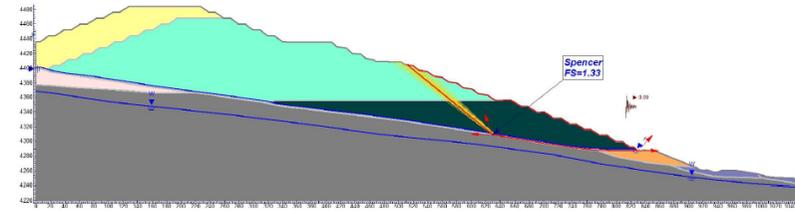
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 100 años**  
 Sección 3-3' - Falla Bloque Local - Análisis pseudoestático - FS= 1,33

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	$m_i$	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	-	0	30
Relleno estructural	19	-	-	-	-	0	36
Depósito morrénico	18	-	-	-	-	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

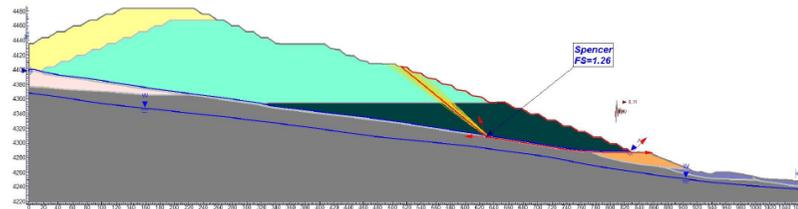
Nota: \*: Envolvente no lineal



**Análisis de estabilidad física del Pad Fase 3 - Tr = 475 años**  
 Sección 3-3' - Falla Bloque Local - Análisis pseudoestático - FS= 1,26

Materiales	$\gamma$ ( $\text{KN/m}^3$ )	UCS (MPa)	GSI	$m_i$	D	$c'$ ( $\text{KN/m}^2$ )	$\phi'$ ( $^\circ$ )
Mineral lixiviado Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Mineral lixiviado Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 1	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 2	17	-	-	-	-	*	*
Interfase Fase 3	17	-	-	-	-	*	*
Suelo residual	17	-	-	-	-	0	30
Relleno estructural	19	-	-	-	-	0	36
Depósito morrénico	18	-	-	-	-	10	28
Basamento rocoso	25	49,6	25	17,4	0,0	-	-

Nota: \*: Envolvente no lineal



**Tabla 1**  
**Desplazamientos permanentes**  
**Método de Bray y Travararou (2007)**

Paámetros		Sección de análisis	Bloque deslizando de más bajo ky		
			Pad Fase 3 Sección 3-3' Falla bloque	-	-
Datos de entrada	ky (g)	:	0.117	-	-
	Vs (m/seg)	:	-	-	-
	H (m)	:	-	-	-
	Ts (seg)	:	0.600	-	-
Espectro de respuesta del sitio (Tr=100 años)	Magnitud (Mw)	:	6.0	-	-
	Sa <sub>1</sub> (Ts deg) (g)	:	0.190	-	-
	D <sub>1</sub> (cm)	:	2.8	-	-
Espectro de respuesta del sitio (Tr=475 años)	Magnitud (Mw)	:	7.3	-	-
	Sa <sub>2</sub> (Ts deg) (g)	:	0.350	-	-
	D <sub>2</sub> (cm)	:	18.1	-	-
Tr = 100 años	Probabilidad de desplazamiento nulo	:	53%	-	-
	Desplazamiento promedio (cm)	:	2.8	-	-
	Rango de desplazamientos (cm)	:	1.4 - 5.6	-	-
Tr = 475 años	Probabilidad de desplazamiento nulo	:	2%	-	-
	Desplazamiento promedio (cm)	:	18.1	-	-
	Rango de desplazamientos (cm)	:	9.05 - 36.2	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Parametros de entrada:**

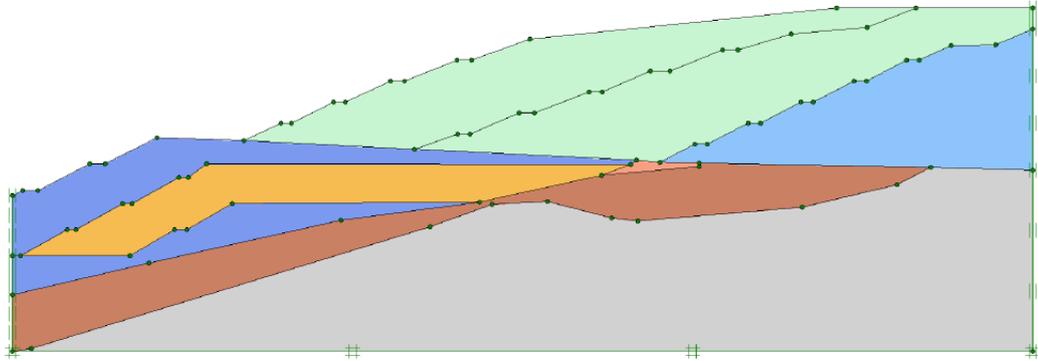
$\sigma$  (Desv. est.): 0.66

g (cm/seg<sup>2</sup>): 981

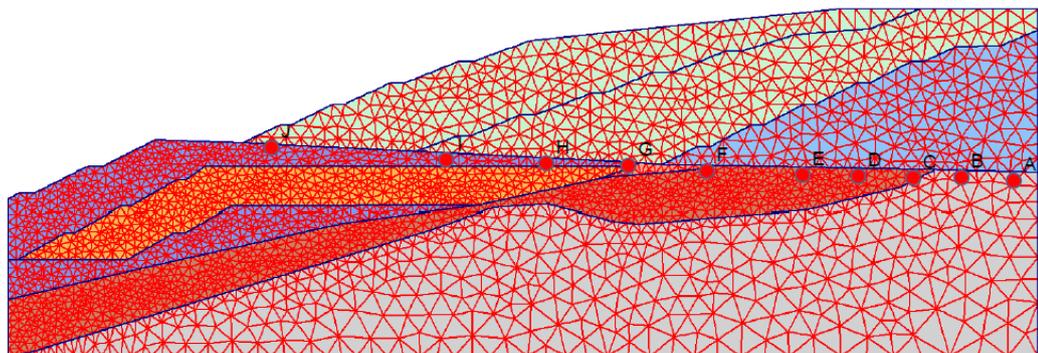
**Abreviaturas:**

- ky: Aceleración de fluencia
- K<sub>i</sub>: Deformación permanente según la ley/espectro "i"
- Vs: Velocidad de onda de corte promedio del suelo
- H: Altura bloque deslizando
- Ts: Periodo de la estructura de suelo
- Ts deg: Periodo degradado de la estructura de suelo
- Sa<sub>i</sub>: Aceleración espectral para ley de atenuación "i"
- P(0): Probabilidad de desplazamiento

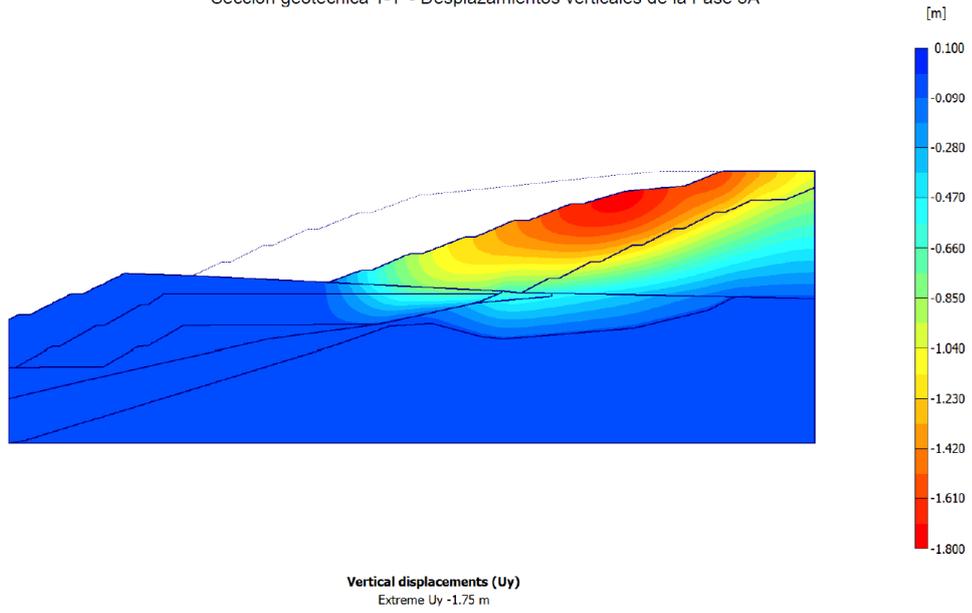
**Análisis por el método de elementos finitos - Pad de Lixiviación 3 (Fases 3A y 3B)**  
Sección geotécnica 1-1' - Geometría y condiciones de borde del modelo



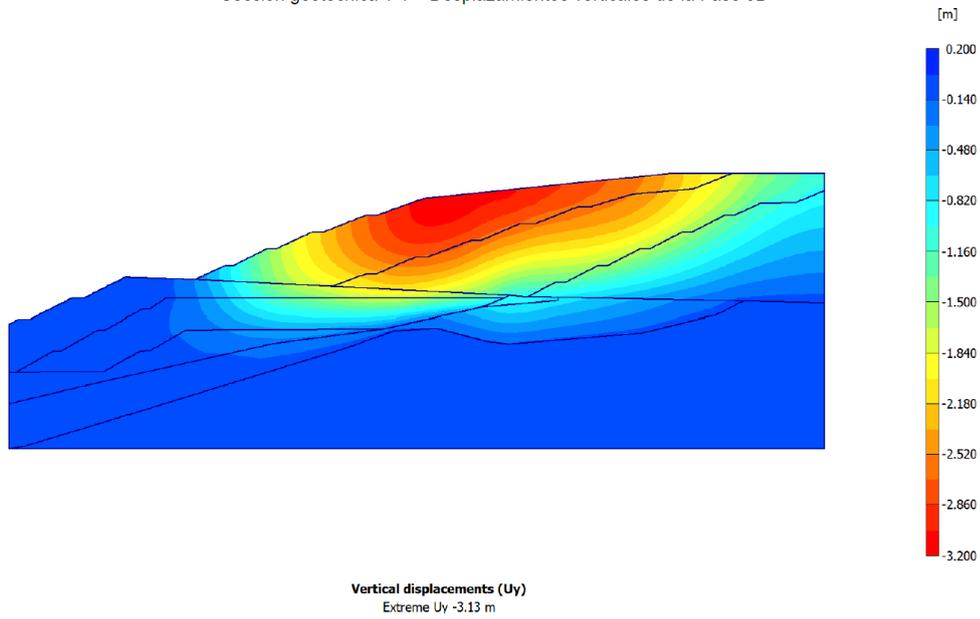
**Análisis por el método de elementos finitos - Pad de Lixiviación 3 (Fases 3A y 3B)**  
Sección geotécnica 1-1' - Malla de elementos finitos y puntos de control



**Análisis por el método de elementos finitos - Pad de Lixiviación 3 (Fases 3A y 3B)**  
Sección geotécnica 1-1' - Desplazamientos verticales de la Fase 3A



**Análisis por el método de elementos finitos - Pad de Lixiviación 3 (Fases 3A y 3B)**  
Sección geotécnica 1-1' - Desplazamientos verticales de la Fase 3B



## **ANEXO C - HIDROLOGÍA Y BALANCE DE AGUAS**

**Tabla 1**  
**Precipitación total mensual (mm)**  
**Estación Humapalca**

Latitud: 17°50'06" Longitud: 69°42'14" Altitud: 3980 msnm

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total	
1971	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	48.9	295.5
1972	171.5	58.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	0.0	48.0	48.0	596.0
1973	157.0	227.0	179.0	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	488.3
1974	275.0	87.0	0.0	17.0	0.0	3.5	1.0	98.3	0.0	0.0	0.0	6.5	60.5	840.8
1975	270.5	218.5	281.3	0.0	6.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	392.6	840.8
1976	171.0	136.0	63.5	1.0	0.0	0.0	10.0	3.5	7.5	0.0	0.0	0.0	0.1	392.6
1977	148.0	228.5	65.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.5	10.5	454.5	840.8
1978	89.5	1.0	59.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	17.8	18.0	185.5	840.8
1979	80.5	17.5	106.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	207.4	840.8
1980	22.5	0.0	87.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	0.0	8.5	132.0	840.8
1981	104.5	172.8	57.5	18.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.4	0.0	0.0	107.5	466.9	840.8
1982	117.0	33.0	32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	12.5	11.0	37.0	243.5	840.8
1983	6.0	5.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	20.2	840.8
1984	165.8	112.0	65.0	4.0	0.0	6.5	0.0	9.5	0.0	45.7	36.0	3.0	447.5	840.8
1985	11.0	151.5	46.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	54.5	309.0	840.8
1986	79.5	38.5	36.0	12.0	4.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	3.5	66.0	247.0	840.8
1987	109.0	12.4	0.0	0.0	2.0	3.5	11.0	0.0	0.0	7.5	0.5	0.0	145.9	840.8
1988	118.5	4.0	27.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	14.0	165.6	840.8
1989	82.0	99.0	17.5	12.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	212.5	840.8
1990	30.4	15.0	23.0	10.0	2.0	21.0	0.0	0.0	0.0	2.0	4.0	63.5	170.9	840.8
1991	77.0	36.0	55.9	9.0	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	2.0	6.0	8.0	195.4	840.8
1992	41.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	12.5	28.0	84.8	840.8
1993	135.0	0.0	67.5	0.0	0.0	0.0	0.0	23.5	0.0	7.0	0.0	53.5	286.5	840.8
1994	73.0	78.5	17.8	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	56.8	237.1	840.8
1995	24.0	0.0	72.0	12.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	11.0	123.0	840.8
1996	57.9	80.0	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	3.0	163.9	840.8
1997	224.0	164.0	39.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.5	21.0	0.0	2.0	0.0	466.5	840.8
1998	233.0	1.0	0.0	0.0	0.0	43.5	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	41.0	342.5	840.8
1999	112.0	340.0	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	39.0	491.0	840.8
2000	S/D	197.0	68.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	3.0	273.0	840.8
2001	80.5	205.5	89.5	22.0	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0	6.0	418.5	840.8
2002	78.5	94.0	86.5	0.1	0.0	4.0	20.0	0.0	0.0	2.0	7.0	20.0	312.1	840.8
2003	22.0	34.0	73.0	1.0	10.0	0.0	2.0	1.0	0.0	0.0	0.0	3.0	146.0	840.8
2004	43.0	106.0	9.0	1.0	0.0	0.0	17.0	3.0	0.0	0.0	0.0	14.0	193.0	840.8
2005	66.0	113.0	43.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	0.0	1.0	36.0	282.0	840.8
2006	100.0	82.0	145.6	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	16.0	352.6	840.8
2007	107.0	60.0	44.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	19.0	237.0	840.8
2008	78.0	53.0	63.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	21.0	220.0	840.8
2009	25.0	130.0	46.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	223.0	840.8
2010	0.0	58.0	15.0	5.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	28.0	109.0	840.8
2011	133.0	131.0	13.0	0.0	8.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	6.0	79.0	377.0	840.8
2012	151.0	139.0	39.0	44.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	54.0	435.0	840.8
2013	94.0	54.0	61.2	0.0	8.0	10.0	2.0	2.0	0.0	1.0	0.0	26.3	258.5	840.8
2014	132.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	-	840.8
Máxima	275.0	340.0	281.3	44.0	10.0	43.5	20.0	98.3	21.0	45.7	40.0	107.5	840.8	840.8
Media	102.3	89.8	53.9	5.8	1.1	2.3	1.7	4.5	1.1	3.3	4.5	26.3	291.6	840.8
Mínima	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.2	840.8
Desv. Est.	67.7	80.3	53.3	9.3	2.5	7.5	4.6	15.7	4.0	8.0	9.2	25.6	156.5	840.8
C. Asim.	0.8	1.0	2.3	2.2	2.5	4.6	3.0	5.5	4.2	4.1	2.7	1.1	1.2	840.8
C. Var.	0.7	0.9	1.0	1.6	2.3	3.2	2.7	3.4	3.7	2.4	2.1	1.0	0.5	840.8
%Anual	35%	31%	18%	2%	0%	1%	1%	2%	0%	1%	2%	9%	100%	840.8

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Tabla 2**  
**Precipitación total mensual (mm)**  
**Estación Ángela**

Latitud: 17°48'50" Longitud: 69°48'25" Altitud: 4445 msnm

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
2004	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	0.0	2.6	-
2005	37.8	78.2	27.0	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	1.2	35.2	197.4
2006	69.4	61.0	82.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	7.2	235.2
2007	38.6	57.4	19.8	0.0	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	-
2008	52.4	24.0	22.2	0.0	0.0	1.4	0.2	3.2	0.0	0.4	0.0	17.0	120.8
2009	9.4	76.6	21.0	2.2	0.0	0.0	1.4	0.2	3.2	2.2	0.0	0.6	116.8
2010	6.0	21.8	5.2	0.4	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.8	0.2	6.4	-
2011	69.6	63.6	14.6	10.2	4.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	2.2	54.6	224.8
2012	121.0	105.4	20.2	14.0	1.8	0.2	0.0	0.4	0.2	1.0	0.0	41.6	305.8
2013	64.0	36.6	31.8	0.0	14.4	4.2	1.0	0.2	0.0	0.4	0.2	26.8	179.6
2014	55.8	6.2	2.2	3.4	0.0	0.0	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	-
Máxima	121.0	105.4	82.2	14.0	14.4	4.2	6.0	3.2	4.2	15.0	2.2	54.6	305.8
Media	52.4	53.1	24.6	4.4	2.2	0.7	1.1	0.6	1.1	2.2	0.4	21.3	197.2
Mínima	6.0	6.2	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	116.8
Desv. Est.	33.1	30.6	22.1	5.9	4.8	1.5	2.1	1.2	1.8	4.9	0.8	19.2	66.6
C. Asim.	0.6	0.1	2.2	1.0	2.6	2.3	2.5	2.6	1.3	2.9	2.0	0.6	0.3
C. Var.	0.6	0.6	0.9	1.3	2.1	2.0	0.3	2.0	1.7	2.2	1.8	0.9	0.3
%Anual	27%	27%	12%	2%	1%	0%	1%	0%	1%	1%	0%	11%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Tabla 3**  
**Precipitación total mensual (mm)**  
**Estación Toquela**

Latitud: 17°39'00" Longitud: 69°56'22" Altitud: 3566 msnm

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1964	14.0	4.2	4.7	4.1	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	2.0	2.1	31.7	64.8
1965	4.6	8.3	0.0	1.1	0.0	6.0	0.0	1.0	12.3	0.0	0.0	0.0	33.3
1966	0.0	58.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	17.8	3.2	13.3	93.6
1967	61.0	99.9	158.0	16.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	24.1	361.9
1968	109.1	69.2	44.0	0.0	6.4	0.0	0.0	6.3	0.0	2.2	19.3	20.9	277.4
1969	39.0	52.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	9.8	9.6	114.4
1970	0.0	24.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	13.8	48.5
1971	32.1	35.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	13.9	88.8
1972	189.6	306.6	196.5	0.0	0.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.6	719.2
1973	196.7	320.9	37.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	0.0	0.0	565.4
1974	322.6	136.4	31.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	496.0
1975	61.5	88.7	77.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	249.6
1976	64.5	36.2	24.8	0.0	0.0	0.0	2.1	5.4	12.6	0.0	0.0	3.5	149.1
1977	37.8	99.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	152.0
1978	7.9	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	18.1
1979	14.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	48.8
1980	7.2	0.0	23.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.5
1981	49.3	41.0	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	124.3
1982	7.6	1.5	14.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	6.5	0.0	35.1
1983	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	-
1984	43.8	25.3	46.0	0.0	0.0	2.6	0.0	3.3	0.0	10.5	3.9	0.0	135.4
1985	7.3	92.6	24.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46.6	15.4	0.0	186.8
1986	18.1	16.6	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	21.4	64.6
1987	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
1988	92.4	0.0	29.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	122.0
1989	23.7	66.6	9.6	11.4	0.0	0.0	0.1	1.1	1.3	1.4	3.2	13.3	133.7
1990	3.1	16.0	15.6	0.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	45.1	88.5
1991	25.8	1.3	11.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2	40.0	80.9
1992	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	53.8	60.6
1993	73.2	1.1	22.4	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0	0.0	22.3	126.7
1994	0.0	64.0	5.4	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	88.5
1995	29.8	0.0	62.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	95.9
1996	46.2	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	3.8	3.6	78.3
1997	100.4	110.0	28.3	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	15.2	0.0	0.0	7.3	272.3
1998	87.4	11.5	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.8	124.0
1999	21.3	142.2	84.1	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	13.3	267.3
2000	136.5	58.0	41.3	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.3	251.9
2001	66.0	187.6	71.9	9.6	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	5.0	343.8
2002	20.5	72.6	55.0	3.1	0.0	6.0	22.0	0.0	0.0	1.4	0.0	11.0	191.6
2003	10.9	13.8	39.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.4	64.9
2004	43.3	47.9	17.0	0.0	0.0	0.0	3.9	0.1	0.0	0.0	0.0	3.0	115.2
2005	43.1	67.1	18.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6	0.0	0.0	24.8	167.7
2006	47.3	56.9	69.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0	2.0	183.7
2007	52.6	73.7	21.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	152.8
2008	113.1	22.9	23.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	18.5	180.3
2009	30.1	68.6	18.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	117.5
2010	4.8	28.7	3.0	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	52.5
2011	74.8	103.7	0.0	11.2	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	47.2	243.8
2012	101.9	125.2	24.0	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.9	299.3
2013	63.1	37.2	27.0	0.0	19.1	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.2	161.5
2014	45.6	0.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	-
Máxima	322.6	320.9	196.5	16.7	19.1	7.5	22.0	11.1	15.2	17.8	46.6	53.8	719.2
Media	52.1	57.3	28.4	1.6	0.7	0.6	0.6	0.9	1.3	1.2	2.3	14.2	169.2
Mínima	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.1
Desv. Est.	59.6	68.8	38.2	3.9	3.0	1.7	3.2	2.2	3.8	3.4	7.2	13.5	141.1
C. Asim.	2.5	2.2	2.7	2.6	5.2	2.9	6.7	3.0	3.1	3.5	5.1	1.1	2.0
C. Var.	1.1	1.2	1.3	2.4	4.1	2.7	5.6	2.4	3.0	2.7	3.1	1.0	0.8
%Anual	31%	34%	17%	1%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	1%	8%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Tabla 4**  
**Precipitación total mensual (mm)**  
**Estación Villa Industrial**

Latitud: 17°46'19" Longitud: 69°43'28" Altitud: 4080 msnm

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1975	80.0	102.0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.0	0.0	153.6	335.6
1976	314.8	189.6	71.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.0	620.4
1977	107.0	194.0	138.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	65.5	516.5
1978	81.0	2.0	31.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.0	16.5	154.5
1979	103.3	16.5	128.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	67.0	317.8
1980	9.0	14.5	92.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	0.0	8.5	145.2
1981	S/D	S/D	S/D	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	102.0	114.0
1982	107.0	26.0	36.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	10.0	25.0	27.0	8.0	245.0
1983	9.5	7.0	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	10.0	47.5
1984	192.0	171.0	142.0	5.0	0.0	10.0	0.0	6.0	0.0	38.5	67.5	8.0	640.0
1985	35.0	222.0	49.5	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	58.0	83.5	460.0
1986	204.0	102.3	64.3	4.0	0.0	0.0	2.0	9.0	0.0	0.0	7.0	63.0	455.6
1987	115.0	64.0	8.0	0.0	6.0	7.0	108.0	0.0	0.0	6.0	5.0	0.0	319.0
1988	120.0	0.0	17.0	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	31.5	193.5
1989	104.8	141.2	17.4	12.8	0.0	6.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	282.4
1990	48.1	42.0	83.0	25.0	17.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.2	24.0	134.0	393.3
1991	168.0	57.0	108.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0	0.0	365.0
1992	0.1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	17.3	190.0	208.6
1993	275.0	21.0	174.0	0.0	0.0	2.0	0.0	39.0	0.0	22.0	0.0	36.0	569.0
1994	114.0	211.0	25.0	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	74.0	438.0
1995	99.5	0.0	129.5	16.3	0.5	0.0	S/D	0.0	S/D	0.0	S/D	22.0	267.8
1996	58.9	100.5	19.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6	7.0	202.0
1997	S/D	S/D	S/D	5.0	5.0	0.0	0.0	17.0	9.0	0.0	0.0	8.0	44.0
1998	109.0	12.0	2.5	0.0	0.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	163.5
1999	47.0	191.0	137.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	56.0	453.0
2000	202.0	192.0	101.0	10.0	0.0	0.0	18.0	0.0	0.0	20.0	0.0	32.0	575.0
2001	155.2	200.5	110.5	59.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	535.2
2002	20.0	38.0	79.0	2.0	0.0	0.0	18.0	0.0	0.0	4.0	8.0	3.0	172.0
2003	13.0	27.0	82.5	3.2	19.0	0.0	3.0	2.0	0.0	0.0	0.0	3.5	153.2
2004	88.5	84.0	17.0	0.0	0.0	0.0	6.0	7.0	0.0	0.0	0.0	14.5	217.0
2005	42.5	62.0	21.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	0.0	0.0	4.0	145.8
2006	74.0	47.0	72.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	204.0
2007	96.0	79.0	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	231.0
2008	95.7	38.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	24.0	195.7
2009	19.0	77.5	48.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	144.5
2010	5.0	14.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	46.0
2011	105.0	83.0	3.0	5.0	3.0	5.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	208.0
2012	120.0	207.0	17.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.0	407.0
2013	S/D	65.7	37.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.5	140.2
Máxima	314.8	222.0	174.0	59.0	19.0	40.0	108.0	39.0	10.0	38.5	67.5	190.0	640.0
Media	98.3	83.8	59.9	7.6	1.5	2.4	4.3	2.6	1.0	3.6	7.2	36.5	290.4
Mínima	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.0
Desv. Est.	73.3	73.6	48.8	11.4	4.3	7.4	18.0	7.1	2.5	9.0	15.3	45.5	167.1
C. Asim.	1.1	0.7	0.6	2.8	3.4	4.2	5.6	4.0	2.9	2.6	2.9	1.8	0.6
C. Var.	0.7	0.9	0.8	1.5	2.9	3.1	4.2	2.8	2.6	2.5	2.1	1.2	0.6
%Anual	34%	29%	21%	3%	1%	1%	1%	1%	0%	1%	2%	13%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Tabla 5**  
**Registros extendidos de precipitación total mensual (mm)**  
**Estación Ángela**

Latitud: 17°48'50" Longitud: 69°48'25" Altitud: 4445 msnm

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
1972	136.3	137.6	74.2	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	6.9	0.1	27.8	383.8
1973	133.5	206.8	81.9	9.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	3.8	0.1	2.7	439.2
1974	225.6	84.4	11.9	6.5	0.1	1.4	0.5	37.2	0.1	0.1	0.1	4.7	372.6
1975	125.3	116.0	135.6	0.1	2.3	1.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	31.1	412.5
1976	88.9	65.0	33.4	0.5	0.1	0.1	4.6	3.4	7.7	0.1	0.1	1.4	205.3
1977	70.2	123.6	26.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.6	8.0	229.8
1978	36.8	0.5	25.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	6.8	7.9	78.0
1979	35.7	8.5	40.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	12.5	97.7
1980	11.3	0.1	41.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	5.4	0.1	3.3	62.5
1981	58.1	80.7	29.7	6.9	0.1	0.1	0.1	2.4	0.2	0.1	0.1	45.5	224.0
1982	47.1	13.1	17.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	6.8	6.7	14.0	106.2
1983	2.5	2.0	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	3.5	9.1
1984	79.2	51.9	42.0	1.6	0.1	3.5	0.1	4.9	0.1	21.3	15.1	1.2	221.0
1985	7.0	92.2	26.8	2.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	32.8	26.4	188.1
1986	36.9	20.9	16.0	4.6	1.6	0.1	0.1	3.7	0.1	0.1	1.4	33.1	118.6
1987	44.3	4.8	0.1	0.1	0.8	1.4	4.2	0.1	0.1	2.9	0.3	0.1	59.2
1988	79.6	1.6	21.4	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	5.4	109.6
1989	40.0	63.3	10.3	8.9	0.1	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	1.3	5.1	131.7
1990	12.7	11.8	14.6	3.8	0.8	10.8	0.1	0.1	0.1	0.8	2.0	41.1	98.7
1991	38.9	14.1	25.5	3.5	0.5	0.3	0.1	0.1	0.1	0.8	2.4	3.5	89.8
1992	17.8	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.0	5.3	30.9	55.9
1993	78.6	0.5	34.0	0.1	0.1	0.1	0.1	11.8	0.1	2.7	0.1	28.7	156.9
1994	27.6	53.8	8.8	6.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	26.6	123.9
1995	20.4	0.1	50.6	4.6	1.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.1	5.8	83.7
1996	39.4	39.4	5.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	4.9	2.6	92.5
1997	122.5	103.5	25.5	0.1	0.1	0.1	0.1	10.5	13.7	0.1	0.8	2.8	279.8
1998	121.0	4.8	0.1	0.1	0.1	17.7	0.1	0.1	0.1	0.1	9.1	23.8	177.1
1999	50.4	182.0	30.5	1.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.9	0.1	19.8	286.7
2000	103.1	96.3	41.3	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	0.1	2.0	0.1	7.0	250.7
2001	55.4	148.4	61.0	12.0	0.1	0.1	0.1	7.1	0.1	0.1	0.1	4.2	288.7
2002	37.4	62.9	53.5	1.3	0.1	3.8	15.9	0.1	0.1	1.4	2.7	11.8	191.0
2003	12.5	18.1	42.4	0.5	3.9	0.1	0.8	0.6	0.1	0.1	0.1	1.4	80.6
2004	32.6	58.1	9.9	0.5	0.1	0.1	8.0	1.2	0.1	0.0	0.0	2.6	113.2
2005	37.8	78.2	27.0	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	1.2	35.2	197.4
2006	69.4	61.0	82.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	7.2	235.2
2007	38.6	57.4	19.8	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.3	9.1	127.7
2008	72.2	24.0	22.2	0.0	0.0	1.4	0.2	3.2	0.0	0.4	0.0	17.0	140.6
2009	9.4	76.6	21.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.6	109.9
2010	6.0	21.8	5.2	0.4	2.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.2	6.4	43.5
2011	69.6	63.6	14.6	10.2	4.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	2.2	54.6	224.8
2012	121.0	105.4	20.2	14.0	1.8	0.2	0.0	0.4	0.2	1.0	0.0	41.6	305.8
2013	64.0	36.6	31.8	0.0	14.4	4.2	1.0	0.2	0.0	0.5	0.2	26.8	179.7
2014	55.8	6.2	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
Media	59.8	55.8	30.5	2.8	0.9	1.2	1.1	2.1	0.7	1.9	2.4	15.4	174.5

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Tabla 6**  
**Evaporación total mensual (mm)**  
**Estación Ángela**

Latitud: 17°48'50" Longitud: 69°48'25" Altitud: 4445 msnm

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
2011	96.4	34.3	90.6	87.4	91.8	167.1	156.0	0.0	219.7	125.0	201.2	112.1	1381.6
2012	89.6	43.1	57.0	136.2	117.3	174.9	120.3	226.7	165.6	174.1	151.0	112.4	1568.2
2013	91.8	93.5	67.0	165.2	187.9	165.9	130.4	178.6	249.5	96.5	111.6	93.3	1631.2
2014	98.3	72.6	83.9	123.9	122.3	175.4	120.0						-
Máxima	98.3	93.5	90.6	165.2	187.9	175.4	156.0	226.7	249.5	174.1	201.2	112.4	1631.2
Media	94.0	60.9	74.6	128.2	129.8	170.8	131.7	135.1	211.6	131.9	154.6	105.9	1527.0
Mínima	89.6	34.3	57.0	87.4	91.8	165.9	120.0	0.0	165.6	96.5	111.6	93.3	1381.6
Desv. Est.	4.0	27.2	15.4	32.2	41.0	5.0	16.9	119.4	42.5	39.3	44.9	10.9	129.8
C. Asim.	-0.1	0.4	-0.2	-0.3	1.3	0.0	1.6	-1.4	-0.8	0.8	0.4	-1.7	-1.3
C. Var.	0.0	0.4	0.2	0.3	0.3	0.0	0.1	0.9	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1
%Anual	6%	4%	5%	8%	9%	11%	9%	9%	14%	9%	10%	7%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Tabla 7**  
**Relación Precipitación - Duración - Frecuencia**  
**Área del Proyecto**

Período de retorno (años)	Precipitación máxima 24 horas (mm)	Duración de tormenta (h)						Duración de tormenta (min)		
		24	12	6	3	2	1	30	20	10
		1440	720	360	180	120	60	30	20	10
Precipitación (mm)										
500	30.8	30.8	25.9	21.8	18.3	15.4	13.9	11.7	10.6	8.9
100	27.1	27.1	22.8	19.2	16.1	13.6	12.2	10.3	9.3	7.8
50	25.3	25.3	21.3	17.9	15.0	12.7	11.4	9.6	8.7	7.3
25	23.4	23.4	19.7	16.5	13.9	11.7	10.6	8.9	8.0	6.8
10	20.6	20.6	17.3	14.6	12.2	10.3	9.3	7.8	7.1	5.9
5	18.2	18.2	15.3	12.9	10.8	9.1	8.2	6.9	6.2	5.3

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Tabla 8**  
**Relación Intensidad - Duración - Frecuencia**  
**Área del Proyecto**

Período de retorno (años)	Precipitación máxima 24 horas (mm)	Duración de tormenta (h)						Duración de tormenta (min)		
		24	12	6	3	2	1	30	20	10
		1440	720	360	180	120	60	30	20	10
Intensidad (mm/h)										
500	30.8	1.3	2.2	3.6	6.1	7.7	13.9	23.4	31.7	53.3
100	27.1	1.1	1.9	3.2	5.4	6.8	12.2	20.6	27.9	46.9
50	25.3	1.1	1.8	3.0	5.0	6.3	11.4	19.2	26.1	43.8
25	23.4	1.0	1.6	2.8	4.6	5.9	10.6	17.8	24.1	40.5
10	20.6	0.9	1.4	2.4	4.1	5.2	9.3	15.7	21.2	35.7
5	18.2	0.8	1.3	2.1	3.6	4.6	8.2	13.8	18.7	31.5

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Tabla 1**  
**Verificación del volumen de poza PLS**

Datos	UM	Valor
Tasa máxima de producción	t/día	21,000
Altura de capa de apilado típico	m	8.0
Densidad promedio del mineral	t/m	1.60
Ciclo de riego	días	60.00
Área para lixiviación	m <sup>2</sup>	98,438
Tasa de aplicación máxima	l/hr/m <sup>2</sup>	11
Flujo máximo de riego	m <sup>3</sup> /hr	1,083
Flujo nominal de lixiviación	m <sup>3</sup> /hr	1,060
Tiempo por operación de solución (hr)	hr	24
Porcentaje de fluctuación de operación de la bomba	%	10
Precipitación máxima en 24 horas (Tr= 100 años)	mm	27.1
Área de colección para lluvias en Poza PLS	m <sup>2</sup>	9,500

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Resumen del cálculo**

Poza PLS	Valor	Consideraciones
Volumen por sedimentos	1,600 m <sup>3</sup>	0.5 m desde el fondo de la poza, condicional
Volumen mínimo de operación de bombas	1,900 m <sup>3</sup>	Máximo 2 m adicional sobre el nivel de sedimentos
Volumen operativo	8,000 m <sup>3</sup>	Necesidad de la operación
Volumen de percolación libre de la pila	25,400 m <sup>3</sup>	Percolación libre de la pila
Volumen de fluctuaciones	2,540 m <sup>3</sup>	10% del volumen de percolación libre
Volumen por evento de tormenta	300 m <sup>3</sup>	Sobre la poza PLS
Volumen calculado	39,740 m <sup>3</sup>	
<b>Volumen de diseño</b>	<b>45,000 m<sup>3</sup></b>	

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado



Tabla 3  
Desarrollo del balance de aguas del pad de lixiviación - Escenario año medio

A) Datos básicos:

Capacidad máxima de las pozas:	145000 m <sup>3</sup>	Densidad del mineral:	1.6 t/m <sup>3</sup>	Tasa máxima de riego:	11 l/h/m <sup>2</sup>	Factor de evaporación de área lixiviada:	1.10
Volumen mínimo en las pozas:	5000 m <sup>3</sup>	Humedad natural del mineral - Época húmeda:	3.5 %	Pérdidas por evaporación por goteo:	0.1 %	Factor de evaporación de pila:	0.15
Volumen inicial en pozas:	5000 m <sup>3</sup>	Humedad residual del mineral - Época húmeda:	6.5 %	Tasa máxima de bombeo:	1,238 m <sup>3</sup> /h	Tormenta de diseño (T=100 años)	27.10 mm
Área total de pozas (PLS+PGE):	31656 m <sup>2</sup>	Humedad natural del mineral - Época seca:	2.5 %	Tiempo para restaurar la energía eléctrica:	24.0 h		
Tasa de producción diaria:	21000 tpd	Humedad residual del mineral - Época seca (2018):	8.7 %	Factor de evaporación de pozas:	0.75		
		Humedad residual del mineral - Época seca (2019 - 2023):	6.5 %	Pérdidas por evaporación por goteo:	0.10		

B) Balance hídrico:

AÑO	MES	DÍAS	FASES DEL PAD	PRODUCCIÓN MENSUAL	DATOS CLIMÁTICOS						ÁREAS					ENTRADAS		SALIDAS					BALANCE	VOLUMENES (RESULTADO DEL MODELO)						FLUJOS DEL SISTEMA PAD-POZAS		DEMANDA DE AGUA PARA UNIDAD MINERA			
					PRECIPITACIÓN	EVAPORACIÓN EN BANDEJA	EVAPOTRANSPIRACIÓN	COBERTURA RAINCOATS	ACTIVA	INACTIVA	SUPERFICIE DE AGUA EN PLS	SUPERFICIE DE AGUA EN POZA GE	CANALES DE CORONACIÓN	PRECIPITACIÓN	HUMEDAD EN EL MINERAL	HUMEDAD RESIDUAL	PÉRDIDA DE RIEGO	EVAPORACIÓN DE LAS POZAS	EVAPORACIÓN EN ÁREA ACTIVA	EVAPORACIÓN EN ÁREA INACTIVA	BALANCE	DEMANDA (MAKE-UP)		DESCARGA	ALMACENAMIENTO EN POZAS	VOLUMEN DE CONTINGENCIA	FORMENTA DE DISEÑO	ALMACENAMIENTO + CONTINGENCIA	DESCARGA	DEMANDA (MAKE-UP) PLANTA	DEMANDA OTRAS ÁREAS	DEMANDA PARA PROYECTOS	REQUERIMIENTO DE AGUA EN LA UNIDAD		
																																		(Tn)	(mm)
2018	Julio	31	Fase 3A	651000	1.7	161.0	100.2	-	112500	388761	2584	-	897932	1364	15299	56637	789	312	12400	-	-53.475	53475	-	5000	25440	37988	68428	-	-	(Vs)	(Vs)	20.0	4.1	-	24.0
	Agosto	31		651000	2.3	155.0	101.9	-	112500	388761	2584	-	897932	1845	15299	56637	789	300	12610	-	-53.192	53192	-	5000	25440	37988	68428	-	-	(Vs)	(Vs)	19.9	4.1	-	23.9
	Septiembre	30		630000	0.8	158.0	115.7	-	112500	388761	2584	-	897932	642	14805	54810	763	306	14318	-	-54.750	54750	-	5000	25440	37988	68428	-	-	(Vs)	(Vs)	21.1	4.1	-	25.2
	Octubre	31		651000	2.9	150.0	136.3	-	112500	388761	2584	-	897932	2327	15299	56637	789	291	16867	-	-56.958	56958	-	5000	25440	37988	68428	-	-	(Vs)	(Vs)	21.3	4.1	-	25.3
	Noviembre	30		630000	3.2	148.0	142.3	-	112500	388761	2584	-	897932	2567	14805	54810	763	287	17610	-	-56.097	56097	-	5000	25440	37988	68428	-	-	(Vs)	(Vs)	21.6	4.1	-	25.7
	Diciembre	31		651000	17.3	150.0	140.0	-	112500	388761	2881	7.199	897932	13880	15299	56637	789	1134	17325	8.164	-54.870	54870	-	5000	25440	37988	68428	-	-	(Vs)	(Vs)	20.5	4.1	-	24.6
	Enero	31		651000	56.2	163.0	131.8	-	112500	388761	3615	10.129	897932	45089	19856	39386	789	1680	16310	9.505	-2.725	2725	-	5000	25440	38291	68731	-	-	(Vs)	(Vs)	1	4	1.2	6.3
	Febrero	28		588000	50.7	170.0	111.9	-	112500	388761	4055	10.572	897932	40676	17934	35574	712	1865	13848	9.913	-3.302	3302	-	5000	25440	38315	68755	-	-	(Vs)	(Vs)	1	4	1.2	6.7
	Marzo	31		651000	27.9	168.0	117.1	-	112500	388761	4272	10.995	897932	22384	19856	39386	789	1924	14491	9.797	-24.146	24146	-	5000	25440	38332	68772	-	-	(Vs)	(Vs)	9	4	1.2	14.3
	Abril	30		630000	3.6	167.0	104.9	-	112500	388761	4055	10.572	897932	2888	14805	40005	763	1832	12981	-	-37.888	37888	-	5000	25440	38315	68755	-	-	(Vs)	(Vs)	15	4	1.2	19.9
	Mayo	31		651000	1.2	168.0	94.7	-	112500	388761	2584	10.129	897932	963	15299	41339	789	1602	11719	-	-39.187	39187	-	5000	25440	38263	68703	-	-	(Vs)	(Vs)	15	4	1.2	19.9
	Junio	30		630000	1.7	164.0	92.9	-	112500	388761	2584	7.199	897932	1364	14805	40005	763	1203	11496	-	-37.299	37299	-	5000	25440	38183	68623	-	-	(Vs)	(Vs)	14	4	1.2	19.7
2019	Julio	31	Fase 3A	651000	1.7	161.0	100.2	-	112500	388761	2584	-	897932	1364	15299	41339	789	312	12400	-	-38.176	38176	-	5000	25440	37988	68428	-	-	(Vs)	(Vs)	14	4	1.2	19.6
	Agosto	31		651000	2.3	155.0	101.9	-	112500	388761	2584	-	897932	1845	15299	41339	789	300	12610	-	-37.894	37894	-	5000	25440	37988	68428	-	-	(Vs)	(Vs)	14	4	1.2	19.5
	Septiembre	30		630000	0.8	158.0	115.7	-	112500	388761	2584	-	897932	642	14805	40005	763	306	14318	-	-39.945	39945	-	5000	25440	37988	68428	-	-	(Vs)	(Vs)	15	4	1.2	20.7
	Octubre	31		651000	2.9	150.0	136.3	-	112500	388761	2584	-	897932	2327	15299	41339	789	291	16867	-	-41.660	41660	-	5000	25440	37988	68428	-	-	(Vs)	(Vs)	16	4	1.2	20.9
	Noviembre	30		630000	3.2	148.0	142.3	-	112500	388761	2584	-	897932	2567	14805	40005	763	287	17610	-	-41.292	41292	-	5000	25440	37988	68428	-	-	(Vs)	(Vs)	16	4	1.2	21.2
	Diciembre	31		651000	17.3	150.0	140.0	-	112500	388761	2881	7.199	897932	13880	15299	41339	789	1134	17325	8.164	-39.572	39572	-	5000	25440	38191	68631	-	-	(Vs)	(Vs)	15	4	1.2	20.1
	Enero	31		651000	56.2	163.0	131.8	-	112500	388761	3615	10.129	897932	45089	19856	39386	789	1680	16310	9.505	-2.725	2725	-	5000	25440	38291	68731	-	-	(Vs)	(Vs)	1	4	2.0	7.1
	Febrero	29		609000	50.7	170.0	111.9	-	112500	388761	4055	10.572	897932	40676	18575	36845	738	1865	13848	9.913	-3.957	3957	-	5000	25440	38315	68755	-	-	(Vs)	(Vs)	2	4	2.0	7.6
	Marzo	31		651000	27.9	168.0	117.1	-	112500	388761	4272	10.995	897932	22384	19856	39386	789	1924	14491	9.797	-24.146	24146	-	5000	25440	38332	68772	-	-	(Vs)	(Vs)	9	4	2.0	15.1
	Abril	30		630000	3.6	167.0	104.9	-	112500	388761	4055	10.572	897932	2888	14805	40005	763	1832	12981	-	-37.888	37888	-	5000	25440	38315	68755	-	-	(Vs)	(Vs)	15	4	2.0	20.7
	Mayo	31		651000	1.2	168.0	94.7	-	112500	388761	2584	10.129	897932	963	15299	41339	789	1602	11719	-	-39.187	39187	-	5000	25440	38263	68703	-	-	(Vs)	(Vs)	15	4	2.0	20.7
	Junio	30		630000	1.7	164.0	92.9	-	112500	388761	2584	7.199	897932	1364	14805	40005	763	1203	11496	-	-37.299	37299	-	5000	25440	38183	68623	-	-	(Vs)	(Vs)	14	4	2.0	20.4
2020	Julio	31	Fase 3B	651000	1.7	161.0	100.2	-	112500	682936	2584	-	897932	1864	15299	41339	789	312	12400	-	-37.676	37676	-	5000	25440	45960	76400	-	-	(Vs)	(Vs)	14	4	2.0	20.1
	Agosto	31		651000	2.3	155.0	101.9	-	112500	682936	2584	-	897932	2522	15299	41339	789	300	12610	-	-37.217	37217	-	5000	25440	45960	76400	-	-	(Vs)	(Vs)	14	4	2.0	19.9
	Septiembre	30		630000	0.8	158.0	115.7	-	112500	682936	2584	-	897932	877	14805	40005	763	306	14318	-	-39.710	39710	-	5000	25440	45960	76400	-	-	(Vs)	(Vs)	15	4	2.0	21.4
	Octubre	31		651000	2.9	150.0	136.3	-	112500	682936	2584	-	897932	3180	15299	41339	789	291	16867	-	-40.807	40807	-	5000	25440	45960	76400	-	-	(Vs)	(Vs)	15	4	2.0	21.3
	Noviembre	30		630000	3.2	148.0	142.3	-	112500	682936	2584	-	897932	3509	14805	40005	763	287	17610	-	-40.351	40351	-	5000	25440	45960	76400	-	-	(Vs)	(Vs)	16	4	2.0	21.6
	Diciembre	31		651000	17.3	150.0	140.0	-	112500	682936	2881	7.199	897932	18969	15299	41339	789	1134	17325	14.342	-40.660	40660	-	5000	25440	46163	76603	-	-	(Vs)	(Vs)	15	4	2.0	21.2
	Enero	31		651000	56.2	163.0	131.8	-	112500	682936	3615	10.129	897932	61622	19856	39386	789	1680	16310	16.698	6.615	0	-	11615	25440	46263	83318	-	-	(Vs)	(Vs)	4	1.8	5.9	
	Febrero	28		588000	50.7	170.0	111.9	-	112500	682936	4055	10.572	897932	55591	17934	35574	712	1865																	

Tabla 4  
Desarrollo del balance de aguas del pad de lixiviación - Escenario año húmedo

A) Datos básicos:

Capacidad máxima de las pozas:	145000 m <sup>3</sup>	Densidad del mineral:	1.6 t/m <sup>3</sup>	Tasa máxima de riego:	11 l/h/m <sup>2</sup>	Factor de evaporación de área lixiviada:	1.10
Volumen mínimo en las pozas:	5000 m <sup>3</sup>	Humedad natural del mineral - Época húmeda:	3.5 %	Perdidas por evaporación por goteo:	0.1 %	Factor de evaporación de pila:	0.15
Volumen inicial en pozas:	5000 m <sup>3</sup>	Humedad residual del mineral - Época húmeda:	6.5 %	Tasa máxima de bombeo:	1,238 m <sup>3</sup> /h	Tormenta de diseño (T=100 años)	27.10 mm
Área total de pozas (PLS+PGE):	31656 m <sup>2</sup>	Humedad natural del mineral - Época seca:	2.5 %	Tiempo para restaurar la energía eléctrica:	24.0 h		
Tasa de producción diaria:	21000 tpd	Humedad residual del mineral - Época seca (2018):	8.7 %	Factor de evaporación de pozas:	0.75		
		Humedad residual del mineral - Época seca (2019 - 2023):	6.5 %	Perdidas por evaporación por goteo:	0.10		

B) Balance hídrico:

AÑO	MES	DÍAS	FASES DEL PAD	PRODUCCIÓN MENSUAL	DATOS CLIMÁTICOS					ÁREAS					ENTRADAS		SALIDAS					BALANCE	VOLUMENES (RESULTADO DEL MODELO)						FLUJOS DEL SISTEMA PAD-POZAS		DEMANDA DE AGUA PARA UNIDAD MINERA			
					PRECIPITACIÓN	EVAPORACIÓN EN BANDEJA	EVAPOTRANSPIRACIÓN	COBERTURA RAINCOATS (%)	ACTIVA (m <sup>2</sup> )	INACTIVA (m <sup>2</sup> )	SUPERFICIE DE AGUA EN PLS (m <sup>2</sup> )	SUPERFICIE DE AGUA EN POZA GE (m <sup>2</sup> )	CANALES DE CORONACIÓN (m <sup>2</sup> )	PRECIPITACIÓN (m <sup>3</sup> )	HUMEDAD EN EL MINERAL (m <sup>3</sup> )	HUMEDAD RESIDUAL (m <sup>3</sup> )	PERDIDA DE RIEGO (m <sup>3</sup> )	EVAPORACIÓN DE LAS POZAS (m <sup>3</sup> )	EVAPORACIÓN EN ÁREA ACTIVA (m <sup>3</sup> )	EVAPORACIÓN EN ÁREA INACTIVA (m <sup>3</sup> )	BALANCE (m <sup>3</sup> )		DEMANDA (MAKE-UP) (m <sup>3</sup> )	DESCARGA (m <sup>3</sup> )	ALMACENAMIENTO EN POZAS (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN DE CONTINGENCIA (m <sup>3</sup> )	FORMENTA DE DISEÑO (m <sup>3</sup> )	ALMACENAMIENTO + CONTINGENCIA (m <sup>3</sup> )	DESCARGA (l/s)	DEMANDA (MAKE-UP) PLANTA (l/s)	DEMANDA OTRAS ÁREAS (l/s)	DEMANDA PARA PROYECTOS (l/s)	REQUERIMIENTO DE AGUA EN LA UNIDAD (l/s)	
																																		(Tn)
2018	Julio	31	Fase 3A	651000	1.1	161.0	100.2	-	112500	388761	2584	-	897932	893	15299	56637	789	312	12400	-	-53.956	53956	-	5000	25440	37988	68428	-	-	20.1	4.1	-	24.2	
	Agosto	31		651000	7.9	155.0	101.9	-	112500	388761	2584	-	897932	6338	15299	56637	789	300	12610	-	-48.699	48699	-	5000	25440	37988	68428	-	-	18.2	4.1	-	22.3	
	Septiembre	30		630000	2.4	158.0	115.7	-	112500	388761	2584	-	897932	1926	14805	54810	763	306	14318	-	-53.467	53467	-	5000	25440	37988	68428	-	-	20.6	4.1	-	24.7	
	Octubre	31		651000	2.5	150.0	136.3	-	112500	388761	2584	-	897932	2006	15299	56637	789	291	16867	-	-57.279	57279	-	5000	25440	37988	68428	-	-	21.4	4.1	-	25.5	
	Noviembre	30		630000	3.4	148.0	142.3	-	112500	388761	2584	-	897932	2728	14805	54810	763	287	17610	-	-55.937	55937	-	5000	25440	37988	68428	-	-	21.6	4.1	-	25.7	
	Diciembre	31		651000	36.5	150.0	140.0	-	112500	388761	2881	8.279	897932	29284	15299	56637	789	1255	17325	8.164	-39.588	39588	-	5000	25440	37988	68428	-	-	14.8	4.1	-	18.9	
	Enero	31		651000	203.0	163.0	131.8	-	112500	388761	3615	11.648	897932	162866	19856	39386	789	1866	16310	9.505	114.866	0	38.638	81228	25440	38332	145000	14	-	4	1.2	5.3		
	Febrero	28		588000	228.6	170.0	111.9	-	112500	388761	4055	12.158	897932	183405	17934	35574	712	2067	13848	9.913	139.225	0	139.250	81202	25440	38358	145000	58	-	4	1.2	5.3		
	Marzo	31		651000	97.0	168.0	117.1	-	112500	388761	4272	12.645	897932	77823	19856	39386	789	2131	14491	9.797	31.085	0	31.104	81183	25440	38377	145000	12	-	4	1.2	5.3		
	Abril	30		630000	8.6	167.0	104.9	-	112500	388761	4055	12.158	897932	6900	14805	40005	763	2031	12981	-	-34.075	0	-	47108	25440	38358	110905	-	-	4	1.2	5.3		
	Mayo	31		651000	0.9	168.0	94.7	-	112500	388761	2584	11.648	897932	722	15299	41339	789	1793	11719	-	-39.619	0	-	7489	25440	38304	71233	-	-	4	1.2	5.3		
	Junio	30		630000	0.7	164.0	92.9	-	112500	388761	2584	8.279	897932	562	14805	40005	763	1336	11496	-	-38.234	35745	-	5000	25440	38213	68653	-	-	14	4	1.2	19.1	
2019	Julio	31	Fase 3A	651000	1.1	161.0	100.2	-	112500	388761	2584	-	897932	893	15299	41339	789	312	12400	-	-38.658	38658	-	5000	25440	37988	68428	-	-	14	4	1.2	19.7	
	Agosto	31		651000	7.9	155.0	101.9	-	112500	388761	2584	-	897932	6338	15299	41339	789	300	12610	-	-33.401	33401	-	5000	25440	37988	68428	-	-	12	4	1.2	17.8	
	Septiembre	30		630000	2.4	158.0	115.7	-	112500	388761	2584	-	897932	1926	14805	40005	763	306	14318	-	-38.682	38682	-	5000	25440	37988	68428	-	-	15	4	1.2	20.2	
	Octubre	31		651000	2.5	150.0	136.3	-	112500	388761	2584	-	897932	2006	15299	41339	789	291	16867	-	-41.981	41981	-	5000	25440	37988	68428	-	-	16	4	1.2	21.0	
	Noviembre	30		630000	3.4	148.0	142.3	-	112500	388761	2584	-	897932	2728	14805	40005	763	287	17610	-	-41.132	41132	-	5000	25440	37988	68428	-	-	16	4	1.2	21.2	
	Diciembre	31		651000	36.5	150.0	140.0	-	112500	388761	2881	8.279	897932	29284	15299	41339	789	1255	17325	8.164	-24.289	24289	-	5000	25440	38221	68661	-	-	9	4	1.2	14.4	
	Enero	31		651000	203.0	163.0	131.8	-	112500	388761	3615	11.648	897932	162866	19856	39386	789	1866	16310	9.505	114.866	0	38.638	81228	25440	38332	145000	14	-	4	2.0	6.0		
	Febrero	29		609000	228.6	170.0	111.9	-	112500	388761	4055	12.158	897932	183405	18575	36845	738	2067	13848	9.913	138.569	0	138.595	81202	25440	38358	145000	55	-	4	2.0	6.0		
	Marzo	31		651000	97.0	168.0	117.1	-	112500	388761	4272	12.645	897932	77823	19856	39386	789	2131	14491	9.797	31.085	0	31.104	81183	25440	38377	145000	12	-	4	2.0	6.0		
	Abril	30		630000	8.6	167.0	104.9	-	112500	388761	4055	12.158	897932	6900	14805	40005	763	2031	12981	-	-34.075	0	-	47108	25440	38358	110905	-	-	4	2.0	6.0		
	Mayo	31		651000	0.9	168.0	94.7	-	112500	388761	2584	11.648	897932	722	15299	41339	789	1793	11719	-	-39.619	0	-	7489	25440	38304	71233	-	-	4	2.0	6.0		
	Junio	30		630000	0.7	164.0	92.9	-	112500	388761	2584	8.279	897932	562	14805	40005	763	1336	11496	-	-38.234	35745	-	5000	25440	38213	68653	-	-	14	4	2.0	19.8	
2020	Julio	31	Fase 3B	651000	1.1	161.0	100.2	-	112500	682936	2584	-	897932	1206	15299	41339	789	312	12400	-	-38.334	38334	-	5000	25440	45960	76400	-	-	14	4	2.0	20.4	
	Agosto	31		651000	7.9	155.0	101.9	-	112500	682936	2584	-	897932	8662	15299	41339	789	300	12610	-	-31.077	31077	-	5000	25440	45960	76400	-	-	12	4	2.0	17.6	
	Septiembre	30		630000	2.4	158.0	115.7	-	112500	682936	2584	-	897932	2632	14805	40005	763	306	14318	-	-37.956	37956	-	5000	25440	45960	76400	-	-	15	4	2.0	20.7	
	Octubre	31		651000	2.5	150.0	136.3	-	112500	682936	2584	-	897932	2741	15299	41339	789	291	16867	-	-41.245	41245	-	5000	25440	45960	76400	-	-	15	4	2.0	21.4	
	Noviembre	30		630000	3.4	148.0	142.3	-	112500	682936	2584	-	897932	3728	14805	40005	763	287	17610	-	-40.132	40132	-	5000	25440	45960	76400	-	-	15	4	2.0	21.5	
	Diciembre	31		651000	36.5	150.0	140.0	-	112500	682936	2881	8.279	897932	40021	15299	41339	789	1255	17325	14.342	-19.730	19730	-	5000	25440	46193	76633	-	-	7	4	2.0	13.4	
	Enero	31		651000	203.0	163.0	131.8	-	112500	682936	3615	11.648	897932	222584	19856	39386	789	1866	16310	16.698	167.391	0	99.135	73256	25440	46304	145000	37	-	4	1.8	5.9		
	Febrero	28		588000	228.6	170.0	111.9	-	112500	682936	4055	12.158	897932	250653	17934	35574	712	2067	13848	17.415	198.971	0	198.997	73230	25440	46330	145000	82	-	4	1.8	5.9		
	Marzo	31		651000	97.0	168.0	117.1	-	112500	682936	4272	12.645	897932	106358	19856	39386	789	2131	14491	17.210	52.207	-	52.226	73211										

**Tabla 5**  
**Resultados del balance de aguas por mes del pad de lixiviación**

Año	Mes	Fases del pad	Demanda de agua fresca de reposición (l/s)			Descarga de purga de agua (l/s)		
			Año seco	Año medio	Año húmedo	Año seco	Año medio	Año húmedo
2018	Julio	Fase 3A	20.4	20.0	20.1	0.0	0.0	0.0
	Agosto		20.5	19.9	18.2	0.0	0.0	0.0
	Septiembre		21.4	21.1	20.6	0.0	0.0	0.0
	Octubre		22.0	21.3	21.4	0.0	0.0	0.0
	Noviembre		22.4	21.6	21.6	0.0	0.0	0.0
	Diciembre		24.6	20.5	14.8	0.0	0.0	0.0
2019	Enero		15.7	1.0	0.0	0.0	0.0	14.4
	Febrero		16.7	1.4	0.0	0.0	0.0	57.6
	Marzo		15.5	9.0	0.0	0.0	0.0	11.6
	Abril		15.1	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	Mayo		14.5	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	Junio		14.5	14.4	13.8	0.0	0.0	0.0
	Julio	14.7	14.3	14.4	0.0	0.0	0.0	
	Agosto	14.8	14.1	12.5	0.0	0.0	0.0	
	Septiembre	15.7	15.4	14.9	0.0	0.0	0.0	
	Octubre	16.3	15.6	15.7	0.0	0.0	0.0	
	Noviembre	16.7	15.9	15.9	0.0	0.0	0.0	
	Diciembre	18.9	14.8	9.1	0.0	0.0	0.0	
2020	Enero	15.7	1.0	0.0	0.0	0.0	14.4	
	Febrero	16.4	1.6	0.0	0.0	0.0	55.3	
	Marzo	15.5	9.0	0.0	0.0	0.0	11.6	
	Abril	15.1	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Mayo	14.5	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Junio	14.5	14.4	13.8	0.0	0.0	0.0	
	Julio	14.7	14.1	14.3	0.0	0.0	0.0	
	Agosto	14.8	13.9	11.6	0.0	0.0	0.0	
	Septiembre	15.7	15.3	14.6	0.0	0.0	0.0	
	Octubre	16.3	15.2	15.4	0.0	0.0	0.0	
	Noviembre	16.7	15.6	15.5	0.0	0.0	0.0	
	Diciembre	20.9	15.2	7.4	0.0	0.0	0.0	
2021	Enero	17.8	0.0	0.0	0.0	0.0	37.0	
	Febrero	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	82.3	
	Marzo	17.8	4.7	0.0	0.0	0.0	19.5	
	Abril	15.1	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
	Mayo	14.4	14.5	1.0	0.0	0.0	0.0	
	Junio	14.4	14.2	14.7	0.0	0.0	0.0	

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Tabla 6**  
Resumen del balance de aguas del pad de lixiviación

Fases del pad	Condición	Demanda de agua fresca de reposición (l/s)			Descarga de purga de agua (l/s)		
		Año seco	Año medio	Año húmedo	Año seco	Año medio	Año húmedo
Fase 3A	Máximo	24.6	21.6	21.6	0.0	0.0	57.6
	Medio	17.2	13.5	9.4	0.0	0.0	6.9
	Mínimo	14.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fase 3B	Máximo	20.9	15.6	15.5	0.0	0.0	82.3
	Medio	16.5	11.4	7.9	0.0	0.0	11.6
	Mínimo	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Tabla 7**  
Demandas de agua fresca de reposición (l/s) para la unidad minera Ángela

Fases del pad	Condición	Año seco	Año medio	Año húmedo
Fase 3A	Máximo	28.7	25.7	25.7
	Medio	22.4	18.7	14.6
	Mínimo	19.8	6.3	5.3
Fase 3B	Máximo	26.9	21.6	21.5
	Medio	22.5	17.4	13.9
	Mínimo	20.4	5.9	5.9

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

## **ANEXO D - DISEÑO CIVIL**

**Carga encima de revestimiento**  
Tasa de riego/aplicación de diseño  
 $h_{max} = ((L^2+r)/4K)^{0.5} + D \cdot c$  metros (ecuación elíptica)  
 $r = 11.0$  l/hr/m<sup>2</sup>  
 $3.06E-06$  m<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup>

**Permeabilidad del sobre-revestimiento**  
 $K = 1.8.E-02$  cm/s

**Diámetro de la tubería**  
 $D = 100$  mm nominal, tubería CPT

**Capacidad de diseño de tubería**  
 $c = 50$  % (de la profundidad)

**Calculo de Carga**

Espaciamiento, L (m)	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0
Carga Máxima, $h_{max}$ (m)	0.57	0.64	0.70	0.77	0.83	0.90	0.96	1.03	1.09	1.16
Carga Promedio, $h_{prom}$ (m)	0.40	0.44	0.48	0.53	0.57	0.61	0.66	0.70	0.74	0.79

**Caudal en la tubería**

Para el 50% de capacidad

3.96	l/s, 2% de pendiente
5.06	l/s, 3% de pendiente
5.60	l/s, 4% de pendiente
6.26	l/s, 5% de pendiente

**Longitud máxima de la tubería**

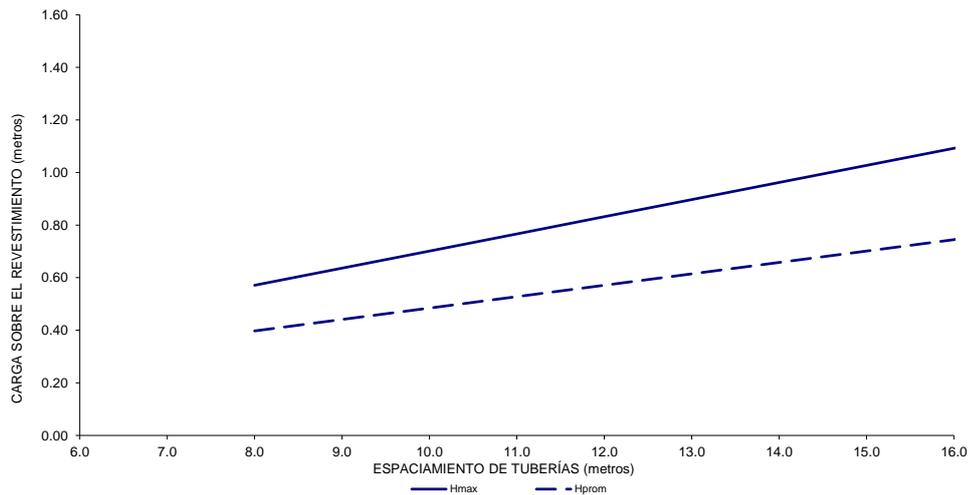
$Lt = q / (r \times L)$

86.4	metros, para 2% de pendiente
110.4	metros, para 3% de pendiente
122.2	metros, para 4% de pendiente
136.6	metros, para 5% de pendiente

**Notas:**

1. Para el diseño se considera tanto la carga máxima como la carga promedio.
2. Se asume que solamente se dispondrá del 50% del diámetro de las tuberías, debido al aplastamiento que tendrán las tuberías por el peso del mineral.

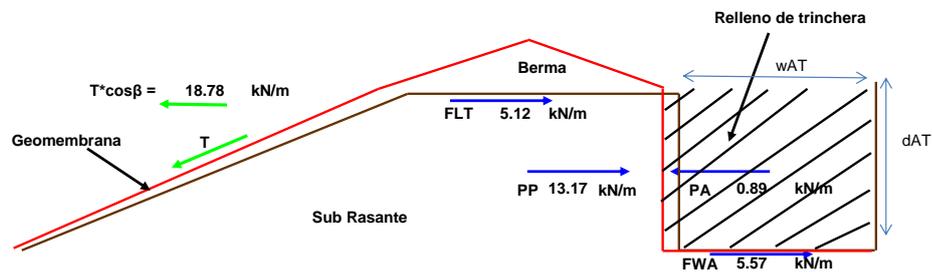
**ESPACIAMIENTO DE TUBERÍAS DE COLECCIÓN DE SOLUCIÓN  
CARGA SOBRE EL REVESTIMIENTO VS ESPACIAMIENTO**



DATOS	
<b>Trinchera</b>	
Peso	19.00 kN/m <sup>3</sup>
Ángulo de fricción	36.0 °
d <sub>AT</sub>	0.60 m
w <sub>AT</sub>	0.50 m
<b>Geomembrana</b>	
Espesor	2 mm
Resistencia a la fluencia	21.00 kN/m
Resistencia horizontal	18.78 kN/m
GCL	
<b>Berma</b>	
Ángulo de fricción	36.0 °
Longitud de la berma	3.3 m
<b>Subrasante</b>	
Talud de nivelación	2 H 1 V
β	26.6 °
Ángulo de fricción	30.0 °

ÁNGULOS DE CONTACTO	
Eficiencia	3/4
Zanja-geosintético	28.6 °
Subrasante-geosintético	23.4 °
Berma-geosintético	28.6 °

RESULTADOS	
F <sub>LT</sub>	5.12 kN/m
F <sub>WA</sub>	5.57 kN/m
P <sub>A</sub>	0.89 kN/m
P <sub>P</sub>	13.17 kN/m
FS	1.21



**Leyenda**

- F<sub>LT</sub>** : Fuerza de fricción debajo de la geomembrana debido al componente vertical de la fuerza en la geomembrana.
- F<sub>WA</sub>** : Fuerza de fricción debajo y encima de la geomembrana horizontal en la trinchera.
- P<sub>A</sub>** : Presión activa de tierras contra el material de subrasante.
- P<sub>P</sub>** : Presión pasiva de tierras contra el material de relleno de trinchera.
- FS** : Factor de seguridad al arrancamiento del anclaje.

**Tabla 1**  
Resumen del balance de masas

Relleno estructural								
Descripción	Volumen requerido (m <sup>3</sup> )	Volumen disponible (m <sup>3</sup> )	Fuente	Distancia (km)	Balance interno (m <sup>3</sup> )	Material excedente en canteras (m <sup>3</sup> )		Balance general (m <sup>3</sup> )
Pad Fase 3A	200 293	36 237	Corte propio	0.00	-	Cantera La Antena	241 324	241 324
		164 056	Cantera La Antena	2.00				
Pad Fase 3B	80 620	-	Corte propio	0.00	-	Cantera La Antena	241 324	241 324
		80 620	Cantera La Antena	2.00				
<b>Total</b>	<b>280 913</b>	<b>280 913</b>			<b>-</b>		<b>241 324</b>	<b>241 324</b>

Suelo de baja permeabilidad								
Descripción	Volumen requerido (m <sup>3</sup> )	Volumen disponible (m <sup>3</sup> )	Fuente	Distancia (km)	Balance interno (m <sup>3</sup> )	Material excedente en canteras (m <sup>3</sup> )		Balance general (m <sup>3</sup> )
Pad Fase 3A	65 793	-	Corte propio	0.00	-	Cantera Cerro Chalaorco	72 012	72 012
		65 793	Cantera Cerro Chalaorco	1.50				
Pad Fase 3B	18 795	-	Corte propio	0.00	-	Cantera Cerro Chalaorco	72 012	72 012
		18 795	Cantera Cerro Chalaorco	1.50				
<b>Total</b>	<b>84 588</b>	<b>84 588</b>			<b>-</b>		<b>72 012</b>	<b>72 012</b>

Depósito Sur				
Descripción	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen parcial (m <sup>3</sup> )	Fuente	Distancia (km)
Pad Fase 3A	321 032	88 427	Corte material inadecuado	2.00
		179 100	Corte nivelación	2.00
Pad Fase 3B	19 196	4 197	Corte material inadecuado	2.00
		11 800	Corte nivelación	2.00
<b>Total</b>	<b>340 229</b>			

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Tabla 2**  
**Balance de masas**

Descripción	Corte (m <sup>3</sup> )		Relleno para nivelación y relleno de soil liner (m <sup>3</sup> )			Corte aprovechable para relleno estructural (m <sup>3</sup> )		Corte aprovechable para soil liner (m <sup>3</sup> )		Volumen a eliminar en Depósito Sur (m <sup>3</sup> )	Material disponible del corte propio (m <sup>3</sup> )		Material de préstamo (m <sup>3</sup> )		Desmonte de tajo para relleno masivo (m <sup>3</sup> )	Balance para relleno estructural (m <sup>3</sup> )	Balance para soil liner (m <sup>3</sup> )	Balance para relleno masivo (m <sup>3</sup> )
	Corte y eliminación de inadecuado	Corte y eliminación para nivelación	Relleno estructural	Suelo de baja permeabilidad	Relleno masivo (Desmonte de mina)	Corte de inadecuado	Corte para nivelación	Corte de inadecuado	Corte para nivelación		Relleno estructural	Suelo de baja permeabilidad	La Antena	Cerro Chalaorco				
Pad Fase 3A	88 427	179 100	200 293	65 793	523 500	14 237	22 000	-	-	321 032	36 237	-	164 056	65 793	523 500	-	-	-
Pad Fase 3B	4 197	11 800	80 620	18 795	310 800	-	-	-	-	19 196	-	-	80 620	18 795	310 800	-	-	-
<b>TOTALES</b>	<b>92 624</b>	<b>190 900</b>	<b>280 913</b>	<b>84 588</b>	<b>834 300</b>					<b>340 229</b>	<b>36 237</b>	<b>-</b>	<b>244 676</b>	<b>84 588</b>	<b>834 300</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Tabla 3**  
**Material de préstamo**

Cantera	Área (m <sup>2</sup> )	Potencia (m)	% Explot.	Volumen (m <sup>3</sup> )	Material
La Antena			80%	486 000	Relleno estructural
Cerro Chalaorco			60%	156 600	Suelo de baja permeabilidad

Fuente: Información proporcionada por CNL

## **ANEXO E - DISEÑO HIDRÁULICO**

**Tabla 1**  
**Canales de coronación**  
**Características hidráulicas y tiempos de concentración**

Cuenca	Tramo	Área de aporte					Canal			
		Longitud de flujo	Cota superior	Cota inferior	Pendiente	Tiempo de concentración	Longitud	Pendiente	Radio de curvatura	Tiempo de tránsito
		(m)	(msnm)	(msnm)	(m/m)	(min)	(m)	(m/m)	(m)	(min)
<b>Canal de coronación Este</b>										
A1	Tramo 1	120.0	4429	4370	0.492	1.02	425.0	0.010	30	12.1
<b>Canal de coronación Oeste - Tramo 1</b>										
A2	Tramo 1	130.0	4451	4408	0.219	1.48	310.0	0.010	30	9.5
<b>Canal de coronación Oeste - Tramo 2</b>										
A3	Tramo 2	120.0	4451	4413	0.317	1.21	295.0	0.010	30	9.2

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Tabla 2**

**Canales de coronación**

**Cálculo de caudales - Método racional**

Cuenca	Tramo	Periodo de retorno	Duración de tormenta	Precipitación máxima en 24 horas	Intensidad de lluvia	Coefficiente de escorrentía	Área	Caudal	Caudal acumulado	Nota
		(años)	(min)	(mm)	(mm/hr)	(Adim)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	
<b>Canal de coronación Este</b>										
A1	Tramo 1	100	13.1	7.3	33.3	0.63	26730	0.16	0.16	Hacia drenaje existente
<b>Canal de coronación Oeste - Tramo 1</b>										
A2	Tramo 1	100	11.0	6.7	36.5	0.63	17275	0.11	0.11	Hacia drenaje existente
<b>Canal de coronación Oeste - Tramo 2</b>										
A3	Tramo 2	100	10.4	6.5	37.5	0.63	11390	0.07	0.19	Hacia drenaje existente

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Tabla 3**  
**Canales de coronación**  
**Dimensionamiento de sección**

Cuenca	Tramo	Periodo de retorno	Caudal	Sección de canal	Revestimiento de canal	Espesor de revestimiento	Coefficiente de Manning	Pendiente de canal	Base de canal	Talud izquierdo	Talud derecho	Área hidráulica	Perímetro mojado	Radio hidráulico	Velocidad de flujo	Numero de Froude	Tirante	Borde libre	Elevación extra en curvas	Altura	Altura de diseño
		(años)	(m <sup>3</sup> /s)			(mm)	(adim.)	(m/m)	(m)	(H:1V)	(H:1V)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(m/s)	(adim.)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
<b>Canal de coronación Este</b>																					
A1	Tramo 1	100	0.16	Trapezoidal (1H:1V)	Concreto Armado	100	0.014	0.010	0.40	1.00	1.00	0.10	0.88	0.11	1.65	1.45	0.17	0.30	0.01	0.47	0.40
<b>Canal de coronación Oeste - Tramo 1</b>																					
A2	Tramo 1	100	0.11	Trapezoidal (1H:1V)	Concreto Armado	150	0.014	0.010	0.60	1.00	1.00	0.08	0.91	0.09	1.40	1.44	0.11	0.30	0.01	0.41	0.60
<b>Canal de coronación Oeste - Tramo 2</b>																					
A3	Tramo 2	100	0.19	Triangular (1H:1V)	Concreto Armado	150	0.014	0.010	0.60	1.00	1.00	0.11	1.03	0.11	1.65	1.48	0.15	0.30	0.01	0.45	0.60

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

## **ANEXO F - COSTOS DE CAPITAL**

**Tabla 1**  
**Cuadro Resumen**

Ítem	Descripción	Pad Fase 3A (US\$)	Pad Fase 3B (US\$)	Total (US\$)
<b>01.01</b>	<b>PAD DE LIXIVIACIÓN</b>	<b>12 833 330.77</b>	<b>4 523 088.90</b>	<b>17 356 419.67</b>
01.01.01	Trabajos provisionales y preliminares	652 301.56	504 538.80	1 156 840.36
01.01.02	Demolición	69 244.56	34 622.28	103 866.84
01.01.03	Obras civiles	11 233 657.30	3 789 352.50	15 023 009.80
01.01.04	Pozas y planta de procesos (ampliación de pozas y plantas existentes)	267 485.02	0.00	267 485.02
01.01.05	Manejo de drenaje superficial	174 593.22	101 344.13	275 937.35
01.01.06	Instrumentación geotécnica	436 049.11	93 231.18	529 280.29
<b>COSTO DIRECTO (CD)</b>		<b>12 833 330.77</b>	<b>4 523 088.90</b>	<b>17 356 419.67</b>
Gastos generales (GG)		2 901 552.35	1 043 790.80	3 945 343.15
Utilidad, (U), 10%CD		1 283 333.08	452 308.89	1 735 641.97
<b>SUBTOTAL (ST), CD+GG+U</b>		<b>17 018 216.20</b>	<b>6 019 188.59</b>	<b>23 037 404.79</b>
Supervisión, 11%ST		1 872 003.78	662 110.74	2 534 114.53
Owner team, incluye permisos, 3%ST		510 546.49	180 575.66	691 122.14
<b>COSTO CONSTRUCCIÓN (C)</b>		<b>19 400 766.47</b>	<b>6 861 874.99</b>	<b>26 262 641.46</b>
<b>COSTO INGENIERÍA (I)</b>		<b>13 525.00</b>	<b>13 525.00</b>	<b>27 050.00</b>
<b>COSTO DIRECTO PROCURA (CD)</b>		<b>1 821 892.20</b>	<b>469 358.70</b>	<b>2 291 250.90</b>
MQA, 3%CD		55 000.00	14 000.00	69 000.00
<b>COSTO PROCURA (P)</b>		<b>1 876 892.20</b>	<b>483 358.70</b>	<b>2 360 250.90</b>
<b>CONTINGENCIA (CO), 10%*(C+I+P)</b>		<b>2 129 118.37</b>	<b>735 875.87</b>	<b>2 864 994.24</b>
<b>CAPEX (C+I+P+CO)</b>		<b>23 420 302.03</b>	<b>8 094 634.56</b>	<b>31 514 936.59</b>
<b>RATIOS</b>				
Costo Directo del Pad de Lixiviación (US\$)		12 565 845.75	4 523 088.90	17 088 934.65
Área revestida (m <sup>2</sup> )		224 367.00	62 502.00	286 869.00
<b>Costo Directo del Pad por Área revestida (US\$/m<sup>2</sup>)</b>		<b>56.01</b>	<b>72.37</b>	<b>59.57</b>
Capacidad de apilamiento (Mt)		20.35	7.10	27.45
<b>Costo Directo del Pad por Capacidad de apilamiento (US\$/t)</b>		<b>0.62</b>	<b>0.64</b>	<b>0.62</b>

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

Tabla 2  
Estimado de costos del Pad Fase 3A

Item	Descripción	UM	Cantidad total	Precio unitario (US\$)	Precio parcial (US\$)	Sub total (US\$)
<b>01</b>	<b>CAPEX</b>					<b>23 420 302.03</b>
<b>01.01</b>	<b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASE 3A</b>					<b>12 833 330.77</b>
<b>01.01.01</b>	<b>TRABAJOS PROVISIONALES Y PRELIMINARES</b>					<b>652 301.56</b>
<b>01.01.01.01</b>	<b>CONSTRUCCIONES PROVISIONALES</b>					<b>262 162.96</b>
01.01.01.01.01	Mantenimiento de vías	mes	8.00	12 886.37	103 090.96	
01.01.01.01.02	Facilidades temporales	mes	8.00	19 884.00	159 072.00	
<b>01.01.01.02</b>	<b>MOVILIZACIÓN DE CAMPAMENTO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>					<b>215 950.84</b>
01.01.01.02.01	Movilización y desmovilización	glb	1.00	215 950.84	215 950.84	
<b>01.01.01.03</b>	<b>TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO</b>					<b>174 187.76</b>
01.01.01.03.01	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	mes	8.00	21 773.47	174 187.76	
<b>01.01.02</b>	<b>DEMOLICIÓN</b>					<b>69 244.56</b>
01.01.02.01	Demolicion de estructuras de concreto	m3	693.00	99.92	69 244.56	
<b>01.01.03</b>	<b>OBRAS CIVILES</b>					<b>11 233 657.30</b>
<b>01.01.03.01</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>					<b>669 177.30</b>
<b>01.01.03.01.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.01.03.01.01.01	Corte simple, selección y acopio de material inadecuado	m3	15 620.00	4.34	67 790.80	
01.01.03.01.01.02	Corte simple y eliminación de material inadecuado, D=2 km	m3	92 521.00	6.50	601 386.50	
<b>01.01.03.02</b>	<b>NIVELACIÓN Y ACCESO PERIMETRAL</b>					<b>6 661 370.10</b>
<b>01.01.03.02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.01.03.02.01.01	Corte simple, selección y acopio	m3	24 200.00	4.34	105 028.00	
01.01.03.02.01.02	Corte simple y eliminación, D=2 km	m3	197 010.00	6.50	1 280 565.00	
01.01.03.02.01.03	Transporte y compactación de relleno masivo, D=1,5 km (desmonte de mina, e=5000 mm)	m3	575 850.00	4.04	2 326 434.00	
01.01.03.02.01.04	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural, D=2 km (e=800 mm)	m3	38 830.00	12.83	498 188.90	
01.01.03.02.01.05	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural, D=2 km (e=300 mm)	m3	135 960.00	14.47	1 967 341.20	
01.01.03.02.01.06	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural con material propio (e=300 mm)	m3	39 820.00	12.15	483 813.00	
<b>01.01.03.03</b>	<b>SUBDRENAJE</b>					<b>203 700.86</b>
<b>01.01.03.03.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.01.03.03.01.01	Excavación y eliminación de material para la zanja de subdrenaje, D=2 km	m3	3 388.00	9.81	33 236.28	
01.01.03.03.01.02	Procesamiento, transporte y nivelación de la cama de apoyo	m3	198.00	182.61	36 156.78	
01.01.03.03.01.03	Procesamiento, transporte y colocación de grava en zanja de subdrenaje, D=8 km	m3	2 354.00	36.62	86 203.48	
01.01.03.03.01.04	Procesamiento, transporte y colocación de relleno estructural en zanja de subdrenaje, D=2 km	m3	836.00	14.34	11 988.24	
<b>01.01.03.03.02</b>	<b>GEOSINTÉTICOS</b>					
01.01.03.03.02.01	Instalación de geotextil no tejido de 270 g/m2	m2	4 972.00	2.98	14 816.56	
<b>01.01.03.03.03</b>	<b>TUBERÍAS DE HDPE</b>					
01.01.03.03.03.01	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada, $\phi$ 300 mm	m	2 123.00	9.04	19 191.92	
01.01.03.03.03.02	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada, $\phi$ 100 mm	m	231.00	9.04	2 088.24	
01.01.03.03.03.03	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x300 mm	und	3.00	4.06	12.18	
01.01.03.03.03.04	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x100 mm	und	2.00	3.59	7.18	
<b>01.01.03.04</b>	<b>BUZÓN DE SUBDRENAJE</b>					<b>1 815.28</b>
<b>01.01.03.04.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.01.03.04.01.01	Corte simple, selección y acopio	m3	24.20	4.34	105.03	
01.01.03.04.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural con material propio	m3	22.00	12.15	267.30	
01.01.03.04.01.03	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural con material de préstamo, D=2 km	m3	33.00	14.47	477.51	
<b>01.01.03.04.02</b>	<b>TUBERÍAS DE HDPE</b>					
01.01.03.04.02.01	Instalación de tubería de HDPE de pared doble no perforada, $\phi$ 300 mm	m	11.00	9.04	99.44	
01.01.03.04.02.02	Instalación de tubería de HDPE de pared doble no perforada, $\phi$ 1500 mm	m	3.30	58.32	192.46	
<b>01.01.03.04.03</b>	<b>ESTRUCTURAS DE CONCRETO</b>					
01.01.03.04.03.01	Encofrado y desencofrado	m2	9.90	40.34	399.37	
01.01.03.04.03.02	Concreto f <sub>c</sub> =175 kg/cm2	m3	.88	311.57	274.18	
<b>01.01.03.05</b>	<b>REVESTIMIENTO</b>					<b>1 840 484.03</b>
<b>01.01.03.05.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.01.03.05.01.01	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad, e=300 mm, D=1.40 km	m3	63 800.00	18.34	1 170 092.00	
01.01.03.05.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad en bermas perimetrales, D=1.40 km	m3	7 216.00	16.83	121 445.28	
01.01.03.05.01.03	Excavación y relleno con suelo de baja permeabilidad en zanja de anclaje, D=1.40 km	m3	1 353.00	22.66	30 658.98	
<b>01.01.03.05.02</b>	<b>GEOSINTÉTICOS</b>					
01.01.03.05.02.01	Instalación de geomembrana LLDPE SST de 2 mm	m2	224 367.00	2.31	518 287.77	
<b>01.01.03.06</b>	<b>COLECCIÓN</b>					<b>119 984.12</b>
<b>01.01.03.06.01</b>	<b>TUBERÍAS DE HDPE</b>					
01.01.03.06.01.01	Instalación de tubería de HDPE de pared doble no perforada, $\phi$ 300 mm	m	638.00	9.04	5 767.52	
01.01.03.06.01.02	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada, $\phi$ 450 mm	m	473.00	9.04	4 275.92	
01.01.03.06.01.03	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada, $\phi$ 300 mm	m	2 673.00	9.04	24 163.92	
01.01.03.06.01.04	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada, $\phi$ 100 mm	m	9 284.00	9.04	83 927.36	
01.01.03.06.01.05	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x450 mm	und	2.00	4.06	8.12	
01.01.03.06.01.06	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x300 mm	und	1.00	4.06	4.06	
01.01.03.06.01.07	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x100 mm	und	30.00	4.06	121.80	
01.01.03.06.01.08	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x300 mm	und	12.00	4.06	48.72	
01.01.03.06.01.09	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x100 mm	und	125.00	3.59	448.75	
01.01.03.06.01.10	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 100x100x100 mm	und	2.00	4.01	8.02	
01.01.03.06.01.11	Preparación e instalación de bota de HDPE, $\phi$ 450 mm	und	2.00	163.72	327.44	
01.01.03.06.01.12	Preparación e instalación de bota de HDPE, $\phi$ 300 mm	und	7.00	126.07	882.49	
<b>01.01.03.07</b>	<b>SOBREREVESTIMIENTO</b>					<b>1 649 003.40</b>
<b>01.01.03.07.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.01.03.07.01.01	Procesamiento, transporte y colocación de material de sobre revesti miento, e=500 mm	m3	107 778.00	15.30	1 649 003.40	
<b>01.01.03.08</b>	<b>ACCESOS</b>					<b>88 122.21</b>
<b>01.01.03.08.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.01.03.08.01.01	Procesamiento, transporte y compactación de la base de rodadura, e=200 mm, D=2 km	m3	4 301.00	14.11	60 687.11	
01.01.03.08.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras en bermas de seguridad, D=2 km	m3	1 347.50	20.36	27 435.10	
<b>01.01.04</b>	<b>POZAS Y PLANTA DE PROCESOS (AMPLIACIÓN DE POZAS Y PLANTAS EXISTENTES)</b>					<b>267 485.02</b>
<b>01.01.04.01</b>	<b>RECRECIMIENTO DE PLS CON MURO DE GAVIONES (H=2m)</b>					<b>137 550.29</b>
<b>01.01.04.01.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.01.04.01.01.01	Excavación y relleno con suelo de baja permeabilidad en zanja de anclaje, D=3,3 km (cantera Morenas)	m3	132.00	23.74	3 133.68	
01.01.04.01.01.02	Procesamiento y transporte de grava para relleno de gavión, D=11 km	m3	1 100.00	17.28	19 008.00	
<b>01.01.04.01.02</b>	<b>GEOSINTÉTICOS</b>					
01.01.04.01.02.01	Instalación de geomembrana HDPE lisa de 1,5 mm	m2	3 027.20	2.31	6 992.83	
01.01.04.01.02.02	Instalación de geocompuesto de arcilla GCL	m2	1 566.40	.83	1 300.11	
<b>01.01.04.01.03</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>					
01.01.04.01.03.01	Acero de refuerzo f <sub>y</sub> =4200 kg/cm2	kg	484.00	4.91	2 376.44	
01.01.04.01.03.02	Encofrado y desencofrado	m2	93.50	40.34	3 771.79	
01.01.04.01.03.03	Concreto f <sub>c</sub> =175 kg/cm2	m3	26.40	311.57	8 225.45	
01.01.04.01.03.04	Junta de dilatación con material elastomérico	m	88.00	12.30	1 082.40	
<b>01.01.04.01.04</b>	<b>VARIOS</b>					
01.01.04.01.04.01	Suministro e instalación de gavión caja 5.0x1.0x1.0 m	und	88.00	417.85	36 770.80	
01.01.04.01.04.02	Suministro e instalación de gavión caja 5.0x1.5x1.0 m	und	88.00	609.78	53 660.64	
01.01.04.01.04.03	Sacos de arena	und	148.50	6.70	994.95	
01.01.04.01.04.04	Suministro e instalación de perno de sujeción	und	440.00	.53	233.20	
<b>01.01.04.02</b>	<b>RECRECIMIENTO DE GE CON SACOS DE ARENA (H=0.5m)</b>					<b>129 934.73</b>
<b>01.01.04.02.01</b>	<b>GEOSINTÉTICOS</b>					
01.01.04.02.01.01	Instalación de geomembrana HDPE lisa de 1,5 mm	m2	2 648.80	2.31	6 118.73	
<b>01.01.04.02.02</b>	<b>VARIOS</b>					
01.01.04.02.02.01	Sacos de arena	und	18 480.00	6.70	123 816.00	
<b>01.01.05</b>	<b>MANEJO DE DRENAJE SUPERFICIAL</b>					<b>174 593.22</b>

Item	Descripción	UM	Cantidad total	Precio unitario (US\$)	Precio parcial (US\$)	Sub total (US\$)
<b>01.01.05.01</b>	<b>CANAL DE CORONACIÓN ESTE - TRAMO 1 (L=425 m, e=100 mm)</b>					<b>76 168.90</b>
<b>01.01.05.01.01</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>					
01.01.05.01.01.01	Solado de concreto simple f'c=100 kg/cm²	m2	99.00	21.88	2 166.12	
01.01.05.01.01.02	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	3 591.50	4.91	17 634.27	
01.01.05.01.01.03	Encofrado y desencofrado	m2	528.00	40.34	21 299.52	
01.01.05.01.01.04	Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	80.30	350.50	28 145.15	
01.01.05.01.01.05	Juntas de dilatación, incluye material elastomérico y waterstop	m	308.00	22.48	6 923.84	
<b>01.01.05.02</b>	<b>CANAL DE CORONACIÓN OESTE - TRAMO 2 (L=295 m, e=150 mm)</b>					<b>94 491.76</b>
<b>01.01.05.02.01</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>					
01.01.05.02.01.01	Solado de concreto simple f'c=100 kg/cm²	m2	93.50	21.88	2 045.78	
01.01.05.02.01.02	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	3 872.00	4.91	19 011.52	
01.01.05.02.01.03	Encofrado y desencofrado	m2	550.00	40.34	22 187.00	
01.01.05.02.01.04	Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	125.40	350.50	43 952.70	
01.01.05.02.01.05	Juntas de dilatación, incluye material elastomérico y waterstop	m	324.50	22.48	7 294.76	
<b>01.01.05.03</b>	<b>ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN ESTE (1,2 m x 1,2 m x 1,2 m; e=200 mm)</b>					<b>1 966.28</b>
<b>01.01.05.03.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.01.05.03.01.01	Excavación localizada y eliminación de material suelto, D=1 km	m3	4.40	12.72	55.97	
01.01.05.03.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=1 km	m3	2.20	13.90	30.58	
<b>01.01.05.03.02</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>					
01.01.05.03.02.01	Solado de concreto simple f'c=100 kg/cm²	m2	7.70	21.88	168.48	
01.01.05.03.02.02	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	33.00	4.91	162.03	
01.01.05.03.02.03	Encofrado y desencofrado	m2	17.60	40.34	709.98	
01.01.05.03.02.04	Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	2.20	350.50	771.10	
01.01.05.03.02.05	Juntas de construcción, incluye waterstop	m	5.50	12.39	68.15	
<b>01.01.05.04</b>	<b>ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN OESTE 1 (1,2 m x 1,2 m x 1,2 m; e=200 mm)</b>					<b>1 966.28</b>
<b>01.01.05.04.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.01.05.04.01.01	Excavación localizada y eliminación de material suelto, D=1 km	m3	4.40	12.72	55.97	
01.01.05.04.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=1 km	m3	2.20	13.90	30.58	
<b>01.01.05.04.02</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>					
01.01.05.04.02.01	Solado de concreto simple f'c=100 kg/cm²	m2	7.70	21.88	168.48	
01.01.05.04.02.02	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	33.00	4.91	162.03	
01.01.05.04.02.03	Encofrado y desencofrado	m2	17.60	40.34	709.98	
01.01.05.04.02.04	Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	2.20	350.50	771.10	
01.01.05.04.02.05	Juntas de construcción, incluye waterstop	m	5.50	12.39	68.15	
<b>01.01.06</b>	<b>INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA</b>					<b>436 049.11</b>
<b>01.01.06.01</b>	<b>HITO TOPOGRÁFICO</b>					<b>6 000.00</b>
01.01.06.01.01	Hito topográfico	und	30.00	200.00	6 000.00	
<b>01.01.06.02</b>	<b>INCLINÓMETRO VERTICAL</b>					<b>22 965.83</b>
<b>01.01.06.02.01</b>	<b>PERFORACIÓN</b>					
01.01.06.02.01.01	Perforación Diamantina HQ3 DF	m	39.60	142.30	5 635.08	
01.01.06.02.01.02	Revestimiento Casing HW en Suelo	m	33.00	61.00	2 013.00	
01.01.06.02.01.03	Tubería inclinométrica	und	12.00	133.78	1 605.36	
01.01.06.02.01.04	Grout de cemento, arena y bentonita	m	39.60	.61	24.16	
01.01.06.02.01.05	Tapa Superior	und	1.00	6.90	6.90	
01.01.06.02.01.06	Tapa Inferior	und	1.00	30.48	30.48	
01.01.06.02.01.07	Monumento de concreto	und	1.00	18.60	18.60	
<b>01.01.06.02.02</b>	<b>EQUIPOS</b>					
01.01.06.02.02.01	Sistema de inclinómetro digital, incluye torpedo, cable de 100 m en carrete, grips, pc de mano	und	1.00	12 450.00	12 450.00	
01.01.06.02.02.02	Software para inclinómetro digital	und	1.00	1 182.25	1 182.25	
<b>01.01.06.03</b>	<b>PIEZÓMETRO HIDRÁULICO</b>					<b>9 824.10</b>
<b>01.01.06.03.01</b>	<b>PERFORACIÓN</b>					
01.01.06.03.01.01	Perforación Diamantina HQ3 DF Piezómetros Tubo Abierto	m	33.00	142.30	4 695.90	
01.01.06.03.01.02	Tubería PVC SCH 40 diámetro 2" x 3 m ranurado	und	3.00	47.50	142.50	
01.01.06.03.01.03	Tubería PVC SCH 40 diámetro 2" x 3 m lisa	und	8.00	36.50	292.00	
01.01.06.03.01.04	Tapas cónicas PVC 2"	und	1.00	9.70	9.70	
01.01.06.03.01.05	Tapas a presión PVC 2"	und	1.00	8.30	8.30	
01.01.06.03.01.06	Relleno de cemento y bentonita	m	11.00	78.11	859.21	
01.01.06.03.01.07	Sello de bentonita granulado	m	11.00	196.12	2 157.32	
01.01.06.03.01.08	Arena sílica	m	11.00	136.87	1 505.57	
01.01.06.03.01.09	Monumento de concreto	und	1.00	18.60	18.60	
01.01.06.03.01.10	Tapa metálica	und	1.00	135.00	135.00	
<b>01.01.06.04</b>	<b>PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE</b>					<b>348 286.73</b>
<b>01.01.06.04.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.01.06.04.01.01	Excavación y eliminación de material suelto para zanja de protección	m	1 683.00	12.72	21 407.76	
01.01.06.04.01.02	Procesamiento, transporte y nivelación de la cama de apoyo para protección de cable	m	1 683.00	182.61	307 332.63	
01.01.06.04.01.03	Compactación de relleno para protección de cable	m	1 683.00	3.18	5 351.94	
<b>01.01.06.04.02</b>	<b>CABLES</b>					
01.01.06.04.02.01	Cable, 4 conductor X 22 AWG, OSD, red polyurethane jacket	m	2 805.00	4.00	11 220.00	
<b>01.01.06.04.03</b>	<b>EQUIPOS</b>					
01.01.06.04.03.01	Sensor de piezómetro de cuerda vibrante 17 Bar (250 psi)	und	4.00	743.60	2 974.40	
<b>01.01.06.05</b>	<b>SENSOR/CELDA DE ASENTAMIENTO DE CUERDA VIBRANTE NO VENTEAADO</b>					<b>38 151.88</b>
<b>01.01.06.05.01</b>	<b>CABLES</b>					
01.01.06.05.01.01	Cable 2 PR 22G filled PE jacket AL SH	m	1 980.00	4.49	8 890.20	
01.01.06.05.01.02	Tubería de PVC 2x1/4" PE jacket water / glycol	m	1 980.00	7.83	15 503.40	
<b>01.01.06.05.02</b>	<b>EQUIPOS</b>					
01.01.06.05.02.01	Placa de acero	und	6.00	189.75	1 138.50	
01.01.06.05.02.02	Sensor de celda de asentamiento	und	6.00	1 833.00	10 998.00	
01.01.06.05.02.03	Reservorios pequeños	und	6.00	248.63	1 491.78	
01.01.06.05.02.04	Barómetro de campo	und	1.00	130.00	130.00	
<b>01.01.06.06</b>	<b>CASETA DE INSTRUMENTACIÓN</b>					<b>10 820.57</b>
<b>01.01.06.06.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.01.06.06.01.01	Excavación y eliminación de material suelto para estructuras	m3	7.74	12.22	94.63	
01.01.06.06.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras	m3	7.74	8.36	64.74	
<b>01.01.06.06.02</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>					
01.01.06.06.02.01	Solado f'c=100kg/cm2 (e=50mm)	m2	17.60	21.88	385.09	
01.01.06.06.02.02	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	508.46	4.91	2 496.56	
01.01.06.06.02.03	Encofrado y desencofrado	m2	18.45	40.34	744.43	
01.01.06.06.02.04	Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	8.85	350.50	3 102.12	
<b>01.01.06.06.03</b>	<b>ACABADOS</b>					
01.01.06.06.03.01	Muro ladrillo k.k.de arcilla 18 h ( 0.09x0.13x0.24) amarre de sogá junta 1.5 cm. mortero 1:1:5	m2	24.32	47.85	1 163.89	
01.01.06.06.03.02	Tarrajeo de colorado	m2	6.07	25.32	153.81	
01.01.06.06.03.03	Piso de cemento barrido y bruñido e=0.04 m	m2	6.07	24.24	147.25	
01.01.06.06.03.04	Puerta metálica	m2	1.10	400.00	440.00	
01.01.06.06.03.05	Ventana metálica	m2	1.10	150.00	165.00	
01.01.06.06.03.06	Cerradura para puerta principal	und	1.00	23.73	23.73	
01.01.06.06.03.07	Bisagras capuchina aluminizada de 3 1/2 x 3 1/2"	und	3.00	19.77	59.31	
<b>01.01.06.06.04</b>	<b>EQUIPOS</b>					
01.01.06.06.04.01	Data logger	und	1.00	1 780.00	1 780.00	
<b>COSTO DIRECTO (CD)</b>						<b>12 833 330.77</b>
Gastos generales (GG)						2 901 552.35
Utilidad, (U), 10%CD						1 283 333.08
<b>SUBTOTAL (ST), CD+GG+U</b>						<b>17 018 216.20</b>
Supervisión, 11%ST						1 872 003.78

Item	Descripción	UM	Cantidad total	Precio unitario (US\$)	Precio parcial (US\$)	Sub total (US\$)
	Owner team, incluye permisos, 3%ST					510 546.49
	<b>COSTO CONSTRUCCIÓN (C)</b>					<b>19 400 766.47</b>
	<b>COSTO INGENIERÍA (I)</b>					<b>13 525.00</b>
	<b>COSTO DIRECTO PROCURA (CD)</b>					<b>1 821 892.20</b>
	MGIA, 3%CD					55 000.00
	<b>COSTO PROCURA (P)</b>					<b>1 876 892.20</b>
	<b>CONTINGENCIA (CO), 10%(C+P)</b>					<b>2 129 118.37</b>
	<b>CAPEX (C+P+CO)</b>					<b>23 420 302.03</b>

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Notas:**

- No se aplican gastos generales ni utilidades a los suministros de geosintéticos y tuberías de HDPE, ya que son suministrados por mina.

Tabla 3  
Estimado de costos del Pad Fase 3B

Item	Descripción	UM	Cantidad total	Precio unitario (US\$)	Precio parcial (US\$)	Sub total (US\$)
<b>01</b>	<b>CAPEX</b>					<b>8 094 634.56</b>
<b>01.02</b>	<b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASE 3B</b>					<b>4 523 088.90</b>
<b>01.02.01</b>	<b>TRABAJOS PROVISIONALES Y PRELIMINARES</b>					<b>504 538.80</b>
<b>01.02.01.01</b>	<b>CONSTRUCCIONES PROVISIONALES</b>					<b>229 392.59</b>
01.02.01.01.01	Mantenimiento de vías	mes	7.00	12 886.37	90 204.59	
01.02.01.01.02	Facilidades temporales	mes	7.00	19 884.00	139 188.00	
<b>01.02.01.02</b>	<b>MOVILIZACIÓN DE CAMPAMENTO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>					<b>198 939.10</b>
01.02.01.02.01	Movilización y desmovilización	gib	1.00	198 939.10	198 939.10	
<b>01.02.01.03</b>	<b>TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO</b>					<b>76 207.11</b>
01.02.01.03.01	Trazo, niveles y replanteo durante el proceso constructivo	mes	7.00	10 886.73	76 207.11	
<b>01.02.02</b>	<b>DEMOLICIÓN</b>					<b>34 622.28</b>
01.02.02.01	Demolicion de estructuras de concreto	m3	346.50	99.92	34 622.28	
<b>01.02.03</b>	<b>OBRAS CIVILES</b>					<b>3 789 352.50</b>
<b>01.02.03.01</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>					<b>25 740.00</b>
<b>01.02.03.01.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.02.03.01.01.01	Corte simple y eliminación de material inadecuado, D=2 km	m3	3 960.00	6.50	25 740.00	
<b>01.02.03.02</b>	<b>NIVELACIÓN Y ACCESO PERIMETRAL</b>					<b>2 723 008.20</b>
<b>01.02.03.02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.02.03.02.01.01	Corte simple y eliminación, D=2 km	m3	12 980.00	6.50	84 370.00	
01.02.03.02.01.02	Transporte y compactación de relleno masivo, D=1,5 km (desmonte de mina, e=500 mm)	m3	341 880.00	4.04	1 381 195.20	
01.02.03.02.01.03	Procesamiento, transporte y compactación de relleno estructural, D=2 km (e=300 mm)	m3	86 900.00	14.47	1 257 443.00	
<b>01.02.03.03</b>	<b>SUBDRENAJE</b>					<b>7 988.96</b>
<b>01.02.03.03.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.02.03.03.01.01	Excavación y eliminación de material para la zanja de subdrenaje, D=2 km	m3	134.20	9.81	1 316.50	
01.02.03.03.01.02	Procesamiento, transporte y nivelación de la cama de apoyo	m3	7.70	182.61	1 406.10	
01.02.03.03.01.03	Procesamiento, transporte y colocación de grava en zanja de subdrenaje, D=8 km	m3	93.50	36.62	3 423.97	
01.02.03.03.01.04	Procesamiento, transporte y colocación de relleno estructural en zanja de subdrenaje, D=2 km	m3	33.00	14.34	473.22	
<b>01.02.03.03.02</b>	<b>GEOSINTÉTICOS</b>					
01.02.03.03.02.01	Instalación de geotextil no tejido de 270 g/m2	m2	192.50	2.98	573.65	
<b>01.02.03.03.03</b>	<b>TUBERÍAS DE HDPE</b>					
01.02.03.03.03.01	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada, φ 300 mm	m	88.00	9.04	795.52	
<b>01.02.03.04</b>	<b>REVESTIMIENTO</b>					<b>521 621.43</b>
<b>01.02.03.04.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.02.03.04.01.01	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad, e=300 mm, D=1,40 km	m3	17 380.00	18.34	318 749.20	
01.02.03.04.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de suelo de baja permeabilidad en bermas, D=1,40 km	m3	2 772.00	16.83	46 652.76	
01.02.03.04.01.03	Excavación y relleno con suelo de baja permeabilidad en zanja de anclaje, D=1,40 km	m3	522.50	22.66	11 839.85	
<b>01.02.03.04.02</b>	<b>GEOSINTÉTICOS</b>					
01.02.03.04.02.01	Instalación de geomembrana LLDPE SST de 2 mm	m2	62 502.00	2.31	144 379.62	
<b>01.02.03.05</b>	<b>COLECCIÓN</b>					<b>33 969.67</b>
<b>01.02.03.05.01</b>	<b>TUBERÍAS DE HDPE</b>					
01.02.03.05.01.01	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada, φ 450 mm	m	116.60	9.04	1 054.06	
01.02.03.05.01.02	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada, φ 300 mm	m	561.00	9.04	5 071.44	
01.02.03.05.01.03	Instalación de tubería de HDPE de pared doble perforada, φ 100 mm	m	3 025.00	9.04	27 346.00	
01.02.03.05.01.04	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x100 mm	und	10.00	4.06	40.60	
01.02.03.05.01.05	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x100 mm	und	1.00	4.06	4.06	
01.02.03.05.01.06	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x100 mm	und	34.00	3.59	122.06	
01.02.03.05.01.07	Instalación de yee para tubería de HDPE de pared doble de 100x100x100 mm	und	1.00	4.01	4.01	
01.02.03.05.01.08	Preparación e instalación de bota de HDPE, φ 450 mm	und	2.00	163.72	327.44	
<b>01.02.03.06</b>	<b>SOBREESTRUCTURACIÓN</b>					<b>448 014.60</b>
<b>01.02.03.06.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.02.03.06.01.01	Procesamiento, transporte y colocación de material de sobreestrucción, e=500 mm	m3	29 282.00	15.30	448 014.60	
<b>01.02.03.07</b>	<b>ACCESOS</b>					<b>29 009.64</b>
<b>01.02.03.07.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.02.03.07.01.01	Procesamiento, transporte y compactación de la base de rodadura, e=200 mm, D=2 km	m3	1 056.00	14.11	14 900.16	
01.02.03.07.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras en bermas de seguridad, D=2 km	m3	693.00	20.36	14 109.48	
<b>01.02.04</b>	<b>MANEJO DE DRENAJE SUPERFICIAL</b>					<b>101 344.13</b>
<b>01.02.04.01</b>	<b>CANAL DE CORONACIÓN OESTE - TRAMO 1 (L=310 m, e=150 mm)</b>					<b>99 377.85</b>
<b>01.02.04.01.01</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>					
01.02.04.01.01.01	Solado de concreto simple f'c=100 kg/cm²	m2	99.00	21.88	2 166.12	
01.02.04.01.01.02	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm²	kg	4 070.00	4.91	19 983.70	
01.02.04.01.01.03	Encofrado y desencofrado	m2	577.50	40.34	23 296.35	
01.02.04.01.01.04	Concreto f'c=210 kg/cm²	m3	132.00	350.50	46 266.00	
01.02.04.01.01.05	Juntas de dilatación, incluye material elastomérico y waterstop	m	341.00	22.48	7 665.68	
<b>01.02.04.02</b>	<b>ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN OESTE 2 (1,2 m x 1,2 m x 1,2 m; e=200 mm)</b>					<b>1 966.28</b>
<b>01.02.04.02.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.02.04.02.01.01	Excavación localizada y eliminación de material suelto, D=1 km	m3	4.40	12.72	55.97	
01.02.04.02.01.02	Procesamiento, transporte y compactación de relleno para estructuras, D=1 km	m3	2.20	13.90	30.58	
<b>01.02.04.02.02</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>					
01.02.04.02.02.01	Solado de concreto simple f'c=100 kg/cm²	m2	7.70	21.88	168.48	
01.02.04.02.02.02	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm²	kg	33.00	4.91	162.03	
01.02.04.02.02.03	Encofrado y desencofrado	m2	17.60	40.34	709.98	
01.02.04.02.02.04	Concreto f'c=210 kg/cm²	m3	2.20	350.50	771.10	
01.02.04.02.02.05	Juntas de construcción, incluye waterstop	m	5.50	12.39	68.15	
<b>01.02.05</b>	<b>INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA</b>					<b>93 231.18</b>
<b>01.02.05.01</b>	<b>HITO TOPOGRÁFICO</b>					<b>2 000.00</b>
01.02.05.01.01	Hito topográfico	und	10.00	200.00	2 000.00	
<b>01.02.05.02</b>	<b>INCLINÓMETRO VERTICAL</b>					<b>29 007.95</b>
<b>01.02.05.02.01</b>	<b>PERFORACIÓN</b>					
01.02.05.02.01.01	Perforación Diamantina HQ3 DF	m	121.00	142.30	17 218.30	
01.02.05.02.01.02	Revestimiento Casing HW en Suelo	m	110.00	61.00	6 710.00	
01.02.05.02.01.03	Tubería inclinométrica	und	37.00	133.78	4 949.86	
01.02.05.02.01.04	Grout de cemento, arena y bentonita	m	121.00	.61	73.81	
01.02.05.02.01.05	Tapa Superior	und	1.00	6.90	6.90	
01.02.05.02.01.06	Tapa Inferior	und	1.00	30.48	30.48	
01.02.05.02.01.07	Monumento de concreto	und	1.00	18.60	18.60	
<b>01.02.05.03</b>	<b>PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE</b>					<b>56 433.85</b>
<b>01.02.05.03.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
01.02.05.03.01.01	Excavación y eliminación de material suelto para zanja de protección	m	275.00	12.72	3 498.00	
01.02.05.03.01.02	Procesamiento, transporte y nivelación de la cama de apoyo para protección de cable	m	275.00	182.61	50 217.75	
01.02.05.03.01.03	Compactación de relleno para protección de cable	m3	275.00	3.18	874.50	
<b>01.02.05.03.02</b>	<b>CABLES</b>					
01.02.05.03.02.01	Cable, 4 conductor X 22 AWG, OSD, red polyurethane jacket	m	275.00	4.00	1 100.00	
<b>01.02.05.03.03</b>	<b>EQUIPOS</b>					
01.02.05.03.03.01	Sensor de piezómetro de cuerda vibrante 17 Bar (250 psi)	und	1.00	743.60	743.60	
<b>01.02.05.04</b>	<b>SENSOR/CELDA DE ASENTAMIENTO DE CUERDA VIBRANTE NO VENTEAADO</b>					<b>5 789.38</b>
<b>01.02.05.04.01</b>	<b>CABLES</b>					
01.02.05.04.01.01	Cable 2 PR 22G filled PE jacket AL SH	m	275.00	4.49	1 234.75	
01.02.05.04.01.02	Tubería de PVC 2x1/4" PE jacket water / glycol	m	275.00	7.83	2 153.25	
<b>01.02.05.04.02</b>	<b>EQUIPOS</b>					
01.02.05.04.02.01	Placa de acero	und	1.00	189.75	189.75	
01.02.05.04.02.02	Sensor de celda de asentamiento	und	1.00	1 833.00	1 833.00	

Item	Descripción	UM	Cantidad total	Precio unitario (US\$)	Precio parcial (US\$)	Sub total (US\$)
01.02.05.04.02.03	Reservorios pequeños	und	1.00	248.63	248.63	
01.02.05.04.02.04	Barómetro de campo	und	1.00	130.00	130.00	
<b>COSTO DIRECTO (CD)</b>						<b>4 523 088.90</b>
Gastos generales (GG)						1 043 790.80
Utilidad (U), 10%CD						452 308.89
<b>SUBTOTAL (ST), CD+GG+U</b>						<b>6 019 188.59</b>
Supervisión, 11%ST						662 110.74
Owner team, incluye permisos, 3%ST						180 575.66
<b>COSTO CONSTRUCCIÓN (C)</b>						<b>6 861 874.99</b>
<b>COSTO INGENIERÍA (I)</b>						<b>13 525.00</b>
<b>COSTO DIRECTO PROCURA (CD)</b>						<b>469 358.70</b>
MQA, 3%CD						14 000.00
<b>COSTO PROCURA (P)</b>						<b>483 358.70</b>
<b>CONTINGENCIA (CO), 10%*(C+I+P)</b>						<b>735 875.87</b>
<b>CAPEX (C+I+P+CO)</b>						<b>8 094 634.56</b>

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Notas:**

- No se aplican gastos generales ni utilidades a los suministros de geosintéticos y tuberías de HDPE, ya que son suministrados por mina.

Tabla 4  
Análisis de gastos generales del Pad Fase 3A

Item	Descripción	UM	Cantidad	Participación	Tiempo (mes)	PU (US\$)	Parcial (US\$)	Sub total (US\$)
<b>01</b>	<b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASE 3A</b>							<b>2 901 552.35</b>
<b>01.01</b>	<b>NO RELACIONADOS CON EL TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA OBRA</b>							<b>28 175.33</b>
<b>01.01.01</b>	<b>GASTOS DE LICITACIÓN Y CONTRATACIÓN</b>							<b>6 795.00</b>
<b>01.01.01.01</b>	<b>VISITA DE OBRA</b>							<b>500.00</b>
01.01.01.01.01	Gastos de visita a obra	glb	2,00	100.00%	1,00	250,00	500,00	
<b>01.01.01.02</b>	<b>GASTOS DE ELABORACIÓN DE PROPUESTA</b>							<b>6 295.00</b>
01.01.01.02.01	Gerente de licitaciones	und	1,00	10.00%	1,00	9 000,00	900,00	
01.01.01.02.02	Asesores para elaborar la propuesta	und	1,00	10.00%	1,00	5 300,00	530,00	
01.01.01.02.03	Ingeniero especialista	und	1,00	50.00%	1,00	3 500,00	1 750,00	
01.01.01.02.04	Metradores	und	4,00	50.00%	1,00	1 500,00	3 000,00	
01.01.01.02.05	Personal de apoyo (secretaría, técnico administrativo, técnico en informática, otros)	und	1,00	10.00%	1,00	1 000,00	100,00	
01.01.01.02.06	Equipo de oficina, papel	und	1,00	10.00%	1,00	150,00	15,00	
<b>01.01.02</b>	<b>APORTES</b>							<b>21 380.33</b>
01.01.02.01	Sencico	glb					21 380,33	
<b>01.02</b>	<b>RELACIONADOS CON EL TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA OBRA</b>							<b>2 873 377.02</b>
<b>01.02.01</b>	<b>CONSUMOS</b>							<b>320 480.00</b>
01.02.01.01	Consumo de internet	und	1,00	100.00%	8,00	150,00	1 200,00	
01.02.01.02	Consumo de servicio telefónico fijo	und	1,00	100.00%	8,00	100,00	800,00	
01.02.01.03	Consumo de celulares	und	44,00	100.00%	8,00	120,00	42 240,00	
01.02.01.04	Útiles de oficina	und	44,00	100.00%	8,00	250,00	88 000,00	
01.02.01.05	Costo de servicios en oficina de obra (luz, agua, mantenimiento, impuestos)	und	1,00	100.00%	8,00	550,00	4 400,00	
01.02.01.06	Costo de sede central (inc. luz, teléfono/fax, agua, mantenimiento, impuestos)	und	1,00	100.00%	8,00	550,00	4 400,00	
01.02.01.07	Suministro para Computo	und	44,00	100.00%	8,00	150,00	52 800,00	
01.02.01.08	Copias de planos y documentos	mes	1,00	100.00%	8,00	15,00	120,00	
01.02.01.09	Fotocopiadora	unid	1,00	100.00%	8,00	1 000,00	8 000,00	
01.02.01.10	Fotoccheck	und	44,00	100.00%	8,00	10,00	3 520,00	
01.02.01.11	Planos de Replanteo	und	150,00	100.00%	2,00	90,00	27 000,00	
01.02.01.12	Implemento de Seguridad	und	44,00	100.00%	5,00	400,00	88 000,00	
<b>01.02.02</b>	<b>PERSONAL</b>							<b>1 144 520.00</b>
<b>01.02.02.01</b>	<b>DE OBRA</b>							<b>1 124 800.00</b>
<b>01.02.02.01.01</b>	<b>JEFATURA DE OBRA</b>							
01.02.02.01.01.01	Gerente de Obra	per	1,00	100.00%	8,00	15 000,00	120 000,00	
01.02.02.01.01.01	Residente de obra - ingeniero civil	per	1,00	100.00%	8,00	10 000,00	80 000,00	
01.02.02.01.01.02	Asistente de Residente	per	1,00	100.00%	8,00	2 000,00	16 000,00	
<b>01.02.02.01.02</b>	<b>GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>							
01.02.02.01.02.01	Ingeniero de QA/QC	per	1,00	100.00%	8,00	5 000,00	40 000,00	
01.02.02.01.02.01	Asistente de ingeniero de QA/QC	per	2,00	100.00%	8,00	2 500,00	40 000,00	
<b>01.02.02.01.03</b>	<b>SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE</b>							
01.02.02.01.03.01	Ingeniero de seguridad y salud ocupacional	per	1,00	100.00%	8,00	5 000,00	40 000,00	
01.02.02.01.03.01	Asistente de ingeniero de seguridad y salud ocupacional	per	4,00	100.00%	8,00	2 500,00	80 000,00	
<b>01.02.02.01.04</b>	<b>OFICINA TÉCNICA</b>							
01.02.02.01.04.01	Jefe de Oficina Técnica	per	1,00	100.00%	8,00	6 000,00	48 000,00	
01.02.02.01.04.01	Asistente de ingeniero de OT	per	2,00	100.00%	8,00	2 500,00	40 000,00	
01.02.02.01.04.02	Control Documentario	per	1,00	100.00%	8,00	2 000,00	16 000,00	
01.02.02.01.04.03	Metrador	per	2,00	100.00%	8,00	1 800,00	28 800,00	
<b>01.02.02.01.05</b>	<b>PRODUCCIÓN</b>							
01.02.02.01.05.01	Ing. Producción - ingeniero civil	per	1,00	100.00%	8,00	8 000,00	64 000,00	
01.02.02.01.05.01	Ing. Costos y Presupuestos	per	1,00	100.00%	8,00	5 000,00	40 000,00	
01.02.02.01.05.01	Ing. De Planeamiento	per	1,00	100.00%	8,00	5 000,00	40 000,00	
01.02.02.01.05.02	Inspector de obra	per	5,00	100.00%	8,00	4 000,00	160 000,00	
01.02.02.01.05.03	Topógrafo	per	2,00	100.00%	8,00	4 000,00	64 000,00	
01.02.02.01.05.03	Técnico de suelos	per	1,00	100.00%	8,00	2 500,00	20 000,00	
<b>01.02.02.01.06</b>	<b>ADMINISTRACIÓN Y RRHH</b>							
01.02.02.01.06.01	Administrador de contratos	per	1,00	100.00%	8,00	5 000,00	40 000,00	
01.02.02.01.06.01	Administrador de obra	per	1,00	100.00%	8,00	8 000,00	64 000,00	
01.02.02.01.06.01	Planillero	per	1,00	100.00%	8,00	2 000,00	16 000,00	
01.02.02.01.06.01	Almacenero	per	2,00	100.00%	8,00	2 000,00	32 000,00	
01.02.02.01.06.02	Chofer de camioneta	per	3,00	100.00%	8,00	1 500,00	36 000,00	
<b>01.02.02.02</b>	<b>DE OFICINA CENTRAL</b>							<b>19 720.00</b>
<b>01.02.02.02.01</b>	<b>GERENCIA</b>							
01.02.02.02.01.01	Gerente general	per	1,00	5.00%	8,00	17 000,00	6 800,00	
<b>01.02.02.02.02</b>	<b>PERSONAL TÉCNICO</b>							
01.02.02.02.02.01	Gerente técnico	per	1,00	5.00%	8,00	10 000,00	4 000,00	
01.02.02.02.02.02	Ingeniero civil	per	1,00	5.00%	8,00	5 000,00	2 000,00	
<b>01.02.02.02.03</b>	<b>PERSONAL ADMINISTRATIVO</b>							
01.02.02.02.03.01	Gerente administrativo y finanzas	per	1,00	5.00%	8,00	10 000,00	4 000,00	
01.02.02.02.03.02	Jefe de compras	per	1,00	5.00%	8,00	4 000,00	1 600,00	
01.02.02.02.03.03	Secretarías	per	1,00	5.00%	8,00	1 500,00	600,00	
01.02.02.02.03.04	Técnico en informática	per	1,00	5.00%	8,00	1 000,00	400,00	
01.02.02.02.03.05	Servicio de vigilancia (día y noche)	per	1,00	5.00%	8,00	800,00	320,00	
<b>01.02.03</b>	<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>							<b>90 000.00</b>
<b>01.02.03.01</b>	<b>CAMIONETA</b>							<b>35 200.00</b>
01.02.03.01.01	Alquiler	und	2,00	100.00%	8,00	1 500,00	24 000,00	
01.02.03.01.02	Combustible	und	2,00	100.00%	8,00	400,00	6 400,00	
01.02.03.01.03	Mantenimiento	und	2,00	100.00%	8,00	300,00	4 800,00	
<b>01.02.03.02</b>	<b>OTROS EQUIPOS</b>							<b>54 800.00</b>
01.02.03.02.01	Teodolito	und	2,00	100.00%	8,00	1 000,00	16 000,00	
01.02.03.02.02	Nivel	und	1,00	50.00%	8,00	800,00	3 200,00	
01.02.03.02.03	Extensiones eléctricas	und	1,00	100.00%	8,00	300,00	2 400,00	
01.02.03.02.04	Tablero eléctrico con circuitos y tomacorrientes	und	2,00	100.00%	8,00	1 800,00	28 800,00	
01.02.03.02.05	Equipos de mecánica de suelos y concreto	und	1,00	50.00%	8,00	1 100,00	4 400,00	
<b>01.02.04</b>	<b>VARIOS</b>							<b>572 800.00</b>
01.02.04.01	Conciliación laboral	est	1,00	100.00%	8,00	1 500,00	12 000,00	
01.02.04.02	Reuniones con obreros	und	1,00	100.00%	8,00	400,00	3 200,00	
01.02.04.03	Inducción	est	44,00	100.00%	8,00	500,00	176 000,00	
01.02.04.04	Pruebas y ensayos de calidad	und	3,00	100.00%	8,00	800,00	19 200,00	
01.02.04.05	Alojamiento del personal de obra	und	44,00	100.00%	8,00	600,00	211 200,00	
01.02.04.06	Movilización del personal de obra	und	44,00	100.00%	8,00	300,00	105 600,00	
01.02.04.07	Exámenes médicos del personal	und	44,00	100.00%	8,00	100,00	35 200,00	
01.02.04.08	Señalizaciones	und	1,00	100.00%	8,00	500,00	4 000,00	
01.02.04.09	Útiles de limpieza	und	2,00	100.00%	8,00	200,00	3 200,00	
01.02.04.10	Boliquín	und	2,00	100.00%	8,00	200,00	3 200,00	
<b>01.02.05</b>	<b>SEGUROS, APORTES, BONIFICACIONES, GASTOS FINANCIEROS</b>							<b>745 577.02</b>
01.02.05.01	Carta fianza por fiel cumplimiento	glb					21 284,55	
01.02.05.02	Carta fianza por adelantos	glb					91 219,49	
01.02.05.03	Poliza CAR	glb					42 569,09	
01.02.05.04	Seguro contra todo riesgo para contratistas	glb					18 243,90	
01.02.05.05	Bonificaciones y beneficios sociales del personal técnico administrativo (obra)	glb					562 400,00	
01.02.05.06	Bonificaciones y beneficios sociales del personal técnico administrativo (oficina central)	glb					9 860,00	
<b>TOTAL GASTOS GENERALES</b>								<b>2 901 552.35</b>

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

Tabla 5  
Análisis de gastos generales del Pad Fase 3B

Item	Descripción	UM	Cantidad	Participación	Tiempo (mes)	PU (US\$)	Parcial (US\$)	Sub total (US\$)
<b>01</b>	<b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASE 3B</b>							<b>1 043 790.00</b>
<b>01.01</b>	<b>NO RELACIONADOS CON EL TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA OBRA</b>							<b>13 365.47</b>
<b>01.01.01</b>	<b>GASTOS DE LICITACIÓN Y CONTRATACIÓN</b>							<b>5 830.00</b>
<b>01.01.01.01</b>	<b>VISITA DE OBRA</b>							<b>500.00</b>
01.01.01.01.01	Gastos de visita a obra	gib	2.00	100.00%	1.00	250.00	500.00	
<b>01.01.01.02</b>	<b>GASTOS DE ELABORACIÓN DE PROPUESTA</b>							<b>5 330.00</b>
01.01.01.02.01	Gerente de licitaciones	und	1.00	5.00%	1.00	9 000.00	450.00	
01.01.01.02.02	Asesores para elaborar la propuesta	und	1.00	10.00%	1.00	5 300.00	530.00	
01.01.01.02.03	Ingeniero especialista	und	1.00	20.00%	1.00	3 500.00	700.00	
01.01.01.02.04	Metradores	und	4.00	50.00%	1.00	1 500.00	3 000.00	
01.01.01.02.05	Personal de apoyo (secretaría, técnico administrativo, técnico en informática, otros)	und	1.00	50.00%	1.00	1 000.00	500.00	
01.01.01.02.06	Equipo de oficina, papel	und	1.00	100.00%	1.00	150.00	150.00	
<b>01.01.02</b>	<b>APORTES</b>							<b>7 535.47</b>
01.01.02.01	Sencico	gib					7 535.47	
<b>01.02</b>	<b>RELACIONADOS CON EL TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LA OBRA</b>							<b>1 030 425.34</b>
<b>01.02.01</b>	<b>CONSUMOS</b>							<b>69 135.00</b>
01.02.01.01	Consumo de internet	und	1.00	100.00%	7.00	150.00	1 050.00	
01.02.01.02	Consumo de servicio telefónico fijo	und	1.00	100.00%	7.00	100.00	700.00	
01.02.01.03	Consumo de celulares	und	6.00	100.00%	7.00	120.00	5 040.00	
01.02.01.04	Útiles de oficina	und	1.00	100.00%	7.00	250.00	1 750.00	
01.02.01.05	Costo de servicios en oficina de obra (luz, agua, mantenimiento, impuestos)	und	1.00	100.00%	7.00	550.00	3 850.00	
01.02.01.06	Costo de sede central (inc. luz, teléfono/fax, agua, mantenimiento, impuestos)	und	1.00	100.00%	7.00	550.00	3 850.00	
01.02.01.07	Suministro para Computo	und	5.00	100.00%	7.00	150.00	5 250.00	
01.02.01.08	Copias de planos y documentos	mes	1.00	100.00%	7.00	15.00	105.00	
01.02.01.09	Fotocopiadora	unid	1.00	100.00%	7.00	1 000.00	7 000.00	
01.02.01.10	Fotoccheck	und	22.00	100.00%	7.00	10.00	1 540.00	
01.02.01.11	Planos de Replanteo	und	50.00	100.00%	2.00	90.00	9 000.00	
01.02.01.12	Implemento de Seguridad	und	15.00	100.00%	5.00	400.00	30 000.00	
<b>01.02.02</b>	<b>PERSONAL</b>							<b>516 355.00</b>
<b>01.02.02.01</b>	<b>DE OBRA</b>							<b>499 100.00</b>
<b>01.02.02.01.01</b>	<b>JEFATURA DE OBRA</b>							
01.02.02.01.01.01	Residente de obra - ingeniero civil	per	1.00	100.00%	7.00	10 000.00	70 000.00	
01.02.02.01.01.02	Asistente de Residente	per	1.00	100.00%	7.00	2 000.00	14 000.00	
<b>01.02.02.01.02</b>	<b>GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>							
01.02.02.01.02.01	Ingeniero de QA/QC	per	1.00	100.00%	7.00	5 000.00	35 000.00	
<b>01.02.02.01.03</b>	<b>SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE</b>							
01.02.02.01.03.01	Ingeniero de seguridad y salud ocupacional	per	1.00	100.00%	7.00	5 000.00	35 000.00	
<b>01.02.02.01.04</b>	<b>OFICINA TÉCNICA</b>							
01.02.02.01.04.01	Jefe de Oficina Técnica	per	1.00	100.00%	7.00	6 000.00	42 000.00	
01.02.02.01.04.02	Control Documentario	per	1.00	100.00%	7.00	2 000.00	14 000.00	
01.02.02.01.04.03	Metrador	per	1.00	100.00%	7.00	1 800.00	12 600.00	
<b>01.02.02.01.05</b>	<b>PRODUCCIÓN</b>							
01.02.02.01.05.01	Ing. Producción - ingeniero civil	per	1.00	100.00%	7.00	8 000.00	56 000.00	
01.02.02.01.05.02	Ing. Costos y Presupuestos	per	1.00	100.00%	7.00	5 000.00	35 000.00	
01.02.02.01.05.02	Ing. De Planeamiento	per	1.00	100.00%	7.00	5 000.00	35 000.00	
01.02.02.01.05.02	Inspector de obra	per	2.00	100.00%	7.00	4 000.00	56 000.00	
01.02.02.01.05.03	Topógrafo	per	1.00	100.00%	7.00	4 000.00	28 000.00	
<b>01.02.02.01.06</b>	<b>ADMINISTRACIÓN Y RRHH</b>							
01.02.02.01.06.01	Administrador de obra	per	1.00	100.00%	7.00	8 000.00	56 000.00	
01.02.02.01.06.02	Chofer de camioneta	per	1.00	100.00%	7.00	1 500.00	10 500.00	
<b>01.02.02.02</b>	<b>DE OFICINA CENTRAL</b>							<b>17 255.00</b>
<b>01.02.02.02.01</b>	<b>GERENCIA</b>							
01.02.02.02.01.01	Gerente general	per	1.00	5.00%	7.00	17 000.00	5 950.00	
<b>01.02.02.02.02</b>	<b>PERSONAL TÉCNICO</b>							
01.02.02.02.02.01	Gerente técnico	per	1.00	5.00%	7.00	10 000.00	3 500.00	
01.02.02.02.02.02	Ingeniero civil	per	1.00	5.00%	7.00	5 000.00	1 750.00	
<b>01.02.02.02.03</b>	<b>PERSONAL ADMINISTRATIVO</b>							
01.02.02.02.03.01	Gerente administrativo y finanzas	per	1.00	5.00%	7.00	10 000.00	3 500.00	
01.02.02.02.03.02	Jefe de compras	per	1.00	5.00%	7.00	4 000.00	1 400.00	
01.02.02.02.03.03	Secretarías	per	1.00	5.00%	7.00	1 500.00	525.00	
01.02.02.02.03.04	Técnico en informática	per	1.00	5.00%	7.00	1 000.00	350.00	
01.02.02.02.03.05	Servicio de vigilancia (día y noche)	per	1.00	5.00%	7.00	800.00	280.00	
<b>01.02.03</b>	<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>							<b>43 750.00</b>
<b>01.02.03.01</b>	<b>CAMIONETA</b>							<b>15 400.00</b>
01.02.03.01.01	Alquiler	und	1.00	100.00%	7.00	1 500.00	10 500.00	
01.02.03.01.02	Combustible	und	1.00	100.00%	7.00	400.00	2 800.00	
01.02.03.01.03	Mantenimiento	und	1.00	100.00%	7.00	300.00	2 100.00	
<b>01.02.03.02</b>	<b>OTROS EQUIPOS</b>							<b>28 350.00</b>
01.02.03.02.01	Teodolito	und	1.00	100.00%	7.00	1 000.00	7 000.00	
01.02.03.02.02	Nivel	und	1.00	50.00%	7.00	800.00	2 800.00	
01.02.03.02.03	Extensiones eléctricas	und	1.00	100.00%	7.00	300.00	2 100.00	
01.02.03.02.04	Tablero eléctrico con circuitos y tomacorrientes	und	1.00	100.00%	7.00	1 800.00	12 600.00	
01.02.03.02.05	Equipos de mecánica de suelos y concreto	und	1.00	50.00%	7.00	1 100.00	3 850.00	
<b>01.02.04</b>	<b>VARIOS</b>							<b>80 500.00</b>
01.02.04.01	Conciliación laboral	est	1.00	100.00%	7.00	1 500.00	10 500.00	
01.02.04.02	Reuniones con obreros	und	1.00	100.00%	7.00	400.00	2 800.00	
01.02.04.03	Inducción	est	3.00	100.00%	7.00	500.00	10 500.00	
01.02.04.04	Pruebas y ensayos de calidad	und	3.00	100.00%	7.00	800.00	16 800.00	
01.02.04.05	Alojamiento del personal de obra	und	5.00	100.00%	7.00	600.00	21 000.00	
01.02.04.06	Movilización del personal de obra	und	5.00	100.00%	7.00	300.00	10 500.00	
01.02.04.07	Exámenes médicos del personal	und	3.00	100.00%	7.00	100.00	2 100.00	
01.02.04.08	Señalizaciones	und	1.00	100.00%	7.00	500.00	3 500.00	
01.02.04.09	Útiles de limpieza	und	1.00	100.00%	7.00	200.00	1 400.00	
01.02.04.10	Botiquín	und	1.00	100.00%	7.00	200.00	1 400.00	
<b>01.02.05</b>	<b>SEGUROS, APORTES, BONIFICACIONES, GASTOS FINANCIEROS</b>							<b>320 685.34</b>
01.02.05.01	Carta fianza por fiel cumplimiento	gib					7 676.40	
01.02.05.02	Carta fianza por adelantos	gib					32 898.86	
01.02.05.03	Poliza CAR	gib					15 352.80	
01.02.05.04	Seguro contra todo riesgo para contratistas	gib					6 579.77	
01.02.05.05	Bonificaciones y beneficios sociales del personal técnico administrativo (obra)	gib					249 550.00	
01.02.05.06	Bonificaciones y beneficios sociales del personal técnico administrativo (oficina central)	gib					8 627.50	
<b>TOTAL GASTOS GENERALES</b>								<b>1 043 790.00</b>

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desmontado

Tabla 6  
Lista de materiales del Pad Fase 3A

Item	Descripción	UM	Cantidad total	Precio unitario (US\$)	Precio parcial (US\$)	Sub total (US\$)
<b>01</b>	<b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASE 3A</b>					<b>1 821 892.20</b>
<b>01.01</b>	<b>MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES</b>					<b>342 987.00</b>
01.01.01	Movilización y desmovilización de materiales	gib	1.00	342 987.00	342 987.00	
<b>01.02</b>	<b>TUBERÍAS HDPE Y ACCESORIOS</b>					<b>216 194.35</b>
01.02.01	Codo de 30° para tubería de HDPE de pared doble de 300 mm	und	24.00	60.00	1 440.00	
01.02.02	Codo de 30° para tubería de HDPE de pared doble de 450 mm	und	1.00	110.00	110.00	
01.02.03	Codo de 30° para tubería de HDPE de pared doble de 100 mm	und	11.00	12.00	132.00	
01.02.04	Codo de 45° para tubería de HDPE de pared doble de 300 mm	und	4.00	60.00	240.00	
01.02.05	Codo de 45° para tubería de HDPE de pared doble de 450 mm	und	2.00	110.00	220.00	
01.02.06	Codo de 45° para tubería de HDPE de pared doble de 100 mm	und	1.00	12.00	12.00	
01.02.07	Copla partida para tubería de HDPE de pared doble de 300 mm	und	1 217.00	13.00	15 821.00	
01.02.08	Copla partida para tubería de HDPE de pared doble de 100 mm	und	1 860.00	1.80	3 348.00	
01.02.09	Copla hermética para tubería de HDPE de pared doble de 300 mm	und	4.00	150.00	600.00	
01.02.10	Copla partida para tubería de HDPE de pared doble de 450 mm	und	163.00	42.00	6 846.00	
01.02.11	Plancha de HDPE de 2000x2000x10 mm	und	1.00	350.00	350.00	
01.02.12	Reducción de tubería de HDPE de pared doble de 450 a 300 mm	und	3.00	200.00	600.00	
01.02.13	Reducción de tubería de HDPE de pared doble de 300 a 100 mm	und	1.00	100.00	100.00	
01.02.14	Tapa para tubería de HDPE de pared doble de 100 mm	und	167.00	3.45	576.15	
01.02.15	Tapa para tubería de HDPE de pared doble de 300 mm	und	25.00	28.18	704.50	
01.02.16	Tapa para tubería de HDPE de pared doble de 450 mm	und	1.00	82.80	82.80	
01.02.17	Tapa para tubería de HDPE de pared doble de 1500 mm	und	1.00	150.00	150.00	
01.02.18	Tubería de HDPE de pared doble perforada de 300 mm	m	5 036.00	20.00	100 720.00	
01.02.19	Tubería de HDPE de pared doble perforada de 100 mm	m	9 991.00	3.50	34 968.50	
01.02.20	Tubería de HDPE de pared doble no perforada de 300 mm	m	681.00	20.00	13 620.00	
01.02.21	Tubería de HDPE de pared doble perforada de 450 mm	m	497.00	45.00	22 365.00	
01.02.22	Tubería de HDPE de pared doble no perforada de 1500 mm	m	3.00	400.00	1 200.00	
01.02.23	Yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x100 mm	und	133.00	50.00	6 650.00	
01.02.24	Yee para tubería de HDPE de pared doble de 100x100x100 mm	und	2.00	14.50	29.00	
01.02.25	Yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x300 mm	und	16.00	115.00	1 840.00	
01.02.26	Yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x450 mm	und	2.00	220.00	440.00	
01.02.27	Yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x300 mm	und	1.00	150.00	150.00	
01.02.28	Yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x100 mm	und	32.00	90.00	2 880.00	
<b>01.03</b>	<b>GEOSINTÉTICOS</b>					<b>1 262 710.25</b>
01.03.01	Geomembrana SST de LLDPE de 2 mm	m2	246 804.00	5.00	1 234 020.00	
01.03.02	Geomembrana HDPE lisa de 1,5 mm	m2	6 244.00	3.50	21 854.00	
01.03.03	Geotextil no tejido de 270 g/m2	m2	5 469.00	1.25	6 836.25	
<b>COSTO DIRECTO (CD)</b>						<b>1 821 892.20</b>
MQA, 3%CD						55 000.00
<b>COSTO PROCURA (P)</b>						<b>1 876 892.20</b>

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Notas:**

- Las cantidades incluyen el porcentaje de desperdicios de los materiales.
- El estimado del costo de MQA se asume para plantas de fabricación de materiales en Lima.

Tabla 7  
Lista de materiales del Pad Fase 3B

Item	Descripción	UM	Cantidad total	Precio unitario (US\$)	Precio parcial (US\$)	Sub total (US\$)
<b>01</b>	<b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASE 3B</b>					<b>469 358.70</b>
<b>01.01</b>	<b>MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES</b>					<b>86 213.00</b>
01.01.01	Movilización y desmovilización de materiales	gib	1.00	86 213.00	86 213.00	
<b>01.02</b>	<b>TUBERÍAS HDPE Y ACCESORIOS</b>					<b>39 120.70</b>
01.02.01	Codo de 45° para tubería de HDPE de pared doble de 300 mm	und	1.00	60.00	60.00	
01.02.02	Codo de 45° para tubería de HDPE de pared doble de 100 mm	und	12.00	12.00	144.00	
01.02.03	Copla partida para tubería de HDPE de pared doble de 300 mm	und	189.00	13.00	2 457.00	
01.02.04	Copla partida para tubería de HDPE de pared doble de 100 mm	und	603.00	1.80	1 085.40	
01.02.05	Copla partida para tubería de HDPE de pared doble de 450 mm	und	41.00	42.00	1 722.00	
01.02.06	Reducción de tubería de HDPE de pared doble de 300 a 100 mm	und	1.00	100.00	100.00	
01.02.07	Tapa para tubería de HDPE de pared doble de 100 mm	und	48.00	3.45	165.60	
01.02.08	Tapa para tubería de HDPE de pared doble de 300 mm	und	5.00	28.18	140.90	
01.02.09	Tapa para tubería de HDPE de pared doble de 450 mm	und	1.00	82.80	82.80	
01.02.10	Tubería de HDPE de pared doble perforada de 300 mm	m	681.00	20.00	13 620.00	
01.02.11	Tubería de HDPE de pared doble perforada de 100 mm	m	3 181.00	3.50	11 133.50	
01.02.12	Tubería de HDPE de pared doble perforada de 450 mm	m	122.00	45.00	5 490.00	
01.02.13	Yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x100 mm	und	36.00	50.00	1 800.00	
01.02.14	Yee para tubería de HDPE de pared doble de 300x300x300 mm	und	1.00	115.00	115.00	
01.02.15	Yee para tubería de HDPE de pared doble de 450x450x100 mm	und	11.00	90.00	990.00	
01.02.16	Yee para tubería de HDPE de pared doble de 100x100x100 mm	und	1.00	14.50	14.50	
<b>01.03</b>	<b>GEOSINTÉTICOS</b>					<b>344 025.00</b>
01.03.01	Geomembrana SST de LLDPE de 2 mm	m2	68 752.00	5.00	343 760.00	
01.03.02	Geotextil no tejido de 270 g/m2	m2	212.00	1.25	265.00	
<b>COSTO DIRECTO (CD)</b>						<b>469 358.70</b>
MQA, 3%CD						14 000.00
<b>COSTO PROCURA (P)</b>						<b>483 358.70</b>

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

**Notas:**

- Las cantidades incluyen el porcentaje de desperdicios de los materiales.
- El estimado del costo de MQA se asume para plantas de fabricación de materiales en Lima.

Tabla 8  
Costo de movilización y desmovilización de equipos y materiales del Pad Fase 3A

A.- COSTO DE EQUIPO TRANSPORTADO								
Cantidad	Equipo	Peso unitario (kg)	Peso total (t)	Transportado en				
				Plataforma	Furgón	Cama baja estandar	Cama baja especial	
1.00	Baño portátil	150.00	0.15			0.15		
1.00	Estación total	29.00	0.02			0.02		
1.00	Martillo neumático de 29 kg	29.00	0.03			0.03		
1.00	Compresora neumática 250 - 330 pcm - 87 hp	2 000.00	2.00			2.00		
1.00	Taladro atomillador	1.00	0.00			0.00		
1.00	Enlace satelital	60.00	0.06			0.06		
1.00	Grupo electrógeno de 50 kw.	1 300.00	1.30			1.30		
1.00	Grupo electrógeno de 350 kw.	1 500.00	1.50			1.50		
1.00	Mezcladora de concreto 11 p3 (23 hp)	2 200.00	2.20			2.20		
1.00	Vibrador de concreto 4 hp	10.00	0.01			0.01		
1.00	Cizalla eléctrica de fierro	250.00	0.25			0.25		
2.00	Contenedor de 20' en obra-talleres y almacenes	21 770.00	43.54	43.54				
2.00	Tractor D8 (240 - 310 hp)	30 500.00	61.00				61.00	
1.00	Tractor D6 (140 - 185 hp)	20 000.00	20.00				20.00	
4.00	Zaranda estática	13 200.00	52.80	52.80				
7.00	Cargador frontal 966 (200 - 275 hp)	25 000.00	175.00				175.00	
2.00	Motoniveladora 140 hp	13 540.00	27.08				27.08	
2.00	Plancha compactadora 7 hp	100.00	0.20			0.20		
1.00	Rodillo liso vibratorio autopropulsado 32.7 hp (2.6 t)	2 600.00	2.60				2.60	
2.00	Retroexcavadora sobre llantas de (60 - 80 hp)	9 000.00	18.00				18.00	
2.00	Rodillo liso vibratorio autopropulsado 101 - 135 hp (10 - 12 t)	12 000.00	24.00				24.00	
1.00	Excavadora sobre orugas 240 - 260 hp tipo 330	36 000.00	36.00				36.00	
<b>Peso total a transportarse</b>				<b>467.74</b>	<b>96.34</b>	<b>7.72</b>	<b>266.68</b>	<b>97.00</b>
Capacidad de carga				28.00	7.00	30.00	36.00	
Cantidad de viajes requerida para movilización				4.00	2.00	9.00	3.00	
Cantidad de viajes requerida para desmovilización				4.00	2.00	9.00	3.00	
<b>Total viajes por equipo requerido</b>				<b>8.00</b>	<b>4.00</b>	<b>18.00</b>	<b>6.00</b>	
Precio unitario por viaje de Lima a Ángela (US\$)				4 686.00	1 865.00	6 054.00	8 450.00	
<b>Precio parcial (US\$)</b>				<b>37 488.00</b>	<b>7 460.00</b>	<b>108 972.00</b>	<b>50 700.00</b>	
<b>COSTO DE EQUIPOS TRANSPORTADOS (US\$)</b>				<b>204 620.00</b>				
B.- COSTO DE EQUIPO AUTOTRANSPORTADO								
Velocidad promedio del viaje : 40.0 kph Distancia Promedio (Tacna - Ángela) : 52.00 km Número de horas de viaje : 1.30 h Rendimiento : $\frac{1 \text{ viaje} \times 8 \text{ h/d}}{1.30 \text{ h}} = 6.00$ Viajes / día								
Ítem	Descripción	UM	Cantidad	Cantidad de viajes	Precio unitario por hora (US\$)	Precio unitario por viaje (US\$)	Precio parcial (US\$)	
01	Equipo autotransportado							
01.01	Camión volquete 15 m <sup>3</sup>	und	12.00	24.00	43.00	57.33	1 376.00	
01.02	Cisterna 4000 gal	und	4.00	8.00	51.00	68.00	544.00	
01.03	Camión de servicio de 4 t	und	2.00	4.00	42.47	56.63	226.51	
01.04	Seguros, viáticos, etc.	%eq		0.03		206 766.51	6 203.00	
<b>COSTO DE EQUIPOS AUTOTRANSPORTADOS (US\$)</b>				<b>8 349.51</b>				
C.- FLETE DE MATERIALES POR PESO (Materiales en camión volquete de 15 m <sup>3</sup> )								
Ítem	Materiales	UM	Cantidad	Peso unitario (kg/UM)	Peso total (kg)			
01	Cemento	bis	2 346.53	42.50	99 727.53			
02	Acero corrugado, clavos y materiales en kg	kg	129 990.45	1.00	129 990.45			
03	Madera	p <sup>2</sup>	3 732.80	1.50	5 599.20			
04	Pintura, aditivos y otros	gal	109.54	4.00	438.16			
05	Yeso	bis	51.21	20.00	1 024.20			
06	Varios	kg	33 000.00	1.00	33 000.00			
Peso total (kg)				269 779.54				
Capacidad de carga de camión volquete de 15 m <sup>3</sup> (kg)				25 000.00				
Número de viajes				11.00				
Precio unitario por viaje de Tacna a Ángela (US\$)				57.33				
<b>Precio parcial (US\$)</b>				<b>630.67</b>				
<b>COSTO DE FLETE POR PESO (US\$)</b>				<b>630.67</b>				
D.- FLETE DE MATERIALES POR VOLUMEN (Agregados en camión voquete de 15m <sup>3</sup> )								
Ítem	Descripción	UM	Cantidad	Capacidad de m <sup>3</sup> por viaje	Nº de viajes			
01	Arena	m <sup>3</sup>	613.45	15.00	40.90			
Número total de viajes				41.00				
Precio unitario por viaje de Tacna a Ángela (US\$)				57.33				
<b>Precio parcial (US\$)</b>				<b>2 350.67</b>				
<b>COSTO DE FLETE POR VOLUMEN (US\$)</b>				<b>2 350.67</b>				
<b>COSTO TOTAL DE MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN (US\$)</b>				<b>215 950.84</b>				

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

Tabla 9  
Costo de movilización y desmovilización de equipos y materiales del Pad Fase 3B

A- COSTO DE EQUIPO TRANSPORTADO					Transportado en			
Cantidad	Equipo	Peso unitario (kg)	Peso total (t)					
				Plataforma	Furgón	Cama baja estandar	Cama baja especial	
1.00	Estación total	29.00	0.02					
1.00	Martillo neumático de 29 kg	29.00	0.03					
1.00	Compresora neumática 250 - 330 pcm - 87 hp	2 000.00	2.00					
1.00	Grupo electrogéno de 350 kw.	1 500.00	1.50					
1.00	Mezcladora de concreto 11 p3 (23 hp)	2 200.00	2.20					
1.00	Vibrador de concreto 4 hp	10.00	0.01					
1.00	Cizalla eléctrica de fierro	250.00	0.25					
1.00	Tractor D8 (240 - 310 hp)	30 500.00	30.50				30.50	
1.00	Tractor D6 (140 -185 hp)	20 000.00	20.00				20.00	
3.00	Zaranda estática	13 200.00	39.60	39.60				
9.00	Cargador frontal 966 (200 - 275 hp)	25 000.00	225.00				225.00	
2.00	Motoniveladora 140 hp	13 540.00	27.08				27.08	
1.00	Plancha compactadora 7 hp	100.00	0.10		0.10			
1.00	Rodillo liso vibratorio autopropulsado 32.7 hp (2.6 t)	2 600.00	2.60				2.60	
1.00	Retroexcavadora sobre llantas de (80 - 80 hp)	9 000.00	9.00				9.00	
2.00	Rodillo liso vibratorio autopropulsado 101 -135 hp (10 - 12 t)	12 000.00	24.00				24.00	
1.00	Excavadora sobre orugas 240 - 260 hp tipo 330	36 000.00	36.00				36.00	
<b>Peso total a transportarse</b>				<b>419.89</b>	<b>39.60</b>	<b>6.11</b>	<b>307.68</b>	<b>66.50</b>
Capacidad de carga				28.00	7.00	30.00	36.00	
Cantidad de viajes requerida para movilización				2.00	1.00	11.00	2.00	
Cantidad de viajes requerida para desmovilización				2.00	1.00	11.00	2.00	
<b>Total viajes por equipo requerido</b>				<b>4.00</b>	<b>2.00</b>	<b>22.00</b>	<b>4.00</b>	
Precio unitario por viaje de Lima a Ángela (US\$)				4 686.00	1 865.00	6 054.00	8 450.00	
<b>Precio parcial (US\$)</b>				<b>18 744.00</b>	<b>3 730.00</b>	<b>133 188.00</b>	<b>33 800.00</b>	
<b>COSTO DE EQUIPOS TRANSPORTADOS (US\$)</b>				<b>189 462.00</b>				
B- COSTO DE EQUIPO AUTOTRANSPORTADO								
Velocidad promedio del viaje : 40.0 kph Distancia Promedio (Tacna - Ángela) : 52.00 km Número de horas de viaje : 1.30 h Rendimiento : 1 viaje x 8 h/día = 6.00 Viajes / día 1.30 h								
Ítem	Descripción	UM	Cantidad	Cantidad de viajes	Precio unitario por hora (US\$)	Precio unitario por viaje (US\$)	Precio parcial (US\$)	
01	Equipo autotransportado							
01.01	Camión volquete 15 m <sup>3</sup>	und	4.00	8.00	43.00	57.33	458.67	
01.02	Cisterna 4000 gal	und	2.00	4.00	51.00	68.00	272.00	
01.03	Camión de servicio de 4 t	und	1.00	2.00	42.47	56.63	113.25	
01.04	Seguros, viáticos, etc.	%eq			0.03	190 305.92	5 709.18	
<b>COSTO DE EQUIPOS AUTOTRANSPORTADOS (US\$)</b>							<b>6 553.10</b>	
C- FLETE DE MATERIALES POR PESO (Materiales en camión volquete de 15 m <sup>3</sup> )								
Ítem	Descripción	UM	Cantidad	Peso unitario (kg/UM)	Peso total (kg)			
01	Cemento	bis	1 263.11	42.50	53 681.96			
02	Acero corrugado, clavos y materiales en kg	kg	6 526.00	1.00	6 526.00			
03	Madera	p <sup>2</sup>	1 794.50	1.50	2 691.75			
04	Pintura, aditivos y otros	gal	53.70	4.00	214.80			
05	Yeso	bis	24.00	20.00	480.00			
06	Varios	kg	15 000.00	1.00	15 000.00			
Peso total (kg)					78 594.51			
Capacidad de carga de camión volquete de 15 m <sup>3</sup> (kg)					25 000.00			
Número de viajes					4.00			
Precio unitario por viaje de Tacna a Ángela (US\$)					57.33			
<b>Precio Parcial (US\$)</b>					<b>229.33</b>			
<b>COSTO DE FLETE POR PESO (US\$)</b>					<b>229.33</b>			
D- FLETE DE MATERIALES POR VOLUMEN (Agregados en camión volquete de 15m <sup>3</sup> )								
Ítem	Descripción	UM	Cantidad	Capacidad de m <sup>3</sup> por viaje	Nº de viajes			
01	Arena	m <sup>3</sup>	369.39	8.00	46.17			
Número total de viajes					47.00			
Precio unitario por viaje de Tacna a Ángela (US\$)					57.33			
<b>Precio parcial (US\$)</b>					<b>2 694.67</b>			
<b>COSTO DE FLETE POR VOLUMEN (US\$)</b>					<b>2 694.67</b>			
<b>COSTO TOTAL DE MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN</b>					<b>198 939.10</b>			

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

Tabla 10  
Costo de flete de materiales suministrados por mina del Pad Fase 3A

A.- FLETE POR PESO (En camión furgón)							
Ítem	Descripción	UM	Cantidad	Peso unitario (Kg/UM)	Nº de viajes		
01	Accesorios de HDPE	und	3 672.00	5.00	18 360.00		
Peso total (kg)					18 360.00		
Capacidad de carga de camión furgón (kg)					7 000.00		
Número de viajes					3.00		
Precio unitario por viaje de Lima a Ánquila (US\$)					1 865.00		
<b>Precio parcial (US\$)</b>					<b>5 595.00</b>		
<b>COSTO DE FLETE POR PESO (US\$)</b>					<b>5 595.00</b>		
B.- FLETE POR VOLUMEN (En plataforma de 28 t)							
Ítem	Descripción	UM	Cantidad	Cantidad UM por unidad transportada	Cantidad en unidades	Capacidad de unidades por viaje	Nº de viajes
01	Tuberías de HDPE de 100 mm	m	9 991.00	6.00	1 666.00	50.00	33.32
02	Tuberías de HDPE de 300 mm	m	5 717.00	6.00	953.00	40.00	23.83
03	Tuberías de HDPE de 450 mm	m	497.00	6.00	83.00	30.00	2.77
04	Tuberías de HDPE de 1500 mm	m	3.00	6.00	1.00	4.00	0.25
05	Geomembrana LLDPE SST de 2 mm	m <sup>2</sup>	246 803.70	1 085.00	228.00	20.00	11.40
06	Geotextil no tejido de 270 g/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	5 469.20	1 085.00	6.00	20.00	0.30
Número total de viajes					72.00		
Precio unitario por viaje de Lima a Ánquila (US\$)					4 686.00		
<b>Precio parcial (US\$)</b>					<b>337 392.00</b>		
<b>COSTO DE FLETE POR VOLUMEN (US\$)</b>					<b>337 392.00</b>		
<b>COSTO TOTAL DEL FLETE DE MATERIALES</b>					<b>342 987.00</b>		

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

Tabla 11  
Costo de flete de materiales suministrados por mina del Pad Fase 3B

A.- FLETE POR PESO (En camión furgón)							
Ítem	Descripción	UM	Cantidad	Peso unitario (Kg/UM)	Nº de viajes		
01	Accesorios de HDPE	und	950.00	5.00	4 750.00		
Peso total (kg)					4 750.00		
Capacidad de carga de camión furgón (kg)					7 000.00		
Número de viajes					1.00		
Precio unitario por viaje de Lima a Ánquila (US\$)					1 865.00		
<b>Precio parcial (US\$)</b>					<b>1 865.00</b>		
<b>COSTO DE FLETE POR PESO (US\$)</b>					<b>1 865.00</b>		
B.- FLETE POR VOLUMEN (En plataforma de 28 t)							
Ítem	Descripción	UM	Cantidad	Cantidad UM por unidad transportada	Cantidad en unidades	Capacidad de unidades por viaje	Nº de viajes
01	Tuberías de HDPE de 100 mm	m	3 176.00	6.00	530.00	50.00	10.60
02	Tuberías de HDPE de 300 mm	m	681.00	6.00	114.00	40.00	2.85
03	Tuberías de HDPE de 450 mm	m	122.00	6.00	21.00	30.00	0.70
04	Geomembrana LLDPE SST de 2 mm	m <sup>2</sup>	68 752.20	1 085.00	64.00	20.00	3.20
05	Geotextil no tejido de 270 g/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	211.75	1 085.00	1.00	20.00	0.05
Número total de viajes					18.00		
Precio unitario por viaje de Lima a Ánquila (US\$)					4 686.00		
<b>Precio parcial (US\$)</b>					<b>84 348.00</b>		
<b>COSTO DE FLETE POR VOLUMEN (US\$)</b>					<b>84 348.00</b>		
<b>COSTO TOTAL DEL FLETE DE MATERIALES</b>					<b>86 213.00</b>		

Fuente: Elaboración propia a partir del diseño desarrollado

# PLANOS

# ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA

## LISTA DE PLANOS

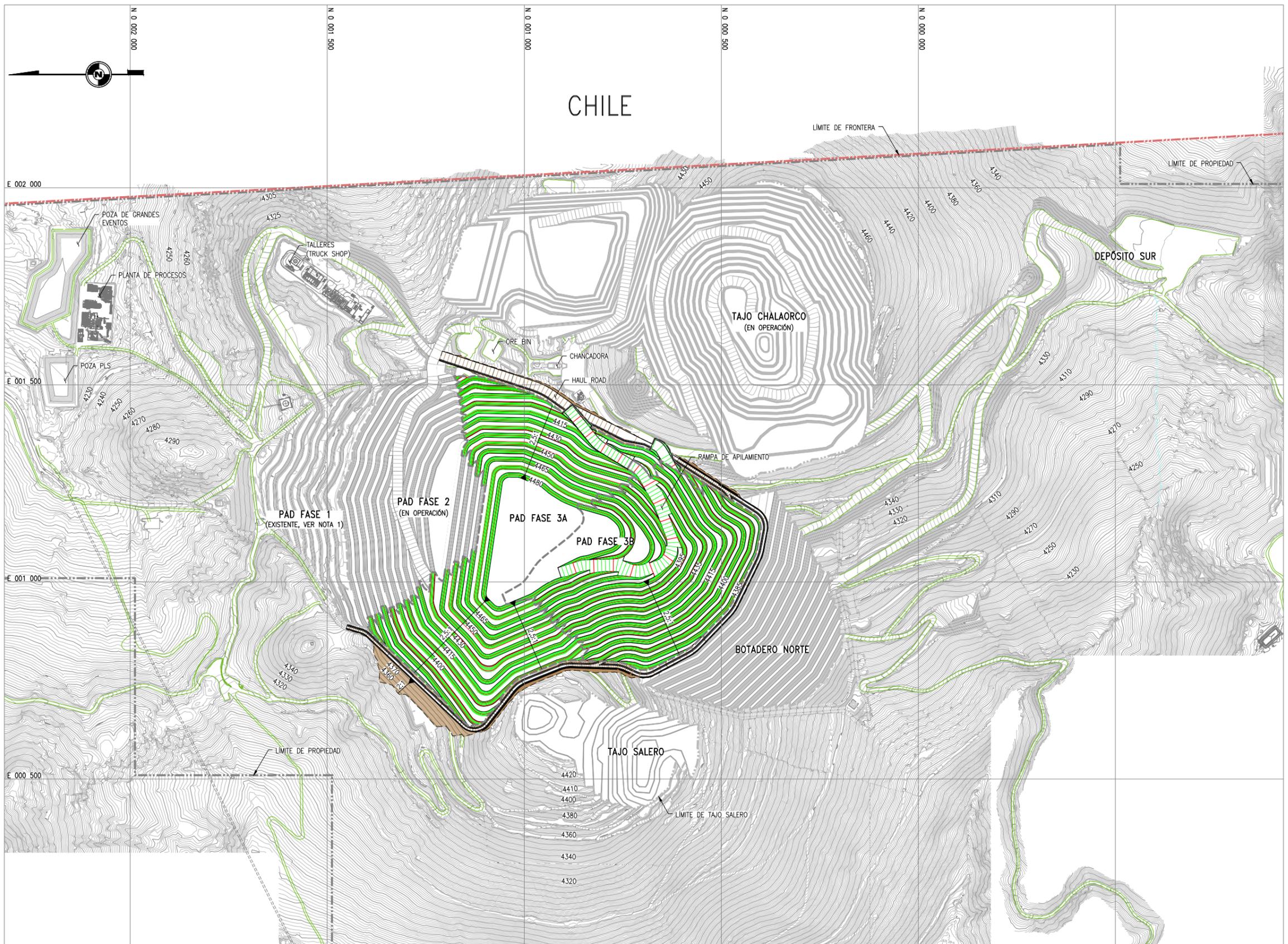
N° DE PLANO	TÍTULO DE PLANO
GENERALES	
100-00-001	LÁMINA DE TÍTULOS
100-00-002	ARREGLO GENERAL DE LAS INSTALACIONES
GEOTÉCNICOS	
100-21-001	INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS
100-21-010	MAPEO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO – PLANTA
100-21-011	MAPEO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO – SECCIONES – LÁMINA 1 DE 2
100-21-012	MAPEO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO – SECCIONES – LÁMINA 2 DE 2
100-21-020	INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA – PLANTA
100-21-021	INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA – DETALLES – LÁMINA 1 DE 2
100-21-022	INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA – DETALLES – LÁMINA 2 DE 2
PAD DE LIXIVIACIÓN FASES 3A Y 3B	
100-02-001	ARREGLO GENERAL – PLANTA
100-02-002	ARREGLO GENERAL – SECCIONES
100-02-003	CIMENTACIÓN
100-02-010	SISTEMA DE SUBDRENAJE – PLANTA
100-02-020	NIVELACIÓN – PLANTA
100-02-030	SISTEMA DE REVESTIMIENTO – PLANTA
100-02-040	SISTEMA DE COLECCIÓN DE SOLUCIÓN – PLANTA
100-02-050	SISTEMA DE SUBDRENAJE – DETALLES
100-02-051	NIVELACIÓN – SECCIONES Y DETALLES
100-02-052	SISTEMA DE REVESTIMIENTO – DETALLES
100-02-053	SISTEMA DE COLECCIÓN DE SOLUCIÓN – DETALLES
100-02-060	CAMINO PERIMETRAL FASE 3A – PLANTA Y PERFIL – LÁMINA 1 DE 2
100-02-061	CAMINO PERIMETRAL FASE 3A – PLANTA Y PERFIL – LÁMINA 2 DE 2
100-02-062	CAMINO PERIMETRAL FASE 3B – PLANTA Y PERFIL
100-02-063	CAMINO PERIMETRAL – SECCIONES TÍPICAS

## LISTA DE PLANOS

N° DE PLANO	TÍTULO DE PLANO
HIDRÁULICA	
100-10-001	MANEJO DE DRENAJE SUPERFICIAL – ARREGLO GENERAL
100-10-002	CANALES DE CORONACIÓN – DETALLES GENERALES
100-10-003	ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN – PLANTA Y SECCIONES
POZAS PLS Y GRANDES EVENTOS	
110-02-001	ARREGLO GENERAL – PLANTA
110-02-002	ARREGLO GENERAL – SECCIONES
110-02-003	DETALLES DE CRECIMIENTO – LÁMINA 1 DE 2
110-02-004	DETALLES DE CRECIMIENTO – LÁMINA 2 DE 2

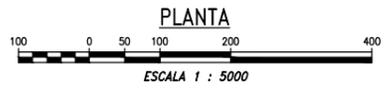


PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA	
N° PLANO: 100-00-001	CONTENIDO: GENERALES LÁMINA DE TÍTULOS

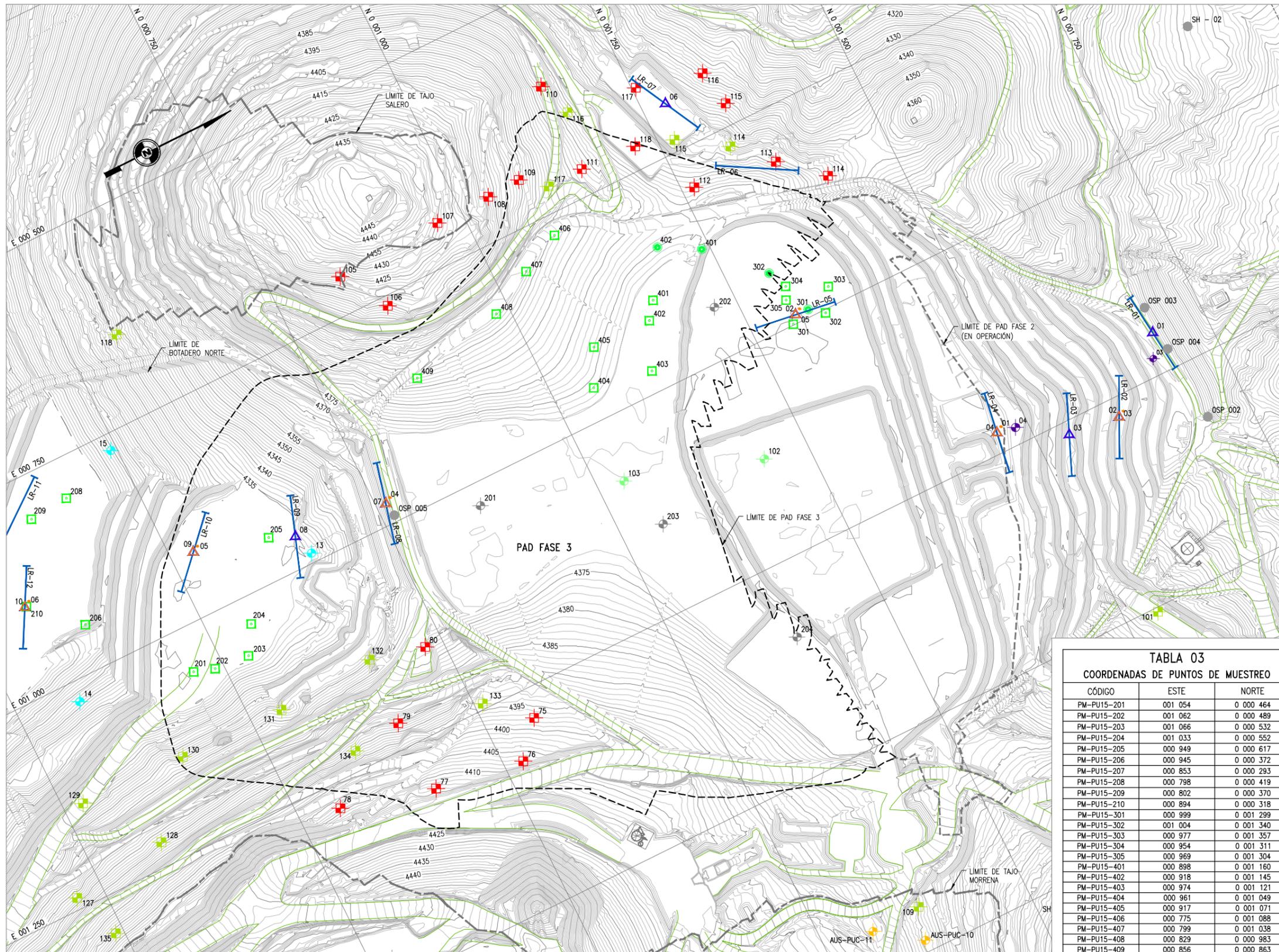


LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL PAD FASE 2, BOTADERO NORTE Y TAJOS
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE APILAMIENTO DEL PAD FASE 3A Y 3B
	LÍMITE DE CORTE Ó RELLENO
	LÍNEA DE DISEÑO
	CAMINO EXISTENTE
	LÍMITE DE APILAMIENTO
	LÍMITE DE TAJO
	LÍMITE DE APILAMIENTO PROYECTADO
	LÍMITE DE PROPIEDAD
	LÍMITE DE FRONTERA
	ESTRUCTURAS EXISTENTES

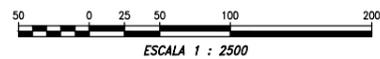
- NOTAS:
1. LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
  2. EL ÁREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVAS, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
  3. LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN LOS PLANOS IMPRESOS EN A1.



	PROYECTO:	<b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA</b>	
	N° PLANO:	100-00-002	CONTENIDO:



**PLANTA**



LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
	LÍMITE DE DISEÑO PAD FASE 3
	LÍMITE DE DISEÑO PAD FASE 2
	LÍMITE DE TAJO
	CAMINO EXISTENTE
	ESTRUCTURAS EXISTENTES
	CA-PU15-75 CALICATAS EJECUTADAS PAD FASE 3, CÓDIGO: CA-PU15-75 (ANDES, 2015)
	CA-PU14-114 CALICATAS EJECUTADAS, CÓDIGO: CA-PU14-114 (ANDES, 2014)
	AUS-PUC-06 PERFORACIONES, CÓDIGO: AUS-PUC-06 (AUSENCO, 2013)
	DH-PU11-201 PERFORACIONES CÓDIGO DH-PU11-201 (AUSENCO VECTOR, 2011)
	BH-PU06-03 PERFORACIONES CÓDIGO BH-PU06-03 (VECTOR, OCTUBRE 2006)
	RC-13 PERFORACIONES CÓDIGO RC-13 (VECTOR, JUNIO 2006)
	BH-102 PERFORACIONES CÓDIGO BH-102 (VECTOR, MAYO 2005)
	DN-PU15-301 ENSAYO DE DENSIDAD DE CONO DE ARENA, CÓDIGO: DN-PU15-301 (ANDES, 2015)
	PM-PU15-201 PUNTO DE MUESTREO, CÓDIGO: PM-PU15-201 (ANDES, 2015)
	OSP005 PIEZÓMETRO HIDRÁULICO (PH) (CLIENTE)
	MASW-PU15-01 ENSAYO MASW, CÓDIGO: MASW-PU15-01 (ANDES, 2015)
	MAM-PU15-01 ENSAYO MAM, CÓDIGO: MAM-PU15-01 (ANDES, 2015)
	LR-PU15-01 ENSAYO DE REFRACCIÓN SISMICA, CÓDIGO: LR-PU15-01 (ANDES, 2015)

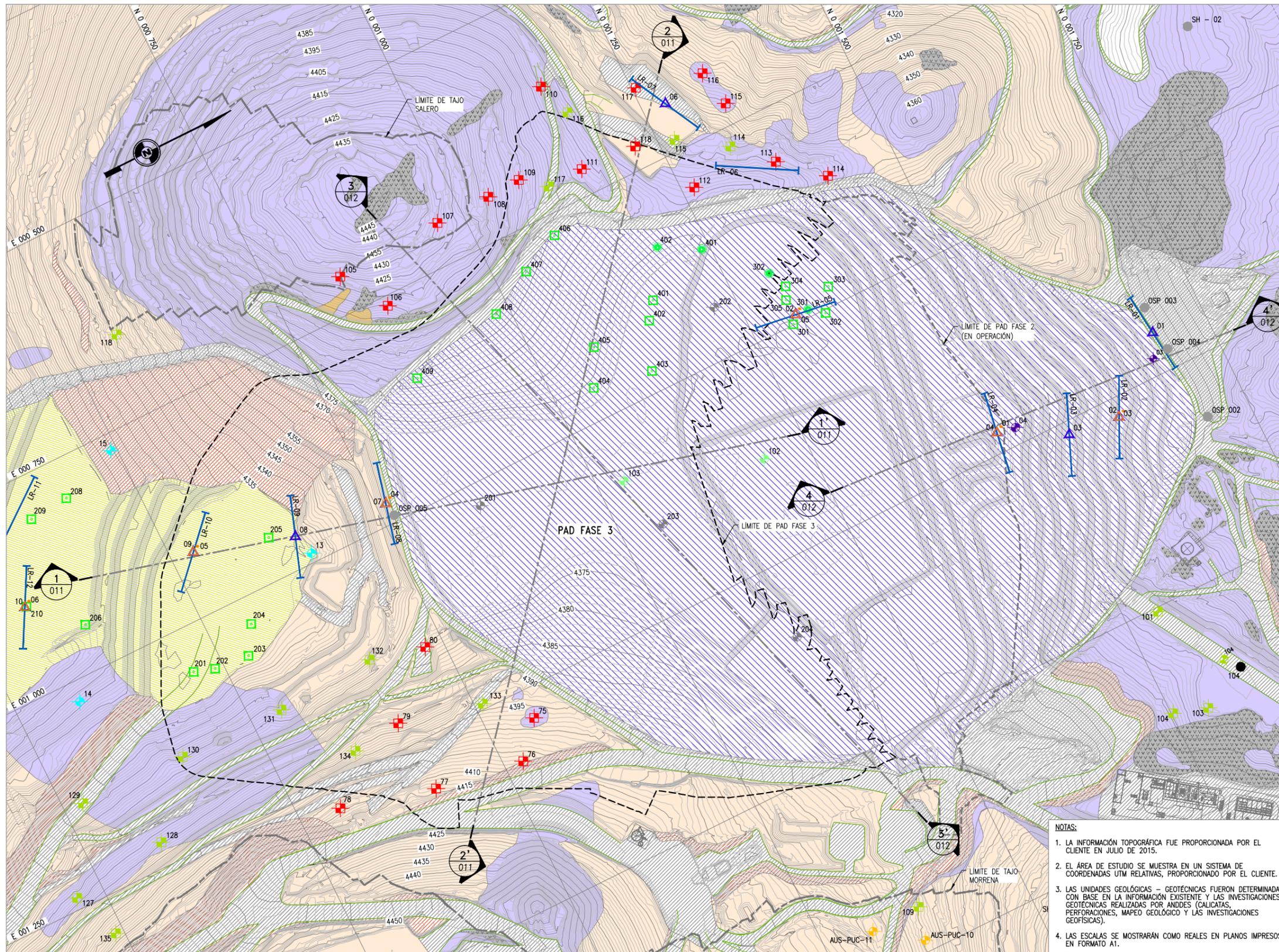
TABLA 01 COORDENADAS DE CALICATAS		
CÓDIGO	ESTE	NORTE
CA-PU15-75	001 286	0 000 808
CA-PU15-76	001 327	0 000 773
CA-PU15-77	001 310	0 000 664
CA-PU15-78	001 280	0 000 550
CA-PU15-79	001 219	0 000 658
CA-PU15-80	001 151	0 000 728
CA-PU15-105	000 705	0 000 834
CA-PU15-106	000 762	0 000 870
CA-PU15-107	000 699	0 000 968
CA-PU15-108	000 688	0 001 037
CA-PU15-109	000 696	0 001 079
CA-PU15-110	000 607	0 001 153
CA-PU15-111	000 718	0 001 153
CA-PU15-112	000 798	0 001 265
CA-PU15-113	000 814	0 001 367
CA-PU15-114	000 857	0 001 416
CA-PU15-115	000 724	0 001 344
CA-PU15-116	000 679	0 001 335
CA-PU15-117	000 659	0 001 255
CA-PU15-118	000 722	0 001 223

TABLA 03 COORDENADAS DE PUNTOS DE MUESTREO		
CÓDIGO	ESTE	NORTE
PM-PU15-201	001 054	0 000 464
PM-PU15-202	001 062	0 000 489
PM-PU15-203	001 066	0 000 532
PM-PU15-204	001 033	0 000 552
PM-PU15-205	000 949	0 000 617
PM-PU15-206	000 945	0 000 372
PM-PU15-207	000 853	0 000 293
PM-PU15-208	000 798	0 000 419
PM-PU15-209	000 802	0 000 370
PM-PU15-210	000 894	0 000 318
PM-PU15-301	000 999	0 001 299
PM-PU15-302	001 004	0 001 340
PM-PU15-303	000 977	0 001 357
PM-PU15-304	000 954	0 001 311
PM-PU15-305	000 969	0 001 304
PM-PU15-401	000 898	0 001 160
PM-PU15-402	000 918	0 001 145
PM-PU15-403	000 974	0 001 121
PM-PU15-404	000 961	0 001 049
PM-PU15-405	000 917	0 001 071
PM-PU15-406	000 775	0 001 088
PM-PU15-407	000 799	0 001 038
PM-PU15-408	000 829	0 000 983
PM-PU15-409	000 856	0 000 863

TABLA 02 COORDENADAS DE ENSAYO DE DENSIDADES DE CONO DE ARENA		
CÓDIGO	ESTE	NORTE
DN-PU15-301	000 991	0 001 323
DN-PU15-302	000 931	0 001 300
DN-PU15-401	000 869	0 001 240
DN-PU15-402	000 843	0 001 193

- NOTAS:**
- LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
  - EL ÁREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVA, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
  - LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.

	PROYECTO: <b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA</b>
	N° PLANO: <b>100-21-001</b>
CONTENIDO: <b>GEOTÉCNICOS INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS</b>	



PLANTA



LEYENDA

	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
	LÍMITE DE DISEÑO PAD FASE 3
	LÍMITE DE DISEÑO PAD FASE 2
	LÍMITE DE TAJO
	CAMINO EXISTENTE
	LÍNEA SECCIÓN (PLANTA)
	ESTRUCTURAS EXISTENTES
	CA-PU15-75 CALICATAS EJECUTADAS PAD FASE 3, CÓDIGO: CA-PU15-75 (ANDES, 2015)
	CA-PU14-114 CALICATAS EJECUTADAS, CÓDIGO: CA-PU14-114 (ANDES, 2014)
	DH-PU11-201 PERFORACIONES CÓDIGO DH-PU11-201 (AUSENCO VECTOR, 2011)
	BH-PU06-03 PERFORACIONES CÓDIGO BH-PU06-03 (VECTOR, OCTUBRE 2006)
	RC-13 PERFORACIONES CÓDIGO RC-13 (VECTOR, JUNIO 2006)
	BH-102 PERFORACIONES CÓDIGO BH-102 (VECTOR, MAYO 2005)
	DN-PU15-301 ENSAYO DE DENSIDAD DE CONO DE ARENA, CÓDIGO: DN-PU15-301 (ANDES, 2015)
	PM-PU15-201 PUNTO DE MUESTREO, CÓDIGO: PM-PU15-201 (ANDES, 2015)
	PH-101 PIEZÓMETRO HIDRÁULICO (PH) (ANDES, 2014)
	OSP005 PIEZÓMETRO HIDRÁULICO (PH) (MINSUR)
	MASW-PU15-01 ENSAYO MASW, CÓDIGO: MASW-PU15-01 (ANDES, 2015)
	MAM-PU15-01 ENSAYO MAM, CÓDIGO: MAM-PU15-01 (ANDES, 2015)
	LR-PU15-01 ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA, CÓDIGO: LR-PU15-01 (ANDES, 2015)
	RELLENO CONTROLADO
	RELLENO NO CONTROLADO
	DESMONTE DE MINA
	MINERAL LIXIVADO

UNIDADES GEOLÓGICAS - GEOTÉCNICAS:

	UNIDAD GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA I (DEPÓSITO MORRÉNICO): SUELO CONFORMADO POR GRAVA LIMOSA CON ARENA (GM), GRAVA ARCILLOSA CON ARENA (GC), ARCILLA CON GRAVA Y ARENA (CL) Y LIMO CON ARENA (ML), PLASTICIDAD BAJA A MEDIA, DE COMPACTAD SUELTA A MEDIANAMENTE DENSA EN SUELOS GRANULARES Y DE CONSISTENCIA FIRME A RÍGIDA EN SUELOS FINOS, LIGERAMENTE HÚMEDA A HÚMEDA, COLOR PARDO A PARDOS AMARILLENTO, ESTRUCTURA HOMOGÉNEA, PRESENCIA DE BOLONERÍA DE TAMAÑO MÁXIMO DE 5 A 7" Y BLOQUES DE TAMAÑO MÁXIMO DE 25".
	UNIDAD GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA II (SUELO RESIDUAL): SUELO CONFORMADO POR GRAVA LIMOSA CON ARENA (GM), GRAVA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA (GP-GC), GRAVA LIMOSA (GM), ARENA LIMOSA CON ARENA (SM) Y LIMO GRAVOSO CON ARENA (ML), PLASTICIDAD NULA A MEDIA, DE COMPACTAD SUELTA A DENSA EN SUELOS GRANULARES Y DE CONSISTENCIA BLANDO A RÍGIDO EN SUELOS FINOS, SECO A LIGERAMENTE HÚMEDO, COLOR PARDO A GRIS CLARO, ESTRUCTURA HOMOGÉNEA Y ESTRATIFICADA, PRESENCIA DE BOLONERÍA DE TAMAÑO MÁXIMO DE 5" Y BLOQUES DE TAMAÑO MÁXIMO DE 20".
	UNIDAD GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA III (BASAMENTO ROCOSO): <b>(ROCA VOLCÁNICA):</b> DE RESISTENCIA MEDIA, LIGERAMENTE A MODERADAMENTE ALTERADA, MUY FRACTURADA, LIGERAMENTE HÚMEDA, RQD: 20-50%, RMR: 27-55, CALIDAD DE ROCA DE MALA A REGULAR

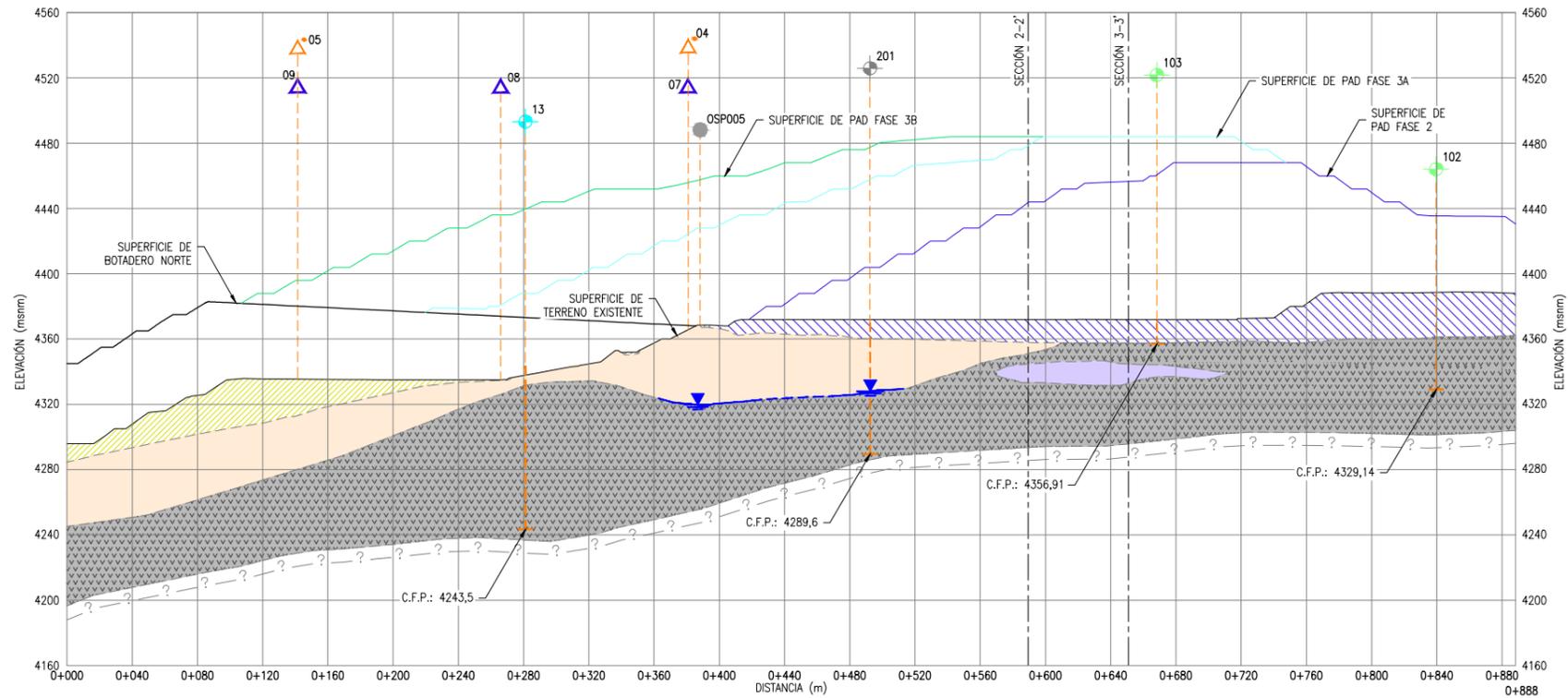
NOTAS:

1. LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
2. EL ÁREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVAS, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
3. LAS UNIDADES GEOLÓGICAS - GEOTÉCNICAS FUERON DETERMINADAS CON BASE EN LA INFORMACIÓN EXISTENTE Y LAS INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS REALIZADAS POR ANDES (CALICATAS, PERFORACIONES, MAPEO GEOLÓGICO Y LAS INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS).
4. LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.

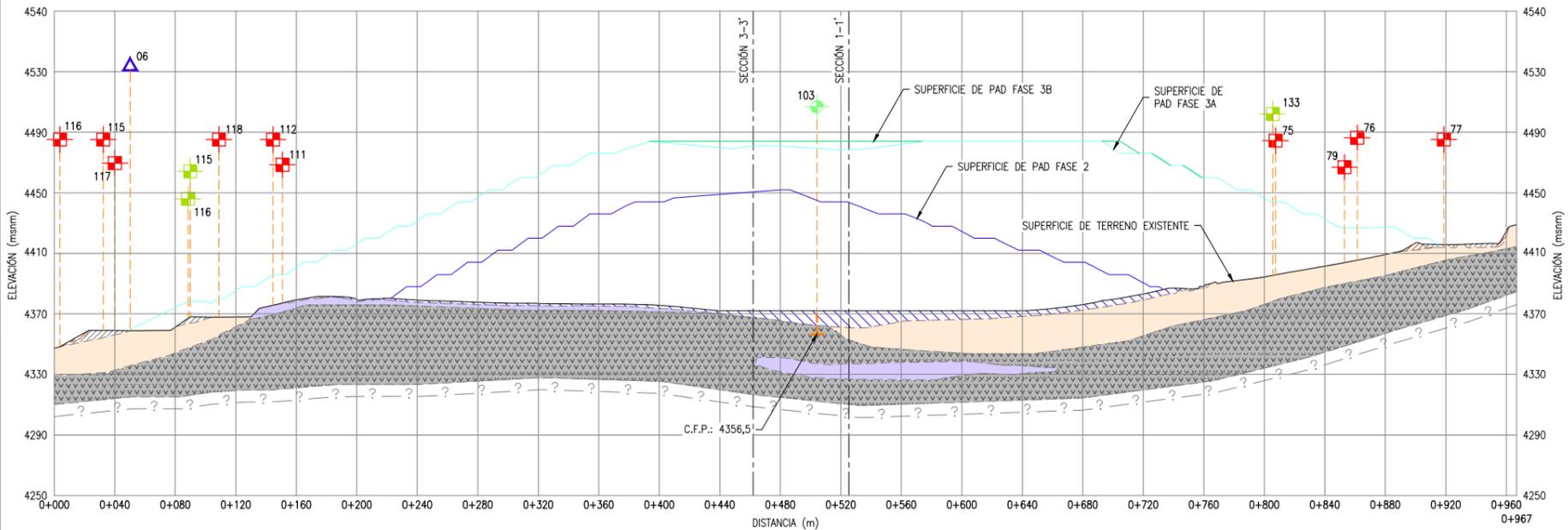


PROYECTO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA	
N° PLANO:	100-21-010	CONTENIDO:
		GEOTÉCNICOS MAPEO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO - PLANTA

PAD FASE 3



1 SECCIÓN  
010 ESCALA: 1/2000



2 SECCIÓN  
010 ESCALA: 1/2000

LEYENDA	
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	CONTACTO LITOLÓGICO
	LÍNEA DE PRESUNCIÓN
	LÍNEA SECCIÓN (CORTE)
	SUPERFICIE DE BOTADERO NORTE
	SUPERFICIE DE PAD FASE 2
	SUPERFICIE DE PAD FASE 3A
	SUPERFICIE DE PAD FASE 3B
	NIVEL DE AGUA
	NIVEL DE AGUA INFERIDO
	CA-PU15-75 CALICATAS EJECUTADAS PAD FASE 3, CÓDIGO: CA-PU15-75 (ANDES, 2015)
	CA-PU14-114 CALICATAS EJECUTADAS, CÓDIGO: CA-PU14-114 (ANDES, 2014)
	DH-PU11-201 PERFORACIONES CÓDIGO DH-PU11-201 (AUSENCO VECTOR, 2011)
	RC-13 PERFORACIONES CÓDIGO RC-13 (VECTOR, JUNIO 2006)
	BH-102 PERFORACIONES CÓDIGO BH-102 (VECTOR, MAYO 2005)
	OSPO05 PIEZÓMETRO HIDRÁULICO (PH) (MINSUR)
	MASW-PU15-01 ENSAYO MASW, CÓDIGO: MASW-PU15-01 (ANDES, 2015)
	MAM-PU15-01 ENSAYO MAM, CÓDIGO: MAM-PU15-01 (ANDES, 2015)
	RELLENO CONTROLADO
	RELLENO NO CONTROLADO
	DESMONTE DE MINA
	MINERAL LIXIVIADO

**UNIDADES GEOLÓGICAS - GEOTÉCNICAS:**

**UNIDAD GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA I (DEPÓSITO MORRÉNICO):**  
 SUELO CONFORMADO POR GRAVA LIMOSA CON ARENA (GM), GRAVA ARCILLOSA CON ARENA (GC), ARCILLA CON GRAVA Y ARENA (CL) Y LIMO CON ARENA (ML), PLASTICIDAD BAJA A MEDIA, DE COMPACTIDAD SUELTA A MEDIANAMENTE DENSA EN SUELOS GRANULARES Y DE CONSISTENCIA FIRME A RÍGIDA EN SUELOS FINOS, LIGERAMENTE HÚMEDA A HÚMEDA, COLOR PARDO A PARDO AMARILLENTO, ESTRUCTURA HOMOGÉNEA, PRESENCIA DE BOLONERÍA DE TAMAÑO MÁXIMO DE 5 A 7" Y BLOQUES DE TAMAÑO MÁXIMO DE 25".

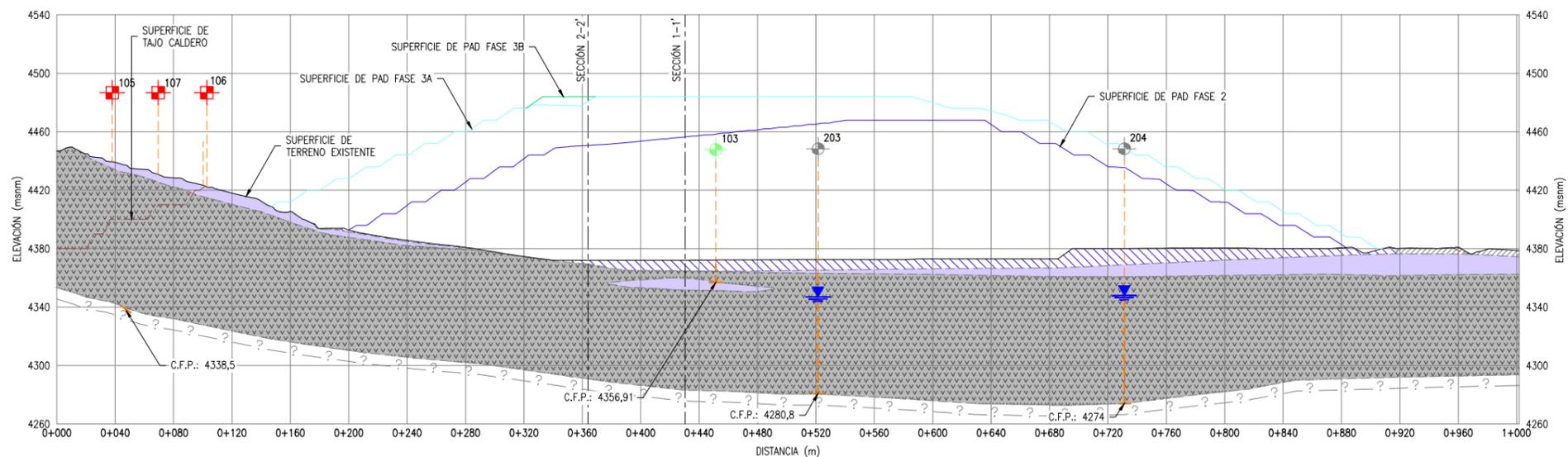
**UNIDAD GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA II (SUELO RESIDUAL):**  
 SUELO CONFORMADO POR GRAVA LIMOSA CON ARENA (GM), GRAVA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA (GP-GC), GRAVA LIMOSA (GM), ARENA LIMOSA CON ARENA (SM) Y LIMO GRAVOSO CON ARENA (ML), PLASTICIDAD NULA A MEDIA, DE COMPACTIDAD SUELTA A DENSA EN SUELOS GRANULARES Y DE CONSISTENCIA BLANDO A RÍGIDO EN SUELOS FINOS, SECO A LIGERAMENTE HÚMEDO, COLOR PARDO A GRIS CLARO, ESTRUCTURA HOMOGÉNEA Y ESTRATIFICADA, PRESENCIA DE BOLONERÍA DE TAMAÑO MÁXIMO DE 5" Y BLOQUES DE TAMAÑO MÁXIMO DE 20".

**UNIDAD GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA III (BASAMENTO ROCOSO):**  
**(ROCA VOLCÁNICA):**  
 DE RESISTENCIA MEDIA, LIGERAMENTE A MODERADAMENTE ALTERADA, MUY FRACTURADA, LIGERAMENTE HÚMEDA, RQD: 20-50%, RMR: 27-55, CALIDAD DE ROCA DE MALA A REGULAR.

- NOTAS:**
- LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
  - EL ÁREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVAS, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
  - LAS UNIDADES GEOLÓGICAS - GEOTÉCNICAS FUERON DETERMINADAS CON BASE EN LA INFORMACIÓN EXISTENTE Y LAS INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS REALIZADAS POR ANDES (CALICATAS, PERFORACIONES, MAPEO GEOLÓGICO Y LAS INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS).
  - LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.

	PROYECTO: <b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA</b>
	N° PLANO: <b>100-21-011</b>
CONTENIDO: GEOTÉCNICOS MAPEO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO - SECCIONES - LÁMINA 1 DE 2	

PAD FASE 3



3 SECCIÓN  
010 ESCALA: 1/2000

LEYENDA	
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	CONTACTO LITOLÓGICO
	LÍNEA DE PRESUNCIÓN
	LÍNEA SECCIÓN (CORTE)
	NIVEL DE AGUA
	NIVEL DE AGUA INFERIDO
	SUPERFICIE DE PAD FASE 2
	SUPERFICIE DE PAD FASE 3A
	SUPERFICIE DE PAD FASE 3B
	SUPERFICIE DE TAJO SALERO
	CA-PU15-75 CALICATAS EJECUTADAS PAD FASE 3, CÓDIGO: CA-PU15-75 (ANDES, 2015)
	DH-PU11-201 PERFORACIONES CÓDIGO DH-PU11-201 (AUSENCO VECTOR, 2011)
	BH-PU06-03 PERFORACIONES CÓDIGO BH-PU06-03 (VECTOR, OCTUBRE 2006)
	BH-102 PERFORACIONES CÓDIGO BH-102 (VECTOR, MAYO 2005)
	OSP005 PIEZÓMETRO HIDRÁULICO (PH) (MINSUR)
	MASW-PU15-01 ENSAYO MASW, CÓDIGO: MASW-PU15-01 (ANDES, 2015)
	MAM-PU15-01 ENSAYO MAM, CÓDIGO: MAM-PU15-01 (ANDES, 2015)
	RELLENO CONTROLADO
	RELLENO NO CONTROLADO
	MINERAL LIXIVADO

UNIDADES GEOLÓGICAS - GEOTÉCNICAS:

UNIDAD GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA II (SUELO RESIDUAL):

SUELO CONFORMADO POR GRAVA LIMOSA CON ARENA (GM), GRAVA POBREMENTE GRADADA CON ARCILLA (GP-GC), GRAVA LIMOSA (GM), ARENA LIMOSA CON ARENA (SM) Y LIMO GRAVOSO CON ARENA (ML), PLASTICIDAD NULA A MEDIA, DE COMPACTAD SUelta A Densa EN SUELOS GRANULARES Y DE CONSISTENCIA BLANDO A RÍGIDO EN SUELOS FINOS, SECO A LIGERAMENTE HÚMEDO, COLOR PARDO A GRIS CLARO, ESTRUCTURA HOMOGÉNEA Y ESTRATIFICADA, PRESENCIA DE BOLONERÍA DE TAMAÑO MÁXIMO DE 5" Y BLOQUES DE TAMAÑO MÁXIMO DE 20".

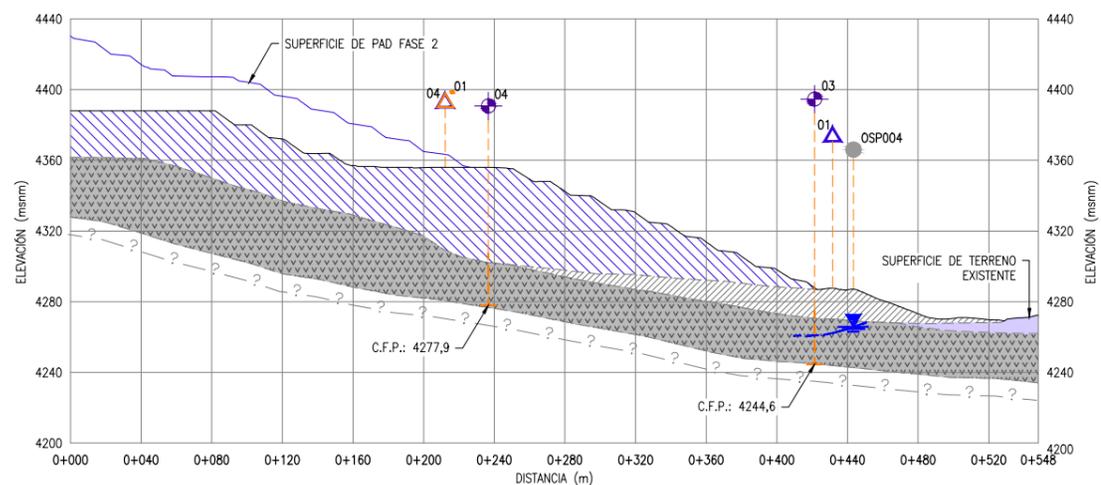
UNIDAD GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA III (BASAMENTO ROCOSO):

(ROCA VOLCÁNICA):

DE RESISTENCIA MEDIA, LIGERAMENTE A MODERADAMENTE ALTERADA, MUY FRACTURADA, LIGERAMENTE HÚMEDA, RQD: 20-50%, RMR: 27-55, CALIDAD DE ROCA DE MALA A REGULAR

NOTAS:

- LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
- EL ÁREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVAS, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
- LAS UNIDADES GEOLÓGICAS - GEOTÉCNICAS FUERON DETERMINADAS CON BASE EN LA INFORMACIÓN EXISTENTE Y LAS INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS REALIZADAS POR ANDES (CALICATAS, PERFORACIONES, MAPEO GEOLÓGICO Y LAS INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS).
- LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.

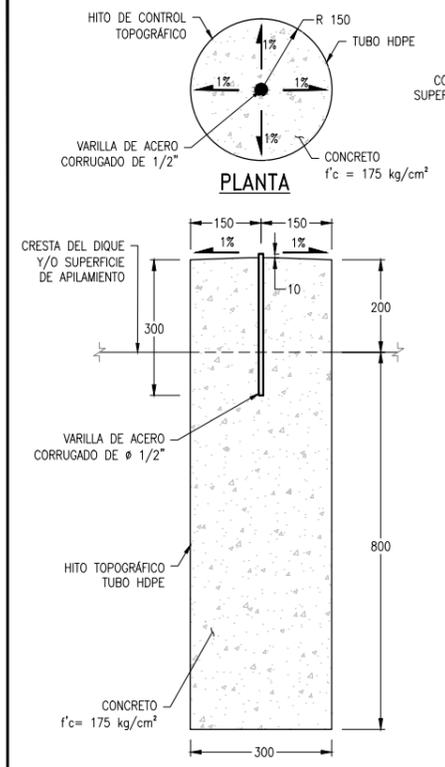


4 SECCIÓN  
010 ESCALA: 1/2000

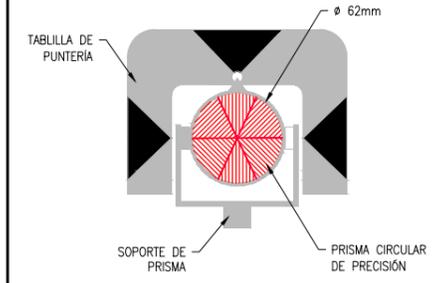


PROYECTO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA	
N° PLANO:	100-21-012	CONTENIDO: GEOTÉCNICOS MAPEO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO - SECCIONES - LÁMINA 2 DE 2

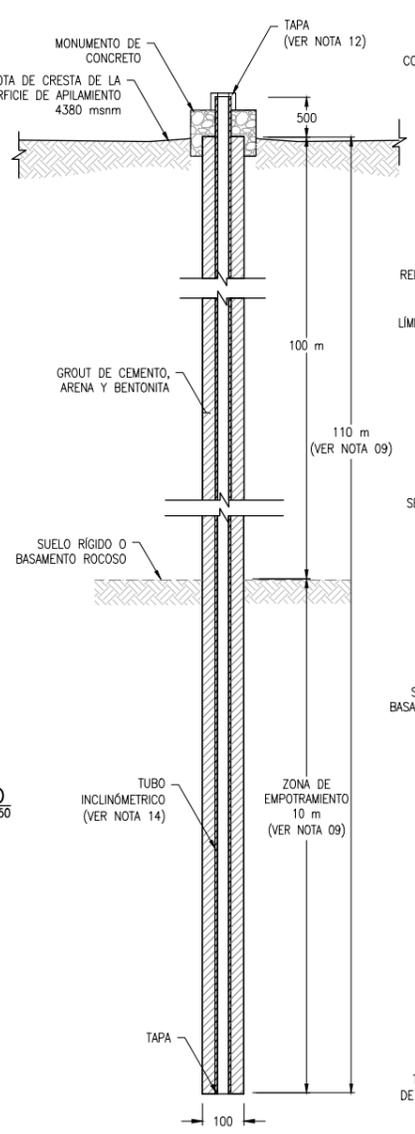




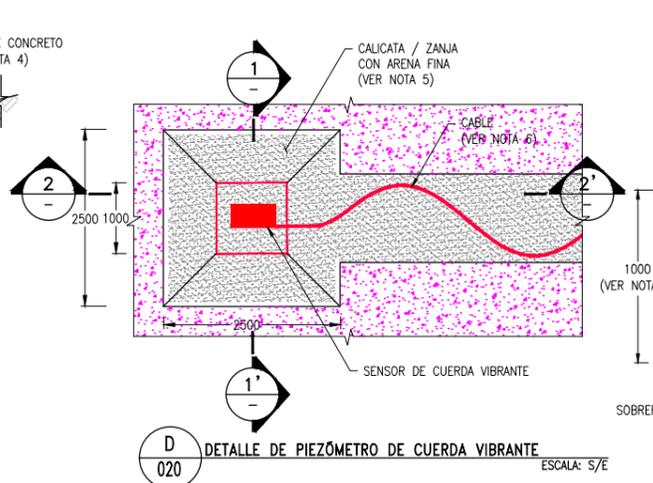
**A** DETALLE DE HITO TOPOGRÁFICO  
ESCALA: 1/50



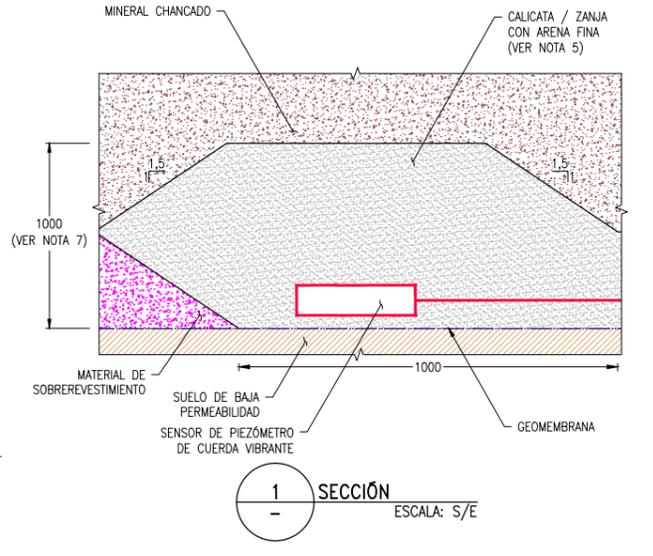
**B** DETALLE DE INCLINÓMETRO  
ESCALA: S/E



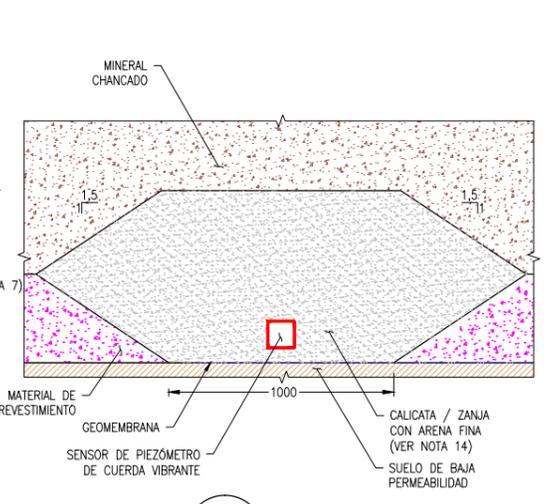
**C** DETALLE DE INCLINÓMETRO/PIEZÓMETRO HIDRÁULICO  
ESCALA: S/E



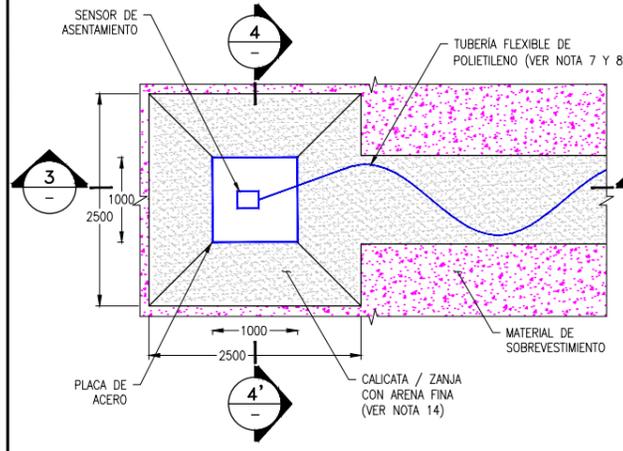
**D** DETALLE DE PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE  
ESCALA: S/E



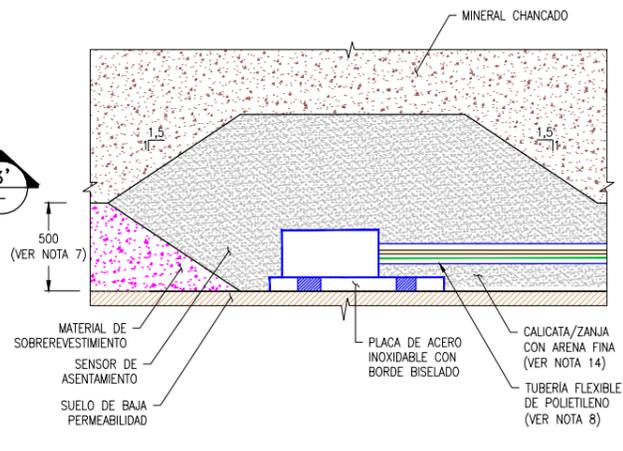
**1** SECCIÓN  
ESCALA: S/E



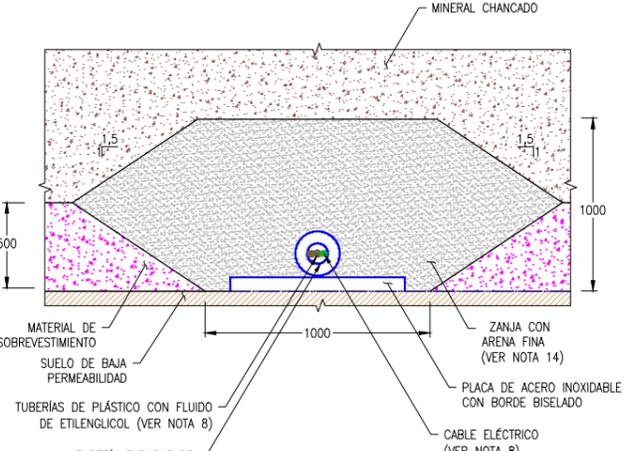
**2** SECCIÓN  
ESCALA: S/E



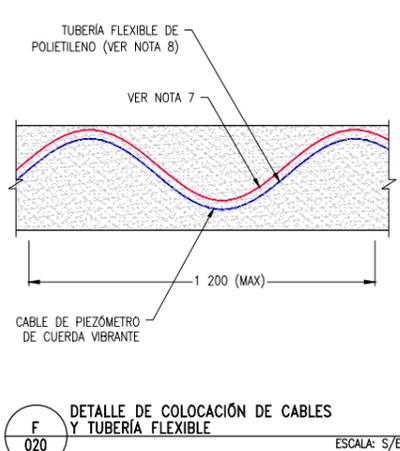
**E** PLANTA DE SENSOR DE ASENTAMIENTO DE CUERDA VIBRANTE  
ESCALA: S/E



**3** SECCIÓN  
ESCALA: S/E



**4** SECCIÓN  
ESCALA: S/E



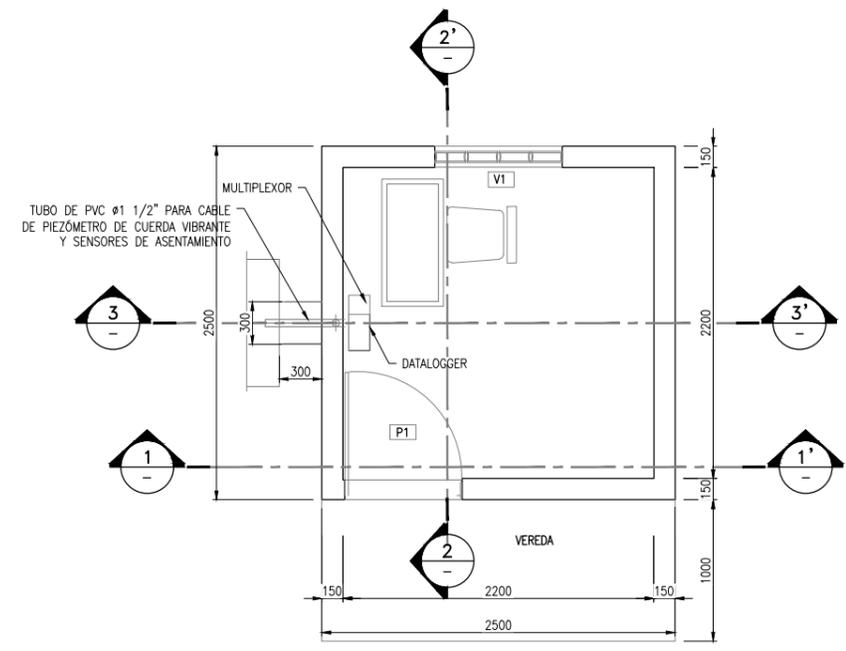
**F** DETALLE DE COLOCACIÓN DE CABLES Y TUBERÍA FLEXIBLE  
ESCALA: S/E

LEYENDA	
	CABLE DE SENSOR DE ASENTAMIENTO DE CUERDA VIBRANTE
	CABLE DE PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE
	GROUT DE CEMENTO Y BENTONITA
	SELLO DE BENTONITA GRANULADA
	ARENA SILICA
	ARENA FINA
	SUELO
	MINERAL
	SOBREREVESTIMIENTO

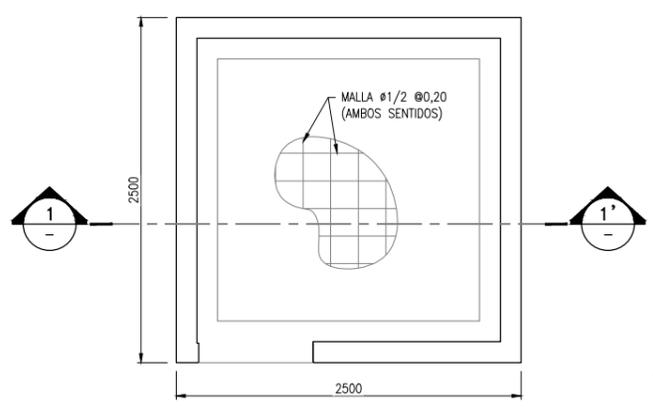
- NOTAS:**
- LA INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA INSTALADA DEBERÁ CONTAR CON UN PLAN DE MONITOREO PERIÓDICO A SER EFECTUADO POR PERSONAL CON EXPERIENCIA DESIGNADO POR MINSUR.
  - LA INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA DEBERÁ CONTAR CON UN LETRERO DE UBICACIÓN E IDENTIFICACIÓN.
  - EL GROUT DE CEMENTO Y BENTONITA DEBERÁ TOMAR LA SIGUIENTE DOSIFICACIÓN.  
BENTONITA = 1 kg  
CEMENTO = 25 kg  
AGUA = 17.5 lt
  - LAS DIMENSIONES DEL DADO DE CONCRETO SERÁN 500 mm CADA LADO.
  - TODOS LOS INSTRUMENTOS DE CUERDA VIBRANTE (PIEZÓMETROS DE CUERDA VIBRANTE Y SENSORES DE ASENTAMIENTO) DEBERÁN SER INSTALADOS SOBRE LA GEOMEMBRANA Y SER PROTEGIDOS CON ARENA FINA HASTA 1.0 m DE ESPESOR. LOS CABLES DE LOS EQUIPOS DE CUERDA VIBRANTE SERÁN INSTALADOS EN UNA ZANJA DE 0,5 m DE PROFUNDIDAD Y SERÁN PROTEGIDOS CON ARENA FINA.
  - EL CABLE DE TODOS LOS INSTRUMENTOS DE CUERDA VIBRANTE (PIEZÓMETROS DE CUERDA VIBRANTE Y SENSORES DE ASENTAMIENTO) DEBERÁN SER COLOCADOS DENTRO DE UNA ZANJA Y ACOMODARSE CON UNA TRAYECTORIA SINUSOIDAL.
  - LA PROTECCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE CUERDA VIBRANTE, TUBERÍAS FLEXIBLES Y EL TENDIDO DE LOS CABLES, DEBERÁ SER REALIZADA CON ARENA FINA.
  - EL TUBO FLEXIBLE DE POLIETILENO INCLUYE CABLE ELÉCTRICO DE CUERDA VIBRANTE CON TERMINALES PARA SU RESPECTIVA LECTURA Y 2 TUBERÍAS DE PLÁSTICO CON FLUIDO DE ETILENGLICOL.
  - EL INCLINÓMETRO DEBERÁ SER FIJADO EN ROCA CON UN ROD PROMEDIO PONDERADO > 50 % SOBRE UN TRAMO DE POR LO MENOS DE 5 m O 10 m EN ROCA CON UN 25 % < RQD < 50 %. SI EL RQD ES < 25 % CONSULTAR CON UN GEOTÉCNICO, TENTATIVAMENTE CONSIDERAR UNA PROFUNDIDAD DE 10 m.
  - NO SE PUEDE COMPACTAR CON RODILLOS SOBRE LOS INSTRUMENTOS Y/O CABLES, USAR UNA PLANCHA COMPACTADORA (MÁX. 500 kg) O UN LISTÓN DE MADERA.
  - LOS PROGRAMAS DE MONITOREO DE LOS INSTRUMENTOS RECOMENDADOS DEBERÁN EFECTUARSE CADA 15 DÍAS DURANTE LOS TRES PRIMEROS MESES DE OPERACIÓN, LUEGO SE DEBERÁ REALIZAR MENSUALMENTE, DEPENDIENDO DE LA TENDENCIA EN LOS RESULTADOS.
  - LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS DE SU COLOCACIÓN DEBERÁ SER DE 175 kg/cm².
  - LA TAPA PARA PROTEGER EL INCLINÓMETRO DEBERÁ SER DE ACERO Y DEBERÁ IR ROSCADA.
  - LA ZONA DE RANURADO DEBERÁ SER REALIZADO POR EL PROVEEDOR DEL INCLINÓMETRO UTILIZANDO HERRAMIENTAS MECÁNICAS QUE GARANTICEN EN NORMAL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS.
  - LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.
  - LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN LOS PLANOS IMPRESOS EN A1.

LEYENDA	
	CONCRETO $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
	SOLADO
	TERRENO EXISTENTE

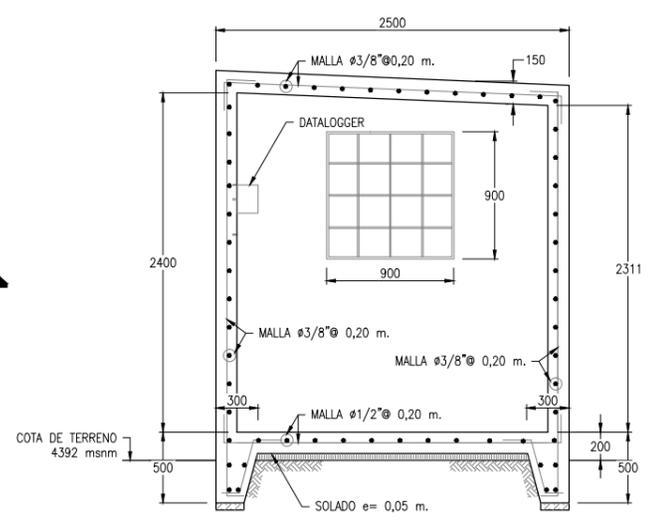
- NOTAS:
1. LAS UNIDADES EN LOS PLANOS ESTÁN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL.
  2. LA COTA DE TERRENO DEBERÁ CORRESPONDER AL NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN PREVIAMENTE APROBADA POR EL INGENIERO DE REGISTRO, DE MANERA TENTATIVA CONSIDERAR LA COTA PROPUESTA EN LA TABLA 01.
  3. DATALOGGER CON CAPACIDAD DE CONEXIÓN DE 25 INSTRUMENTOS.
  4. SUMINISTRO ELÉCTRICO DE 220 V.
  5. LAS DIMENSIONES MOSTRADAS SE ENCUENTRAN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.
  6. LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



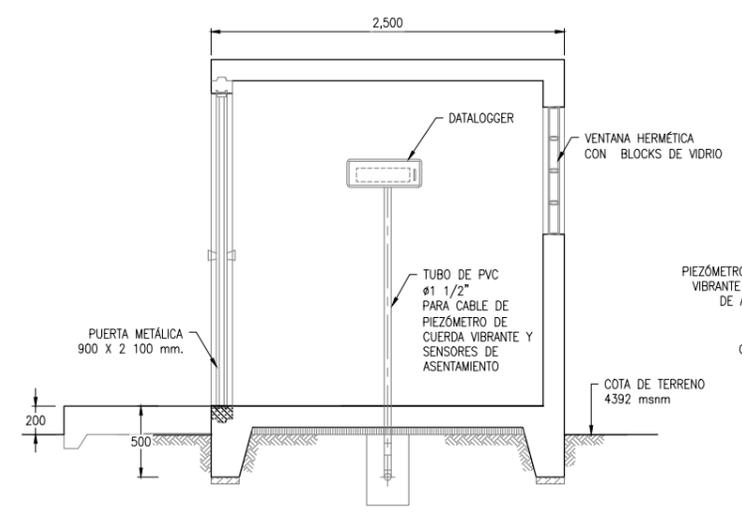
6 PLANTA CASETA DE INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA  
020 ESCALA: 1/25



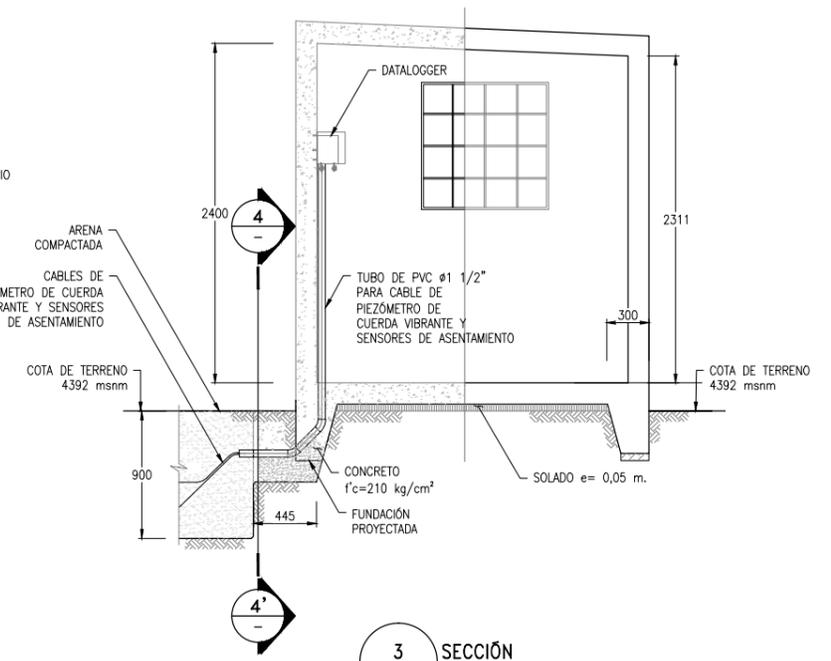
PLANTA DE REFUERZO EN PISO  
SCALE 1 : 25



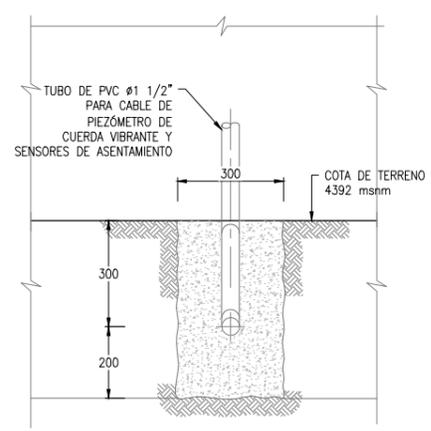
1 SECCIÓN  
ESCALA: 1/25



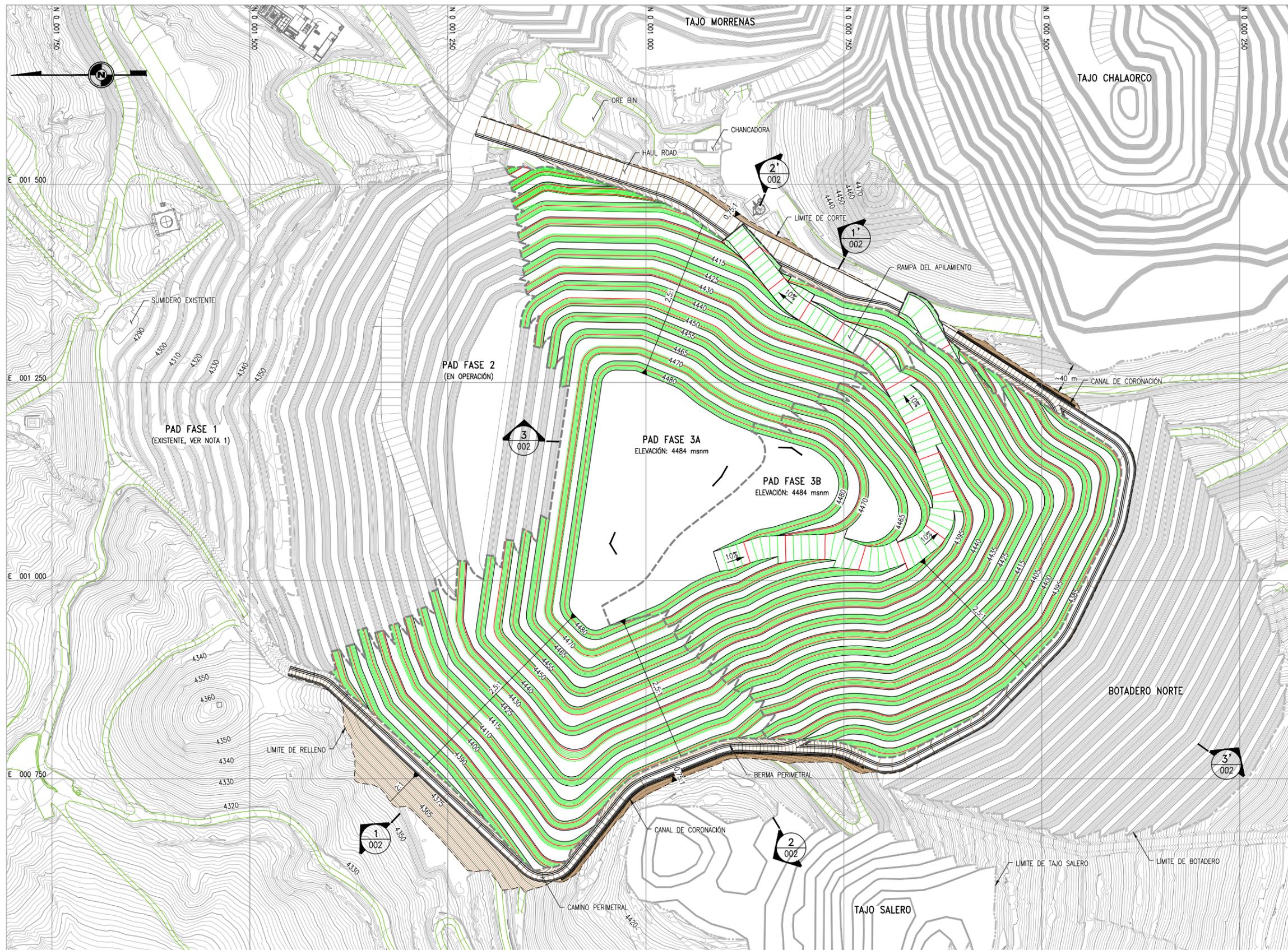
2 SECCIÓN  
ESCALA: 1/25



3 SECCIÓN  
ESCALA: 1/25



4 SECCIÓN  
ESCALA: 1/10



**LEYENDA**

	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL BOTADERO NORTE, TAJOS Y PAD FASE 2
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE APILAMIENTO DEL PAD FASES 3A Y 3B
	LIMITE DE CORTE Ó RELLENO
	LINEA DE DISEÑO
	CAMINO EXISTENTE
	LIMITE DE TAJO
	LIMITE DE APILAMIENTO EXISTENTE
	LIMITE DE BOTADERO PROYECTADO
	LIMITE DE APILAMIENTO FASE 3A Y 3B
	ESTRUCTURAS EXISTENTES

**TABLA 01**  
**CAPACIDAD DE LOS PAD**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
PAD FASE 3A	20,35 Mt
PAD FASE 3B	7,10 Mt
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>	<b>27,45 Mt</b>

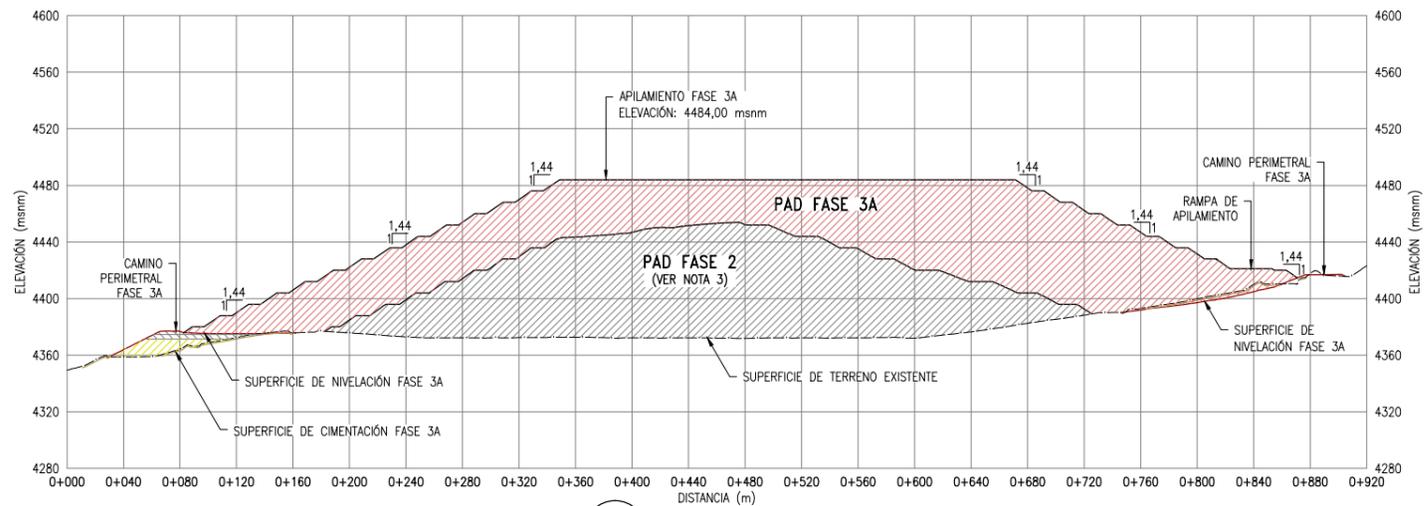
**TABLA 02**  
**CARACTERÍSTICAS DE LOS PAD**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
DENSIDAD DEL MINERAL CHANCADO	1,58 t/m <sup>3</sup>
TALUD GLOBAL	2,50 (H:1V)
TALUD LOCAL	1,44 (H:1V)
ALTURA TÍPICA DE BANCO	8,00 m
ANCHO DE BANQUETAS	8,48 m

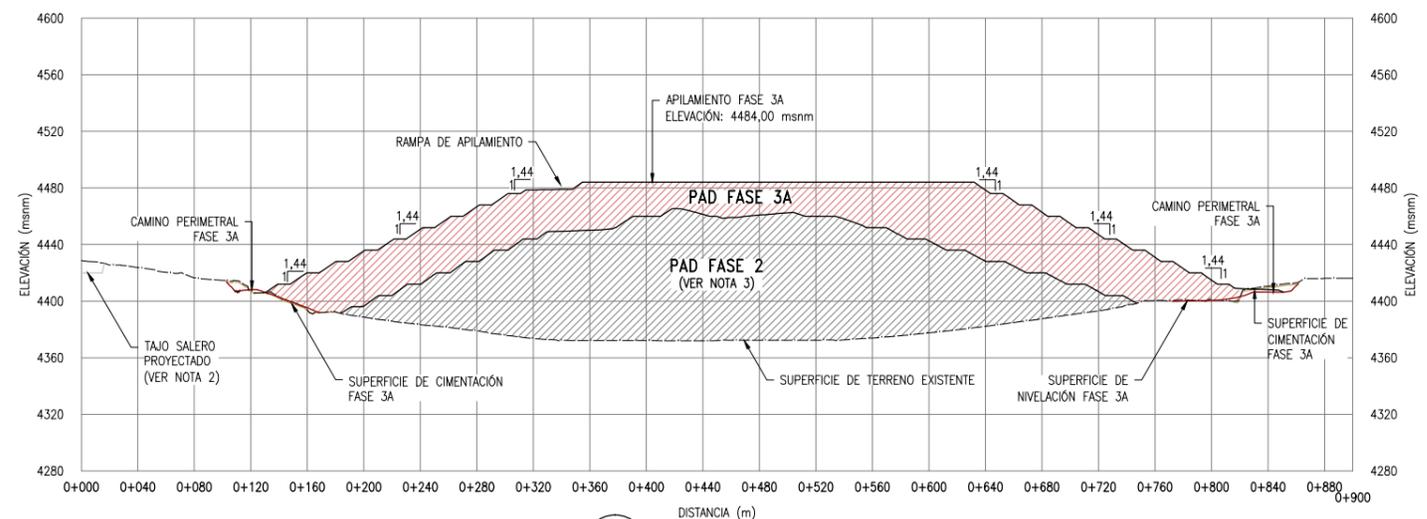
- NOTAS:**
- LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
  - EL ÁREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVAS, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
  - LAS INSTALACIONES EXISTENTES QUE SE ENCUENTREN DENTRO DE LOS LÍMITES DE CONSTRUCCIÓN DEBERÁN SER REMOVIDAS Y/O REUBICADAS POR EL PROPIETARIO ANTES DEL INICIO DE LA CONSTRUCCIÓN.
  - SE CONSIDERÓ LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA AL PIE DEL PAD FASE 3A, PARA ASEGURAR LA ESTABILIDAD GEOTÉCNICA Y EL SENTIDO DEL FLUJO DE SOLUCIÓN.
  - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA INFERIOR DE LA CAPA DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD (SOIL LINER) Y LA CAPA INFERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA PARA LOS CAMINOS.
  - LOS TALUDES DE CORTE Y/O RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN ROCA COMPETENTE (SEGÚN SEA DETERMINADO POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA) PODRÁN SER EMPINADOS. SI LAS CONDICIONES DEL SUELO SON DESFAVORABLES, EL CORTE DEBERÁ TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS DEBERÁN SER DEFINIDOS EN CAMPO POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.
  - LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



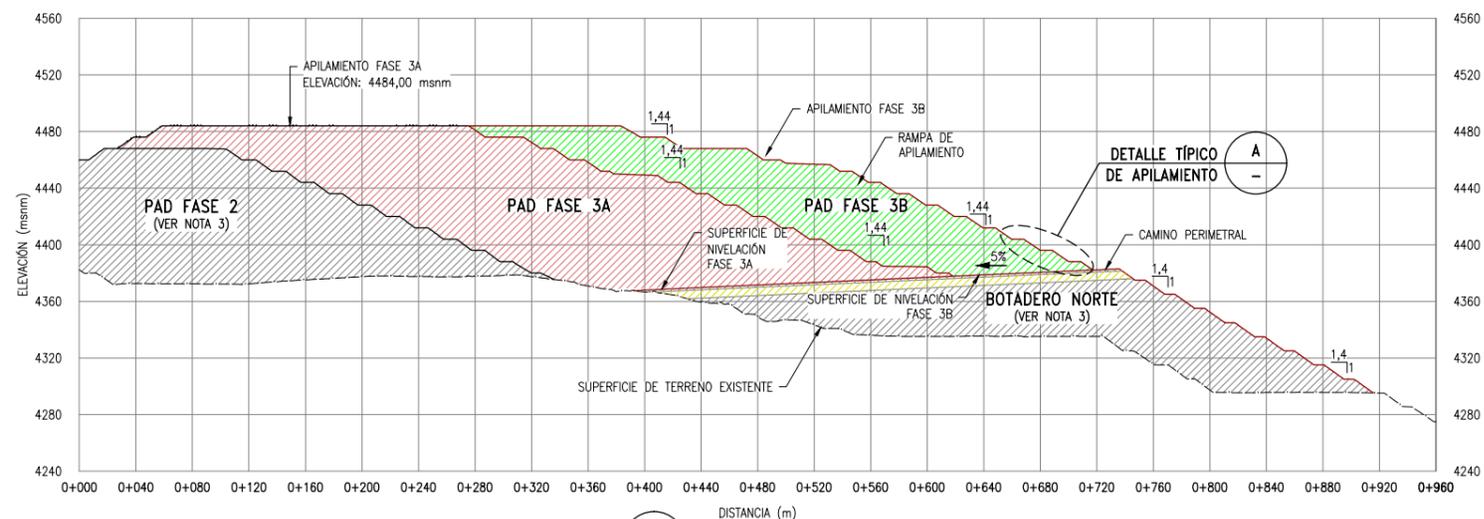
	PROYECTO: <b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA</b>
	N° PLANO: <b>100-02-001</b>
CONTENIDO: <b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASES 3A Y 3B</b> <b>ARREGLO GENERAL - PLANTA</b>	



1 SECCIÓN  
001 ESCALA: 1/2500



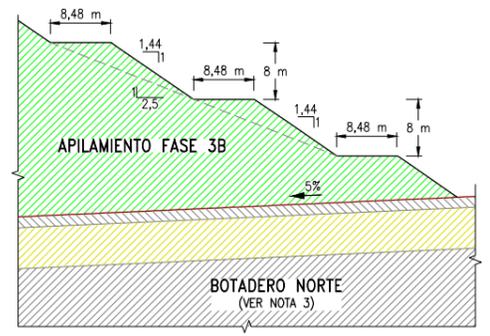
2 SECCIÓN  
001 ESCALA: 1/2500



3 SECCIÓN  
001 ESCALA: 1/2500

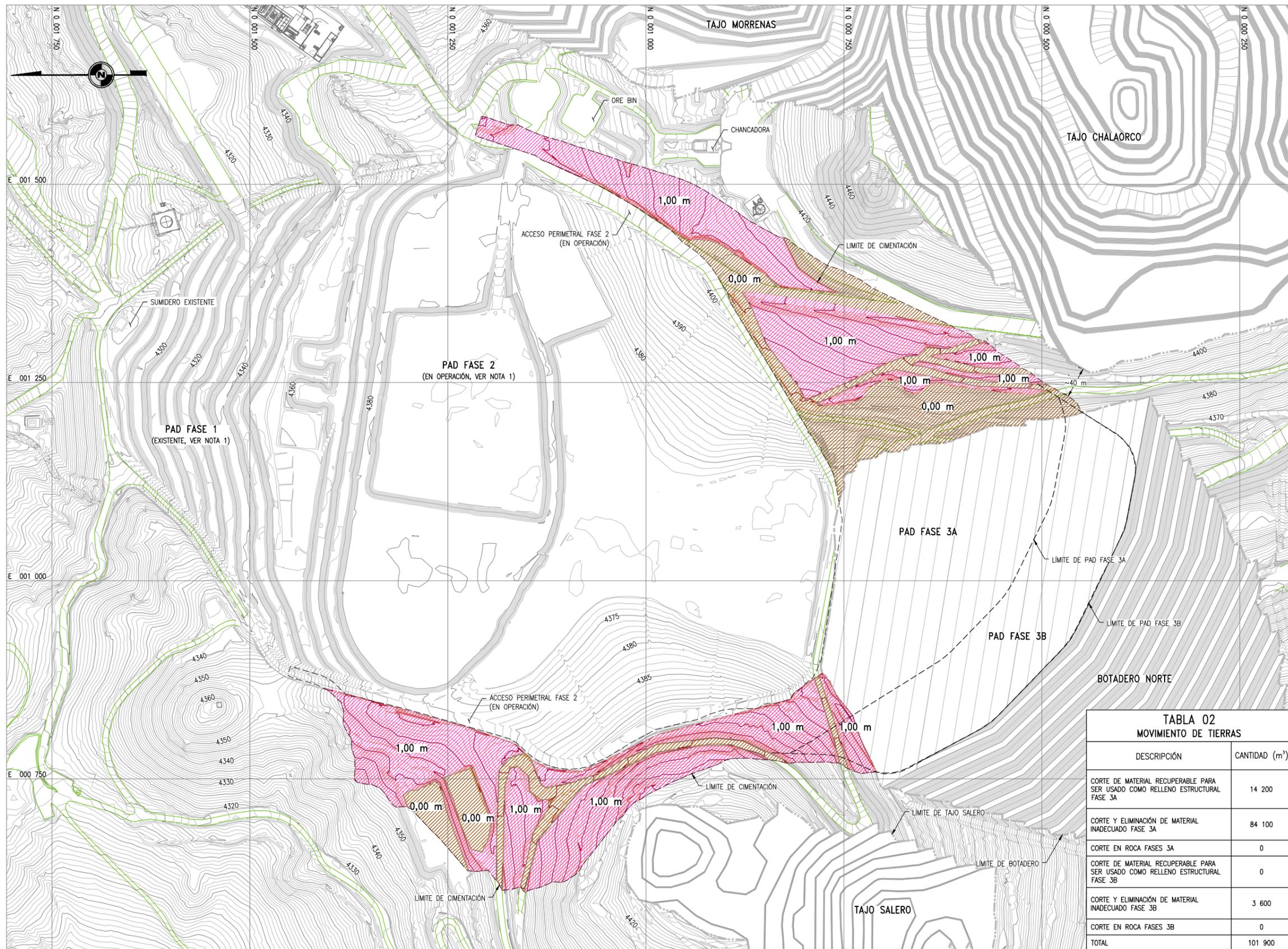
LEYENDA	
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	SUPERFICIE DE CIMENTACIÓN
	SUPERFICIE DE NIVELACIÓN
	LÍNEA DE DISEÑO
	TAJO SALERO PROYECTADO (VER NOTA 2)
	ESTRUCTURAS PROYECTADAS
	APILAMIENTO FASE 3A
	APILAMIENTO FASE 3B
	MATERIAL DE DESMONTE DE MINA
	RELLENO ESTRUCTURAL

- NOTAS:
1. LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
  2. LA SUPERFICIE DEL TAJO SALERO FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN OCTUBRE DEL 2015.
  3. LAS FASES ANTERIORES DEL PAD Y BOTADERO FUERON DISEÑADOS POR TERCEROS.
  4. PARA MAYOR ALCANCE DEL DETALLE "A", VER DETALLE "A" DEL PLANO 100-02-051.
  5. LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



A  
-  
DETALLE TÍPICO DE APILAMIENTO (VER NOTA 4) ESCALA: 1/500

	PROYECTO: <b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA</b>
	N° PLANO: <b>100-02-002</b>
CONTENIDO: <b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASES 3A Y 3B ARREGLO GENERAL - SECCIONES</b>	



**LEYENDA**

	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL BOTADERO NORTE Y TAJOS
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE CIMENTACIÓN (VER NOTA 5)
	LIMITE DE CORTE Ó RELLENO
	LIMITE DE CIMENTACIÓN
	CAMINO EXISTENTE
	LIMITE DE TAJO
	LIMITE DE BOTADERO PROYECTADO
	ESTRUCTURAS EXISTENTES

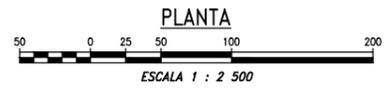
**TABLA 01**  
PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

LEYENDA	PROFUNDIDAD PROMEDIO	ÁREA (m <sup>2</sup> )
	0,00 m	45 500
	1,00 m	111 500

- NOTAS:**
1. LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
  2. EL ÁREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVAS, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
  3. LAS INSTALACIONES EXISTENTES QUE SE ENCUENTREN DENTRO DE LOS LÍMITES DE CONSTRUCCIÓN DEBERÁN SER REMOVIDAS Y/O REUBICADAS POR EL PROPIETARIO ANTES DEL INICIO DE LA CONSTRUCCIÓN.
  4. LA SUPERFICIE DE CIMENTACIÓN FUE GENERADA CON BASE EN LAS INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS DE CALICATAS EJECUTADAS POR ANDES; SIN EMBARGO, LA MISMA PODRÍA VARIAR DE ACUERDO A LAS CONDICIONES ENCONTRADAS EN CAMPO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN. CUALQUIER MODIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE DE CIMENTACIÓN SE EFECTUARÁ CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA EN COORDINACIÓN CON EL PROPIETARIO.
  5. EL CORTE HASTA EL NIVEL DE CIMENTACIÓN INCLUYE LOS VOLUMENES DE LIMPIEZA Y DESBROCE, EL MATERIAL ORGÁNICO Y EL MATERIAL INADECUADO PROPIAMENTE.
  6. TODO MATERIAL INADECUADO PROVENIENTE DE LAS EXCAVACIONES DEBERÁ SER DEPOSITADO DENTRO DEL ÁREA DESIGNADA POR EL PROPIETARIO EN COORDINACIÓN CON EL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA.
  7. SI EL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA REQUIERE LA REMOCIÓN DE UN VOLUMEN DE MATERIAL INADECUADO ADICIONAL, ESTO DEBERÁ REALIZARSE ANTES DE INICIAR LA COLOCACIÓN DEL MATERIAL DE RELLENO ESTRUCTURAL.
  8. LOS LÍMITES DE FUNDACIÓN DEBERÁN DE ESTAR FUERA DEL PIE DE RELLENO Y/O HOMBRO DE CORTE DE LAS INSTALACIONES PROYECTADAS.
  9. LA SUPERFICIE DE CIMENTACIÓN DEBERÁ SER APROBADA POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA.
  10. TODO MATERIAL QUE PUEDA SER UTILIZADO COMO MATERIAL PARA RELLENO ESTRUCTURAL DEBERÁ SER ALMACENADO POR SEPARADO PARA SU POSTERIOR UTILIZACIÓN.
  11. LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.

**TABLA 02**  
MOVIMIENTO DE TIERRAS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (m <sup>3</sup> )
CORTE DE MATERIAL RECUPERABLE PARA SER USADO COMO RELLENO ESTRUCTURAL FASE 3A	14 200
CORTE Y ELIMINACIÓN DE MATERIAL INADECUADO FASE 3A	84 100
CORTE EN ROCA FASES 3A	0
CORTE DE MATERIAL RECUPERABLE PARA SER USADO COMO RELLENO ESTRUCTURAL FASE 3B	0
CORTE Y ELIMINACIÓN DE MATERIAL INADECUADO FASE 3B	3 600
CORTE EN ROCA FASES 3B	0
TOTAL	101 900

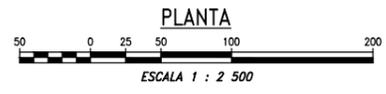


	PROYECTO: <b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA</b>
	N° PLANO: <b>100-02-003</b>
CONTENIDO: <b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASES 3A Y 3B CIMENTACIÓN</b>	

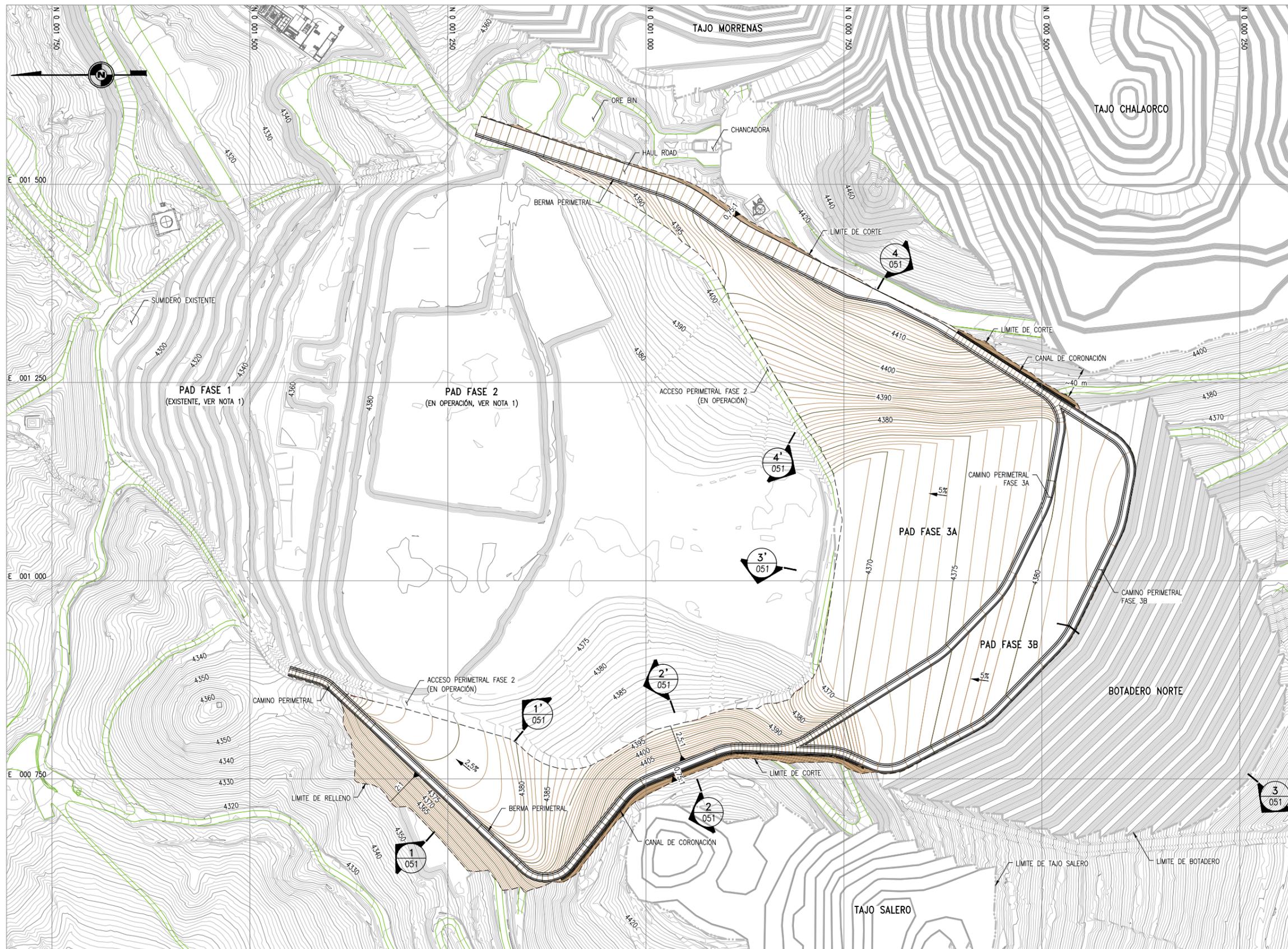


LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL BOTADERO NORTE Y TAJOS
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE CORTE
	LIMITE DE SUPERFICIE DE CORTE DEL PAD DE LIXIVIACION FASES 3A Y 3B
	CAMINO EXISTENTE
	LIMITE DE TAJO
	TUBERIA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE #100 mm
	TUBERIA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE #300 mm
	TUBERIA DE HDPE EXISTENTE
	FLUJO DE AGUA
	ESTRUCTURAS EXISTENTES

- NOTAS:
1. LA INFORMACION TOPOGRAFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
  2. EL AREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVAS, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
  3. LAS INSTALACIONES EXISTENTES QUE SE ENCUENTREN DENTRO DE LOS LIMITES DE CONSTRUCCION DEBERAN SER REMOVIDAS Y/O REUBICADAS POR EL PROPIETARIO ANTES DEL INICIO DE LA CONSTRUCCION.
  4. LA UBICACION DE LOS SUBDRENE DEBERA SER AJUSTADA EN EL CAMPO POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA DURANTE LOS TRABAJOS DE CORTE, PARA INTERCEPTAR LAS FILTRACIONES Y OJOS DE AGUA SUBTERRANEA ENCONTRADOS.
  5. LAS TUBERIAS DE EMPALME DEBERAN SER COLOCADAS ANTES DE QUE EL PUNTO DE EMPALME SEA CUBIERTO CON EL MATERIAL DE DESMORTE.
  6. LA SUPERFICIE DE CORTE FUE GENERADA CONSIDERANDO LOS PUNTOS CON MENOR ELEVACION DE LA SUPERFICIE DE CIMENTACION Y LA SUPERFICIE DE NIVELACION.
  7. TODAS LAS CONEXIONES Y DEMAS ACCESORIOS PARA LAS TUBERIAS DE SUBDRENAJE DEBERAN SER SUMINISTRADAS POR EL FABRICANTE O PROVEEDOR.
  8. LOS SUBDRENE QUE TERMINEN EN EL PERIMETRO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACION DEBERAN SER LEVANTADOS TOPOGRAFICAMENTE, ESTACADOS O ABANDERADOS Y ETIQUETADOS PARA SU FACIL IDENTIFICACION. NINGUN SUBDRENE DEBERA SER CUBIERTO ANTES DE SER LEVANTADO TOPOGRAFICAMENTE Y APROBADO POR EL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA.
  9. TODAS LAS TERMINACIONES DE LAS TUBERIAS DE SUBDRENAJE DEBERAN CERRARSE CON TAPAS PROVISAS POR EL FABRICANTE O PROVEEDOR.
  10. LA CANTIDAD MOSTRADA DE TUBERIAS DE SUBDRENAJE PODRIA INCREMENTARSE SEGUN LAS CONDICIONES ENCONTRADAS EN CAMPO DURANTE LA CONSTRUCCION, DEBIENDO CONTAR CON LA APROBACION DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA.
  11. NOMENCLATURA DE TUBERIAS:  
P = PERFORADA.  
NP = NO PERFORADA.  
HDPE = POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.
  12. LAS ESCALAS SE MOSTRAN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



	PROYECTO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACION DE UN PAD DE LIXIVIACION Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA
	N° PLANO:	100-02-010
	CONTENIDO:	PAD DE LIXIVIACION FASES 3A Y 3B SISTEMA DE SUBDRENAJE - PLANTA



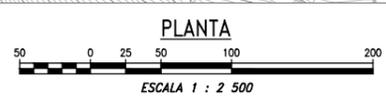
**LEYENDA**

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL BOTADERO NORTE Y TAJOS
- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN (VER NOTA 4)
- LIMITE DE CORTE Ó RELLENO
- LINEA DE DISEÑO
- CAMINO EXISTENTE
- LIMITE DE TAJO
- LIMITE DE BOTADERO PROYECTADO
- ESTRUCTURAS EXISTENTES

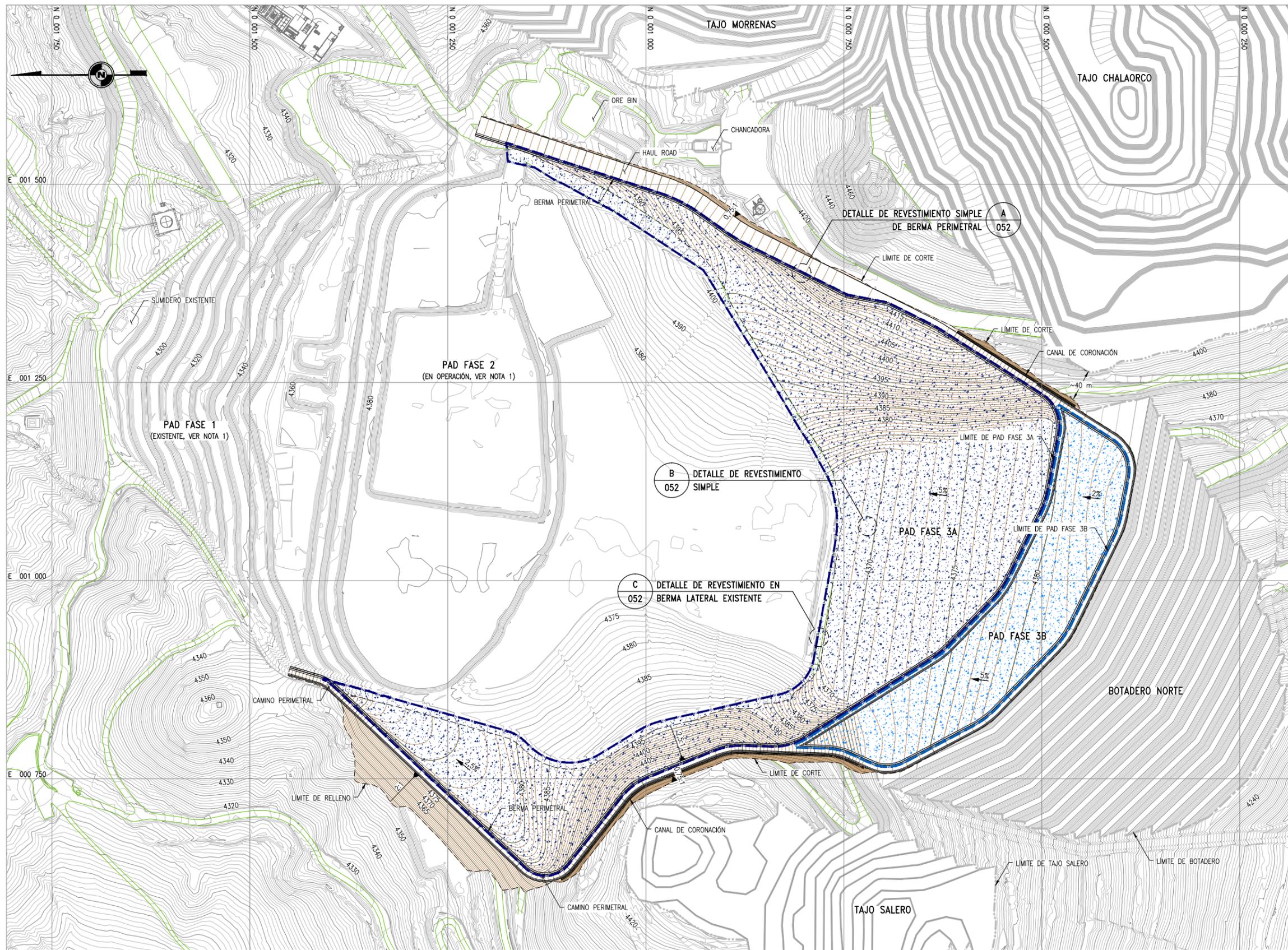
**TABLA 01  
MOVIMIENTO DE TIERRAS**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (m <sup>3</sup> )
CORTE DE MATERIAL RECUPERABLE PARA SER USADO COMO RELLENO ESTRUCTURAL FASE 3A	22 000
CORTE Y ELIMINACIÓN DE MATERIAL INADECUADO FASE 3A	179 100
CORTE EN ROCA FASES 3A	0
RELLENO MASIVO FASE 3A	523 500
RELLENO ESTRUCTURAL FASE 3A	195 100
CORTE DE MATERIAL RECUPERABLE PARA SER USADO COMO RELLENO ESTRUCTURAL FASE 3B	0
CORTE Y ELIMINACIÓN DE MATERIAL INADECUADO FASE 3B	11 800
CORTE EN ROCA FASES 3B	0
RELLENO MASIVO FASE 3B	310 800
RELLENO ESTRUCTURAL FASE 3B	79 000

- NOTAS:**
- LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
  - EL ÁREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVAS, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
  - LAS INSTALACIONES EXISTENTES QUE SE ENCUENTREN DENTRO DE LOS LÍMITES DE CONSTRUCCIÓN DEBERÁN SER REMOVIDAS Y/O REUBICADAS POR EL PROPIETARIO ANTES DEL INICIO DE LA CONSTRUCCIÓN.
  - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA INFERIOR DE LA CAPA DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD (SOIL LINER) Y LA CAPA INFERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA PARA LOS CAMINOS.
  - LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN EN EL ÁREA DEL PAD DE LIXIVIACIÓN, REPRESENTA EL NIVEL DE SUBRASANTE, ANTES DE LA COLOCACIÓN DEL SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD Y EN LOS ACCESOS REPRESENTA EL NIVEL DE SUBRASANTE ANTES DE LA COLOCACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA.
  - LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DEL PAD DE LIXIVIACIÓN FUE DISEÑADA PARA OPTIMIZAR EL MOVIMIENTO DE TIERRAS Y EL DRENAJE DE LA SOLUCIÓN EN LA BASE DE LA PILA DE SER REQUERIDO Y DE ACUERDO A LAS CONDICIONES ENCONTRADAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN, ÉSTA PODRÍA TENER CAMBIOS, LOS CUALES DEBERÁN SER APROBADOS POR EL INGENIERO/SUPERVISOR C.O.A.
  - LOS CORTES Y LOS RELLENOS PARA NIVELACIÓN DEBERÁN SER REALIZADOS DE ACUERDO A LO INDICADO EN EL ANEXO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.
  - TODO MATERIAL QUE PUEDA SER UTILIZADO COMO MATERIAL PARA RELLENOS (ESTRUCTURAL, SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD, GRAVA, ETC.) DEBERÁ SER ALMACENADO POR SEPARADO PARA SU POSTERIOR UTILIZACIÓN.
  - LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



	PROYECTO: <b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA</b>
	N° PLANO: <b>100-02-020</b>
CONTENIDO: <b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASES 3A Y 3B NIVELACIÓN - PLANTA</b>	

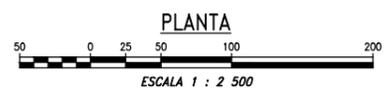


LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL BOTADERO NORTE Y TAJOS
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN (VER NOTA 4)
	LÍMITE DE CORTE Ó RELLENO
	LÍNEA DE DISEÑO
	CAMINO EXISTENTE
	LÍMITE DE TAJO
	LÍMITE DE BOTADERO PROYECTADO
	GEOMEMBRANA DE LLDPE SST DE 2,0 mm - FASE 3A
	GEOMEMBRANA DE LLDPE SST DE 2,0 mm - FASE 3B
	ESTRUCTURAS EXISTENTES

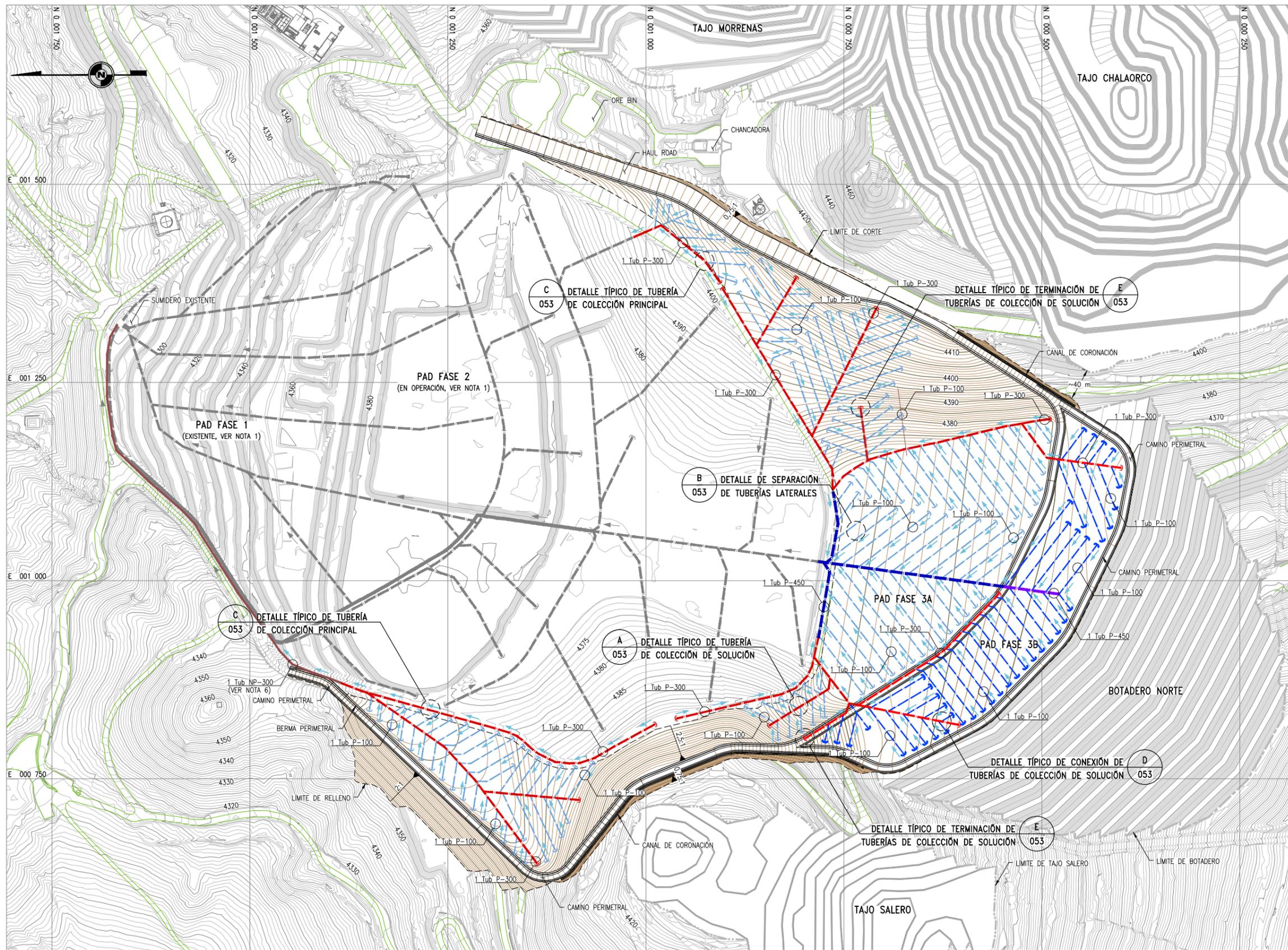
TABLA 01 PAD FASE 3A	
MATERIAL	CANTIDAD
GEOMEMBRANA DE LLDPE DE SST DE 2,0 mm	203 970 m <sup>2</sup>
SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD	64 560 m <sup>3</sup>

TABLA 02 PAD FASE 3B	
MATERIAL	CANTIDAD
GEOMEMBRANA DE LLDPE DE SST DE 2,0 mm	56 820 m <sup>2</sup>
SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD	18 320 m <sup>3</sup>

- NOTAS:**
- LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
  - EL ÁREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVAS, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
  - LAS INSTALACIONES EXISTENTES QUE SE ENCUENTREN DENTRO DE LOS LÍMITES DE CONSTRUCCIÓN DEBERÁN SER REMOVIDAS Y/O REUBICADAS POR EL PROPIETARIO ANTES DEL INICIO DE LA CONSTRUCCIÓN.
  - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA INFERIOR DE LA CAPA DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD (SOIL LINER) Y LA CARA INFERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA PARA LOS CAMINOS.
  - LA GEOMEMBRANA DE LLDPE SST DE 2 mm DEBERÁ SER DESPLIEGADA CON LA CARA TEXTURADA ADYACENTE A LA CAPA DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD.
  - NOMENCLATURA:  
LLDPE = POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.  
SST = TEXTURADA POR UN SOLO LADO.
  - LA CANTIDAD DE GEOMEMBRANA MOSTRADA EN ESTE PLANO CORRESPONDE A LA SUPERFICIE A SER REVESTIDA. LA CANTIDAD DE GEOMEMBRANA ADICIONAL REQUERIDA PARA LAS TRINCHERAS DE ANCLAJE HA SIDO INCLUIDA EN EL CAPEX.
  - ANTES DE INICIAR EL DESPLIEGUE DE LA GEOMEMBRANA, EL INSTALADOR DEBERÁ PRESENTAR AL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA EL PLANO DE DESPLIEGUE, DETALLANDO LA UBICACIÓN Y SECUENCIA DE INSTALACIÓN DE CADA PANEL DE GEOMEMBRANA.
  - LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.

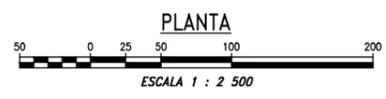


	PROYECTO: <b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA</b>
	N° PLANO: <b>100-02-030</b>
CONTENIDO: <b>PAD DE LIXIVIACIÓN FASES 3A Y 3B SISTEMA DE REVESTIMIENTO - PLANTA</b>	

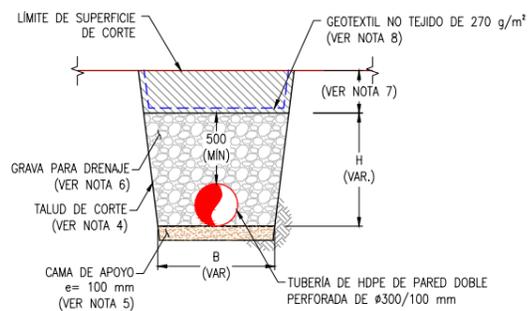


LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL BOTADERO NORTE Y TAJOS
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN (VER NOTA 3)
	LIMITE DE CORTE Ó RELLENO
	LÍNEA DE DISEÑO
	CAMINO EXISTENTE
	LIMITE DE TAJO
	LIMITE DE BOTADERO PROYECTADO
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE #100 mm FASE 3A
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE #300 mm FASE 3A
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE NO PERFORADA DE #300 mm FASE 3A
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE #450 mm FASE 3A
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE #100 mm FASE 3B
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE #300 mm FASE 3B
	TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE PERFORADA DE #450 mm FASE 3B
	TUBERÍA DE HDPE EXISTENTE
	FLUJO DE AGUA
	ESTRUCTURAS EXISTENTES

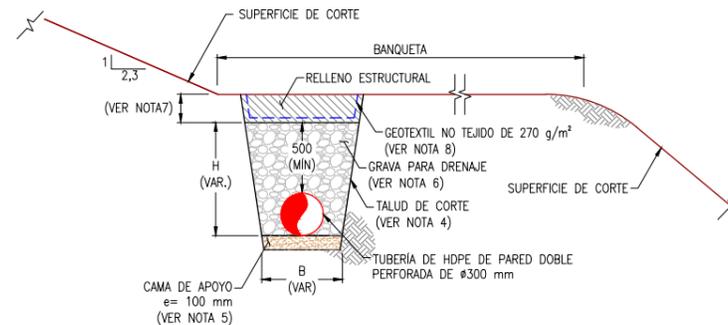
- NOTAS:**
1. LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
  2. EL ÁREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVAS, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
  3. LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA INFERIOR DE LA CAPA DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD (SOIL LINER) Y LA CAPA INFERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA PARA LOS CAMINOS.
  4. EL ESPACIAMIENTO ENTRE TUBERÍAS LATERALES COLECTORAS DE SOLUCIÓN DE #100 mm DE DIÁMETRO DEBERÁ SER DE 15 m COMO MÁXIMO.
  5. TODAS LAS CONEXIONES Y DEMÁS ACCESORIOS PARA LAS TUBERÍAS DE COLECCIÓN DE SOLUCIÓN DEBERÁN SER SUMINISTRADAS POR EL FABRICANTE O PROVEEDOR.
  6. LA TUBERÍA NO PERFORADA DE #300 mm IRÁ HASTA EL SUMIDERO EXISTENTE.
  7. LAS TERMINACIONES DE LAS TUBERÍAS DE COLECCIÓN UBICADAS EN EL PERÍMETRO DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN DEBERÁN SER COMPLETAMENTE CUBIERTAS POR MATERIAL DE SOBREVESTIMIENTO E IDENTIFICADAS PARA FUTURAS CONEXIONES.
  8. EL ÁREA DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN DEBERÁ TENER UN RECUBRIMIENTO MÍNIMO DE 500 mm DE MATERIAL DE SOBREVESTIMIENTO.
  9. LA CANTIDAD MOSTRADA DE TUBERÍAS DE COLECCIÓN PODRÍA INCREMENTARSE SEGÚN LAS CONDICIONES ENCONTRADAS EN CAMPO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN, DEBIENDO CONTAR CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA.
  10. NOMENCLATURA DE TUBERÍAS:  
P = PERFORADA.  
S = SÓLIDA.  
HDPE = POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.
  11. LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



	PROYECTO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA
	N° PLANO:	100-02-040
	CONTENIDO:	PAD DE LIXIVIACIÓN FASES 3A Y 3B SISTEMA DE COLECCIÓN DE SOLUCIÓN - PLANTA



**A** DETALLE TÍPICO DE SUBDRENAJE  
010 ESCALA: 1/25

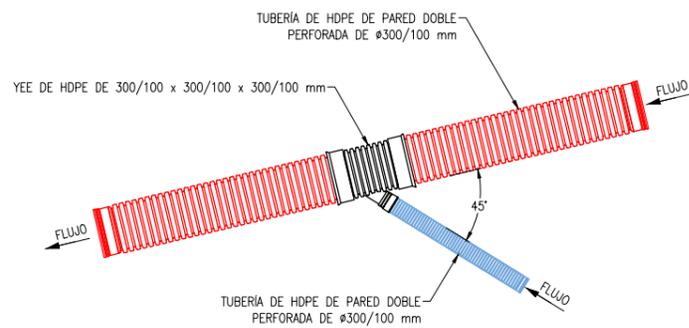


**B** DETALLE TÍPICO DE SUBDRENAJE EN BANQUETAS  
010 ESCALA: 1/25

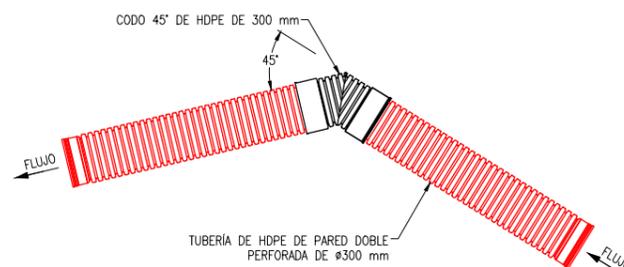
LEYENDA	
	LÍNEA DE DISEÑO
	SUPERFICIE DE CORTE
	GEOTEXTIL NO TEJIDO DE 270 g/m²
	SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD
	RELLENO ESTRUCTURAL
	RELLENO CON MATERIAL PROPIO
	GRAVA PARA DRENAJE
	CAMA DE APOYO e= 100 mm

TABLA 01 ZANJA DE SUBDRENAJE		
NÚMERO-DIÁMETRO	B (ANCHO)	H (ALTIMA)
1-100	600	600
1-300	800	800

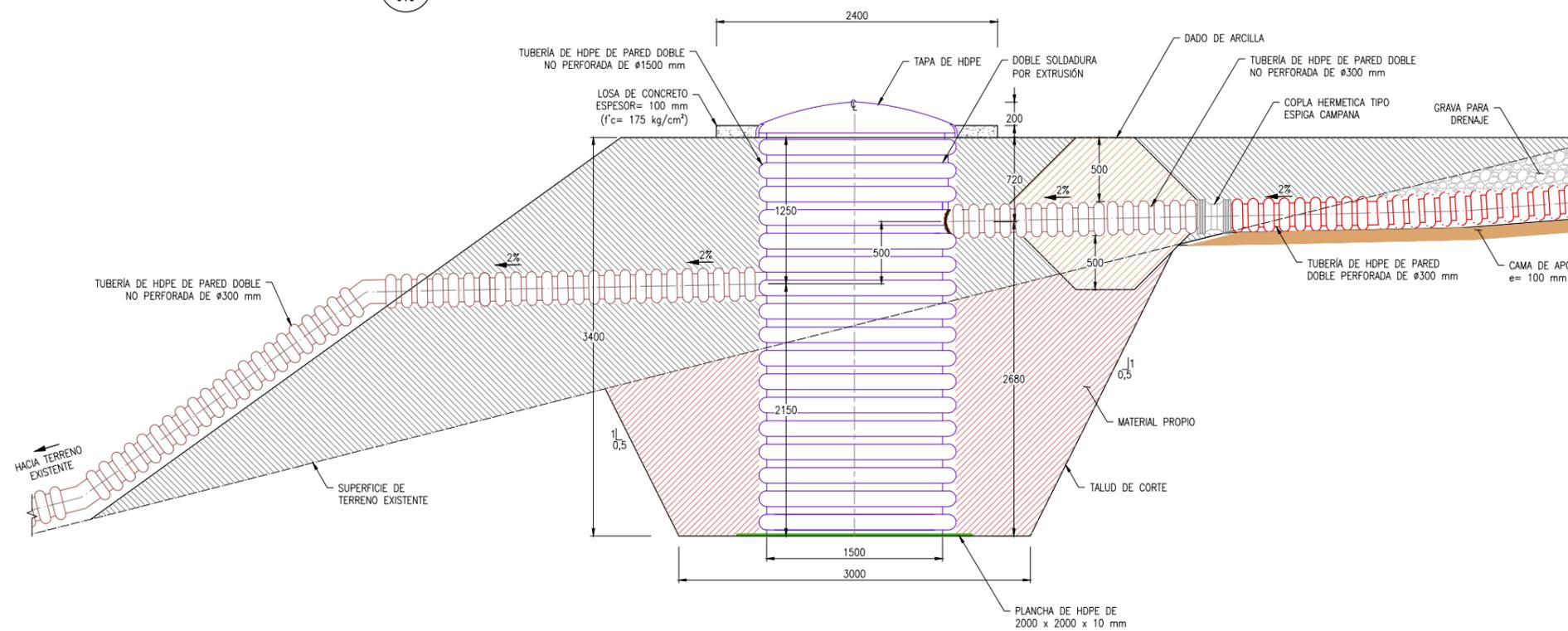
- NOTAS:**
- NOMENCLATURA DE TUBERÍAS:  
P = PERFORADA  
HDPE = POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD
  - TODAS LAS CONEXIONES ENTRE LAS TUBERÍAS DEBERÁN HACERSE CON COPLAS, TEES Y YEES PROVISTAS POR EL FABRICANTE O PROVEEDOR.
  - TODAS LAS TERMINACIONES DE LAS TUBERÍAS DE SUBDRENAJE DEBERÁN CERRARSE CON TAPAS PROVISTAS POR EL FABRICANTE O PROVEEDOR.
  - LOS TALUDES DE CORTE PARA LAS ZANJAS DE SUBDRENAJES, DEBERÁN SER EXCAVADOS DE ACUERDO CON LAS CONDICIONES DEL SUELO Y REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE CQA Y EL PROPIETARIO.
  - LA COLOCACIÓN DE LA CAMA DE APOYO ESTÁ SUJETA A LAS CONDICIONES DEL TERRENO DESPUÉS DE LOS TRABAJOS DE EXCAVACIÓN. EL INGENIERO/SUPERVISOR DE CQA EVALUARÁ LAS CONDICIONES DEL TERRENO Y LA NECESIDAD DE COLOCAR U OMITIR LA CAMA DE APOYO DE TUBERÍAS.
  - TODOS LOS RELLENOS (GRAVA PARA DRENAJE, CAMA DE APOYO, SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD, ETC.) Y EXCAVACIONES, DEBERÁN REALIZARSE DE ACUERDO CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS.
  - EL ESPESOR DE RELLENO ESTRUCTURAL SERÁ VARIABLE DEBIENDO SER MAYOR A 200 mm.
  - EL GEOTEXTIL SE COLOCARÁ ENCIMA DE LA GRAVA DE SUBDRENAJE CONSIDERANDO UN SOBRECANCHO DE 200 mm A AMBOS LADOS DE LA ZANJA PARA EL ANCLAJE RESPECTIVO.
  - AL FINAL DE LA TUBERÍA DE SALIDA DEL BUZÓN DE SUBDRENAJE SE HARÁ EL MONITOREO DEL FLUIDO, CON EL OBJETIVO DE IDENTIFICAR AGUAS ÁCIDAS Y/O FUGAS EN EL SISTEMA DE REVESTIMIENTO EN CASO SE DETECTEN FUGAS SE DEBERÁ BOMBLEAR LA SOLUCIÓN HACIA LA ZONA DE LIXIVIACIÓN DEL PAD.
  - TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.
  - LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN LOS PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



**C** DETALLE TÍPICO DE CONEXIÓN DE TUBERÍAS DE SUBDRENAJE  
010 ESCALA: 1/25

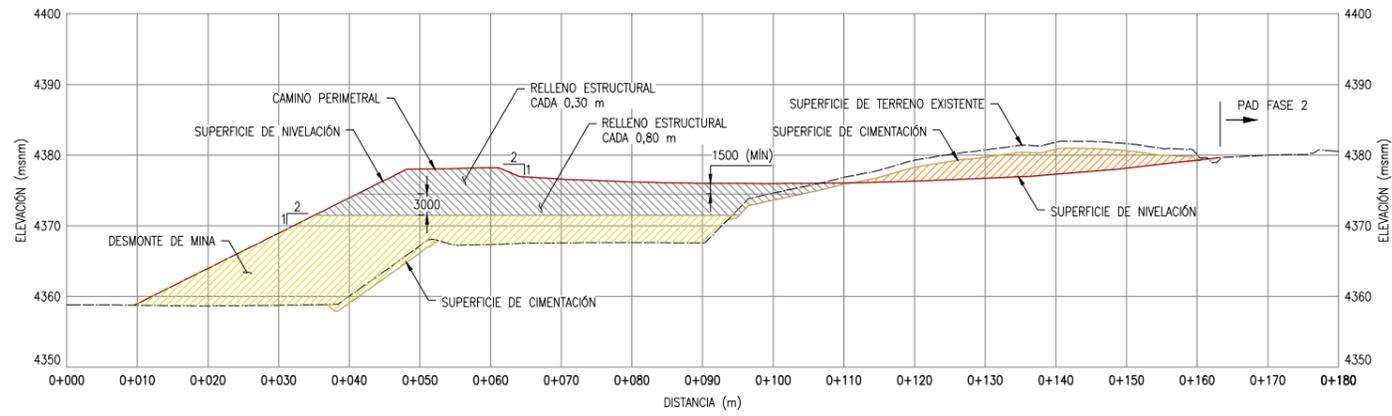


**D** DETALLE TÍPICO DE TERMINACIÓN DE TUBERÍAS DE SUBDRENAJE  
010 ESCALA: 1/25

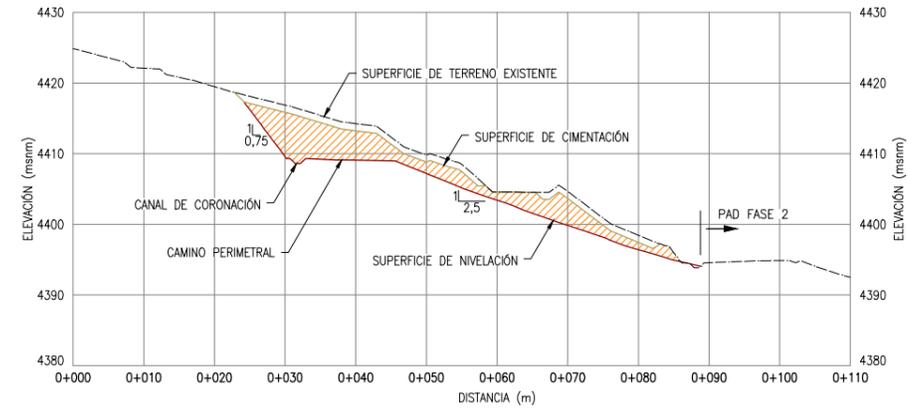


**E** DETALLE DE BUZÓN DE SUBDRENAJE  
010 ESCALA: 1/25

	PROYECTO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA
	Nº PLANO:	100-02-050
	CONTENIDO:	PAD DE LIXIVIACIÓN FASES 3A Y 3B SISTEMA DE SUBDRENAJE - DETALLES



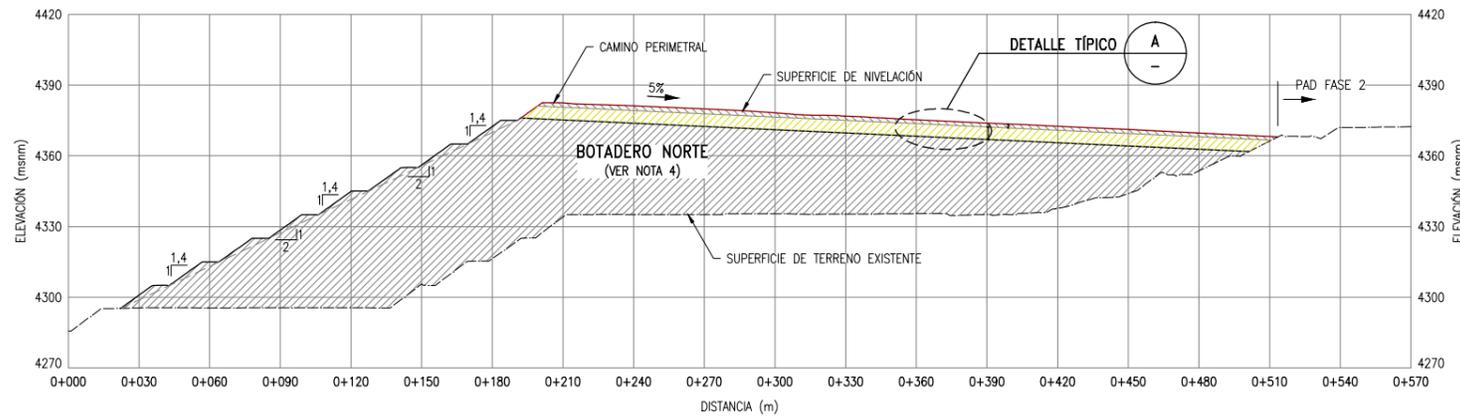
1 SECCIÓN  
020 ESCALA: 1/500



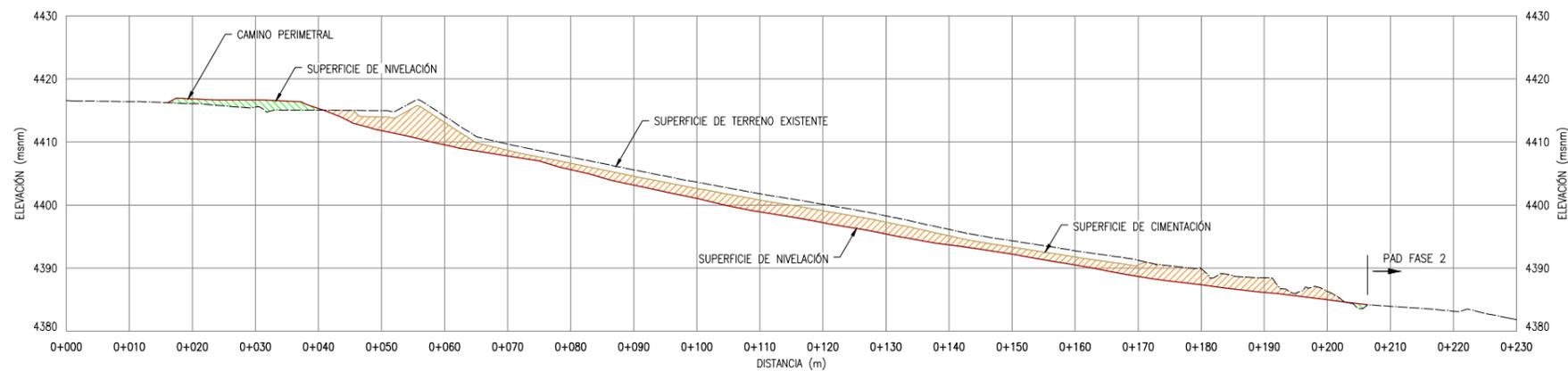
2 SECCIÓN  
020 ESCALA: 1/500

LEYENDA	
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	SUPERFICIE DE CIMENTACIÓN
	SUPERFICIE DE NIVELACIÓN
	LÍNEA DE DISEÑO
	MATERIAL DE CORTE
	MATERIAL DE RELLENO
	MATERIAL DE DESMONTE DE MINA
	RELLENO ESTRUCTURAL
	ESTRUCTURAS PROYECTADAS

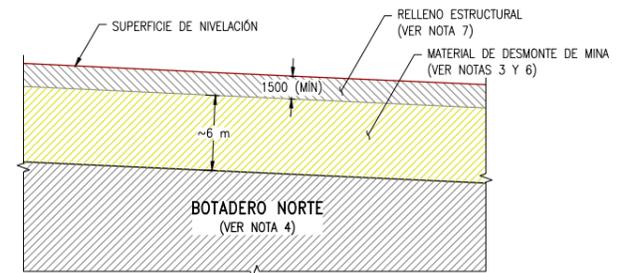
- NOTAS:
1. LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
  2. LA SUPERFICIE DE CIMENTACIÓN FUE GENERADA CON BASE EN LAS INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS DE CALICATAS EJECUTADAS POR ANDES; SIN EMBARGO, LA MISMA PODRÍA VARIAR DE ACUERDO A LAS CONDICIONES ENCONTRADAS EN CAMPO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN. CUALQUIER MODIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE DE CIMENTACIÓN SE EFECTUARÁ CON LA APROBACIÓN DEL INGENIERO/SUPERVISOR DE COA EN COORDINACIÓN CON EL PROPIETARIO.
  3. EL TONELAJE ADICIONAL DE MATERIAL DE DESMONTE EN EL BOTADERO NORTE PARA LLEGAR A LA NIVELACIÓN DEL PAD, SERÁ DE APROXIMADAMENTE 1,20 MT.
  4. LAS FASES ANTERIORES DEL PAD Y BOTADEROS FUERON DISEÑADOS POR TERCEROS.
  5. LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA INFERIOR DE LA CAPA DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD (SOIL LINER) Y LA CAPA INFERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA PARA LOS CAMINOS.
  6. LOS PRIMEROS 3 m INFERIORES DEL MATERIAL DE DESMONTE DE MINA SERÁ COLOCADO AL VOLTEO, COMPACTADO CON EL PASO DE LOS EQUIPOS EN CAPAS DE 1 m. LOS 3 m SUPERIORES SE CONFORMARÁN EN CAPAS COMPACTADAS DE 0,80 m.
  7. EL ESPESOR MÍNIMO DE RELLENO ESTRUCTURAL SERÁ DE 1,50 m, EL CUAL SERÁ CONFORMADO EN CAPAS COMPACTADAS DE 0,30 m.
  8. LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



3 SECCIÓN  
020 ESCALA: 1/1500

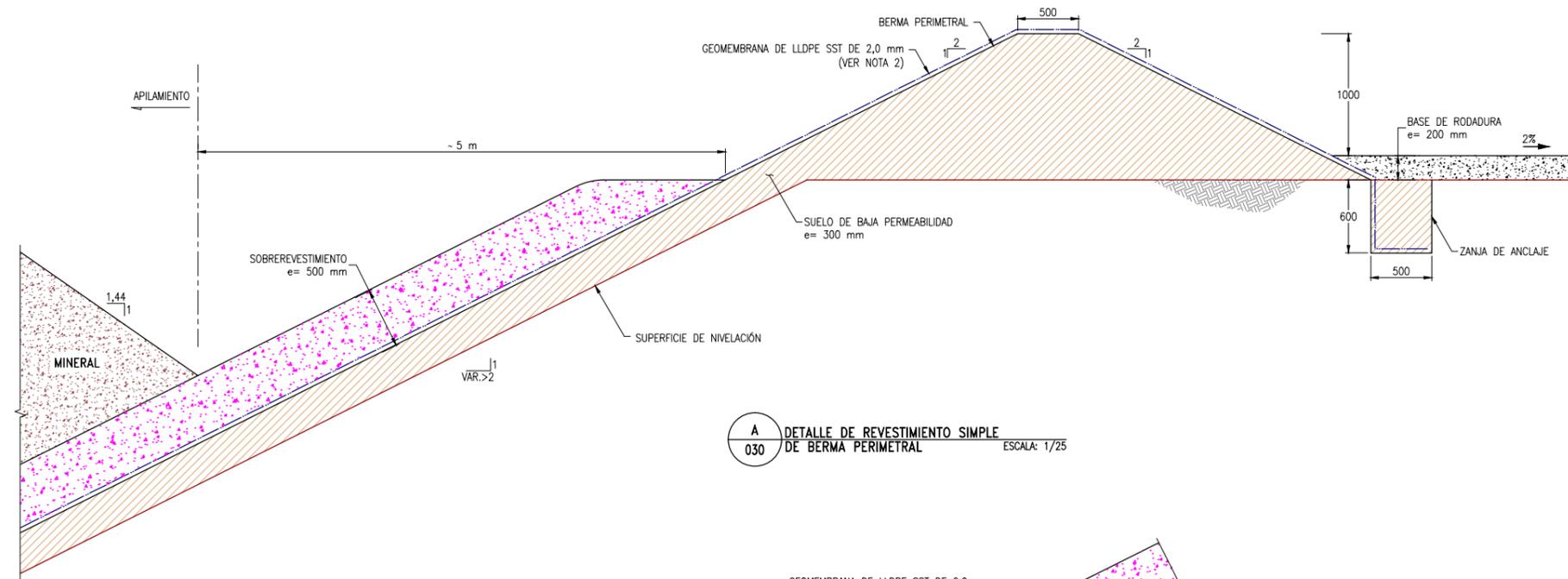


4 SECCIÓN  
020 ESCALA: 1/500

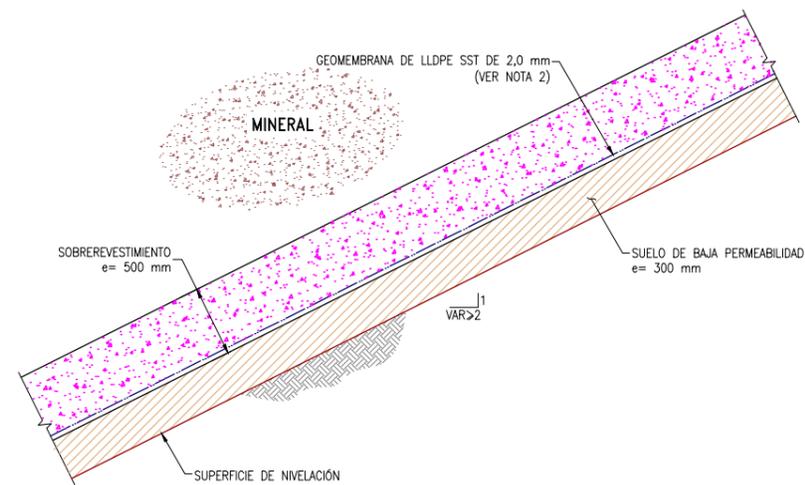


A DETALLE TÍPICO  
- ESCALA: 1/250

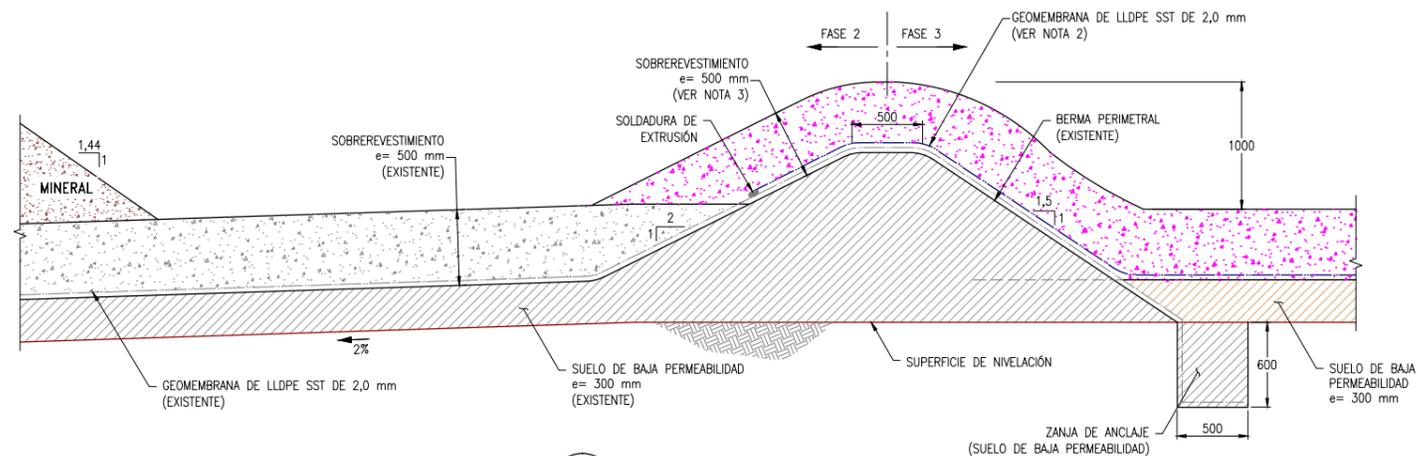
	PROYECTO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA
	N° PLANO:	100-02-051
	CONTENIDO:	PAD DE LIXIVIACIÓN FASES 3A Y 3B NIVELACIÓN - SECCIONES Y DETALLES



**A** DETALLE DE REVESTIMIENTO SIMPLE  
DE BÉRMA PERIMETRAL ESCALA: 1/25



**B** DETALLE DE REVESTIMIENTO SIMPLE ESCALA: 1/25



**C** DETALLE DE REVESTIMIENTO EN  
BÉRMA LATERAL EXISTENTE ESCALA: 1/25

LEYENDA	
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	SUPERFICIE DE NIVELACIÓN
	LINEA DE DISEÑO
	GEOMEMBRANA DE LLDPE SST DE 2,0 mm
	GEOMEMBRANA EXISTENTE SST DE LLDPE DE 2,0 mm
	MINERAL
	BASE DE RODADURA
	SOBREREVESTIMIENTO ESPESOR= 500 mm
	SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD
	SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD EN FASES EXISTENTES
	SOBREREVESTIMIENTO EN FASE EXISTENTE

**NOTAS:**

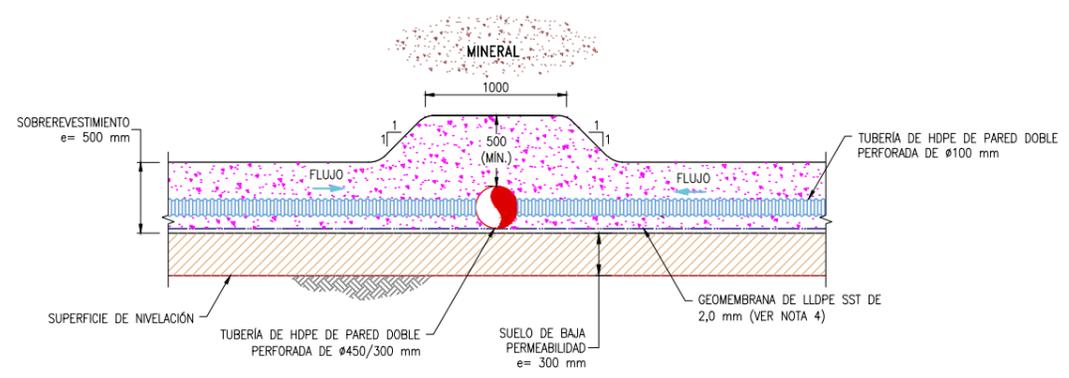
- NOMENCLATURA DE TUBERÍAS:  
LLDPE = POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD LINEAL.  
SST = TEXTURADA POR UN SOLO LADO.
- LA GEOMEMBRANA DE LLDPE SST DE 2,0 mm DEBERÁ SER INSTALADA CON LA CARA TEXTURADA EN CONTACTO CON EL REVESTIMIENTO DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD, SEGÚN CORRESPONDA.
- EL ÁREA DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN DEBERÁ TENER UN RECUBRIMIENTO MÍNIMO DE 500 mm DE MATERIAL DE SOBREREVESTIMIENTO.
- TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.
- LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



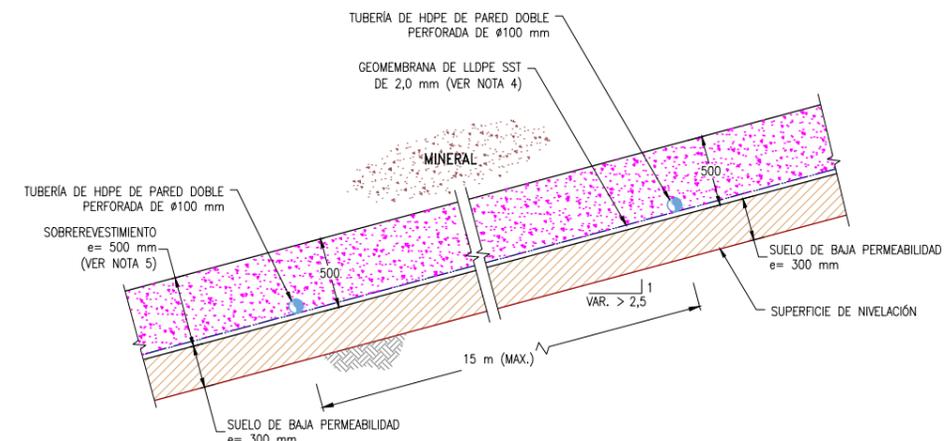
PROYECTO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA	
N° PLANO:	100-02-052	CONTENIDO:
		PAD DE LIXIVIACIÓN FASES 3A Y 3B SISTEMA DE REVESTIMIENTO - DETALLES

LEYENDA	
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	SUPERFICIE DE NIVELACIÓN
	LÍNEA DE DISEÑO
	GEOMEMBRANA DE LLDPE SST DE 2,0 mm
	MINERAL
	SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD
	SOBREESTRUCTURA ESPESOR= 500 mm
	RELLENO ESTRUCTURAL

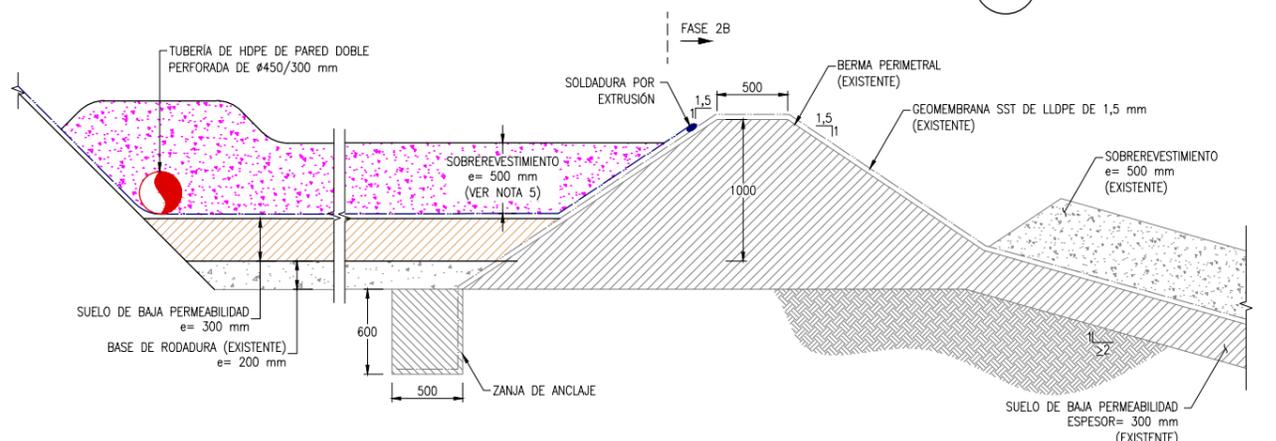
- NOTAS:**
- NOMENCLATURA DE TUBERÍAS:  
HDPE = POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.  
LLDPE = POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD LINEAL.  
SST = TEXTURADA POR UN SOLO LADO.
  - TODAS LAS CONEXIONES ENTRE LAS TUBERÍAS DEBERÁN HACERSE CON COPLAS, TEES Y YEES PROVISTAS POR EL FABRICANTE O PROVEEDOR.
  - TODAS LAS TERMINACIONES DE LAS TUBERÍAS DE COLECCIÓN DEBERÁN CERRARSE CON TAPAS PROVISTAS POR EL FABRICANTE O PROVEEDOR.
  - LA GEOMEMBRANA DE LLDPE SST DE 2,0 mm DEBERÁ SER INSTALADA CON LA CARA TEXTURADA EN CONTACTO CON EL REVESTIMIENTO DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD, SEGÚN CORRESPONDA.
  - EL ÁREA DE LA PLATAFORMA DE LIXIVIACIÓN DEBERÁ TENER UN RECUBRIMIENTO MÍNIMO DE 500 mm DE MATERIAL DE SOBREESTRUCTURA.
  - EL ESPACIAMIENTO ENTRE TUBERÍAS LATERALES COLECTORAS DE SOLUCIÓN DE 100 mm DE DIÁMETRO DEBERÁ SER DE 15 m COMO MÁXIMO.
  - TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.
  - LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN LOS PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



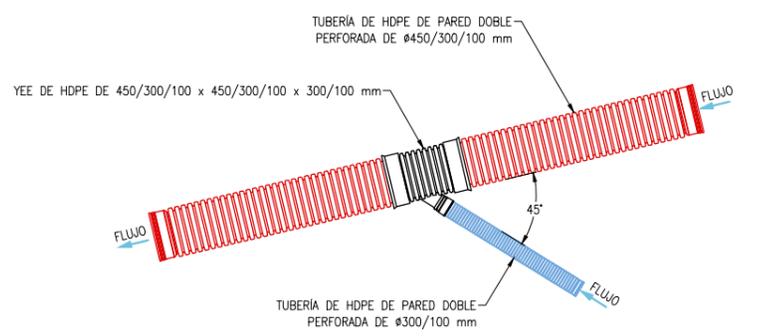
**A** DETALLE TÍPICO DE TUBERÍA DE COLECCIÓN DE SOLUCIÓN ESCALA: 1/25



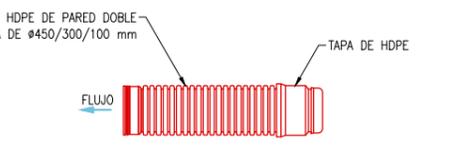
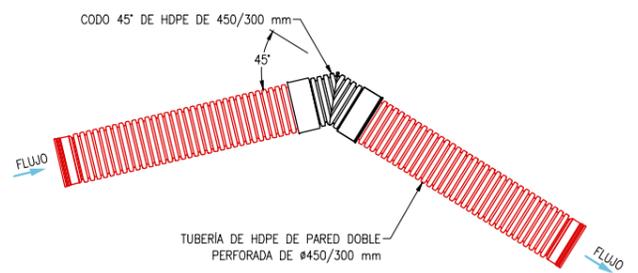
**B** DETALLE DE SEPARACIÓN DE TUBERÍAS LATERALES ESCALA: 1/25



**C** DETALLE TÍPICO DE TUBERÍA DE COLECCIÓN PRINCIPAL ESCALA: 1/25

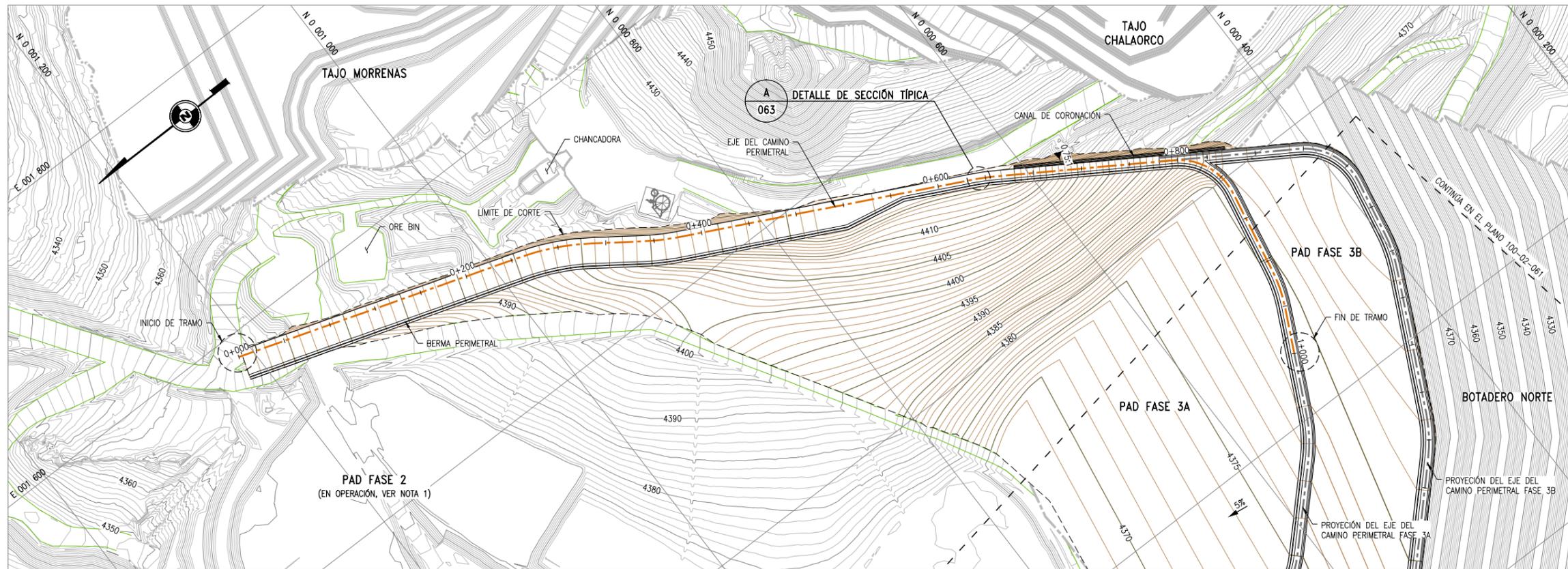


**D** DETALLE TÍPICO DE CONEXIÓN DE TUBERÍAS DE COLECCIÓN DE SOLUCIÓN ESCALA: 1/25



**D** DETALLE TÍPICO DE TERMINACIÓN DE TUBERÍAS DE COLECCIÓN DE SOLUCIÓN ESCALA: 1/25

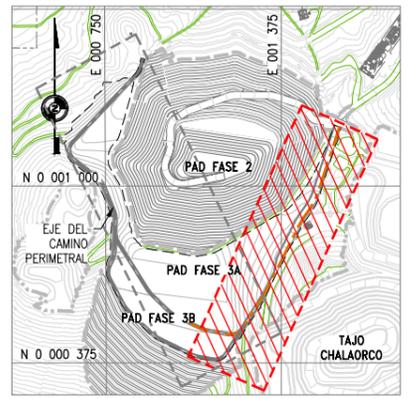
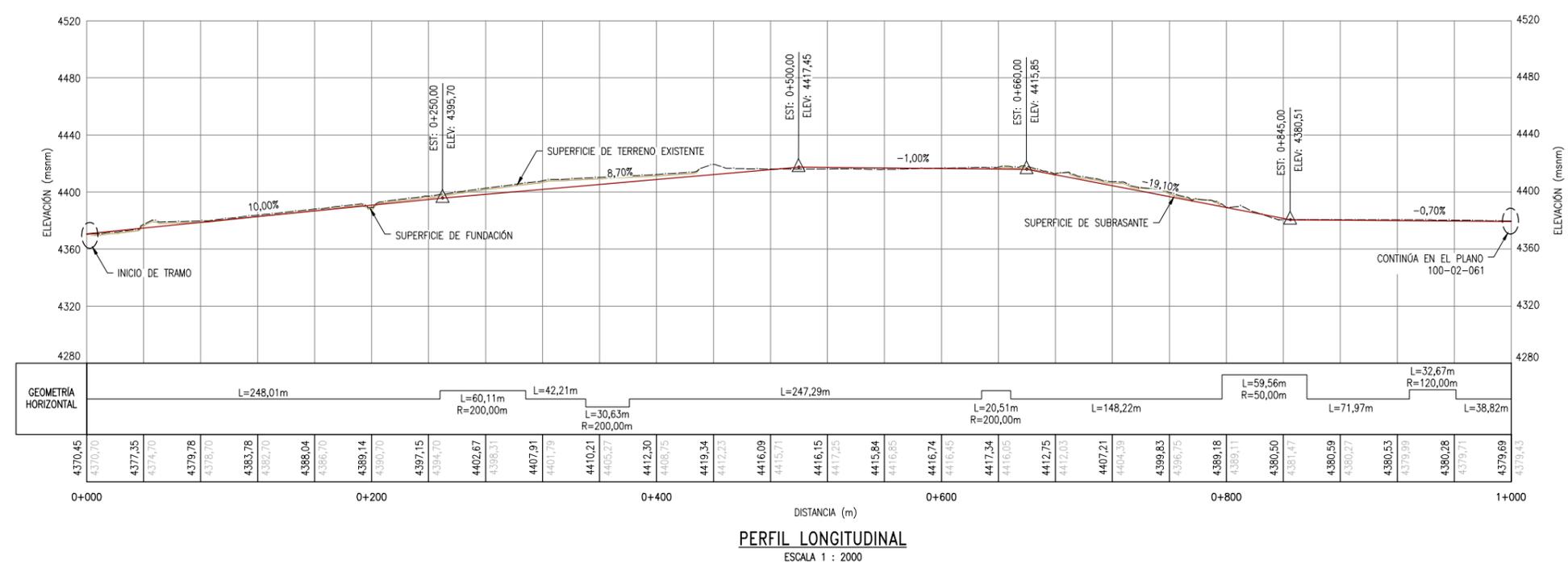
	PROYECTO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA
	N° PLANO:	100-02-053
	CONTENIDO:	PAD DE LIXIVIACIÓN FASES 3A Y 3B SISTEMA DE COLECCIÓN DE SOLUCIÓN - DETALLES



LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL BOTADERO NORTE Y TAJOS
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION
	LIMITE DE CORTE O RELLENO
	LINEA DE DISEÑO
	CAMINO EXISTENTE
	EJE DEL CAMINO PERIMETRAL
	PROYECCION DEL EJE DEL CAMINO PERIMETRAL
	LIMITE DE TAJO
	LIMITE DE BOTADERO PROYECTADO
	ESTRUCTURAS EXISTENTES
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (EN PERFIL LONGITUDINAL)
	SUPERFICIE DE CIMENTACION (EN PERFIL LONGITUDINAL)
	SUPERFICIE DE SUBRASANTE (EN PERFIL LONGITUDINAL)
	NIVEL DE TERRENO EXISTENTE
	NIVEL DE SUPERFICIE DE SUBRASANTE

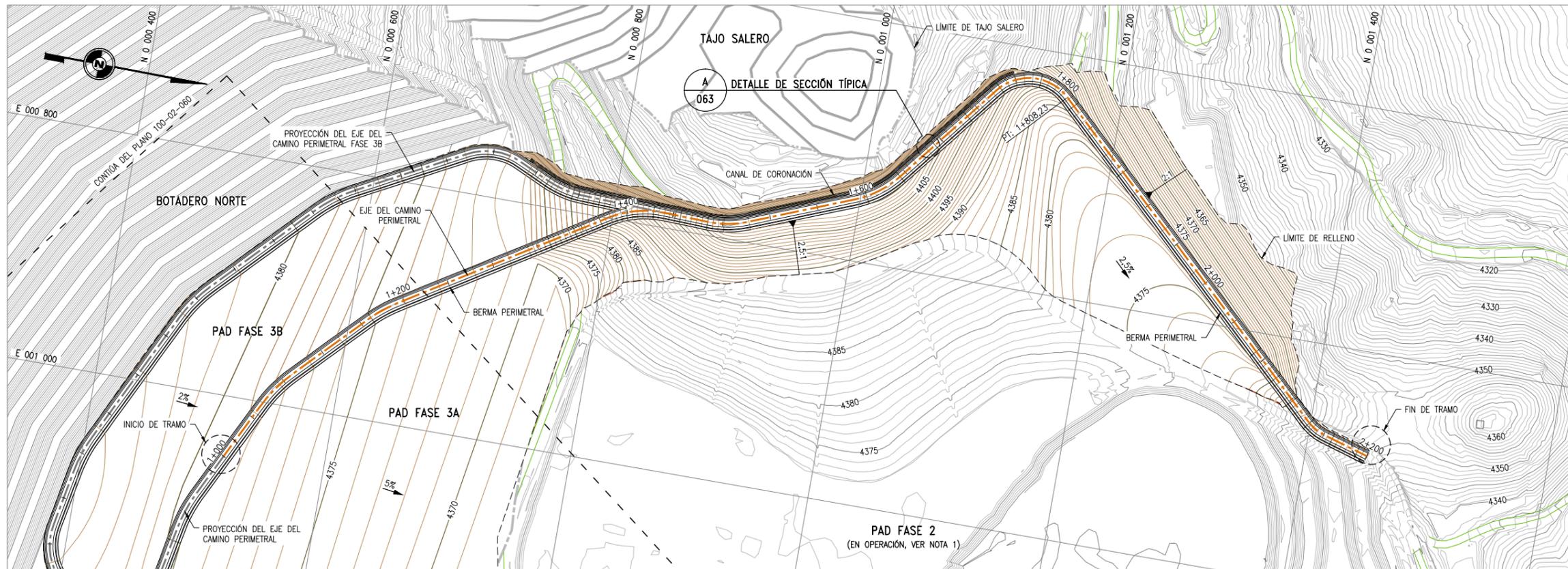
- NOTAS:**
- LA INFORMACION TOPOGRAFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
  - EL AREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVAS, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
  - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION REPRESENTAN LA CARA INFERIOR DE LA CAPA DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD (SOIL LINER) Y LA CAPA INFERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA PARA LOS CAMINOS.
  - LA SUPERFICIE DE NIVELACION EN EL AREA DEL PAD DE LIXIVIACION, REPRESENTA EL NIVEL DE SUBRASANTE, ANTES DE LA COLOCACION DEL SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD Y EN LOS ACCESOS REPRESENTA EL NIVEL DE SUBRASANTE ANTES DE LA COLOCACION DE LA CAPA DE RODADURA.
  - LOS CORTES Y LOS RELLENOS PARA NIVELACION DEBERAN SER REALIZADOS DE ACUERDO A LO INDICADO EN EL ANEXO DE ESPECIFICACIONES TECNICAS.
  - LAS ESCALAS SE MOSTRAN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.

**PLANTA**  
ESCALA 1 : 2000



**PLANO LLAVE**  
S/E

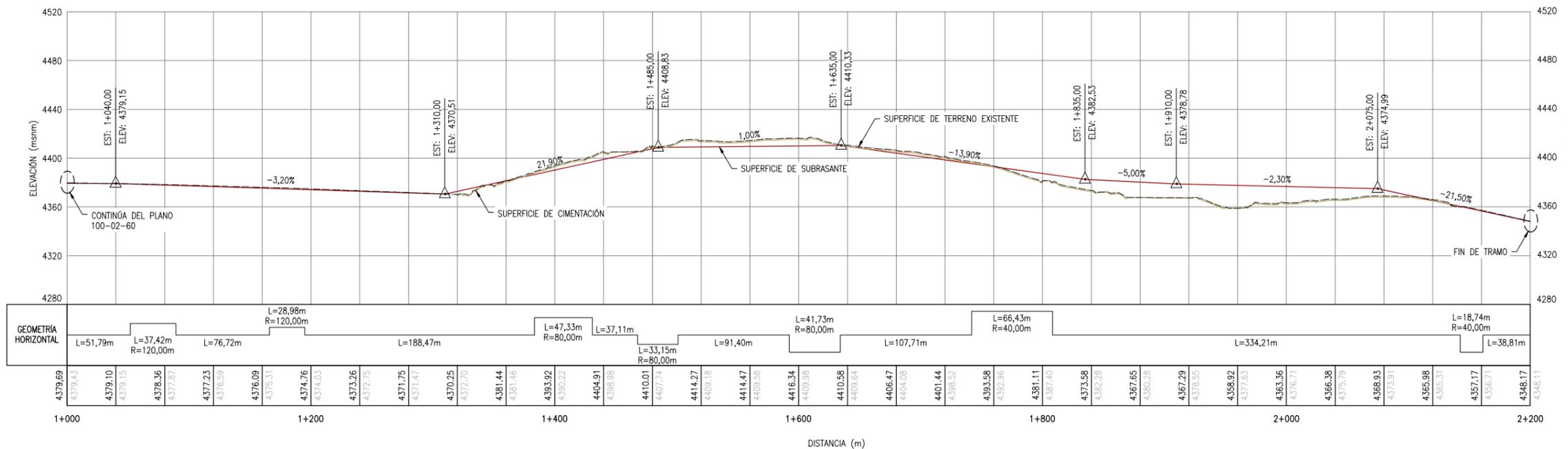
	<b>PROYECTO:</b> ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACION DE UN PAD DE LIXIVIACION Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA
	<b>N° PLANO:</b> 100-02-060
<b>CONTENIDO:</b> PAD DE LIXIVIACION FASES 3A Y 3B CAMINO PERIMETRAL FASE 3A - PLANTA Y PERFIL - LAMINA 1 DE 2	



**PLANTA**  
ESCALA 1 : 2000

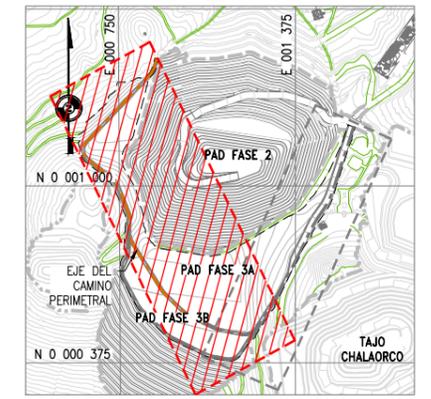
LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL DEPÓSITO NORTE Y TAJOS
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN
	LÍMITE DE CORTE Ó RELLENO
	LÍNEA DE DISEÑO
	CAMINO EXISTENTE
	EJE DEL CAMINO PERIMETRAL
	PROYECCIÓN DEL EJE DEL CAMINO PERIMETRAL
	LÍMITE DE BOTADERO PROYECTADO
	ESTRUCTURAS EXISTENTES
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (EN PERFIL LONGITUDINAL)
	SUPERFICIE DE CIMENTACIÓN (EN PERFIL LONGITUDINAL)
	SUPERFICIE DE SUBRASANTE (EN PERFIL LONGITUDINAL)
	NIVEL DE TERRENO EXISTENTE
	NIVEL DE SUPERFICIE DE SUBRASANTE

- NOTAS:**
- LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
  - EL ÁREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVAS, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
  - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CAPA INFERIOR DE LA CAPA DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD (SOIL LINER) Y LA CAPA INFERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA PARA LOS CAMINOS.
  - LOS CORTES Y LOS RELLENOS PARA NIVELACIÓN DEBERÁN SER REALIZADOS DE ACUERDO A LO INDICADO EN EL ANEXO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.
  - LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



GEOMETRÍA HORIZONTAL	
L=51,79m	L=37,42m R=120,00m
L=76,72m	L=28,96m R=120,00m
L=188,47m	L=47,33m R=80,00m
L=37,11m	L=33,15m R=80,00m
L=91,40m	L=41,73m R=80,00m
L=107,71m	L=66,43m R=40,00m
L=334,21m	L=18,74m R=40,00m
L=38,81m	

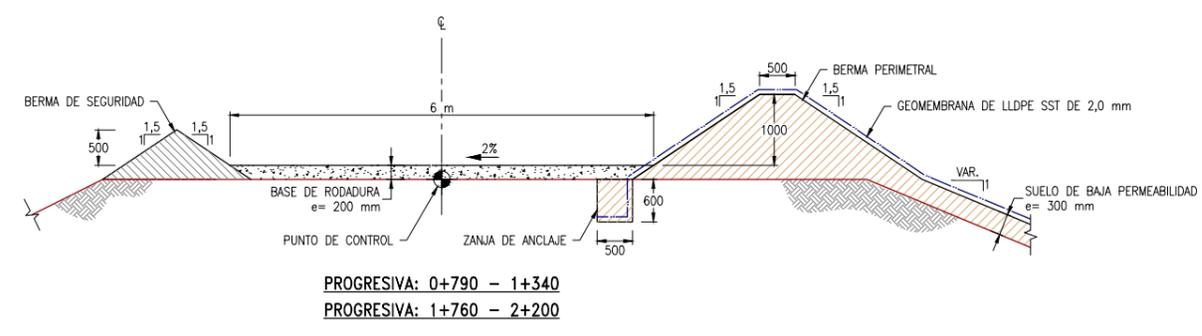
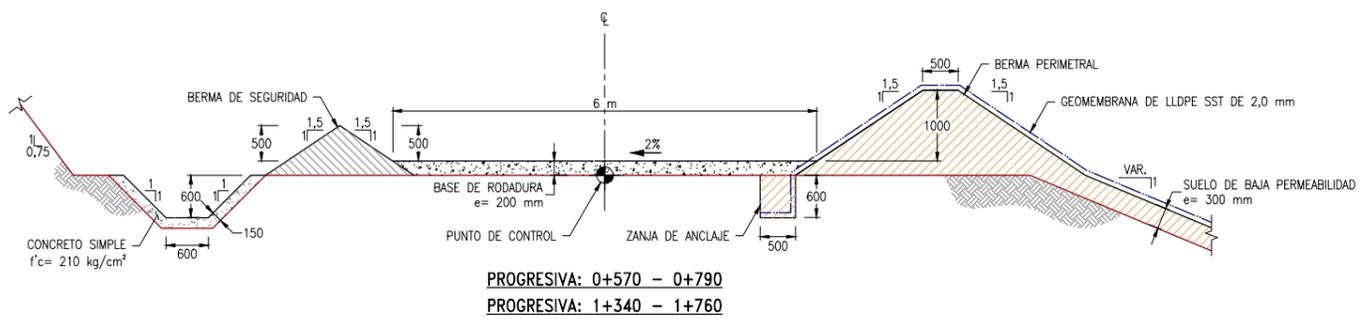
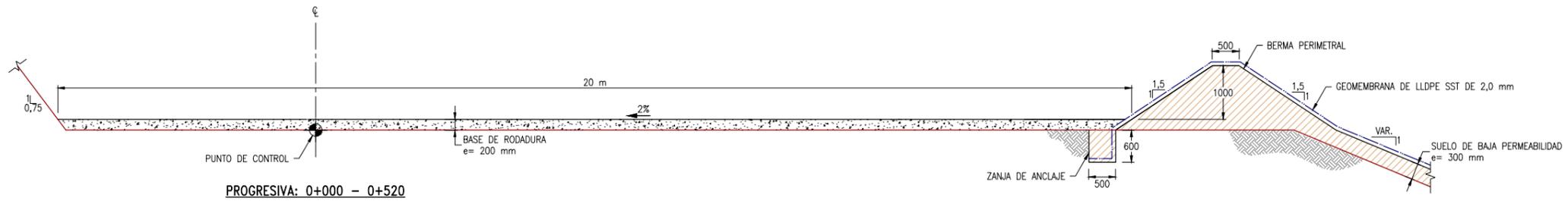
**PERFIL LONGITUDINAL**  
ESCALA 1 : 2000



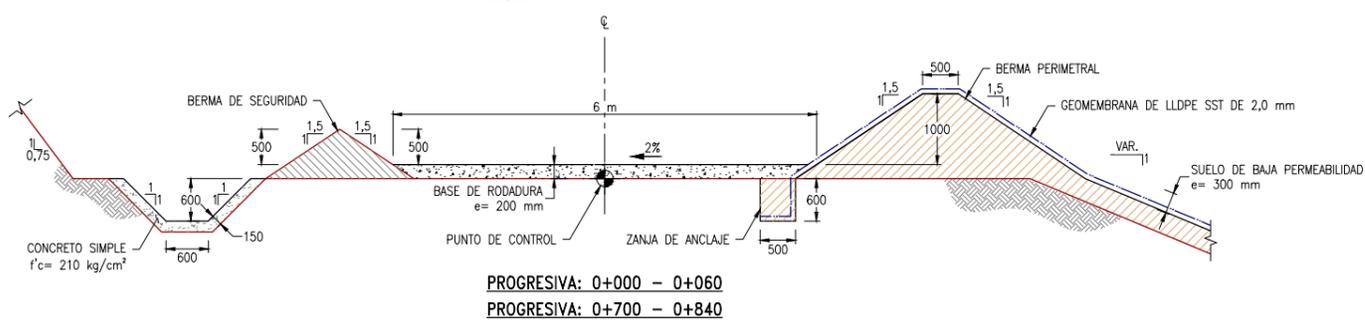
**PLANO LLAVE**  
S/E

	<b>PROYECTO:</b> ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA
	<b>N° PLANO:</b> 100-02-061
<b>CONTENIDO:</b> PAD DE LIXIVIACIÓN FASES 3A Y 3B CAMINO PERIMETRAL FASE 3A - PLANTA Y PERFIL - LÁMINA 2 DE 2	

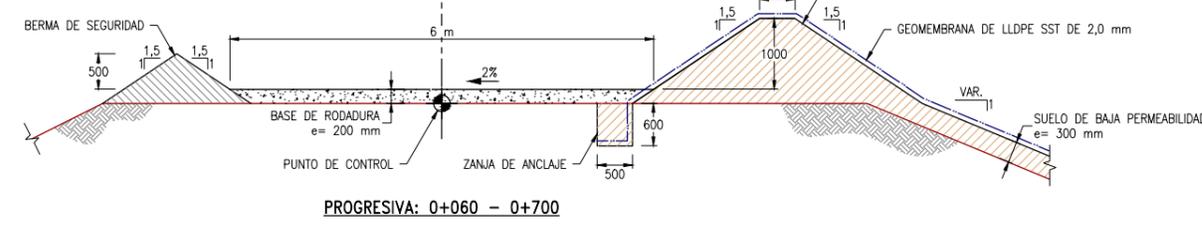




A SECCIÓN  
060-061 ESCALA: 1/50



A SECCIÓN  
062 ESCALA: 1/50



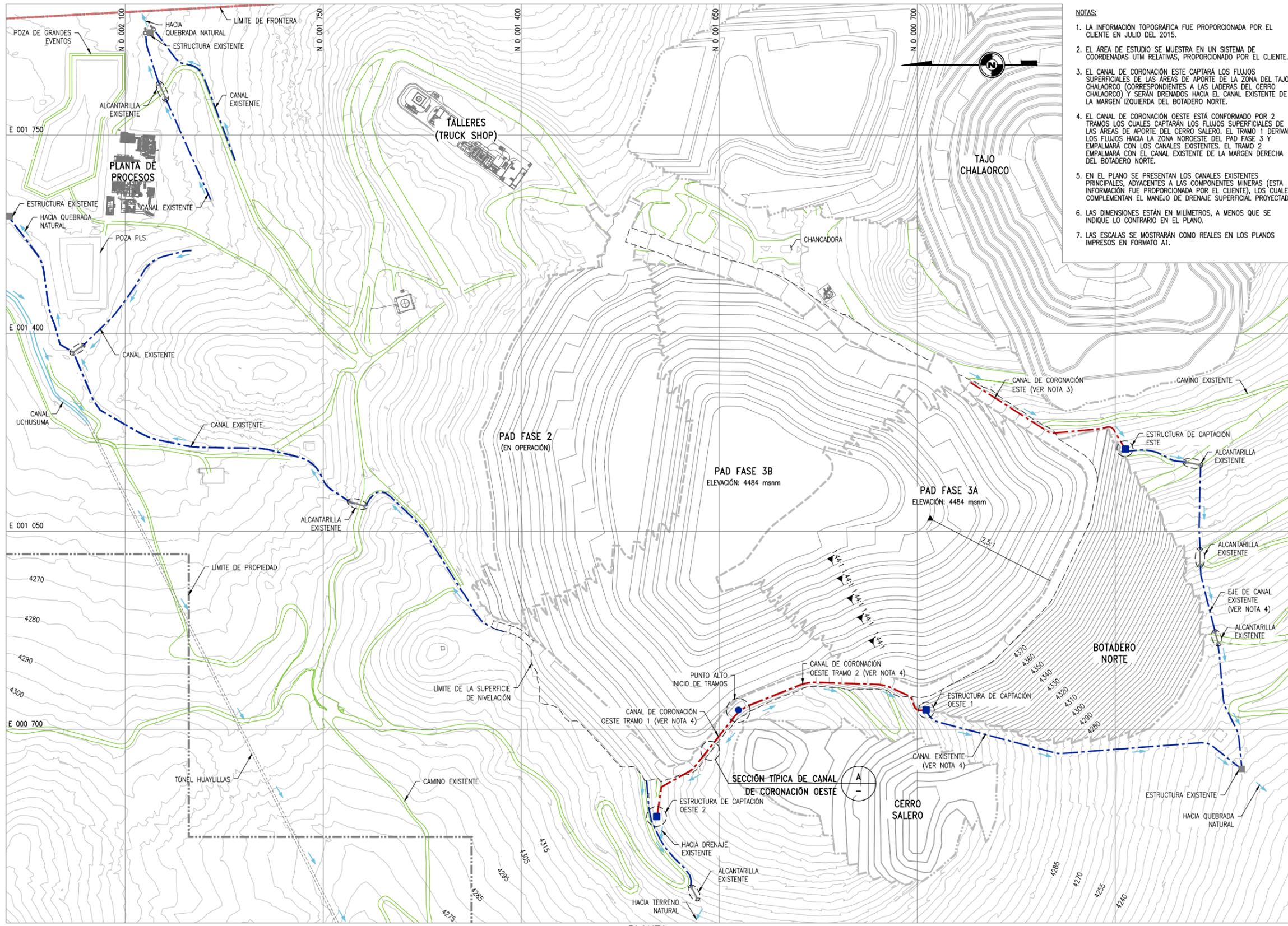
A SECCIÓN  
062 ESCALA: 1/50

LEYENDA	
	SUPERFICIE DE NIVELACIÓN
	LÍNEA DE DISEÑO
	GEOMEMBRANA DE LLDPE SST DE 2,0 mm
	SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD
	RELLENO ESTRUCTURAL
	BASE DE RODADURA
	CONCRETO SIMPLE f'c=21 MPa (210 kg/cm²)
	PUNTO DE CONTROL

- NOTAS:
1. LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
  2. LA BERMA DE SEGURIDAD TENDRÁ ABERTURAS CADA 50 m, ESTO CON LA FINALIDAD DE DESCARGAR LAS AGUAS QUE DERIVARÁN SOBRE EL CAMINO PERIMETRAL.
  3. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.
  4. LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



PROYECTO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA	
N° PLANO: 100-02-063	CONTENIDO: PAD DE LIXIVIACIÓN FASES 3A Y 3B CAMINO PERIMETRAL - SECCIONES TÍPICAS



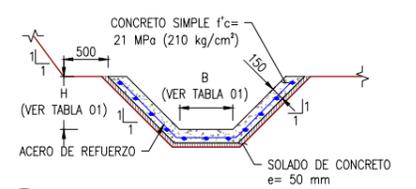
- NOTAS:**
1. LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DEL 2015.
  2. EL ÁREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVAS, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
  3. EL CANAL DE CORONACIÓN ESTE CAPTARÁ LOS FLUJOS SUPERFICIALES DE LAS ÁREAS DE APORTE DEL CERRO SALERO. EL TRAMO 1 DERIVARÁ LOS FLUJOS HACIA LA ZONA NOROCCIDENTE DEL PAD FASE 3 Y EMPALMARÁ CON LOS CANALES EXISTENTES. EL TRAMO 2 EMPALMARÁ CON EL CANAL EXISTENTE DE LA MARGEN DERECHA DEL BOTADERO NORTE.
  4. EL CANAL DE CORONACIÓN OESTE ESTÁ CONFORMADO POR 2 TRAMOS LOS CUALES CAPTARÁN LOS FLUJOS SUPERFICIALES DE LAS ÁREAS DE APORTE DEL CERRO SALERO. EL TRAMO 1 DERIVARÁ LOS FLUJOS HACIA LA ZONA NOROCCIDENTE DEL PAD FASE 3 Y EMPALMARÁ CON LOS CANALES EXISTENTES. EL TRAMO 2 EMPALMARÁ CON EL CANAL EXISTENTE DE LA MARGEN DERECHA DEL BOTADERO NORTE.
  5. EN EL PLANO SE PRESENTAN LOS CANALES EXISTENTES PRINCIPALES, ADYACENTES A LAS COMPONENTES MINERAS (ESTA INFORMACIÓN FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE), LOS CUALES COMPLEMENTAN EL MANEJO DE DRENAJE SUPERFICIAL PROYECTADO.
  6. LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.
  7. LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN LOS PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.

**LEYENDA**

- 4350 — CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- 4350 — CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE ESTRUCTURAS EXISTENTES
- - - LÍMITE DE CORTE Ó RELLENO
- LÍNEA DE DISEÑO
- CAMINO EXISTENTE
- - - LÍMITE DE TAJO
- - - LÍMITE DE APILAMIENTO EXISTENTE
- - - LÍMITE DE BOTADERO
- - - LÍMITE DE PROPIEDAD
- - - LÍMITE DE FRONTERA
- - - TÓNEL HUAYLILLAS
- CANAL UCHUSUMA
- - - CANAL EXISTENTE
- - - CANAL DE CORONACIÓN PROYECTADO
- FLUJO DE AGUA
- ALCANTARILLA EXISTENTE
- PUNTO ALTO
- ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN
- ESTRUCTURA EXISTENTE
- ESTRUCTURAS EXISTENTES
- SUPERFICIE DE SUBRASANTE (EN SECCIÓN)
- CONCRETO SIMPLE  $f'c = 21 \text{ MPa}$  (210  $\text{kg/cm}^2$ )
- SOLADO DE CONCRETO  $f'c = 10 \text{ MPa}$  (100  $\text{kg/cm}^2$ )
- ACERO ESTRUCTURAL  $f'y = 420 \text{ MPa}$  (4200  $\text{kg/cm}^2$ )

**TABLA 01**  
**DIMENSIONES DE CANAL**

CANAL DE CORONACIÓN	B (mm)	H (mm)
ESTE	400	400
OESTE - TRAMO 1	600	600
OESTE - TRAMO 2	600	600



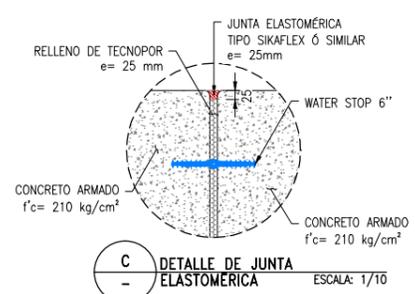
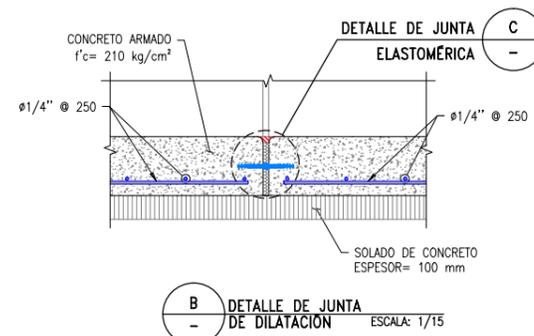
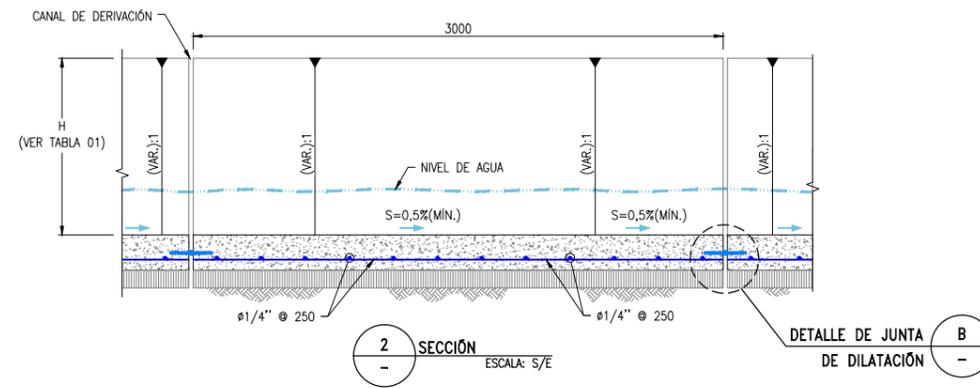
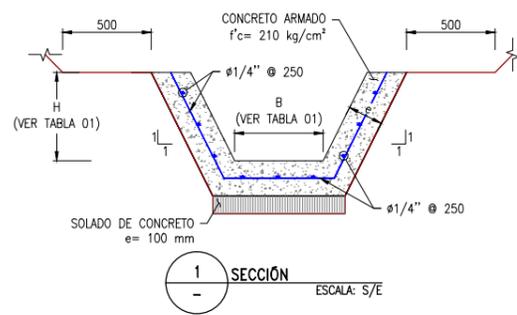
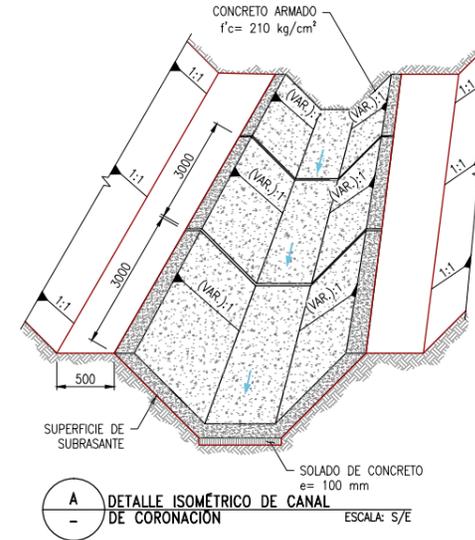
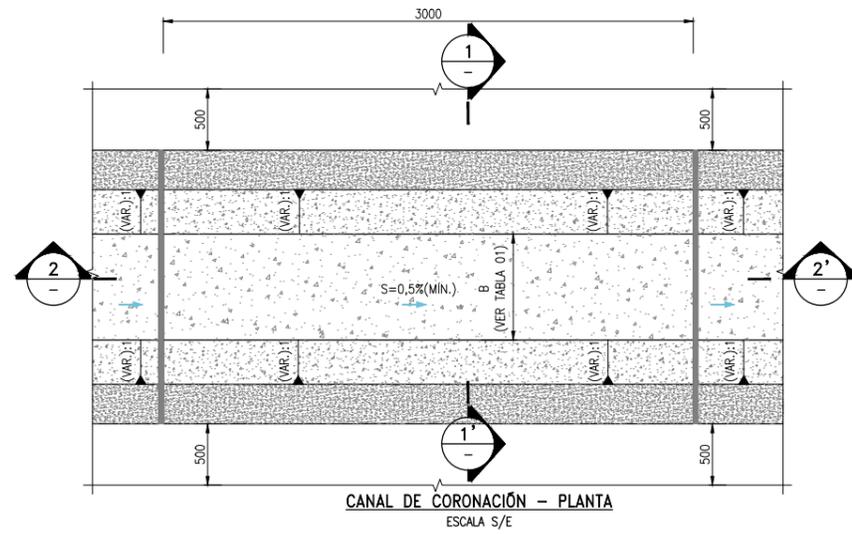
**A** SECCIÓN TÍPICA DE CANAL DE CORONACIÓN ESTE-OESTE  
ESCALA: 1/40

**PLANTA**  
ESCALA 1 : 3500

**PROYECTO:** ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA

**N° PLANO:** 100-10-001

**CONTENIDO:** HIDRÁULICA SUPERFICIAL - ARREGLO GENERAL



**LEYENDA**

- LINEA DE DISEÑO
- SUPERFICIE DE SUBRASANTE
- NIVEL DE AGUA
- CONCRETO ARMADO  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- SOLIDO DE CONCRETO  $f'c = 10 \text{ MPa}$  (100 Kg/cm<sup>2</sup>)
- ACERO ESTRUCTURAL  $f'y = 420 \text{ MPa}$  (4200 Kg/cm<sup>2</sup>)

**TABLA 01**  
DIMENSIONES DEL CANAL

CANAL DE CORONACIÓN	B (mm)	H (mm)	e (mm)
ESTE	400	400	100
OESTE - TRAMO 1	600	600	150
OESTE - TRAMO 2	600	600	150

**NOTAS TÉCNICAS**

**CONCRETO:**  
CEMENTO ASTM C3390  
AGREGADOS FINOS ASTM C3390  
AGREGADO GRUESO ASTM C3390  
AGUA ASTM C3390

EL CONTRATISTA DEBERÁ ASEGURARSE QUE LA CANTIDAD TOTAL DE MATERIALES PARA EL CONCRETO, NO EXCEDAN LOS VALORES PERMITIDOS POR LA NORMA ACI 318 Y POR EL REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES.

**RESISTENCIA DEL CONCRETO**

RESISTENCIA $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	TAMARO MÁXIMO DE AGREGADOS	USO
100	1-1/2"	PARA SOLADOS, RELLENOS SOBRE EXCAVACIONES CUANDO SEA NECESARIO.
210	1-1/2"	REVESTIMIENTO

LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN Kg/cm<sup>2</sup> SE EFECTUARÁ EN PROBETAS DE 6"X12", DE ACUERDO CON EL MÉTODO ESTÁNDAR DE PRUEBAS PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS MOLDEADOS DE CONCRETO, DESIGNACIÓN ASTM C39.

**ENCOFRADOS:**  
LOS ENCOFRADOS DEBERÁN PROPORCIONAR SUPERFICIES EXPUESTAS DE CONCRETO, CON TEXTURA UNIFORME LIBRE DE ALETAS, SALIENTES U OTRAS IRREGULARIDADES Y DEFECTOS QUE SE CONSIDEREN INAPROPIADOS PARA ESTE TIPO DE TRABAJO, TAL QUE CUMPLAN LAS TOLERANCIAS DE LAS ESPECIFICACIONES ACI 347 "PRÁCTICA RECOMENDADA PARA ENCOFRADOS DE CONCRETO".

**ACEROS DE REFUERZO:**  
TODAS LAS VARILLAS DE REFUERZO CORRUGADAS CUMPLIRÁN CON LOS REQUISITOS DE LA ESPECIFICACIÓN ASTM A615 PARA VARILLAS DE ACERO, GRADO 60 (ESPECIFICACIONES PARA VARILLAS DE REFUERZO DE CONCRETO). EL ACERO DEBERÁ TENER UN LÍMITE DE FLUENCIA DE 4200 kg/cm<sup>2</sup>, TODOS LOS ANCLAJES Y TRASLAPES DE LAS VARILLAS SATISFARÁN LOS REQUISITOS DE LA ESPECIFICACIÓN ACI-318, REQUISITOS DEL CÓDIGO DE EDIFICACIÓN PARA CONCRETO ARMADO.

**RECUBRIMIENTOS:**  
LA DISTANCIA MÍNIMA ENTRE EL ACERO DE REFUERZO Y LA CARA EXTERIOR DEL CONCRETO SERÁ 5 cm MÍNIMO PARA TODAS LAS ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS.

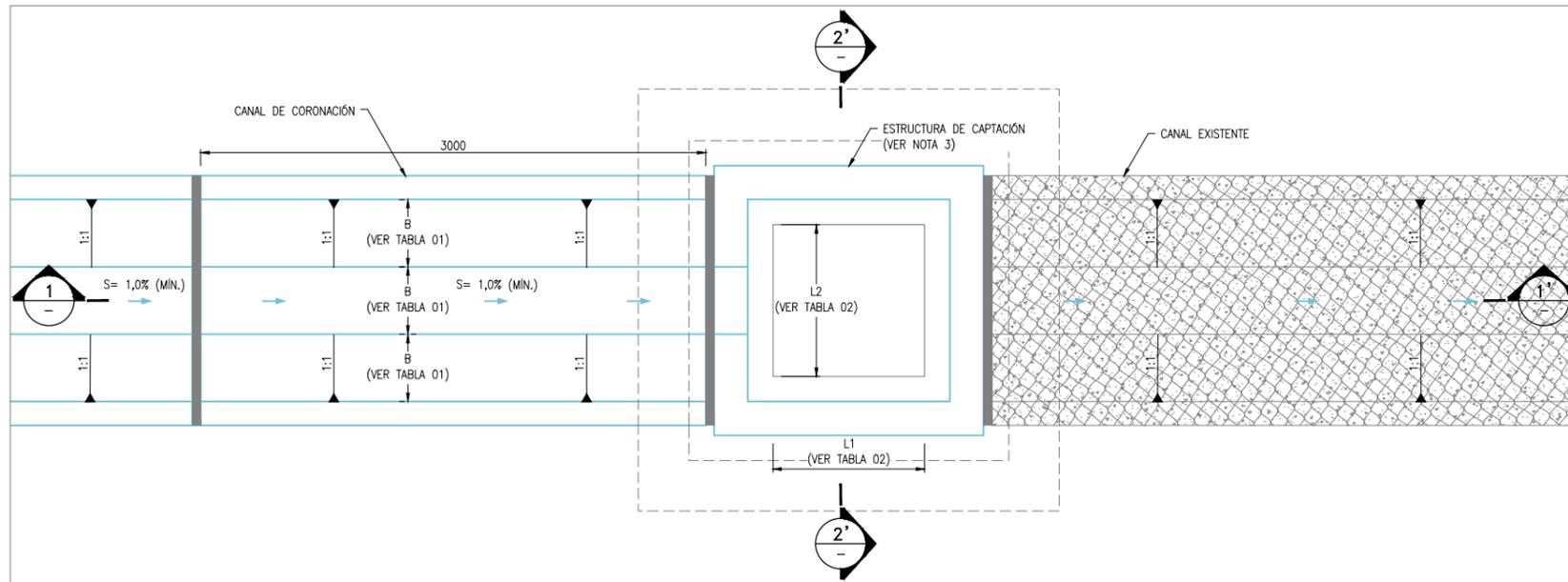
- NOTAS:**
- $f'c$  = RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DESPUÉS DE 28 DÍAS DE VACIADO EL CONCRETO.
  - LOS CÁLCULOS Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS CANALES DE CORONACIÓN SE MUESTRAN EN EL ANEXO E.1 CÁLCULOS HIDRÁULICOS.
  - TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.
  - LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN LOS PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
SECCION DE INGENIERIA EN HIDRAULICA

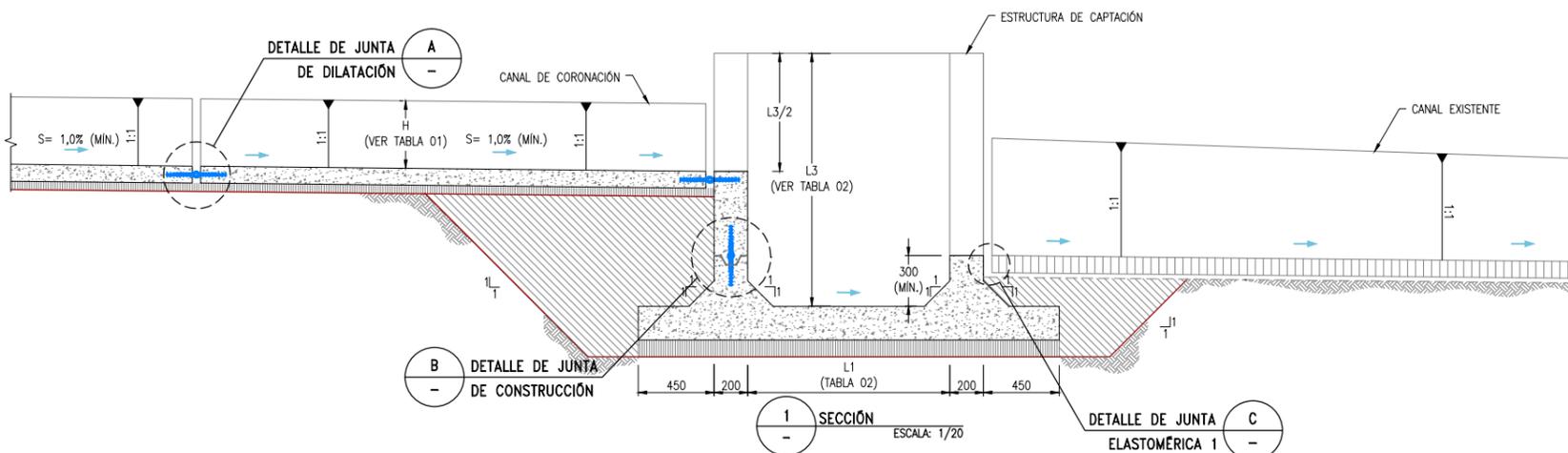
PROYECTO:  
**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA**

N° PLANO:  
100-10-002

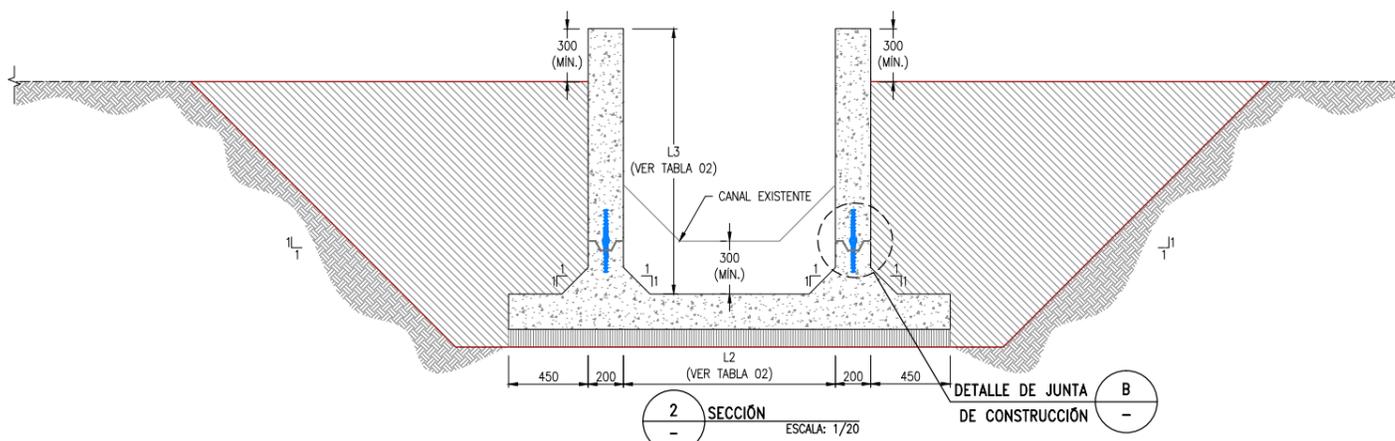
CONTENIDO:  
HIDRÁULICA  
CANALES DE CORONACIÓN - DETALLES GENERALES



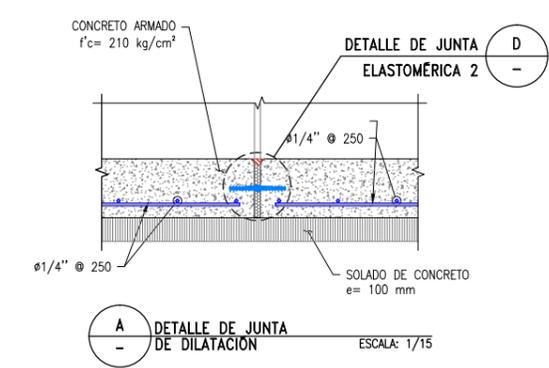
ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN - PLANTA  
ESCALA 1 : 20



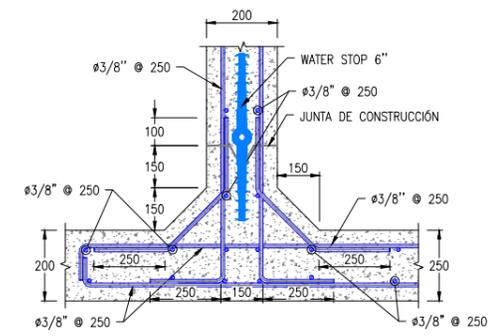
SECCIÓN 1  
ESCALA: 1/20



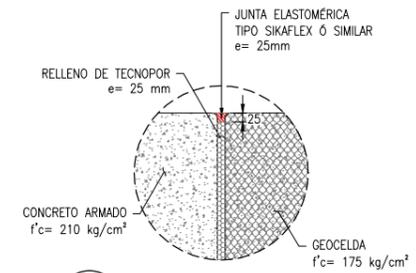
SECCIÓN 2  
ESCALA: 1/20



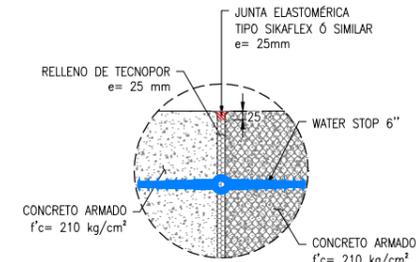
DETALLE DE JUNTA DE DILATACIÓN  
ESCALA: 1/15



DETALLE DE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN  
ESCALA: 5/E



DETALLE DE JUNTA ELASTOMÉRICA 1  
ESCALA: 1/10



DETALLE DE JUNTA ELASTOMÉRICA 2  
ESCALA: 1/10

**LEYENDA**

- ESTRUCTURA DE DRENAJE PROYECTADO
- FLUJO DE AGUA
- GEOCELDA f'c=17,5 MPa (175 Kg/cm²)
- SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
- SUPERFICIE DE SUBRASANTE
- GEOTEXTIL NO TEJIDO DE 270 g/m²
- CONCRETO ARMADO f'c=21 MPa (210 kg/cm²)
- RELLENO ESTRUCTURAL
- SOLADO DE CONCRETO f'c=10 MPa (100 kg/cm²)
- ACERO ESTRUCTURAL f'y = 420 MPa (4200 kg/cm²)

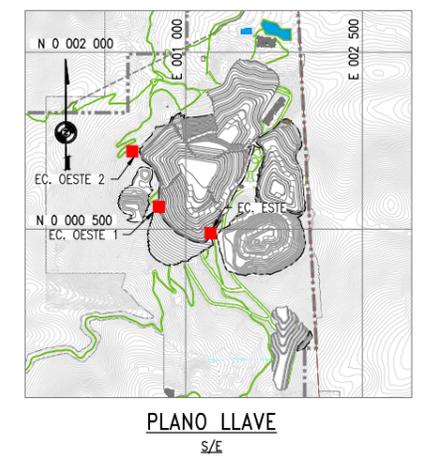
**TABLA 01**  
DIMENSIONES DEL CANAL

CANAL DE CORONACIÓN	B (mm)	H (mm)
ESTE	400	400
OESTE - TRAMO 1	600	600
OESTE - TRAMO 2	600	600

**TABLA 02**  
DIMENSIONES DE ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN

ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)
ESTE	1200	1200	1200
OESTE 1	1800	1800	1800
OESTE 2	1800	1800	1800

- NOTAS:**
- LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DEL 2015.
  - EL ÁREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVAS, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
  - LA ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN PROYECTADA TENDRÁ LA FUNCIÓN DE COLECTAR LOS FLUJOS SUPERFICIALES PROVENIENTES POR EL CANAL DE CORONACIÓN PARA DERIVARLOS HACIA EL CANAL EXISTENTE. LAS DIMENSIONES DE LOS CANALES DE CORONACIÓN SE MUESTRAN EN LA TABLA 01, MIENTRAS QUE LAS DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN, EN LA TABLA 02.
  - LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN LOS PLANOS IMPRESOS EN A1.

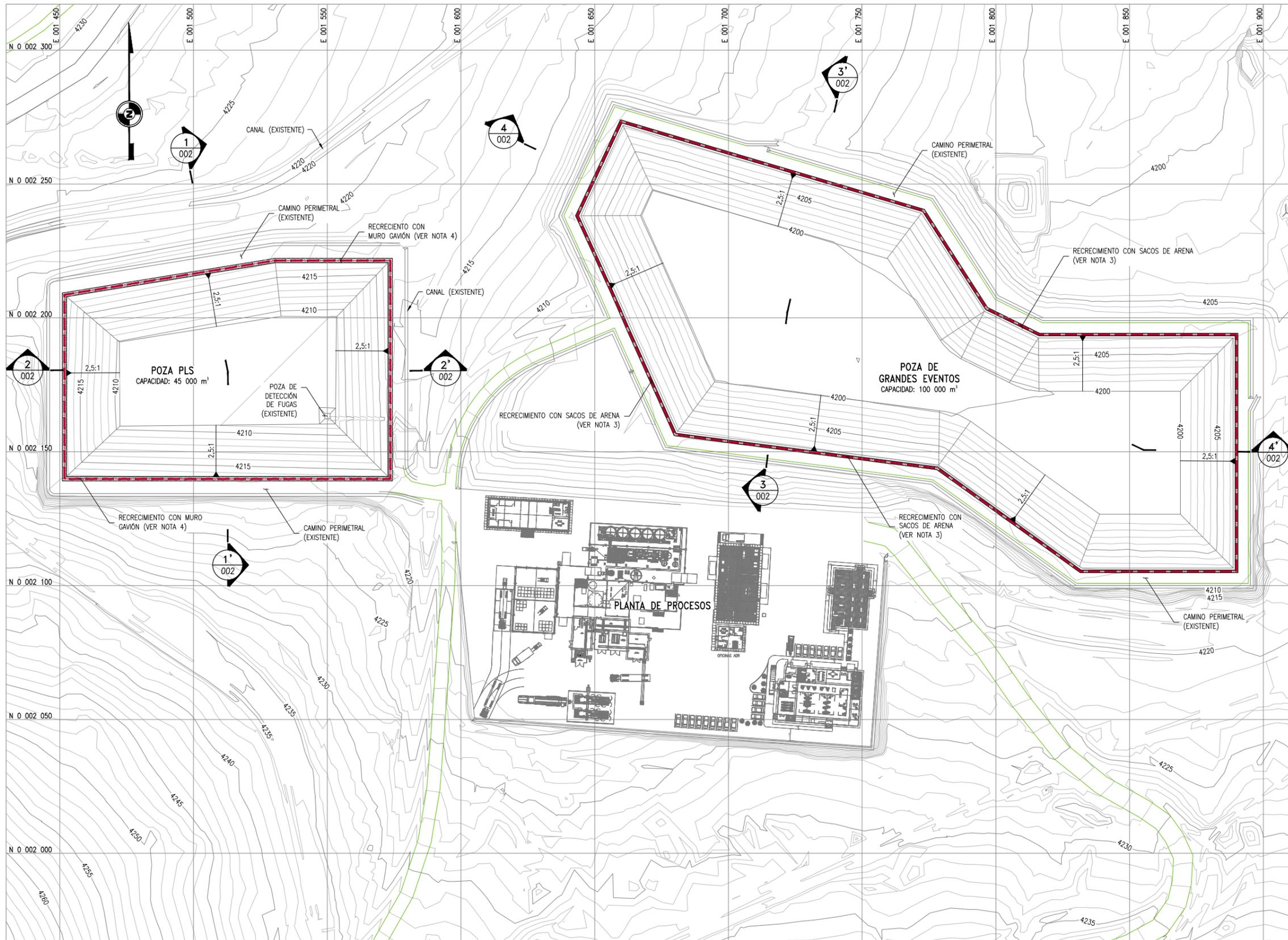


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA

N° PLANO:  
100-10-003

CONTENIDO:  
HIDRÁULICA  
ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN - PLANTA Y SECCIONES



**LEYENDA**

- CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE (VER NOTA 1)
- LINEA DE DISEÑO
- CAMINO EXISTENTE
- ESTRUCTURAS EXISTENTES
- GEOMEMBRANA DE HDPE DE 1,5 mm
- GAVIÓN

**TABLA 01**  
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

DESCRIPCIÓN	EXISTENTE (m³)	PROYECTADO (m³)
POZA PLS	30 000	45 000
POZA GRANDES EVENTOS	90 000	100 000

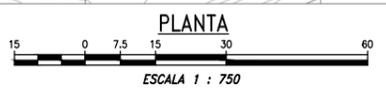
**TABLA 02**  
RECRECIMIENTO

DESCRIPCIÓN	ALTURA (mm)
POZA PLS	2000
POZA GRANDES EVENTOS	600

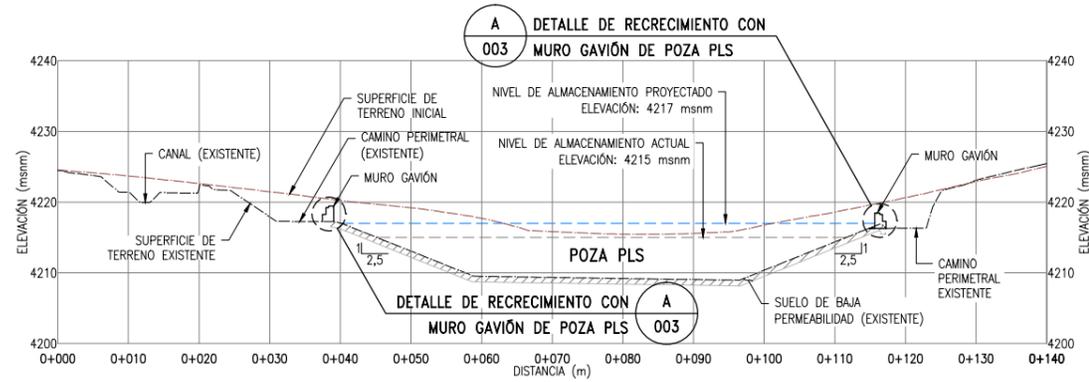
**TABLA 03**  
GEOSINTÉTICOS

DESCRIPCIÓN	GEOMEMBRANA (m²)	GCL (m²)
POZA PLS	2970	1610
POZA GRANDES EVENTOS	1080	-

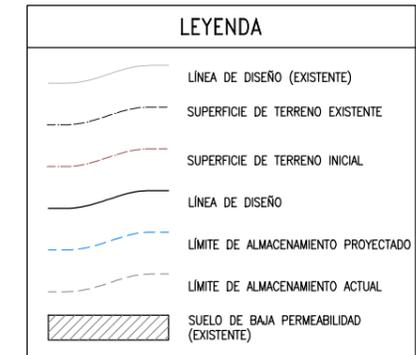
- NOTAS:**
- LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CLIENTE EN JULIO DE 2015.
  - EL ÁREA DE ESTUDIO SE MUESTRA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS UTM RELATIVAS, PROPORCIONADO POR EL CLIENTE.
  - EL RECRECIMIENTO DE LA BERMA DE LA POZA DE GRANDES EVENTOS SE REALIZARÁ CON SACOS DE ARENA, ENVUELTOS POR GEOMEMBRANA, CON UNA ALTURA DE 600 mm.
  - EL RECRECIMIENTO DE LA POZA PLS SE REALIZARÁ CON MURO GAVIÓN, CON UNA ALTURA DE 2000 mm.
  - LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



	PROYECTO: <b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA</b>
	N° PLANO: <b>110-02-001</b>
CONTENIDO: <b>POZAS PLS Y GRANDES EVENTOS ARREGLO GENERAL - PLANTA</b>	

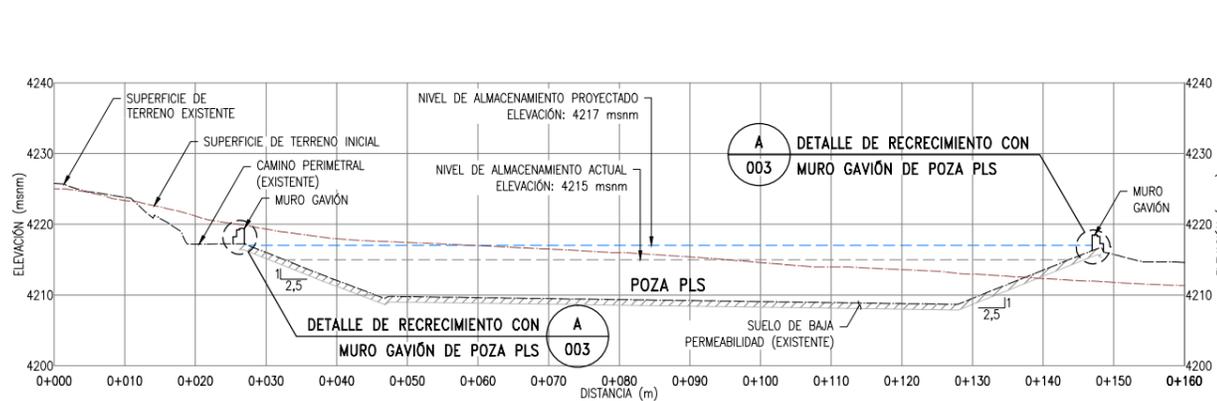


1 SECCIÓN  
001 ESCALA: 1/500

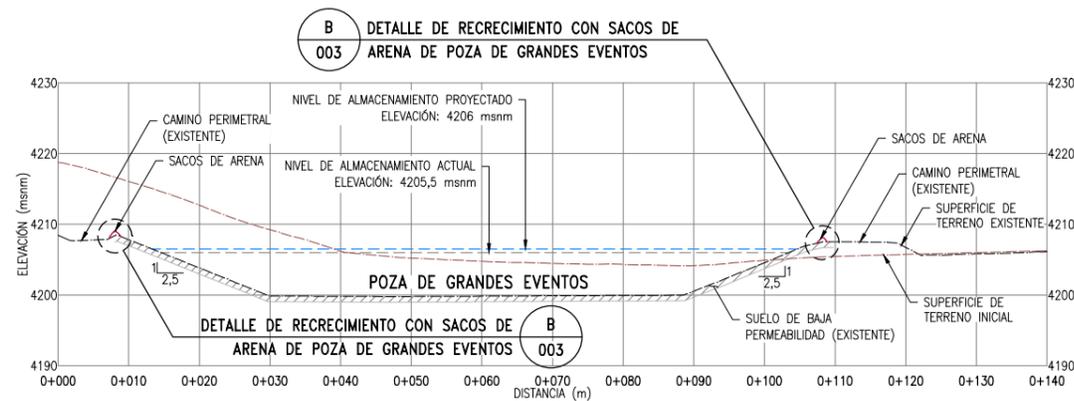


NOTAS:

1. LA INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA FUE PROPORCIONADA POR EL CUENTE EN JULIO DE 2015.
2. EL RECRECIMIENTO DE LA BERMA DE LA POZA DE GRANDE EVENTOS SE REALIZARÁ CON SACOS DE ARENA, ENVUELTOS POR GEOMEMBRANA, CON UNA ALTURA DE 600 mm. PARA MAYOR DETALLE VER EL PLANO 110-02-003.
3. EL RECRECIMIENTO DE LA POZA PLS SE REALIZARÁ CON MURO GAVIÓN CON UNA ALTURA DE 2000 mm. PARA MAYOR DETALLE VER EL PLANO 110-02-003.
4. LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



2 SECCIÓN  
001 ESCALA: 1/500



3 SECCIÓN  
001 ESCALA: 1/500



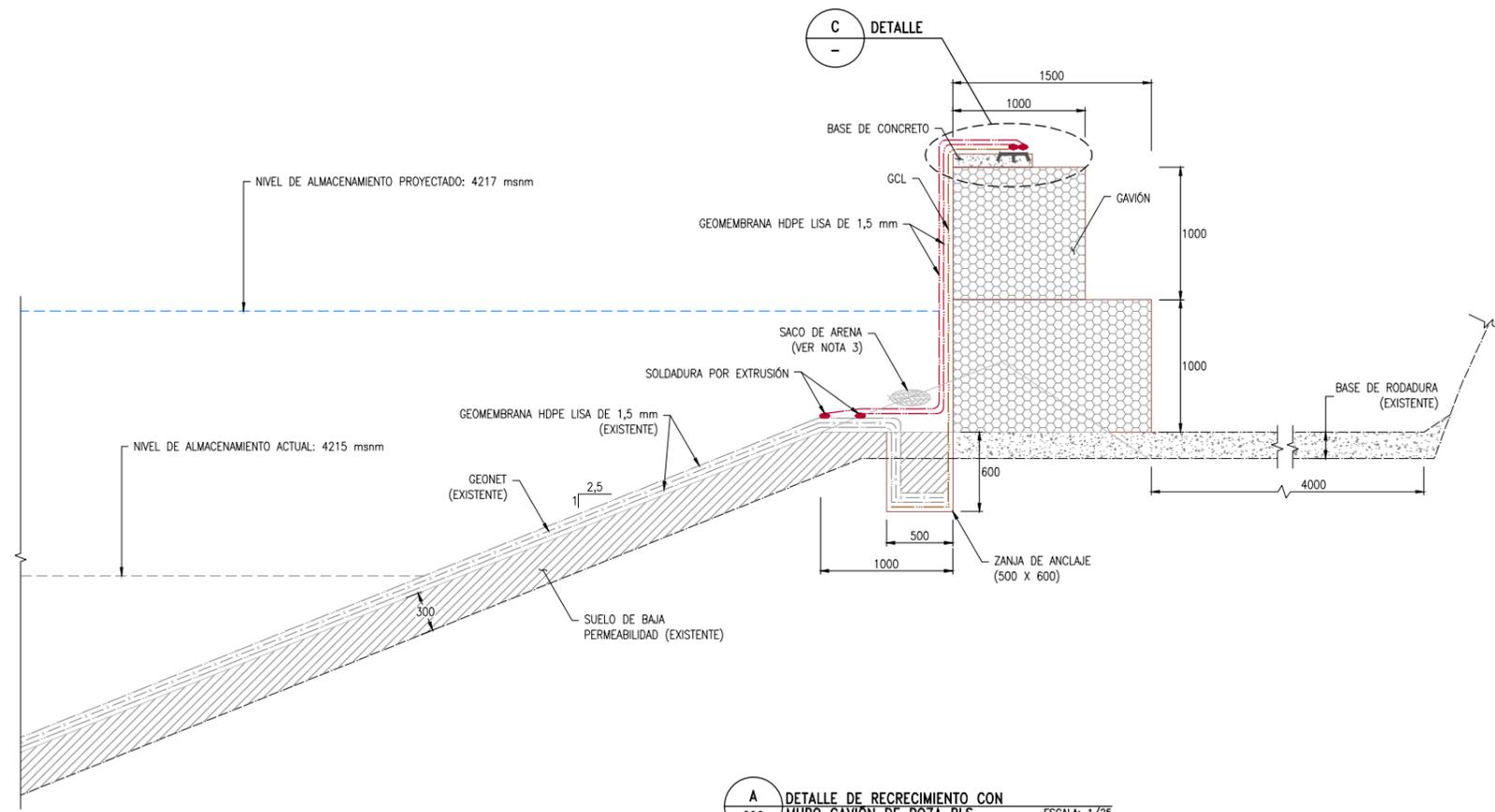
4 SECCIÓN  
001 ESCALA: 1/500



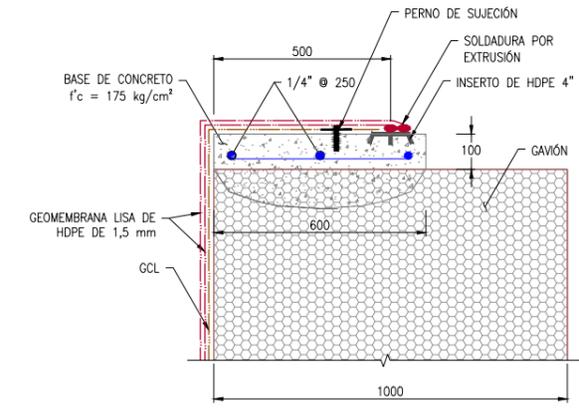
PROYECTO:  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA

N° PLANO:  
110-02-002

CONTENIDO:  
POZAS PLS Y GRANDES EVENTOS  
ARREGLO GENERAL - SECCIONES



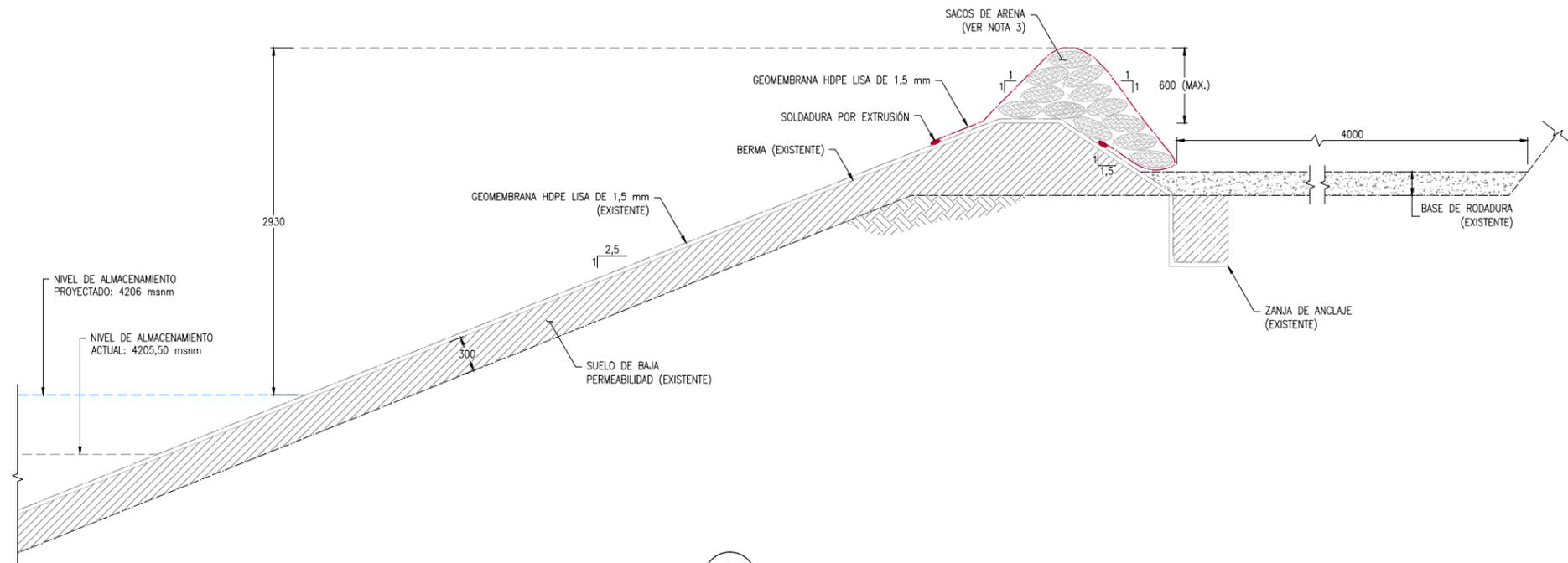
**A**  
002 DETALLE DE RECRECIMIENTO CON MURO GAVIÓN DE POZA PLS ESCALA: 1/25



**C**  
DETALLE ESCALA: 1/10

LEYENDA	
	LÍNEA DE DISEÑO (EXISTENTE)
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	LÍMITE DE ALMACENAMIENTO PROYECTADO
	LÍMITE DE ALMACENAMIENTO ACTUAL
	GEOMEMBRANA DE HDPE DE 1,5 mm
	GCL
	GEOMEMBRANA DE HDPE DE 1,5 mm (EXISTENTE)
	GEONET (EXISTENTE)
	CONCRETO ARMADO f'c = 175 kg/cm²
	BASE DE RODADURA (EXISTENTE)
	SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD (EXISTENTE)
	GAVIÓN
	SACO DE ARENA

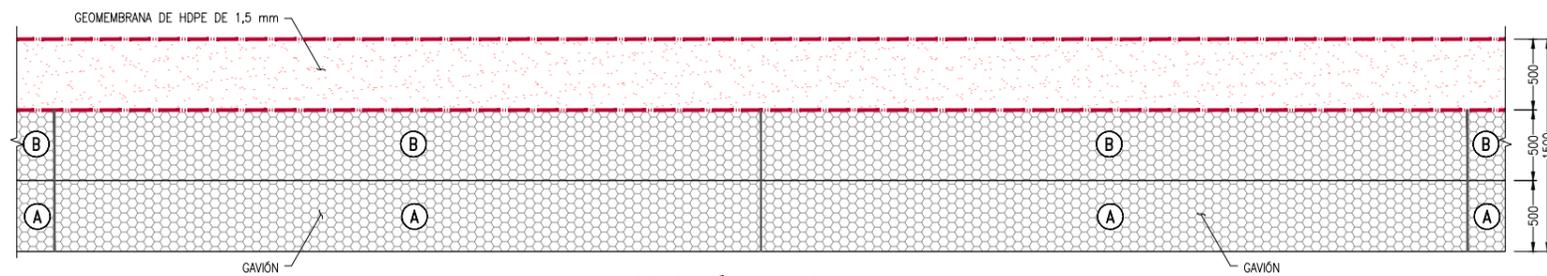
- NOTAS:
- NOMENCLATURA:  
HDPE = POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.
  - SE COLOCARÁN LOS SACOS DE ARENA PARA EVITAR LOS MOVIMIENTOS DE LA GEOMEMBRANA DEBIDO A LA CONTRACCIÓN POR LOS CAMBIOS BRUSCOS DE TEMPERATURA (TRAMPOLÍN).
  - EL RECRECIMIENTO DE LA BERMA DE LA POZA DE GRANDES EVENTOS SE REALIZARÁ CON SACOS DE ARENA, ENVUELTOS POR GEOMEMBRANA, CON UNA ALTURA DE 600 mm.
  - TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.
  - LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



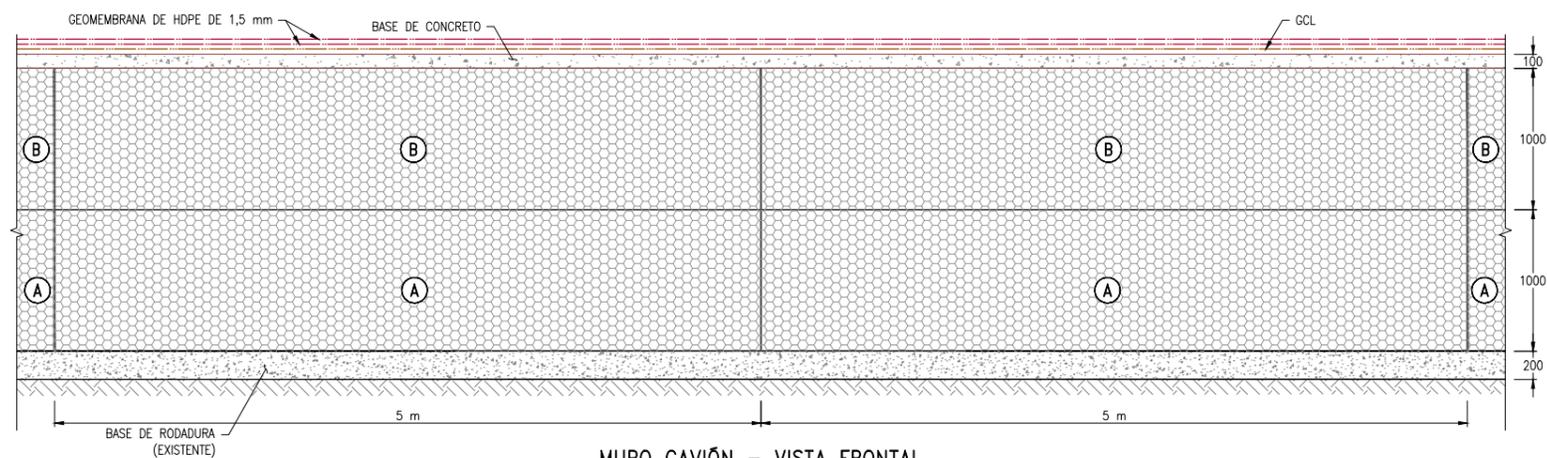
**B**  
002 DETALLE DE RECRECIMIENTO CON SACOS DE ARENA DE POZA DE GRANDES EVENTOS ESCALA: 1/25



PROYECTO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA	
N° PLANO:	110-02-003	CONTENIDO: POZAS PLS Y GRANDES EVENTOS DETALLES DE CRECIMIENTO - LÁMINA 1 DE 2



**MURO GAVIÓN – VISTA PLANTA**  
ESCALA: 1/25



**MURO GAVIÓN – VISTA FRONTAL**  
ESCALA: 1/25

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (GAVIÓN)**

GAVIÓN	VER TABLA 01
DIMENSIÓN DE MALLA	10 X 12 cm
DIMENSIÓN DE ALAMBRE	∅ 3,7 mm (GALFAN + PVC)
DIÁMETRO MEDIO DE ENROCADO	D <sub>50</sub> =150mm

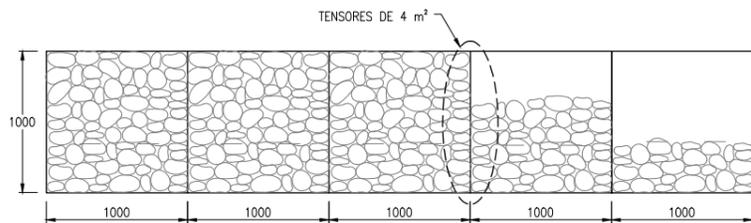
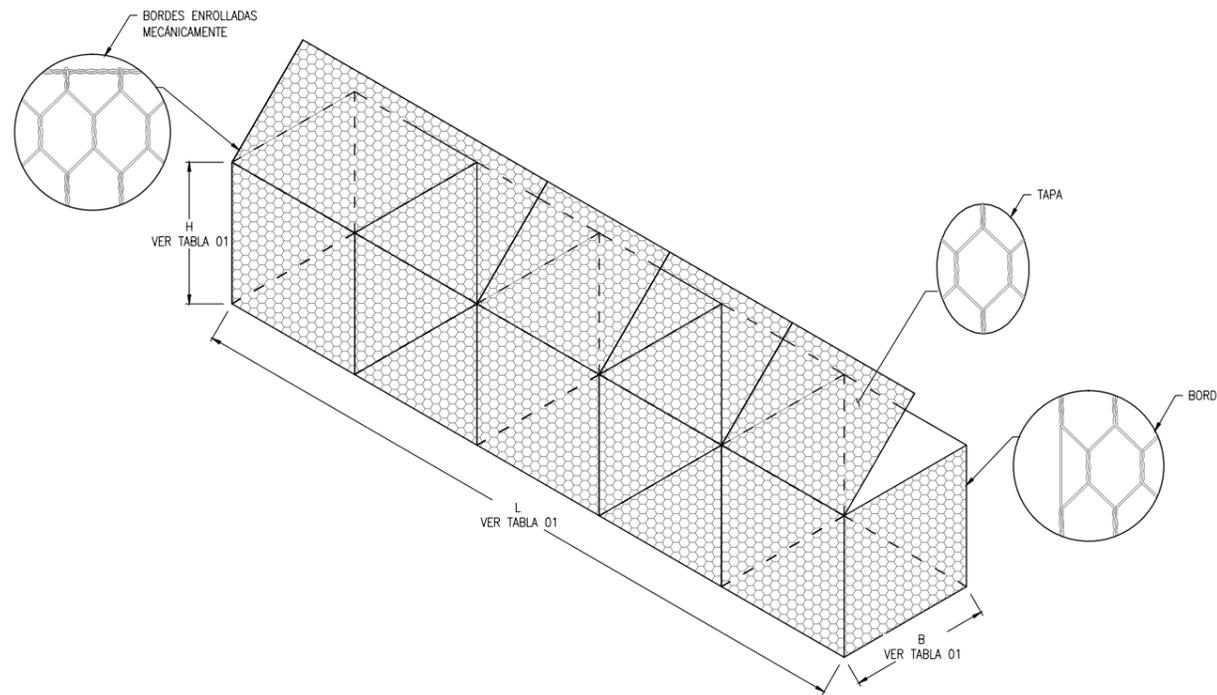
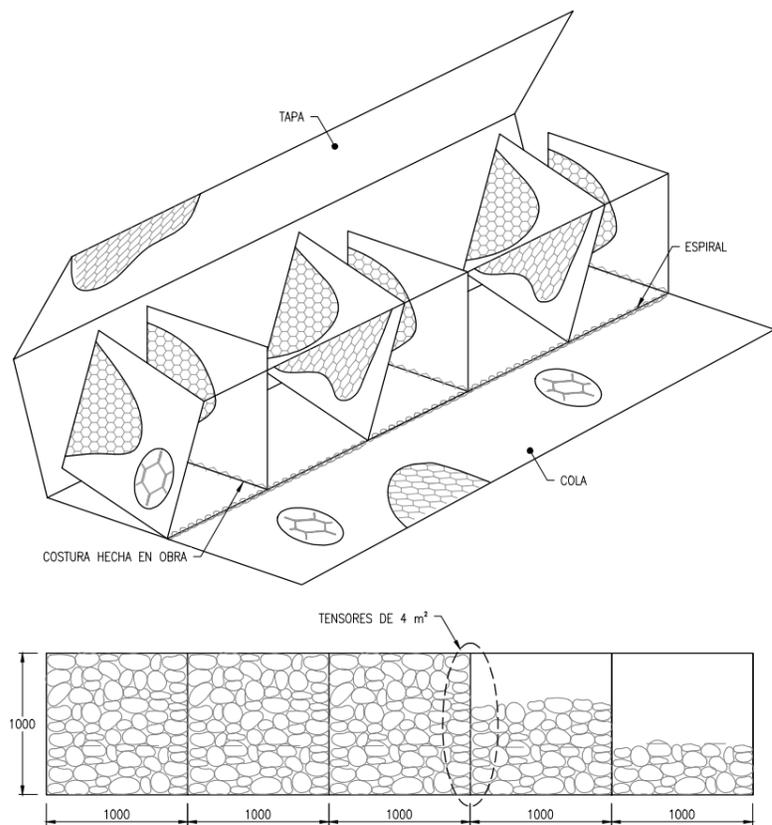
**LEYENDA**

	LINEA DE DISEÑO
	GCL
	GOMEMBRANA DE HDPE DE 1,5 mm
	GOMEMBRANA DE HDPE DE 1,5 mm
	GAVIÓN
	CONCRETO ARMADO f'c = 175 kg/cm <sup>2</sup>
	BASE DE RODADURA (EXISTENTE)

**TABLA 01**  
MEDIDAS ESTÁNDAR DE MURO DE GAVIÓN Y ELEMENTO TERRAMESH

TIPO DE GAVIÓN	L (m)	B (m)	H (m)
A	5,00	1,00	1,00
B	5,00	1,50	1,00

- NOTAS:**
1. LOS ROLLOS DE GOMEMBRANA DEBERÁN TENER UN ANCHO MÍNIMO DE 7 m Y SE INSTALARÁN CORTÁNDOLOS POR LA MITAD.
  2. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.
  3. LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



**DETALLE DE GAVIÓN**  
ESCALA: 1/25

	PROYECTO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AMPLIACIÓN DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN Y OBRAS AUXILIARES PARA UNA EMPRESA MINERA
	N° PLANO:	110-02-004
	CONTENIDO:	POZAS PLS Y GRANDES EVENTOS DETALLES DE CRECIMIENTO – LÁMINA 2 DE 2