

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA



“PLANEAMIENTO DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE RELAVES HUACHUACAJA”

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

**ELABORADO POR:
YTHONNY EDWARD ALATA ALLAIN**

**ASESOR:
MSc: ING. JUAN AGLIBERTO VIDAL CAMPOMANES**

LIMA – PERÚ

2014

AGRADECIMIENTO

A todos mis compañeros, profesores y colegas de la Universidad Nacional de Ingeniería por sus enseñanzas y consejos que han sido fructíferas a lo largo de mi carrera profesional.

DEDICATORIA

A mis padres por todo el apoyo brindado
en mi educación y formación como
profesional y persona de bien.

RESUMEN

Sociedad Minera El Brocal es una compañía minera polimetálica que en el mediano plazo se ha trazado aumentar la capacidad de su planta de procesamiento a 18,000 toneladas diarias. El aumento de la producción de mineral demanda la construcción de una Presa capaz de almacenar los relaves provenientes de la planta de procesamiento, siendo indispensable un estudio detallado en la obtención de los materiales de construcción para la Presa.

La primera etapa de construcción alcanzará la cota 4247 msnm. La estrategia y planeamiento en la obtención de los materiales de construcción es el motivo del presente informe. En dicha etapa se requiere utilizar aproximadamente 1.60 millones de m³ de material.

Se ha desarrollado dos zonas alternativas para la obtención de materiales que cumplen con las características requeridas para el diseño de la presa, la primera utilizaría el material de la Zona Noreste del Tajo Norte (Colquijirca) ubicada en las coordenadas: Norte: 8,811,460, Este: 361,440 y la cota 4394 msnm y dos canteras cercanas: Cantera de Morrena y cantera de roca intrusiva. La segunda alternativa sería la Zona Sur del tajo Norte ubicada en las coordenadas: Norte 8,810,958, Este: 361,290 con cota 4402 msnm, descartando la posibilidad de explotar alguna cantera cercana. El principal impacto ambiental en la etapa de construcción es la proliferación de polvo alrededor de las comunidades, sin embargo, se tiene programado un continuo riego a través de cisternas de agua durante la operación.

Las ventajas y desventajas de ambas alternativas así como los costos de extracción son indispensables para la elección de la alternativa más favorable en el desarrollo del proyecto.

ABSTRACT

Sociedad Minera El Brocal is a polymetallic mining company in the medium term has established objectives as increasing the capacity of its processing plant to 18,000 tonnes per day. The expanded production demand the construction of a dam able to store tailings from the processing plant, be essential a study detailed in obtaining construction materials for the dam.

The first phase of construction of the dam will reach the altitude 4247 m. The strategy and planning in obtaining construction materials is the reason to the present report. At that stage, is required to use about 1.60 million m³ of construction material.

This report has developed two alternatives areas for obtaining of materials, which fulfill with the granulometric characteristics required for construction of the dam. The first alternative would use the material's Northeast Tajo Norte (Colquijirca) it is located at: North: 8,811,460, East: 361,440 and altitude of 4394 m. and two nearby quarries: Moraine Quarry and intrusive rock quarry. The second alternative contemplates obtaining the material in the South Zone of the Tajo Norte, it is located at: North: 8,810,958, East: 361,290 and altitude 4402 m. discarding the possibility of exploiting a nearby quarry. The main environmental impact is the proliferation of dust around the communities, however is scheduled continuous irrigation through water tankering.

The advantages and disadvantages of both alternatives and the costs of extraction are essential for choosing the most favorable alternative development project.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	ASPECTOS GENERALES.....	11
1.1	Programa de Construcción de la Presa.....	12
1.2	La Presa de relaves	13
1.3	Diseño y construcción de la Presa	14
1.3.1	Criterios de diseño de la Presa de Relaves.....	14
1.3.2	Puntos de Monitoreo e Instrumentación geotécnica.....	15
1.4	Ubicación del proyecto.....	19
1.5	Geología de la Zona.....	21
CAPÍTULO II	ALTERNATIVA 1: MATERIAL DE CANTERAS.....	23
2.1	Características requeridas del material provenientes de las canteras	23
2.1.1	Característica granulométrica de los materiales.....	23
2.2	Zonas de evaluación de materiales para la obtención de materiales.....	26
2.2.1	Material de Cantera de Morrenas	26
2.2.2	Cantera de Intrusivos para Material Tipo 2 y 3.....	27
2.2.3	Zona Noreste.....	28
2.3	Plan de minado de las canteras	31
2.3.1	Plan de minado de la Cantera de Morrenas	33
2.3.2	Plan de minado de la Cantera de Intrusivos.....	38
2.3.3	Plan de minado de la Zona Noreste del Tajo.....	46
2.3.3.1	Riesgos y Oportunidades (Zona Noreste).....	54
2.3.4	Resumen de costos de la explotación de canteras	55
2.4	Compactación	56
CAPÍTULO III	IMPACTO AMBIENTAL.....	58
3.1	Recomendaciones del EIA.....	58
3.2	Medidas ambientales en operación.....	59
3.2.1	Medidas de mitigación en la etapa de construcción	59
3.2.1.1	Flora y vegetación.....	60
3.2.1.2	Fauna.....	61
3.3	Consideraciones de Cierre.....	63
3.4	Plan de emergencia	64

3.5	Medidas de Compensación de Impactos para la ampliación de la Planta a 18,000 toneladas diarias	64
-----	--	----

CAPÍTULO IV ALTERNATIVA 2: CANTERA DE MORRENAS Y MATERIAL DEL TAJO - ZONA SUR66

4.1	Costos y planeamiento para la Extracción de material de la Zona Sur del Tajo .	67
4.1.1	Ensayos de Laboratorio.....	67
4.1.1.1	Granulometría	68
4.1.1.2	Desgaste a la abrasión	69
4.1.1.3	Resistencia a la Carga Puntual	69
4.1.1.4	Ensayo de límites de Atterberg	70
4.1.2	Cantidad	70
4.2	Planeamiento de minado de la Zona Sur del Tajo	71
4.3	Costos.....	73

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 76

	Conclusiones	76
	RECOMENDACIONES.....	78

TABLAS

Tabla 1.1:	Requerimiento de Material Durante la Construcción de la Presa	12
Tabla 1.2:	Requerimiento de material por meses (Hasta la cota=4217).....	12
Tabla 2.1:	Distancia y gradientes en los diferentes tramos de la ruta de acarreo	32
Tabla 2.2:	Parámetros técnicos de diseño de la Cantera de Morrenas	34
Tabla 2.3:	Volúmenes de material por banco de Cantera de morrenas	35
Tabla 2.4:	Resumen de Costos para la Extracción del Material Tipo1	38
Tabla 2.5:	Parámetros de Diseño para Minado – Cantera Roca Intrusiva.....	40
Tabla 2.6:	Volumen del material por bancos – Cantera Roca Intrusiva.....	42
Tabla 2.7:	Costos unitarios de extracción de los Materiales Tipo 2 y 3 a la Presa	45
Tabla 2.8:	Costo total por tipo de material a remover desde cantera a presa.	45
Tabla 2.9:	Programa de Minado para la Caliza Útil de Acuerdo al Plan de Minado de SMEB ..	46
Tabla 2.10:	Requerimiento de Material Tipo 4 para la Presa.....	47
Tabla 2.11:	Parámetros de Diseño para Minado – Zona Noreste.....	48
Tabla 2.12:	Volumen de material caliza Zona Noreste	50
Tabla 2.13:	Costo de extracción material caliza del Tajo- Zona Noreste.....	53
Tabla 2.14:	Costo total de todas las alternativas analizadas	55
Tabla 2.15:	Equipos a ser utilizados para la explotación de Canteras.....	55
Tabla 4.1	Costos unitarios proyectados.....	67

Tabla 4.2: Resumen del tamaño de partículas - Zonas Sur.....	69
Tabla 4.3: Resumen de ensayos UCS– Zona Sur.....	70
Tabla 4.4: Ensayo de la muestra de la Zona Sur.....	70
Tabla 4.5: Cantidad de Material necesario por mes	71
Tabla 4.6: Zona Sur por Bancos.....	72
Tabla 4.7: Costo de producción de materiales-Zona Sur.....	74
Tabla 4.8: Equipos necesarios en la Operación – Zona Sur.....	75
Resumen de costos de las dos alternativas	77

FIGURAS

Figura 1.1: Diseño de Planta de la Presa de Relaves Huachuacaja.....	18
Figura 1.2: Ubicación del proyecto	20
Figura 2.1 Curva granulométrica por tamizado (Material de Canteras)	25
Figura 2.2 Vista general de la Cantera de morrenas	27
Figura 2.3: Vista del intrusivo	28
Figura 2.4: Vista del Tajo, donde se visualiza la caliza útil en Flanco Chocayoc	30
Figura 2.5: Vista del Tajo, donde se visualiza las zonas de caliza	31
Figura 2.6: Vista de planta y de perfil de la Cantera de Morrena.....	37
Figura 2.7: La Cantera de Intrusivo al límite final	41
Figura 2.8: Vista General de la Cantera de Material tipo 4 – Zona Noreste	49

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

Nomenclatura

SMEB : Sociedad Minera El Brocal

msnm : Metros sobre el nivel del mar

m : Metros

m³ : Metros cúbicos

mm : Milímetros

cm : Centímetros

Km : Kilómetro

Km² : Kilómetro cuadrado

Ktdp : Kilotonelada por día

l/s : Litros por segundo

cm/s : Centímetros por segundo

°C : Grados Celsius

Mpa : Megapascales

Gr/cm³ : Gramos por centímetro cúbico

t/m³ : Tonelada por metro cúbico

m³/día : Metros cúbico por día

US\$: Dólares

US\$/m³: Dólares por metro cúbico

ABA : Ensayos ácido-base

LP : Límite Plástico

LL : Límite Líquido

IP : Índice de Plasticidad

SUCS : Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

INTRODUCCIÓN

El presente informe plantea desarrollar una alternativa adecuada en el abastecimiento de material de construcción para la Presa de Relaves Huachuacaja. Sociedad Minera el Brocal en su plan de ampliación de la capacidad de su planta de procesamiento a 18,000 toneladas diarias, requiere hacer un estudio general de todos los procesos necesarios para la iniciación de la construcción de la nueva Presa con el fin de almacenar los relaves generados del proceso plomo-zinc y de cobre-arsénico.

El abastecimiento de material de construcción para la Presa ha sido programado por etapas. En el presente informe nos dedicaremos a la planificación de la extracción del material para satisfacer la demanda en la primera etapa de construcción.

Existen dos alternativas de planificación en la extracción de materiales, en ambas alternativas se evalúa el costo y las facilidades del proceso de construcción de la Presa. Conforme se describa los procesos y componentes que intervienen en nuestro análisis se seleccionará la alternativa más conveniente a desarrollar.

La primera alternativa considera explotar una cantera de morrenas cercana a la planta de procesamiento, una cantera de material intrusivo y extraer material del Tajo (Zona Norte). Las ubicaciones de las canteras son señaladas en el desarrollo

del presente informe. Los tipos de material que abastecerá cada una de las canteras son descritos a continuación:

- Material Tipo 1, relleno de baja permeabilidad
- Material Tipo 2 y 3, enrocado material de transición.
- Material Tipo 4, relleno masivo para el cuerpo de la presa

En la primera alternativa se ha establecido que, durante la construcción de la presa los materiales sean transportados desde las canteras que han sido evaluadas por cada tipo de rocas hasta un punto de almacenamiento cercano a la Presa.

La segunda alternativa contempla la posibilidad de adelantar el desbroce del “Tajo Norte” complementado con la extracción de material de la Cantera de Morrenas. Mina Colquijirca. SMEB (Sociedad Minera El Brocal) ha evaluado un planeamiento de minado en la zona Sur del Tajo, de donde se aprovecharía la explotación de los materiales tipo 2, 3 y 4 para la construcción de la presa de relaves.

La primera etapa de construcción de la presa, el cual es el motivo del presente informe, contempla llegar a la cota 4217 msnm, la presa se ubica en las coordenadas N 8,807,482 y E 359,000 donde se utilizará aproximadamente 1.60 millones de m³ de material extraídos de las canteras mencionadas, o en su defecto, extraídos del Tajo Norte.

CAPÍTULO I

CAPÍTULO II ASPECTOS GENERALES

El alcance de trabajo incluye lo siguiente:

- Definir a nivel de detalle, las áreas de las canteras donde se encuentra el material de calidad que cumpla las condiciones de calidad y cantidad exigidas para la construcción de la presa.
- Elaborar el Plan de Minado para las diferentes Canteras.
- Definir al detalle otras áreas alternativas para la extracción de los materiales. Se incluirán los diseños de explotación para estas canteras.
- Conclusiones finales de las canteras a utilizar, diseños y planes de explotación de estas canteras.
- Estimado de costos con una aproximación de +/- 10%.
- El presente Estudio considera los diseños para la fase inicial del proyecto – elevación 4217 msnm.
- Se diseñó la presa en función al tipo de rocas, que son las siguientes:
 - Material Tipo 1, morrena.
 - Material Tipo 2, enrocado fino.
 - Material Tipo 3, enrocado grueso.
 - Material Tipo 4, material para el cuerpo de la presa.

1.1 Programa de Construcción de la Presa

El programa de requerimiento de material para la construcción de la presa se observa en la Tabla 1.1, donde se detalla las cotas de cada etapa de construcción. Nuestro estudio contempla desarrollar la Etapa 1 (cota 4217 msnm) y la extracción de los materiales 1, 2, 3 y 4.

Tabla1.1: Requerimiento de Material Durante la Construcción de la Presa

ETAPA	CORONA DE PRESA (msnm)	AÑO DE DEPOSITACIÓN DE RELAVE	MATERIAL REQUERIDO POR TIPO			
			1	2	3	4
1	4217	2	429,300	156,600	285,100	660,000
2	4228	6	90,624			1,314,903
3	4234	10				858,760
4	4243	15				1,035,151
5	4247	20				422,979
TOTAL (m³)			519,924	156,600	285,100	4,291,793

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica del Depósito de Relaves Huachuacaja (Golder, 2010).

Para la construcción de la primera etapa de la presa hasta la cota 4217 msnm, se utilizará aproximadamente 1.60 millones de m³ de material de construcción, que serán extraídos de las canteras evaluadas.

En la Tabla1.2, se muestra el requerimiento de material por meses, desde el momento en que se inicia la construcción.

Tabla1.2: Requerimiento de material por meses (Hasta la cota=4217)

Material	Tiempo de ejecución	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Total
	Mes	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
Tipo 1	4.5	47,700	95,400	95,400	95,400	95,400	429,300
Tipo 2	2	52,200	52,200			52,200	156,600
Tipo 3	4.5	32,000	72,300	72,300	72,300	36,200	285,100
Tipo 4	4		165,000	165,000	165,000	165,000	660,000
TOTAL		131,900	384,900	332,700	332,700	348,800	1,531,000

Fuente: Estudio de Ingeniería Básica del Depósito de Relaves Huachuacaja (Golder, 2010).

1.2 La Presa de relaves

Se ha considerado ubicar la presa de relaves en el sector más angosto de la quebrada Huachuacaja, en donde tiene un ancho promedio de 200 m en el fondo del valle. La presa de relaves está considerada como una presa zonificada construida con material de enrocado, suelo morrénico y desmonte de mina no generador de ácido obtenido del tajo Norte.

- Impermeabilización del talud de aguas arriba mediante una cobertura de suelo de baja permeabilidad con un espesor mínimo de 10 m, sobre el cual se colocará una geomembrana de HDPE de 1.5 mm. Este sistema de impermeabilización tiene por objetivo minimizar las filtraciones a través de la presa de relaves.
- Instrumentación geotécnica de la presa. Consistirá en la instalación de piezómetros de fibra óptica, celdas de asentamiento y acelerógrafo. Esta instrumentación tiene por objetivo medir la presión de poros, las deformaciones de la presa y su fundación, así como medir registros sísmicos, todo ello con la finalidad de monitorear el comportamiento de la presa.

La presa de relaves considera un tratamiento de fundación consistente en:

- Excavación del material de turba y orgánico superficial, en un espesor promedio de 4 m en toda el área de fundación de la presa, en el fondo del valle. Esta excavación será realizada al inicio de la construcción (Etapa1)
- Para el cierre del depósito de relaves se ha considerado un tratamiento de fundación mediante columnas de gravas y construcción de una berma de pie. La aplicación o no de este tratamiento de fundación dependerá de lo

reportado por el monitoreo de la instrumentación geotécnica y de las pruebas de SPT de verificación de mejoramiento de la resistencia del terreno de fundación a realizarse durante el cuarto (4) año de la operación del depósito de relaves.

El esquema de perfil de la presa se observa en el **Anexo N°1**. Se señalan las etapas de construcción que en nuestro estudio llegará hasta la cota 4217 msnm(Fuente: “Estudio de Ingeniería Básica del Depósito de Relaves Huachuacaja”).

1.3 Diseño y construcción de la Presa

La Presa de relaves será construida con material de cantera, suelo, roca y desmonte de mina. Los materiales seleccionados no serán generadores de aguas ácidas. La construcción se iniciará con la excavación de la base de 4 metros de profundidad y remoción del material orgánico de la superficie el cual será reemplazado por el enrocado grueso (Material tipo 3). El material de baja permeabilidad servirá como base del talud aguas arriba de la presa (Material tipo 1) e incluye una geomembrana de HDPE para minimizar las filtraciones a través de la presa de relaves. El talud de aguas abajo será construido con material de desmonte de mina del tajo Norte (Material 4). Entre el Material 3 y 4 se ha considerado un material de transición (Material 2). El diseño de la presa se puede apreciar en mayor detalle en el **Anexo N°2**.

1.3.1 Criterios de diseño de la Presa de Relaves

- Alejar la poza del depósito de relaves de la ladera oeste del depósito de relaves donde hay evidencia de zonas cársticas y alineamientos de

fallas, ambas probables vías de filtración fuera del área del depósito de relaves.

- Alejar la poza del depósito de relaves de la presa de relaves. Esto para minimizar riesgos de inestabilidad de la presa de relaves.
- Manejo flexible del sistema de recuperación de agua desde la poza del depósito de relaves.
- Inhibir la oxidación de los relaves. Esto para minimizar el riesgo de generación de ácido de los relaves.
- Que los relaves depositados sean la cobertura de cierre de los pasivos de escoria y carbón existentes en la ladera Este de la quebrada Huachuacaja.
- Facilitar el cierre del depósito de relaves.

1.3.2 Puntos de Monitoreo e Instrumentación geotécnica

La construcción de la presa considera instalación de puntos de monitoreo y de instrumentación geotécnica.

- **Poza colectora de filtraciones y pozos de monitoreo de calidad del agua subterránea** para coleccionar las filtraciones que provienen del depósito de relaves y que salen al pie de la presa Huachuacaja. Se considera ubicar esta poza a 50 m aguas abajo del pie de la presa de relaves y tendrá la capacidad de colección de filtraciones del orden de 10 l/s durante 6 horas. Esta poza colectora de filtraciones considera un sistema de bombeo con capacidad de impulsión de 10 l/s hasta la presa Huachuacaja. En caso la calidad del agua coleccionada sea de calidad III (según estándar de la DGA-MEM), será direccionada al curso de la

quebrada Huachuacaja. Aguas abajo y aguas arriba de la poza colectora de filtraciones se ha considerado 1 pozo de monitoreo de 50 m de profundidad que permite el monitoreo de la calidad del agua subterránea y mediciones del nivel de agua.

- **Canales de derivación de aguas superficiales perimetrales al depósito de relaves Huachuacaja.** Se ha considerado los canales este y oeste de 5.9 y 2.6 km de longitud, respectivamente. Los canales serán revestidos con mampostería y coleccionarán las aguas de aporte de agua natural de un área de cuenca de 6.7 km², que es el 40% del área de la cuenca total del depósito de relaves. Estas obras hidráulicas disminuirán las aguas de lluvia que pueden confluir al depósito de relaves y devolverán las aguas naturales superficiales aguas abajo del depósito de relaves.
- **Sistema de transporte de relaves en pulpa** desde la Planta Concentradora Huaracaca (actual y nueva) a la nueva Planta de Espesamiento de relaves. Consiste en un sistema de impulsión de relaves en pulpa desde la actual planta concentradora, 7,000 toneladas diarias hasta la nueva Planta de Espesamiento de relaves mediante una línea de impulsión de 650 m de longitud de HDPE de 22" SDR 9. Desde la nueva Planta Concentradora se impulsará los relaves en pulpa, 11 ktpd, a la nueva Planta de Espesamiento de relaves mediante una línea de impulsión de 570 m de longitud de HDPE de 28" SDR 11. La cota promedio de ambas plantas concentradoras es 4200 msnm y la cota de la Planta de Espesamiento de relaves será 4250 msnm.
- **Sistema de impulsión y transporte de emergencia de relaves en pulpa** desde la nueva Planta de Espesamiento de relaves hasta la

ladera oeste del depósito de relaves, adyacente a la presa Huachuacaja. Esta línea es de 1.3 km y es una tubería de HDPE de 28" SDR 17 con capacidad para transportar el 100% de los relaves a un contenido de sólidos de 20%. La tubería de emergencia de relaves trabajará mediante un bypass del espesador y se activará cuando el espesador o el sistema de impulsión de relaves espesados no opere por mantenimiento o por alguna falla técnica. La impulsión de los relaves en pulpa de este sistema de emergencia será mediante bombas centrífugas.

- **Sistema de recirculación de agua desde la poza del depósito de relaves al Tanque Colector de agua de la planta concentradora.** Diseñado para bombear 134 l/s desde una barcaza hasta una estación booster y luego por bombeo hasta el Tanque Colector del agua de proceso, ubicado adyacente a la Planta de Espesamiento de relaves, con tubería de HDPE de 12" SDR 11. En los primeros cuatro (4) años de operación la longitud de impulsión es de aprox. 2.9 km. La estación booster tendrá dos (2) ubicaciones distintas, la primera a 1 km de la presa de relaves y a la cota 4220 msnm, la segunda ubicación será a 2.5 km de la presa de relaves y a la cota 4225 msnm.

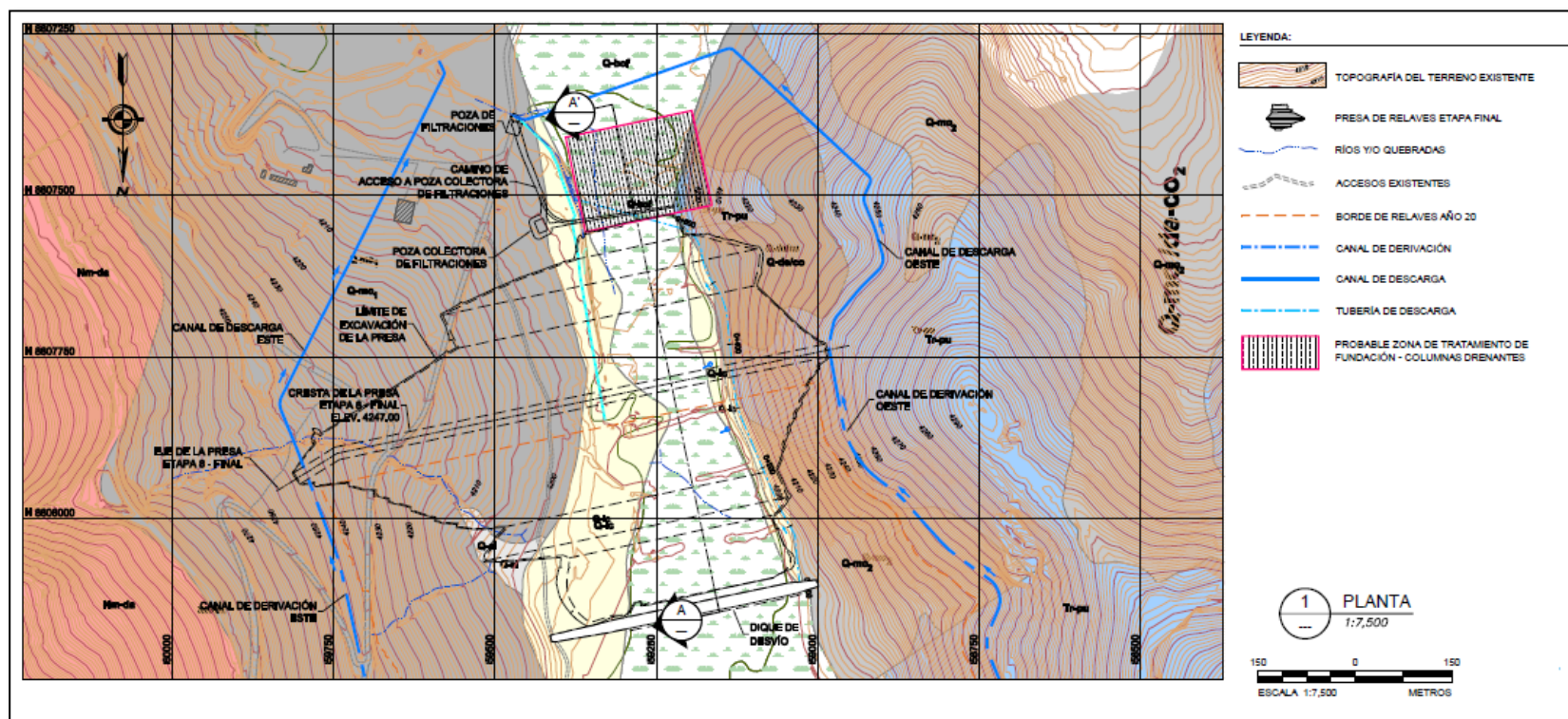


Figura 1.1: Diseño de Planta de la Presa de Relaves Huachuacaja (Fuente: "Ingeniería de Detalle del Depósito de Relaves Huachuacaja", Golder 2010)

1.4 Ubicación del proyecto

La Presa de Relaves se Ubicará a 2 km. Al Nor-noreste de la Planta concentradora (Huaraucaca). Se aprovechará la geografía del lugar al contar con un amplio vaso que permitirá tener la capacidad de almacenar la cantidad de relaves requerido, además cuenta con la ventaja de no estar cerca a los poblados adyacentes a la zona.

El proyecto se ubica en el distrito de Tinyahuarco, provincia de Pasco, departamento de Pasco a 4230 msnm, y se encuentra cercana a la mina marcapunta Norte (Mina Subterránea – SMEB) y colindante con la Planta de Procesamiento en Huaraucaca.

La Mina Colquijirca (SMEB) se ubica a 320 km de la ciudad de Lima, a través de la carretera central, en el tramo Lima-Huánuco. El mineral de la mina es explotado mediante método de explotación superficial obteniéndose principalmente mineral de zinc y plomo y cercano al tajo se explota mediante cámaras y pilares, aunque, recientemente se ha transformado el método de explotación subterránea a *Sublevel/Stopping* con buenos resultados en la producción de mineral de cobre.

En la siguiente figura se tiene una vista panorámica de la ubicación del proyecto:



Figura 1.2: Ubicación del proyecto

1.5 Geología de la Zona

El proyecto del depósito de relaves se ubica en la Cordillera Occidental de los Andes, dentro del área que comprende los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores de la Carta Geológica Nacional.

La región se caracteriza por presentar una topografía plana y ondulada, configuración que es originada por un control litológico y morfoestructural; es así que, la superficie se establece truncando el plegamiento de la tectónica andina que afecta principalmente secuencias de rocas de los Grupos Mitu y Pucará.

El área se encuentra sobre los 4200 msnm y los 4500 msnm, es de clima frío rígido y seco, con temperaturas mínimas de -5° C que se producen entre mayo y agosto. Las precipitaciones pluviales se concentran entre octubre y diciembre.

El contexto sobre el cual se desarrolla el proyecto de la cantera, tiene una morfología característica de ambiente glacial, de sección transversal en forma de U, con superficies llanas a onduladas y superficies de pendiente suave a moderadas, de tal forma que, el depósito de relaves se configura íntegramente sobre un valle de fondo sub-horizontal y amplio que alcanza un ancho máximo de 1000 m.

El valle se ha formado sobre el basamento de areniscas, conglomerados y dolomías que se extienden hacia los flancos. Cubriendo a estos materiales se tienen depósitos glaciales, lacustrinos y suelos saturados bofedáticos. Hacia los flancos se extienden alineados en dirección norte-sur los cerros Lachipana, Viscagaga, Puca Ingenio, Pumarrin, Huagato y San Cristóbal, los cuales se elevan hasta los 4350 msnm, a unos 150 m de desnivel sobre el fondo el valle. El valle corresponde al sector medio-alto de la cuenca del río Andacancha, sector denominado quebrada Huachuacaja.

De acuerdo a la evaluación geológica de la zona de estudio se determinó que no hay evidencia de falla activa, zona con geodinámica externa estable y fallas de contacto de interés hidrogeológico.

CAPITULO II

ALTERNATIVA 1: MATERIAL DE CANTERAS

2.1 Características requeridas del material provenientes de las canteras

El plan de minado para obtención de los materiales de construcción se desarrolló para la primera fase de construcción de la presa, tomando en cuenta lo siguiente:

- Requerimiento de materiales para la construcción de la presa de Huachuacaja, ver Tabla1.1.
- Requerimiento mensual de materiales en la presa hasta la cota 4217, Ver Tabla1.2.
- Desarrollo del plan de extracción de los materiales de las canteras, previa evaluación de las características físicas y químicas de los materiales de construcción.

2.1.1 Característica granulométrica de los materiales

El material Tipo 1 clasificado según los criterios constructivos como material de baja permeabilidad. Podría permitir hasta un 45% de material de baja permeabilidad hasta un tamaño mínimo de 0.075 mm y un tamaño máximo

de 150mm. La permeabilidad del material debe ser menor a 10^{-5} cm/s y el índice de plasticidad > 12

El material Tipo 2 Según los criterios constructivos como enrocado fino podrá permitir hasta un 7% de material hasta un tamaño mínimo de 0.075 mm y un tamaño máximo de 304.8 mm. Además debe ser no plástico. Este material es el transicional entre el material Tipo 1 y el material Tipo 3

El material Tipo 3 clasificado según los criterios constructivos como enrocado grueso podrá permitir hasta un 8% de material hasta un tamaño mínimo de 0.425 mm y un tamaño máximo de 990.6 mm. Las partículas deben ser duras, sin material orgánico, sin arcilla ni partículas blandas.

La roca intacta debe tener una resistencia a la compresión uniaxial mínima de 40 Mpa.

El material Tipo 4: desmonte, relleno de baja permeabilidad. Este material debe consistir en fragmentos durables, resistentes de roca cuyo tamaño máximo será de 500 mm.

La optimización del uso del material de desmonte proveniente del Tajo Norte será factible, siempre que se utilice el material proveniente de la operación actual y que se encuentre dentro del límite económico del tajo. En este escenario, la evaluación de la zona Noreste realizado en el estudio de Ingeniería Básica, constituye la opción más acertada para desarrollar el plan de minado en forma detallada, en concordancia con el plan de requerimiento de material para la presa.

La siguiente figura corresponde a los análisis granulométricos de la zona de morrenas, del material intrusivo y del desmonte del tajo.

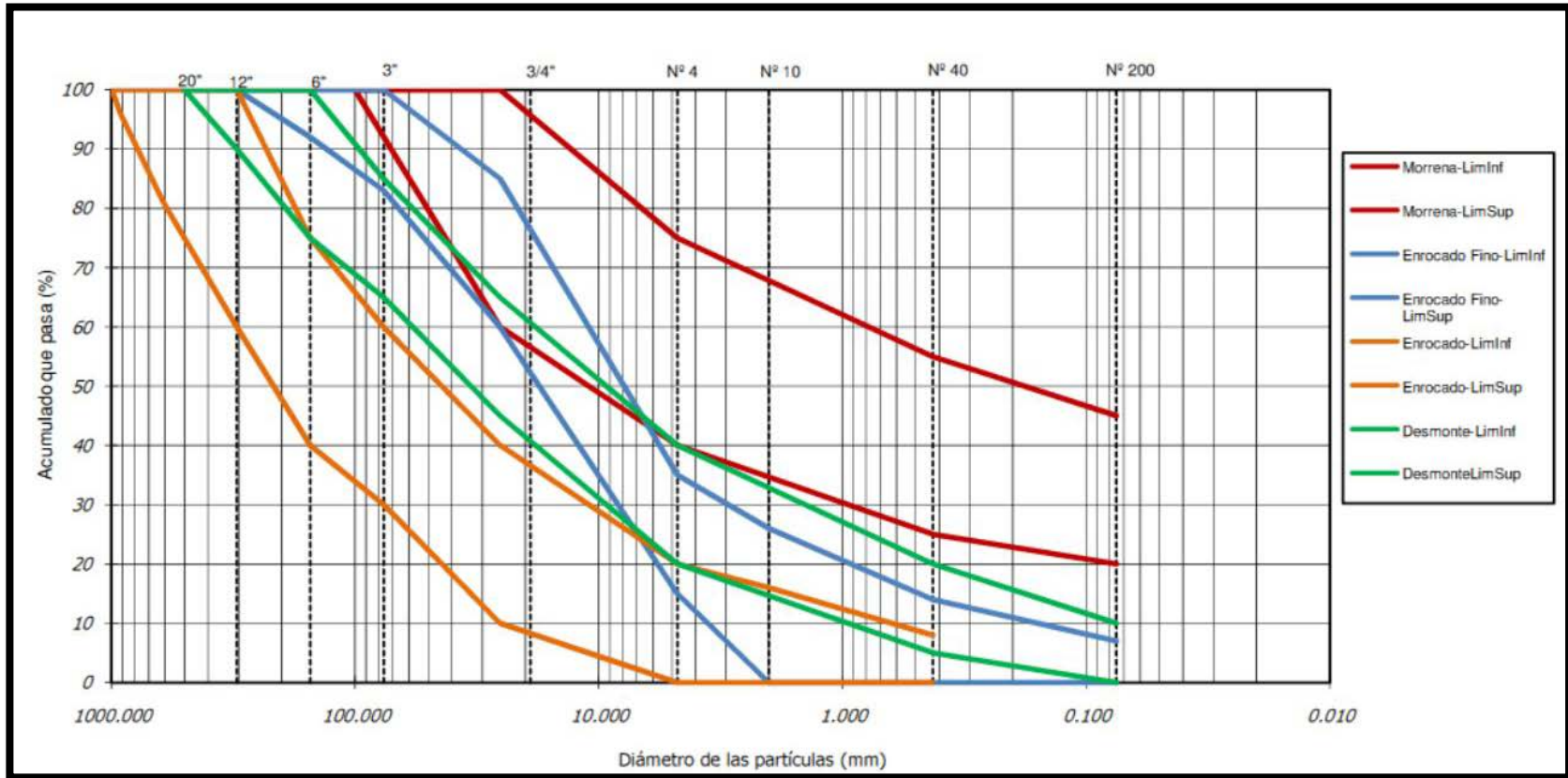


Figura 2.1 Curva granulométrica por tamizado (Material de Canteras)

2.2 Zonas de evaluación de materiales para la obtención de materiales

2.2.1 Material de Cantera de Morrenas

En Huachuacaja se encuentra ubicado el afloramiento de suelos morrénicos a 1.3 km. aguas arriba de la futura presa de Huachuacaja.

La zona fue estudiada con ocho (8) calicatas entre 1.5 y 3.0 m de profundidad, el sondaje SDH-13 de 35.0 m y líneas de refracción. Los materiales fueron evaluados para la construcción de la presa, y su extracción se llevará a cabo desde la ladera izquierda (noreste) de la presa. La cantera en referencia tiene un volumen total estimado de 919,120 m³.

Las morrenas están constituidas por suelos del tipo gravoso arcilloso con arena (GC). Estos materiales contienen finos entre 17 y 50% con un valor promedio de 33%. El límite líquido es del orden de 31 y el índice de plasticidad 12.5. El contenido de humedad natural es de 20% en promedio, mientras que el óptimo contenido de humedad varía entre 12.2 y 13.5% y la máxima densidad seca es de 1.86 gr/cm³. El nivel de agua encontrado en el sondaje SDH-13 se encuentra a 8.65 m de profundidad tomado desde la superficie del terreno.

Los resultados de los ensayos ABA han sido analizados y presentados. En las muestras tomadas se observó muy bajo potencial de la generación de acidez, principalmente por su poco contenido de sulfuros. Sin embargo, la baja concentración de potencial de neutralización sugiere que este material puede desarrollar localmente condiciones ligeramente ácidas.



Figura 2.2 Vista general de la Cantera de morrenas

2.2.2 Cantera de Intrusivos para Material Tipo 2 y 3

En la zona de Huachuacaja están ubicados los afloramientos de roca dacítica del intrusivo de Huachuacaja, ubicado a 2.47 km. de distancia de la futura presa de relaves.

La dacita es una roca ígnea volcánica con un alto contenido de sílice y hierro, superior al 63%, por lo que se considera como un ácido según clasificación química.

Su composición se encuentra entre las composiciones de la andesita y la riolita, se compone principalmente de feldespato plagioclasas con biotita, hornblenda y piroxeno (augita y/o enstatita). La dacita posee una

textura entre afanítica y pórfida con cuarzo en forma de fenocristales redondeados corroídos o como elemento de su pasta base.

Se evaluó la Cantera de Roca Dacítica como alternativa. Los resultados del análisis geoquímico realizado indicaron que se trata de roca neutra que no es generadora de aguas ácidas y cumple con las características físicas para el material de enrocado grueso. (Fuente: "Ingeniería de Detalle del Depósito de Relaves Huachuacaja - Golder 2012")

En la figura 2.5 se observa la zona de material intrusivo. Este material sería evaluado para la obtención de material Tipo 2 y 3.



Figura 2.3: Vista del intrusivo

2.2.3 Zona Noreste

En la figura 2.5, se muestra la vista de la zona Noreste del tajo, en ella se observó el comportamiento litológico del anticlinal Flanco Chocayoc -

Mercedes y el sinclinal Flanco Mercedes - Principal. En el Flanco Chocayoc se observa la caliza útil. El manto de caliza está constituido por intercalaciones de caliza compacta y caliza alterada con presencia de margas.

Una de las vías de acceso principal (rampas de acceso) está ubicada en el Flanco Chocayoc y la segunda vía de acceso se encuentra atravesando el Flanco Chocayoc, Mercedes y el Flanco Principal que conduce al botadero Norte.

Desde el punto de vista operativo, la alternativa de separar áreas independientes para el minado de caliza, según requerimiento de material de la presa, podría reducir la productividad de las operaciones mineras debido a que el programa de extracción del mineral está basado en el acomodo de los accesos, rampas y áreas de minado orientado a dejar expuesto mineral y la extracción de caliza. Este proceso sería una actividad secundaria, por lo que se podría generar conflictos de intereses por los materiales a extraer.

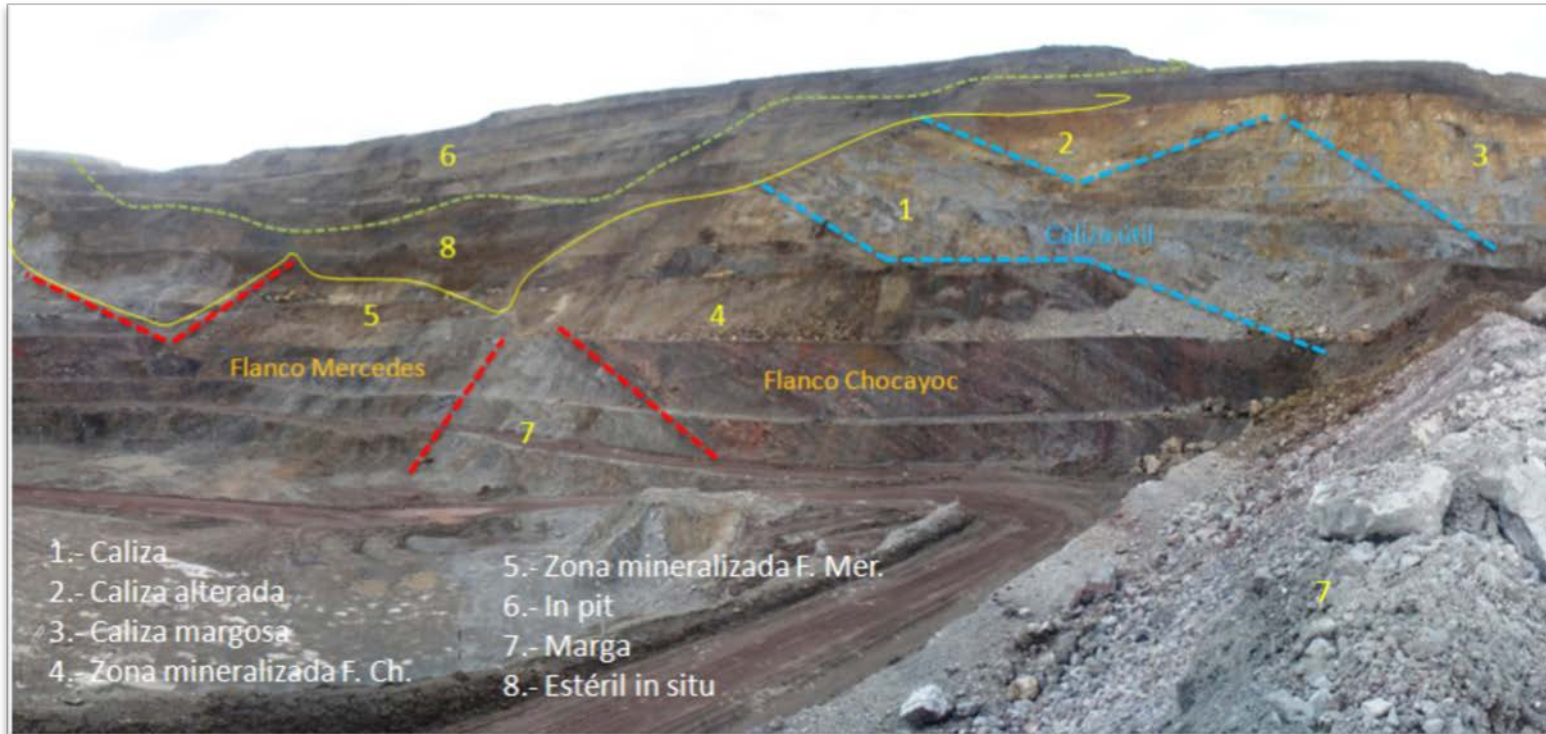


Figura 2.4: Vista del Tajo, donde se visualiza la caliza útil en Flanco Chocayoc

Una vista más cercana a la caliza útil en la zona Noreste muestra el manto alterado con poca presencia de caliza compacta, que no garantiza la obtención de material Tipo 3 (enrocado grueso) en grandes cantidades.

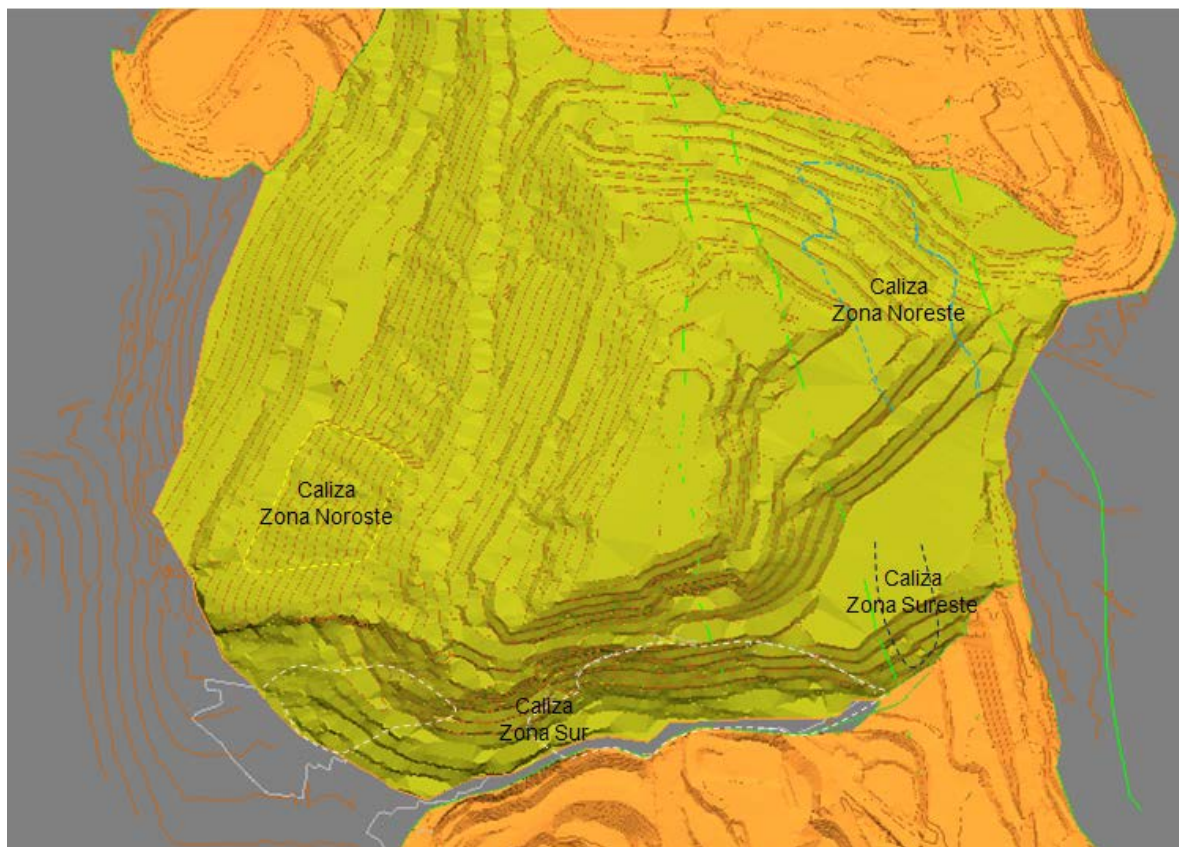


Figura 2.5: Vista del Tajo, donde se visualiza las zonas de caliza

2.3 Plan de minado de las canteras

Las rutas de acarreo promedio desde el la zona de carguío de las canteras (Origen), hasta el lugar de descarga en la presa (Destino) y las respectivas gradientes se resume en el siguiente Tabla2.1:

Tabla 2.1: Distancia y gradientes en los diferentes tramos de la ruta de acarreo

ORIGEN	MATERIAL	DESCRIPCION		INTERVALO DE LA RUTA DE ACARREO							DISTANCIA TOTAL(m)
				1	2	3	4	5	6	7	
CANtera	Tipo -1	Distancia	m	262	349	449	99	113			1272
MORRENA		Gradiente	%	2.3	1	0.7	-8	-1			
CANtera	Tipo- 2 y 3	Distancia	m	310	165	1951	50				2475
INTRUSIVO		Gradiente	%	0	-5	-3	0				
TAJO NORTE	Tipo -4	Distancia	m	1490	990	940	2196	374	681	50	6721
ZONA NORESTE		Gradiente	%	-10	-10	-9	-4	-9	-9	0	

Las actividades que comprenden la operación de minado han sido definidas de la siguiente manera:

- Perforación
- Voladura
- Carguío
- Transporte de material a pie de Presa

No forma parte del plan de minado las operaciones de Conformación y compactación de material en la construcción de la presa, por lo que, la logística y los costos de estas actividades quedan exceptuadas de nuestro estudio.

- Material Tipo 1, la Cantera de Morrena será extraído sin necesidad de perforación ni voladura. El carguío y el transporte del material son las únicas actividades en esta cantera.
- Material Tipo 2, proveniente de la cantera de Intrusivo, se ha diseñado un tipo de malla de 3 x 3 m que minimicen el uso de una malla estática para lograr la granulometría requerida, luego el material se dejará a pie de presa.

- Material Tipo 3, proveniente de la cantera de Intrusivo, se diseñó un tipo de malla de 3 x 3.5 m, para obtener material de la granulometría entre 10cm a 1m.
- Material Tipo 4, se recomienda explotardel tajo Norte, se podría extraer la caliza útil de tal modo que no afecte la producción de Operaciones Mina.

2.3.1 Plan de minado de la Cantera de Morrenas

El material Tipo 1 clasificado según los criterios constructivos como material de baja permeabilidad podría permitir hasta un 45% de material de baja permeabilidad de un tamaño mínimo de 0.075 mm hasta un tamaño máximo de 150mm.

La cantera de Morrena se encuentra ubicada en las coordenadas 8'808,497N y 359,629E (centro de gravedad de la cantera) en el lado este de la quebrada Huachuacaja, aguas arriba de la presa de relaves propuesta. La selección del lugar se debe al diseño operativo con la intención de generar la menor cantidad de bancos requeridos para el minado.

En la Tabla2.2 se presenta los parámetros de diseño para el minado de la Cantera de Morrenas.

Tabla 2.2: Parámetros técnicos de diseño de la Cantera de Morrenas

Parámetros	Unidad	Cantidad
Densidad	t/m ³	1.9
Altura de Banco	m	4
Ángulo de talud de banco	grados	65
Berma de seguridad	m	8
Ángulo de talud de inter rampas	grados	45
Ancho de rampa de acceso	m	13.0
Gradiente máxima de rampa	%	10.0

La cantera en referencia tiene un volumen total de 919,120 m³. Fue investigada con ocho (8) calicatas entre 1.5 y 3.0 m de profundidad, el sondaje SDH-13 de 35.0 m, los resultados de dicha investigación se encuentra en el informe de factibilidad de la presa Huachuacaja - Golder (2010)

En laTabla 1.1 (ver capítulo I), se observa que la fase 1 requiere un total de 429,300 m³de material Tipo 1. La cantera tiene como cota inferior el nivel 4210 y tendrá 9 bancos de explotación. En laTabla2.3 se muestra la cantidad de material “morrénico” por banco en la cantera de material Tipo I

Tabla 2.3: Volúmenes de material por banco de Cantera de morrenas

Nivel (msnm)	Volumen (m³)
4238	65,920
4234	62,025
4230	64,635
4226	66,046
4222	64,208
4218	72,332
4214	69,034
4210	72,733
TOTAL	536,933

Operaciones de Minado

De acuerdo con la revisión de la información realizada, en esta zona no se utilizaría el proceso de perforación y voladura puesto que el material se presenta suelto; sin embargo, en caso de que el material morrénico aumente su resistencia a la excavación se utilizaría equipo de remoción similar al CAT D6R.

En la Tabla 1.2 (Capítulo I) se muestra el requerimiento de material Tipo 1 por mes en la presa. Se observa que el primer mes demandará una producción de 47,700 m³, siendo la producción diaria de 1,639 m³/día.

La extracción del material Tipo 1 – Morrena se realizará en 2 turnos, por lo que se necesitará una torre de Iluminación. La selección del material útil se realizará por remoción utilizando un tractor D6R siguiendo la

selección del material con el cargador CAT 966H y el carguío del material se realizará con una excavadora CAT 365.

Carguío y Acarreo

Se consideró como equipo de carguío la excavadora tipo CAT 365, que permitirá una mayor producción y el arranque directo de la morrena. Para la explotación de esta cantera se necesitará 1 equipo de carguío para el primer mes y 2 equipos de carguío para los 4 meses siguientes, siempre en función del requerimiento de material mostrado en la Tabla 1.2 (Capítulo I).

Para el acarreo se consideró camiones de capacidad de 15 m³. Para la explotación de esta cantera se necesitará 2 camiones el primer mes; los siguientes 4 meses se necesitarán 4 camiones.

Trabajos auxiliares

La construcción de la vía se realizará mediante corte simple con apoyo de personal. Luego, para el mantenimiento de la vía se utilizará una motoniveladora CAT 140-H y un personal.

Plan de extracción

El plan de extracción de la cantera de morrenas es mensual, en concordancia al programa de requerimiento mensual de materiales para la Presa mostrados en la Tabla 1.2.

En la figura 2.6 se muestra la Cantera de la Zona de Morrenas al límite final.

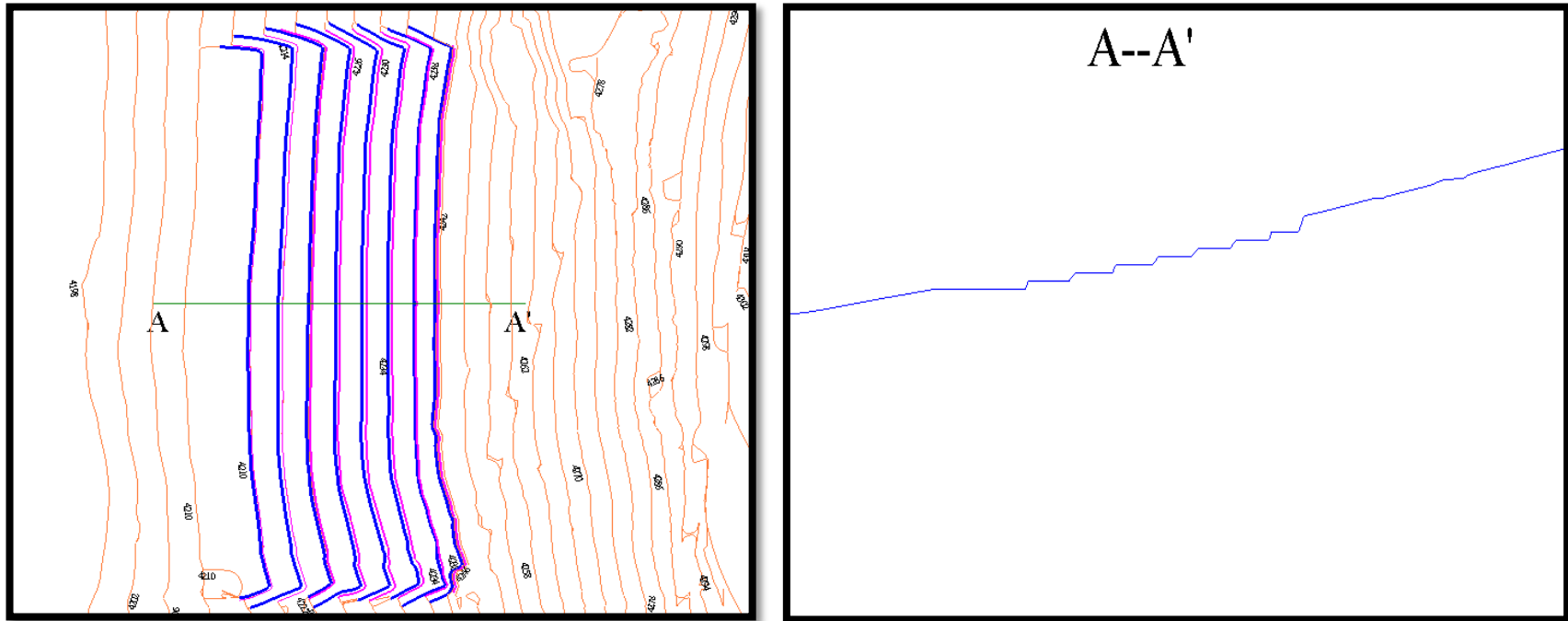


Figura 2.6: Vista de planta y de perfil de la Cantera de Morrena

Costos

En la Tabla 2.4 se presenta el resumen de costos para la extracción del material Tipo 1. El detalle de los costos se puede revisar en el **Anexo N°4**.

Tabla 2.4: Resumen de Costos para la Extracción del Material Tipo 1

ITEM	US\$/m ³	Material Tipo 1 (m ³)	Costo total (US\$)
Carguío	2.21	429,300	948,753
Acarreo	1.33	429,300	570,969
Construcción de vías	1.03*	8,501.03**	8,756.06
Mantenimiento de vías	US\$/mes	Meses	Costo total (US\$)
Mano de Obra	2,440.48	5	12,202.40
Motoniveladora Cat 140-H	1,293.90	5	6,469.50
Costo Total (US\$)			1,547,149

*Es el costo por m³ de material que se removerá para las vías.

** Es la cantidad de m³ que se removerá en las vías.

2.3.2 Plan de minado de la Cantera de Intrusivos

La cantera de roca intrusiva (dacitas) fue evaluada para ser utilizada como material para la fundación de la presa (enrocado finos y gruesos). Los resultados de los ensayos de laboratorio indican que la roca intrusiva cumplen con los requerimientos físico-químicos para su uso como material de enrocado.

Los resultados de los ensayos ABA presentados en el informe de Ingeniería Básica arrojan bajo potencial de la generación de acidez.

El material Tipo 2 clasificado según los criterios constructivos como enrocado fino podrá permitir hasta un 7% de material hasta un tamaño mínimo de 0.075 mm y un tamaño máximo de 30.48 cm. El material Tipo 3 clasificado según los criterios constructivos como enrocado grueso podrá permitir hasta un 8% de material hasta un tamaño mínimo de 0.425 mm y un tamaño máximo de 99.06 cm.

Ubicación

La cantera de Intrusivo se encuentra ubicada a 2.5 km. de la presa, en las coordenadas 8'809,208N y 358,638E (centro de gravedad de la cantera) en el lado oeste de la quebrada Huachuacaja, aguas arriba de la presa de relaves propuesta. La selección del sitio se debe al diseño operativo con la intención de generar la menor cantidad de bancos requeridos para el minado.

Para el ingreso a la cantera, se deberá preparar una vía de acceso de 2.5 km. desde la presa en construcción hasta la Cantera de Intrusivo. La preparación de esta vía en la mayor parte del tramo será mediante corte con equipo de remoción, solo en un tramo de 50 a 100 metros se necesitaría realizar perforación y voladura para ampliar la vía.

La preparación de la vía de acceso y la cantera será con antelación a los trabajos de extracción propiamente del material para el enrocado para la fundación de la presa.

Parámetros para el diseño de minado

En la Tabla 2.5 se presenta los parámetros de diseño para el minado.

Tabla 2.5: Parámetros de Diseño para Minado – Cantera Roca Intrusiva

Parámetros	Unidad	Cantidad
Densidad	t/m ³	2.5
Altura de Banco	m	6
Ángulo de talud de banco	grados	65
Berma de seguridad	m	8
Ángulo de talud de inter rampas	grados	45
Ancho de rampa de acceso	m	12.0
Gradiente máxima de rampa	%	10.0

Diseño de la Cantera

En la zona de la cantera los trabajos iniciales consistirán en la preparación de acceso hacia la parte superior para el acceso del equipo de perforación, eventualmente se utilizaría perforadas manuales tipo *Jackleg* para disparar los “picachos” que dificulten el acceso; desde allí se iniciará la cantera.

La cantera se diseñó en base a los parámetros y criterios geotécnicos. En la figura 2.9 se muestra la cantera al límite final.

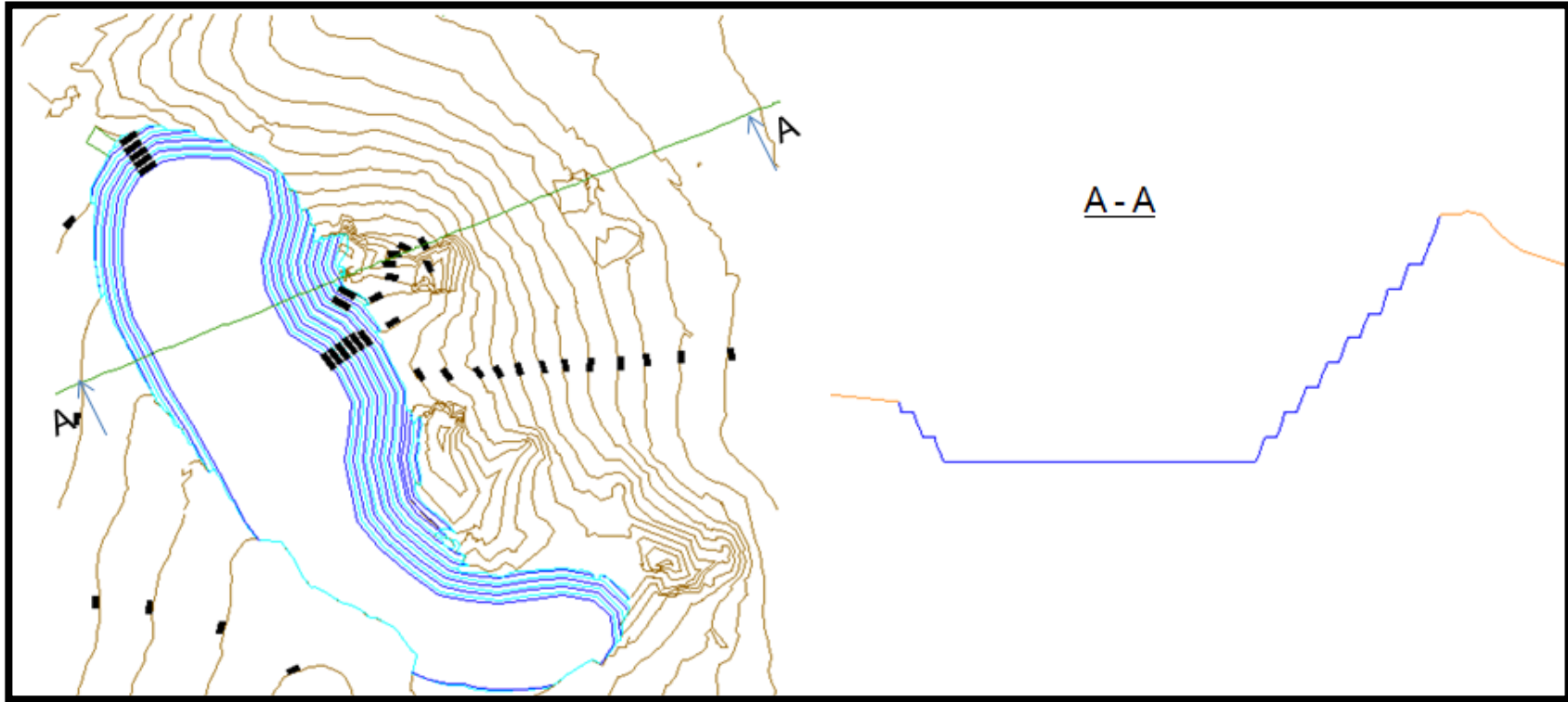


Figura 2.7: La Cantera de Intrusivo al límite final

Plan de minado

Para la construcción de la fase 1 de la presa se requiere un total de 156,600 m³ de material Tipo 2 y 284,336 m³ para material Tipo 3. Sin embargo, la cantera está diseñada para extraer 716,760 m³ de material. La cantera tiene como cota inferior 4236 y tendrá 11 bancos de explotación. En la Tabla 2.6 se muestra las cantidades de material por banco para el material intrusivo.

Tabla 2.6: Volumen del material por bancos – Cantera Roca Intrusiva

Nivel (msnm)	Volumen (m³)
4296	366
4290	687
4284	1,068
4278	3,444
4272	17,463
4266	45,972
4260	81,630
4254	118,860
4248	143,388
4242	149,670
4236	154,212
TOTAL	716,760

Operaciones de minado

Se utilizaría perforadoras manuales tipo *Jackleg* para disparar la roca que dificulten el acceso, luego se iniciará la cantera con la Perforación y Voladura.

Para cumplir con el requerimiento mostrado en la Tabla 1.2 (ver capítulo I) se tendrá que preparar 2 frentes de extracción. El cálculo de la capacidad productiva de *untrackdrill* seleccionado cubre el requerimiento tanto del material Tipo 2 y 3. Durante la programación se empleará el equipo de perforación indistintamente para el material Tipo 2 y Tipo 3. Según el programa de requerimiento de material por parte de los constructores de la presa.

Carguío y Acarreo

Se consideró como equipo de carguío a excavadoras tipo CAT 365 debido a su alta productividad respecto a los cargadores frontales. En el primer mes se necesitará 2 excavadoras, uno para el material Tipo 2 y otro para el material Tipo 3.

Trabajos auxiliares

Para la construcción de la vía de acceso, se realizarán las siguientes actividades:

- Corte en roca después de Voladura.
- Perforación y voladura.
- Conformación de sub-rasante en caminos y accesos.

Inicialmente se ejecutarán trabajos de corte en roca, con apoyo de un tractor tipo CAT DR8 en aquellos lugares que el material lo permita. Luego se iniciará con la perforación y voladura y paralelamente con la conformación de sub rasante en caminos y accesos.

Plan de Extracción

La cantera se desarrollará partiendo de la parte más alta, para cuyo acceso se construirá una rampa para los equipos de perforación, voladura y remoción de roca. A partir de esta rampa se conformará el talud superior mediante perforación manual en las zonas inaccesibles y con una perforadora *Track Drill* en las partes accesibles.

Los trabajos iniciales consistirían en la preparación de dos plataformas en las cotas 4254 en la zona noreste y en la cota 4242 en la zona sureste de la cantera con perforadoras tipo *Track Drill*, para luego eliminar las rocas que han sido disparadas y que sobresalen en la ruta trazada por la rampa y con dirección hacia la parte superior del peñasco, que serán retirados con el apoyo de un tractor tipo CAT D8R para tener accesibilidad y conformar la pared superior de la cantera.

Costos

En la Tabla 2.7, se resumen los costos según tipo de material Tipo 2 y 3. En los costos de perforación y voladura están incluidos los gastos generales, mientras que en los demás costos sólo incluye los directos sin gastos generales.

El costo de trabajos auxiliares se ha repartido acorde con el volumen del material Tipo 2 y Tipo 3 que se va a remover.

Tabla 2.7: Costos unitarios de extracción de los Materiales Tipo 2 y 3 a la Presa

ITEM	Descripción	Unidad	Tipo 2	Tipo 3
			US\$/m ³	US\$/m ³
1.00	Producción de material	m ³	156,600	285,100
1.10	Perforación	US\$/m ³	1.18	0.96
1.20	Voladura	US\$/m ³	1.13	0.96
1.30	Carguío	US\$/m ³	2.07	3.11
1.40	Acarreo (d = 2.475 km)	US\$/m ³	1.43	1.96
1.50	Trabajos Auxiliares(Construcción y Mantenimiento de vías y accesos)	US\$/m ³	1.41	1.41
Total producción de material		US\$/m ³	7.22	8.4

La siguiente tabla muestra el costo total para la extracción por tipo de material.

Tabla 2.8: Costo total por tipo de material a remover desde cantera a presa.

Material	P.U (US\$/m ³)	Volumen (m ³)	Total
Tipo 2	7.22	156,600	1,130,652
Tipo 3	8.40	285,100	2,394,840
Costo Total (US\$)			3,525,492

2.3.3 Plan de minado de la Zona Noreste del Tajo

La optimización del uso del material de desmonte proveniente del Tajo Norte será factible, siempre que se utilice el material proveniente de la operación actual y que se encuentre dentro del límite económico del tajo. En este contexto, la evaluación de la zona Noreste realizado en el estudio de Ingeniería Básica, constituye la opción más acertada para desarrollar el plan de minado en forma detallada en la ingeniería de detalle, en concordancia con el plan de requerimiento de material para la presa.

En la Tabla 2.9, se muestra la cantidad de caliza útil por meses en función del plan de minado de mineral diseñado por SMEB. En ella se observa que para agosto se explotaría 13,407 m³ de caliza útil, por lo cual, se diseñó como alternativa un plan de minado para obtener 165,000 m³ por mes de acuerdo con el requerimiento constructivo de la presa de relaves de Huachuacaja.

Tabla 2.9: Programa de Minado para la Caliza Útil de Acuerdo al Plan de Minado de SMEB

Descripción	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Programa de (Material Tipo-4) (*)	180,281	111,491	13,407	263,094	740,514	485,008	501,025	2'294,820

(*) Cantidades en m³.

Como se observa en la Tabla 2.10, en agosto se requiere 165,000 m³ de caliza útil; sin embargo, de acuerdo con el plan de minado diseñado por SMEB en el mes indicado se explotaría 13,407 m³, lo que exige adelantar el desbroce para cumplir el abastecimiento de caliza para la construcción de presa.

Tabla 2.10: Requerimiento de Material Tipo 4 para la Presa.

Descripción	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Cuerpo de la presa (Tipo-4)	165,000	165,000	165,000	165,000	-	-	660,000

(*) Cantidades en m³.

De la Tabla comparativa 2.9 y 2.10 se establece que el programa del Tajo Abierto satisface el requerimiento de material en los meses que la presa lo necesita.

Ubicación

La zona Noreste del tajo se encuentra ubicada en las coordenadas 8'811,460N y 361,440E (centro de gravedad de la cantera). La selección del lugar se debe al diseño operativo con la intención de generar la menor cantidad de bancos requeridos para el minado.

Parámetros para el diseño de minado

El dimensionamiento de los bancos y taludes se ha tomado en base a los actuales parámetros geométricos del tajo y en consideración a los equipos de mina que se utilizarían en la operación de minado; ver Tabla2.11.

Tabla 2.11: Parámetros de Diseño para Minado – Zona Noreste

Parámetros	Unidad	Cantidad
Densidad	t/m ³	2.3
Altura de Banco	m	6.0
Ángulo de talud de banco	grados	60
Berma de seguridad	m	6
Ángulo de talud de inter rampas	grados	38
Ancho de rampa de acceso	m	12.0
Ancho de banco operacional	m	40.0
Gradiente de rampa	%	10.0

En la figura2.10 se observa el minado de la Zona Noreste.

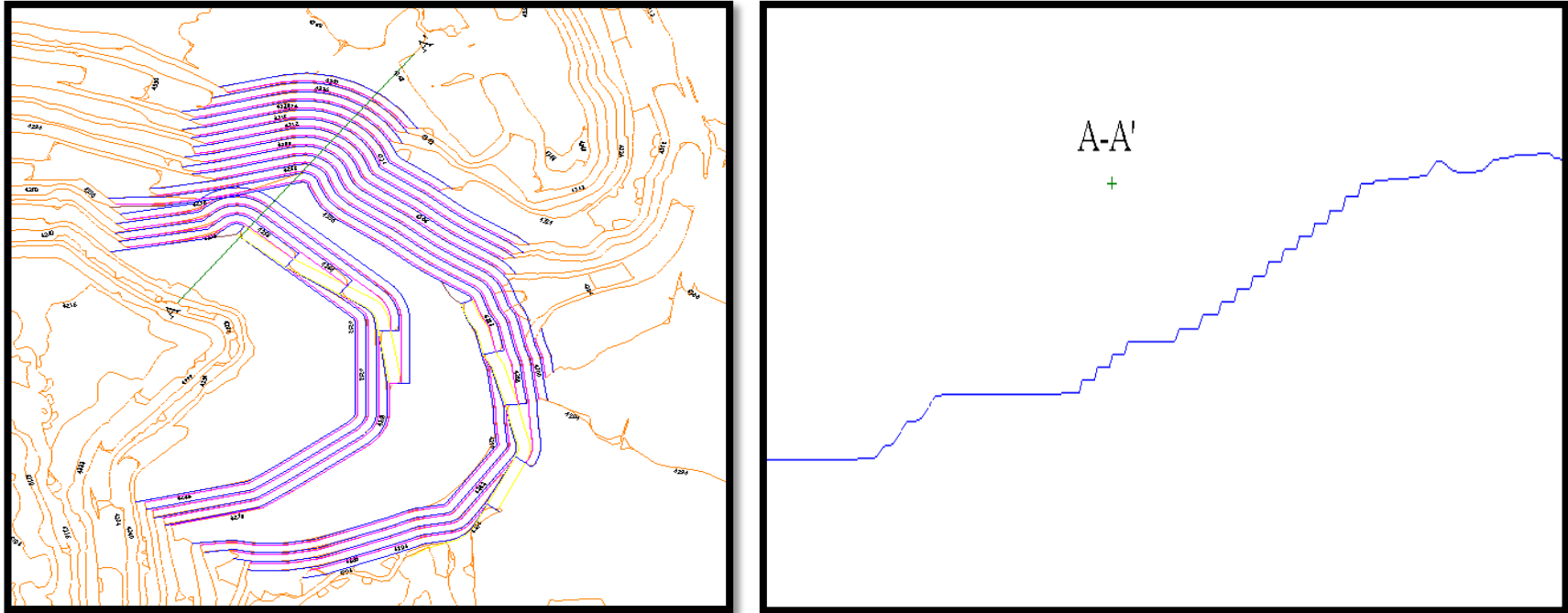


Figura 2.8: Vista General de la Cantera de Material tipo 4 – Zona Noreste

Cantidad de Material

En la Tabla 2.1 (Capítulo I), se observa que para la fase 1 se requiere un total de 660,000 m³ de material Tipo 4. La cantera está diseñada con 672,576 m³ de material. En las siguientes fases se requerirá menor cantidad de caliza útil en un plazo más largo, por lo que se cumplirá los requerimientos necesarios, considerando los límites establecidos en el presente informe de caliza útil. El volumen de material según el plan de minado se observa en la siguiente Tabla.

Tabla 2.12: Volumen de material caliza Zona Noreste

Banco	Caliza Útil (m ³)	Otros (m ³)	Total (m ³)	Relación de Desbroce
4324	642	37,274	37,916	58.06
4318	5771	66,685	72,456	11.56
4312	13,966	91,879	105,845	6.58
4306	18,536	79,445	97,981	4.29
4300	27,213	70,510	97,723	2.59
4294	41,203	65,854	107,057	1.60
4288	76,278	118,517	194,795	1.55
4282	73,053	115,194	188,247	1.58
4276	90,573	127,852	218,425	1.41
4270	91,531	119,062	210,593	1.30
4264	43,010	13,776	56,786	0.32
4258	46,207	11,068	57,275	0.24
4252	50,908	8,170	59,078	0.16
4246	48,445	2,634	51,079	0.05
4240	45,240	1,420	46,660	0.03
TOTAL	672,576	929,340	1,601,916	1.38

La zona delimitada de caliza útil del Noreste del Tajo Norte se encuentra ubicada dentro de los límites definidos por el talud final del diseño del tajo abierto y está programado desbroce, según plan de minado de operaciones mina. Por lo tanto; los costos de extracción del desmonte se encuentran presupuestados y deberá ser asumido por la operación de la mina.

En cuanto al desmonte apropiado para la construcción de la presa, los costos de perforación, voladura y carguío serían asumidos en su totalidad por operación mina. En cambio, si el transporte se hiciera directamente a la presa, el costo de acarreo por la distancia adicional respecto a la distancia con el botadero debería ser asumido por el proyecto de construcción de la presa de relaves. Los trabajos auxiliares, como es el mantenimiento de las vías, serían asumidos por operaciones mina, ya que las vías de acceso en toda su extensión no serían modificadas y éstas son utilizadas por operaciones mina.

Operaciones de Minado

Se considera como equipo prototipo para el carguío la excavadora tipo CAT 365; para cumplir con el requerimiento del material Tipo 4. A partir del segundo mes de iniciada la construcción de la presa, hasta el quinto mes, se necesitarán 2 excavadoras de las ya mencionadas.

Para el acarreo, se asumió camiones con tolva preparada para rocas de capacidad de 15 m³, en función de la distancia hacia la presa de relaves,

se necesitaría 10 camiones por frente de carguío, lo que equivale a 20 camiones por turno.

Plan de extracción

Durante el proceso de explotación de la mina, Operaciones Mina delimitará la caliza útil para realizar la voladura con una malla mayor a la estándar (8.0x8.0 m), después del disparo se procederá al carguío y acarreo de este material. El acarreo de material a la presa será con camiones designados previamente desde el punto de carguío hasta la presa en construcción.

En la primera etapa de construcción de la presa, se colocará el material Tipo 3 en forma continua hasta finalizar. Una vez concluida la colocación del material de fundación se procederá a colocar el material Tipo 2 y luego el material Tipo 4 que es el cuerpo de la presa, para lo cual el responsable de la construcción de la presa coordinará con el Superintendente de la Mina para iniciar el traslado de la caliza del tajo directamente a la presa.

Desde el punto de vista operativo es complicado que se traslape el envío de material directamente desde el punto de carguío con el proceso constructivo de la presa. En este caso, cercano a la presa se necesitaría contar con una cancha de transferencia para descargar la caliza los días en que la presa no esté en condiciones de recibir directamente el material y/o cuando los días en que la mina no se encuentre explotando zonas de caliza útil. Los trabajadores de la presa puedan utilizar el material de la cancha de transferencia.

De esta forma se evitaría las demoras improductivas de los equipos de acarreo proveniente de la mina, pero se necesitarán equipos de carguío y acarreo adicionales en la presa, lo inconveniente de esta alternativa es la falta de espacio cercano a la presa para acondicionar una cancha de transferencia sin afectar a la construcción de la obra.

Costos

Debido a que la explotación del material del tajo norte ya se encuentra presupuestado como parte de las operaciones mineras, sólo se considerará el costo de acarreo en base a la distancia desde la zona Sur del tajo hasta un punto de deposición del material tipo 4 menos la distancia desde la zona sur del tajo hasta el botadero Norte, lo que equivale a señalar que el valor de 0.88US\$/m³ es el único costo asumido para el proyecto de la Presa de Relaves Huachuacaja, sin embargo debemos agregar el costo de mantenimiento de vías, que representa el valor de 0.02 US\$/m³. Para mayor detalle ver **Anexo N°6** en “**Rendimiento de Equipos de Carguío y de Acarreo de las Cantera Evaluadas para el Material Tipo 4**”.

Tabla 2.13: Costo de extracción material caliza del Tajo- Zona Noreste

Tajo Norte	Unidad	Tipo 4
Costo desbroce	\$/m ³	2.73
Carguío	\$/m ³	2.77
Acarreo	\$/m ³	0.88
Mantenimiento Vías	\$/m ³	0.02
Costo total	\$/m ³	6.4
Costo asumido (US\$/m³)	Volumen	
0.9	660,000	
Costo Total (US\$)	594,000	

Nota: el valor de 0.9 es la suma del costo de acarreo y el costo de mantenimiento de vías.

2.3.3.1 Riesgos y Oportunidades (Zona Noreste)

Se ha considerado los siguientes potenciales riesgos:

- Las propiedades mecánicas del material proveniente del desmonte de mina, presentan condiciones favorables para la construcción de la relavera, sin embargo, podría ser un riesgo debido a que el modelo litológico generado por SMEB, no presenta una diferenciación de caliza y caliza margosa.
- La zona Norte presenta un riesgo debido a la concentración de equipos de acarreo en los puntos de carguío, por lo que se recomienda adoptar procedimientos de trabajo seguro para los camiones que trasladen el material hacia la presa de relaves.

En función del diseño y planeamiento se ha considerado las siguientes oportunidades:

- La zona Noreste presenta un menor costo debido a que se necesitará menor extracción de material no útil.
- Se adelanta el desbroce de dicha zona, por lo cual se podría adecuar el planeamiento de la Mina en función de las necesidades de la construcción de la Presa

2.3.4 Resumen de costos de la explotación de canteras

En la Tabla 2.14 se resumen cada uno de los costos unitarios y el costo total por la extracción de material de las canteras para la primera alternativa evaluada en el presente capítulo.

Tabla 2.14: Costo total de todas las alternativas analizadas

Alternativas	Material	Precio Unitario (US\$)	m ³	Costo Total (US\$)
Morrenas	Tipo 1	4.61	429,300	1,979,073
Intrusivo	Tipo 2	7.22	156,600	1,130,652
	Tipo 3	8.4	285,100	2,394,840
Zona Noreste	Tipo 4	0.90	660,000	594,000
Costos Total US\$ (Asumiendo Zona Noreste)				6,098,565

Tabla 2.15: Equipos a ser utilizados para la explotación de Canteras

CANTERA	TIPO DE MATERIAL	EQUIPOS	Meses					
			1	2	3	4	5	6
CANTERA DE MORRENA	Tipo -1	Excavadora Cat 365	1	2	2	2	2	-
		Camión 15m3	2	4	4	4	4	-
		Tractor CAT D8R (*)	1	1	1	1	1	-
		Motoniveladora (**)	1	1	1	1	1	-
CANTERA DE INTRUSIVO DE HUACHUACAJA	Tipo -3	Excavadora Cat 365	1	2	2	2	1	-
		Camión 15m3	3	6	6	6	3	-
		Perforadora Track drill	1	1	1	1	1	-
		Tractor CAT D8R (*)	1	1	1	1	1	-
		Motoniveladora (**)	1	1	1	1	1	-
	Tipo -2	Excavadora Cat 365	1	1	-	-	1	-
Camión 15m3	4	4	-	-	4	-		
ZONA NORESTE TAJO NORTE (***)	Tipo -4	Excavadora Cat 365		2	2	2	2	
		Camión 15m ³		20	20	20	20	

2.4 Compactación

Material tipo 1 Se realizaron pruebas de Proctor estándar mediante el método C bajo el test de especificación ASTM D 698-07, estableciéndose su máxima densidad en 1863 kg/m^3 con una humedad óptima de 12.2%. Este ensayo es importante para determinar la máxima densidad que alcanzaría el material de morrenas al ser compactado con el fin de mejorar las condiciones de resistencia y estabilidad.

El material deberá ser compactado con pasadas de un rodillo vibratorio de tambor liso que tenga un peso estático no menor a 10 toneladas. La vibración será usada apropiadamente.

El Material Tipo 1 – Grava Arcillosa se compactará a no menos del 95% de la densidad seca máxima del Proctor Estándar, de acuerdo con la ASTM D698. El contenido de humedad estará $\pm 3\%$ del contenido óptimo de humedad.

El Material Tipo 2 será compactado con 4 pasadas de un rodillo vibratorio de tambor liso con peso estático no menor de 10 toneladas. Después del extendido del material e inmediatamente antes de la compactación, se deberá rociar agua aplicada uniformemente a la superficie de cada capa a razón de 150 litros por metro cúbico de enrocado. El espesor de la capa compactada no deberá exceder los 500 mm.

El Material Tipo 3 tendrá una capa de espesor máximo de 1 metro de material compactado. El enrocado será compactado con 4 pasadas de un rodillo vibratorio de tambor liso con peso estático no menor de 10 toneladas.

El material Tipo 4 será colocado y extendido con particular cuidado para prevenir su segregación y contaminación y extendidos en sentido paralelo al eje de la presa. Además será compactado en capas de 750 mm de espesor uniforme, a menos que un especialista apruebe otro procedimiento, considerando (4) pasadas de un rodillo vibratorio de tambor liso con peso estático no menor de 10 toneladas.

CAPÍTULO III

IMPACTO AMBIENTAL

El Estudio de Impacto Ambiental de la ampliación de operaciones a 18,000 toneladas métricas diarias de mineral, motivo por el cual se considera la construcción de la Presa de relaves, fue aprobado con Resolución Directoral N° 048-2011, firmado el 14 de febrero de 2011.

3.1 Recomendaciones del EIA

Sobre las recomendaciones del EIA del proyecto referido al nuevo depósito de relaves Huachuacaja se considera lo siguiente:

- Para el control de la calidad de aguas subterráneas, se ha considerado (2) dos pozos de monitoreo.
- Para el control de agua superficial se ha considerado una poza colectora de filtraciones. Si el agua no cumple con los estándares de calidad de agua (Clase III) se recircula al depósito, y si cumple, se descarga al ambiente.
- Asimismo se mantendrá la búsqueda continua de mejorarlas medidas de control y mitigación de impactos e implementarlas durante sus operaciones.

3.2 Medidas ambientales en operación

Las medidas necesarias en la etapa de construcción(en la operación) durante el traslado de los materiales serán implementadas y el costo será asumido por operaciones minas:

- Utilización de camiones cisterna para el riego de las vías y evitar la propagación de partículas sólidas en suspensión.
- Almacenar y repartir el combustible, los aceites, lubricantes, químicos de tal manera que prevengan o contengan derrames de los mismos y, así mismo, prevenir el ingreso de materiales desde cauces locales o aguas subterráneas de acuerdo con los requerimientos regulatorios aplicables y en áreas previamente aprobadas por la Gerencia de Construcción.
- Monitoreo constante en relación a la presencia de aguas ácidas.
- Diseño de canales de derivación de aguas, canales de coronación en las zonas del tajo y/o canteras que van a ser explotadas.
- La inestabilidad de taludes por explotación de cantera suele ser considerado entre los impactos ambientales. Para ello, los estudios de ingeniería han evaluado el diseño adecuado con el fin de evitar posibles deslizamientos de terreno o de rocas.

3.2.1 Medidas de mitigación en la etapa de construcción

Debido a que algunas actividades del proyecto contemplan la construcción y/o ampliación de sus instalaciones, lo que puede generar la alteración del paisaje y la composición florística del área, a continuación se presentan las siguientes medidas de mitigación:

3.2.1.1 Flora y vegetación

- Se prohíbe la recolección y comercialización de ejemplares de flora silvestre en la zona de concesión y alrededores, con especial mención en las especies endémicas y con estatus de conservación, excepto con la autorización de las autoridades competentes y para fines científicos.
- Evitar el corte de especies de flora endémica y con estatus especial de conservación. Se capacitará al personal sobre la importancia de preservar las especies de flora silvestre.
- Evitar la introducción de especies no autóctonas, cuya presencia puede perjudicar a las especies ya existentes, produciendo modificaciones en las condiciones naturales del ecosistema.
- Se recomienda cortar la vegetación y remover la cubierta vegetal, estrictamente en los lugares necesarios, sin sobrepasar las dimensiones establecidas, por lo que se capacitará al personal de desbroce sobre el reconocimiento de los límites preestablecidos del trazo, de manera que no sean desbrozados sectores ubicados fuera del área predeterminada. En la medida de lo posible, se evitará la construcción de nuevos accesos, tratando de usar los ya existentes.
- Se prohíbe la quema de ejemplares de flora en la zona de concesión y alrededores. Asimismo, todo el material vegetal de corte deberá ser picacheado más no quemado, y deberá ser colocado en lo posible sobre toda la superficie para preservar la

función ecológica del suelo (regeneración natural y rehabilitación del área).

- Se debe reducir el tiempo de permanencia de maquinarias que participen en el cruce de ríos o cuerpos de agua.
- La disposición de materiales que se consideren no aprovechables para la construcción se deberá efectuar en sitios indicados, de manera que no se altere el paisaje.
- Se prohíbe colocar material de corte o desbroce sobre cuerpos de agua o drenajes naturales, sean estos estacionales o permanentes.
- Se recomienda la capacitación del personal sobre la conservación del medio ambiente y la importancia de preservar la flora silvestre, especialmente las especies endémicas y con especial estatus de conservación; así como también la importancia de las especies en la dinámica del ecosistema terrestre, a través de charlas de Educación Ambiental a cargo de especialistas as. Estas capacitaciones se realizarán en forma periódica a través de charlas de inducción, en las cuales se empleen medios audiovisuales y cartillas informativas con las características principales de las especies endémicas y con especial estatus de conservación.

3.2.1.2 Fauna

- Se prohíbe terminantemente la tenencia de armas de fuego en el área de trabajo, con excepción del personal de seguridad autorizado para ello.

- Se prohíbe la caza, pesca y captura de especímenes en la zona de concesión y alrededores, con especial mención en las especies endémicas y con estatus de conservación, excepto con la autorización de las autoridades competentes y para fines científicos. Se recomienda la instalación de carteles con señales de “prohibida la caza de fauna” y con información sobre las consecuencias legales de la caza furtiva. Estos letreros deberán estar ubicados en diferentes puntos clave de los caminos de acceso al área del Proyecto.
- Se prohíbe la compra, venta y abastecimiento de alimentos provenientes de animales silvestre por parte de los encargados de los comedores.
- Se prohíbe el uso y comercialización de especímenes vivos o preservados incluyendo sus derivados.
- Se prohíbe el disturbio, acecho y percusión de animales silvestres en caso de ser avistados en el área de concesión y alrededores.
- Evitar la introducción de mascotas, animales domésticos y especies no autóctonas, cuya presencia puede perjudicar a las especies ya existentes, produciendo modificaciones en las condiciones naturales del ecosistema.
- El desplazamiento de la fauna deberá ser prevenido mediante la minimización de áreas utilizadas para transporte de materiales y las medidas de restablecimiento de la vegetación. Asimismo, evitar la intensificación de ruidos, que puedan intensificar la

dispersión de las especies, por lo que el equipo móvil, incluyendo la maquinaria

3.3 Consideraciones de Cierre

Para el cierre del depósito de relaves Huachuacaja, año 20, se ha considerado lo siguiente:

- Durante los últimos 3 años de operación del depósito de relaves se desulfuriza los relaves, tal que los relaves descargados conformen una cobertura inerte. Los concentrados de sulfuros serán depositados en forma sub-acuática en la poza del depósito de relaves. Se estima que se formará una cobertura de relaves inertes de 3 a 4 m de espesor en toda el área del depósito de relaves.
- El área del depósito de relaves tiene un balance positivo, es decir, que será posible un cierre húmedo del depósito de relaves (desde el punto de vista de filtraciones fuera del depósito de relaves). Se estima que en 15 a 20 años después del cierre se formará una poza con nivel máximo controlado por el evacuador de abandono, cota 4242 msnm en condiciones de un Año Hidrológico Promedio.
- Las mayores alturas de depositación de relaves están en la ladera oeste y en la presa de relaves, por lo que los relaves depositados formarán una carpeta de baja permeabilidad en los sectores más vulnerables del depósito de relaves, es decir, en los sectores en que el nivel del agua subterránea estará debajo del nivel máximo de la poza del depósito de relaves.

3.4 Plan de emergencia

Ante la eventualidad de que se requiera descargar relaves en pulpa durante los primeros meses de operación del depósito de relaves Huachuacaja como consecuencia de que la Planta de Espesamiento de relaves y el sistema de transporte de relaves espesados no estén operativos para el inicio de la operación (ante un atraso en su instalación), se realizó un modelamiento del depósito para esta condición, dando como resultado que para una producción en pulpa de 16,740 tpd, el tiempo máximo de depositación de relaves en pulpa en Huachuacaja no deberá ser mayor a cuatro (4) meses para minimizar riesgos de filtraciones fuera del área del depósito de relaves hacia la quebrada de Huaraucaca.

3.5 Medidas de Compensación de Impactos para la ampliación de la Planta a 18,000 toneladas diarias

Las medidas de compensación de impactos a la flora y vegetación se realizarán principalmente en la etapa de cierre del proyecto. Estas medidas consisten en revegetación y la rehabilitación de todas las áreas ocupadas y donde se haya producido la retirada de la vegetación por el desbroce inicial durante la etapa de construcción de las estructuras mineras e instalaciones nuevas como el depósito de relaves de Huachuacaja.

En la operación de revegetación de las áreas recuperadas se tendrá en cuenta diversos aspectos que garanticen el éxito de la rehabilitación del entorno al

final de la vida del proyecto, estos aspectos se describen más adelante y comprende las siguientes actuaciones:

- Rescate de semillas botánicas y partes vegetativas en las áreas del proyecto. - Ensayos de propagación de especies de flora y germinación de semillas.
- Traslado de individuos adultos de flora silvestre a lugares preestablecidos para su empleo futuro.
- Usos de tierras y ensayos en parcelas experimentales de siembra y plantación.
- Selección de especies autóctonas e incorporación de especies foráneas con estatus de conservación e interés social con potencial de implantación en la zona.
- Elección de técnicas de siembra y plantación que favorezcan y potencien la estabilidad de los suelos (bio-estabilización), y permitan la incorporación de enmiendas que mejoren la calidad edáfica de las áreas a revegetar.
- Desarrollar un plan o programa de monitoreo y mantenimiento de las áreas rehabilitadas y realizar correcciones en casos de producirse desviaciones durante las etapas de cierre y postcierre.

CAPÍTULO IV

ALTERNATIVA 2: CANTERA DE MORRENAS Y MATERIAL DEL TAJO - ZONA SUR

De acuerdo a la especificación técnica referente al suministro de materiales de construcción para la presa de relaves, se tuvo previsto producir materiales tipo 2 y 3 a partir de roca andecítica del intrusivo Huachuacaja. Como alternativa ha surgido la posibilidad de adelantar el desbroce de la Zona Oeste y Zona Sur del “Tajo Norte” - Mina Colquijirca, con este propósito se ha realizado ensayos in-situ de las propiedades físicas (ensayos granulométricos totales, ensayos de carga puntual, ensayos de compresión simple y ensayos de abrasión) y químicas del material; y también se ha realizado el planeamiento para la posible explotación de calizas de ambas zonas.

De acuerdo a los resultados se ha tomado la zona Sur del Tajo para el planeamiento de explotación del enrocado grueso, fino y relleno masivo en la construcción de la presa de relaves. En el estudio se ha utilizado la información topográfica, geológica, modelo de bloques, de costos y otros.

El costo y planeamiento de la Cantera de morrenas ha sido tratado en el Capítulo II del presente informe, cuyo costo total de extracción asciende a US\$ 1'547,149. Quedaría pendiente adicionar los costos y el planeamiento de la Zona Sur del Tajo que constituye la segunda alternativa desarrollar.

4.1 Costos y planeamiento para la Extracción de material de la Zona Sur del Tajo

La estructura de costos unitarios, resume los costos de perforación, voladura, carguío, acarreo, gastos generales y utilidad, los cuales son vigentes y aplicables actualmente a la valorización de servicios realizados por Consorcio Pasco; cabe precisar que dicha estructura responde a parámetros de diseño de explotación, plan de minado, flota y disponibilidad de equipo minero en plena vigencia. El costo de acarreo variará en proporción directa a la distancia considerada desde la Zona Sur a la presa de relaves de 5.549 Km.

Tabla 4.1 Costos unitarios proyectados

Tajo Norte				
Zona Sur				
Costos	Unidad	Tipo 2	Tipo 4	Tipo 3
Desbroce	\$/m ³	2.73	2.73	2.73
Carguío	\$/m ³	2.77	2.77	2.77
Acarreo (a la presa)	\$/m ³	0.92	0.92	0.92
Total	\$/m³	6.42	6.42	6.42

4.1.1 Ensayos de Laboratorio

Se realizó ensayos geofísicos para determinar si el material proveniente de ésta zona del tajo cumple con los requerimientos de la construcción de la presa.

Los resultados de estos estudios se encuentra detallado en el Memorándum Técnico: “EVALUACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA A TRAVÉS DE ENSAYOS REALIZADOS A LOS MATERIALES PROVENIENTES DEL TAJO NORTE - ZONA SUR Y OESTE” (Golder Associates, mayo 2012). En el mismo informe se determina que el material de la zona Sur cumple los requerimientos de construcción de la Presa. Los ensayos Acido-base de los materiales (Ensayos ABA) se pueden apreciar en el **Anexo N°5**

Para la toma de muestras de los materiales provenientes del Tajo Norte se coordinó el diseño de malla conveniente para la voladura, con el objetivo de realizar el muestreo representativo del material producido por la voladura sobre el nivel 4254 msnm de la zona Oeste y Sur del tajo Norte.

La voladura se realizó en bancos de 6 m de altura; y el dimensionamiento de malla para la voladura fue de 6 m x 7 m para la zona Oeste y de 5.2 m x 6 m para la zona Sur.

4.1.1.1 Granulometría

Los siguientes son los tipos de material a producir en la Zona Sur, para la construcción de la presa de relaves de Huachuacaja:

Material Tipo 2, material de transición, clasificados según los criterios constructivos como enrocado fino, podrá permitir hasta un 7% de material de un tamaño mínimo de 0.075 mm y un tamaño máximo de 30.48 cm.

Material Tipo 3, enrocado grueso, clasificado según los criterios constructivos como enrocado grueso, podrá permitir hasta

un 8% de material de un tamaño mínimo de 0.425 mm y un tamaño máximo de 99.06 cm.

Material Tipo 4, material de relleno de baja permeabilidad.

Tabla 4.2: Resumen del tamaño de partículas - Zonas Sur

Muestra	Zona	Bloques/ Bolonería	%Gravas		%Arenas			%Finos	D ₅₀ (mm)
		%>3"	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	Limos/Ar cillas	
SMEB-LS-001 (M-1)	Sur	75.5	9.8	3.7	1.1	1.8	1.3	6.8	287.7

Fuente: Memorándum Técnico "Evaluación Física y Mecánica a través de ensayos realizados a los materiales provenientes del Tajo Norte - zona sur y oeste"

4.1.1.2 Desgaste a la abrasión

Los ensayos al desgaste por abrasión en la máquina de los Ángeles realizados a las partículas menores a 3 pulgadas sobre la muestra SMEB-LS-002 es igual al 30% (Muestra de la zona sur del tajo). Memorándum Técnico: "Evaluación Física y Mecánica a través de ensayos realizados a los materiales provenientes del Tajo Norte - Zona Sur y Oeste" (Golder Associates, mayo 2012).

El material de la zona Sur cumple con los requerimientos de desgaste por abrasión de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto, menor a 40%.

4.1.1.3 Resistencia a la Carga Puntual

Se presenta las resistencias alcanzadas y sus conversiones en términos de resistencia a compresión uniaxial (UCS). El valor "N" asumido para la conversión es igual a 16 para los ensayos de la

muestra SMEB-LS-002. Los resultados obtenidos indican que la resistencia de la roca de la zona Sur corresponde a un tipo R3, roca medianamente dura.

Tabla 4.3: Resumen de ensayos UCS– Zona Sur

Muestra	Carga Puntual (Kg/cm ²)			Correlación con UCS (Kg/cm ²)			UCS .. (MPa)
	SMEB-LS-002	25.4	21.4	32.8	406.4	342.4	524.8

Fuente: Memorándum Técnico "Evaluación Física y Mecánica a través de ensayos realizados a los materiales provenientes del Tajo Norte - zona sur y oeste"

4.1.1.4 Ensayo de límites de Atterberg

Los ensayos de Límites de Atterberg realizados a la fracción fina del material (pasante el tamiz No 200) de la muestra "S" SMEB-LS-001 (Muestra extraída del lado sur del Tajo) presentan un Índice de Plasticidad (IP) en promedio, igual a 20%.

Tabla 4.4: Ensayo de la muestra de la Zona Sur

Muestra	w%	LP	LL	IP	SUCS
SMEB-LS-001	10.9	17	37	20	GC

Límite Plástico (LP); Límite Líquido (LL); SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

Fuente: Memorándum técnico: "Evaluación Física y Mecánica a través de ensayos realizados a los materiales provenientes del tajo norte - zona sur y oeste" –Golder 2012

4.1.2 Cantidad

La Tabla 4.5 resume la cantidad de material tipo 2, 3 y 4, que podría producirse del Tajo Norte para la construcción de la primera fase 1 de la presa Huachuacaja.

Tabla 4.5: Cantidad de Material necesario por mes

Material	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Total
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
Tipo 2	52,200	52,200	-	-	52,200	156,600
Tipo 3	32,000	72,300	72,300	72,300	36,200	285,100
Tipo 4	-	165,000	165,000	165,000	165,000	660,000
Total	84,200	289,500	237,300	237,300	253,400	1,101,700

El material de la Zona Sur se explotará los primeros 6 meses y se empleará en la fase 1 de la construcción de la presa de relaves.

4.2 Planeamiento de minado de la Zona Sur del Tajo

La estructura de costos unitarios recibido de la Superintendencia de Mina resume los costos de perforación, voladura, carguío, acarreo, gastos generales y utilidad, los cuales son vigentes y aplicables actualmente a la valorización de servicios realizados por Consorcio Pasco; cabe precisar, que dicha estructura responde a parámetros, diseño de explotación, plan de minado, flota y disponibilidad de equipo minero en plena vigencia. Donde el costo de acarreo variará en proporción directa a la distancia considerada desde la Zona Sur a la

presa de relaves de 5.549 Km.El planeamiento de minado de la Zona Sur se puede visualizar en detalle en el **Anexo N°7**.

El centro de gravedad de la zona Sur del tajo se ubica en las coordenadas 8'810,958N y 361,290E.

El material de caliza reportado según los datos de geología cubre el requerimiento de material Tipo 4; La Zona Sur reporta un volumen de 1'786,105 m³ que podría cubrir gran parte del requerimiento de materiales; el planeamiento considera explotar la caliza entre el nivel 4402 y el nivel 4294.

En la siguiente la tabla, la cantidad de material incluye toda la caliza que será transportada a la presa:

Tabla 4.6: Zona Sur por Bancos

Banco	Material (Caliza Útil + otros) (m ³)
4402	24,385
4390	204,971
4378	230,613
4366	125,164
4354	160,171
4342	184,487
4330	161,850
4318	250,436
4306	236,037
4294	207,992
TOTAL	1,786,105

El plan de minado de la zona Sur considera explotar bancos cada 6 m de altura a doble banco, con ángulo de banco igual a 60° y ángulo inter-rampa igual a 37°. Esta geometría ha sido considerada según los criterios de SMEB que aplica actualmente en el Tajo Norte en el sector Sureste (SE7).

El movimiento del material que se inicia en el mes 1, considera el banco 4402 y 4390, para el mes 2 entre el banco 4390 y 4378, el mes 3 entre banco 4366 y 4354, el mes 4 entre el banco 4342 y 4330 y el mes 5 entre el banco 4318 y 4294.

El segundo mes comprende el minado desde el nivel 4390 hasta parte del nivel 4378. En esta etapa se considera explotar totalmente al macizo de roca caliza.

Del volumen total de material indicado en la Tabla 4.6 (1'786,105 m³) se estima que será aprovechable el 90% del volumen aproximadamente (Según la experiencia de trabajos similares realizados por Golder); es decir, serán aprovechables 1'584,000 m³; satisfaciendo la demanda del material 2, 3 y 4 requerido para la construcción de la Etapa 1 de la presa Huachuacaja.

El plan de minado mensual del primer al quinto mes se presenta en el **Anexo N°7**.

4.3 Costos.

En la tabla siguiente se resume el costo de producción de materiales de la Zona Sur. Ver **Anexo N°4**: "Costo de minado de las canteras".

Tabla 4.7: Costo de producción de materiales-Zona Sur

Tajo Norte	Material	Precio Unitario	m ³	Costo Total
		(US\$/m ³)		(US\$)
Zona Sur	Tipo 2	1.35	84,200	113,670
	Tipo 3		357,500	482,625
	Tipo 4		660,000	891,000
			1,101,700	1,487,295

El material estéril será depositado en el botadero del tajo Norte, según el plan de minado, el costo de esta actividad será asumido por operaciones mina.

La explotación del material en la zona Sur significa adelantar el desbroce del tajo cuyas actividades de perforación, voladura y carguío también son asumidas por operaciones mina. El costo de acarreo del material desde la Zona Sur hasta la presa será asumido por el proyecto, tomando en consideración que no se incluirá la distancia que comprende desde la Zona Sur hasta el depósito de Desmonte, además, se debe agregar el costo de “corte en roca” y mantenimiento de vías, el valor del costo de las tres operaciones es de 1.35 US\$/m³. Existe el material que no es utilizable en la presa cuyo volumen aproximado es de 684,400 m³, material que será transportado al depósito de desmonte. El costo de perforación, voladura y carguío de este material será asumido por operaciones mina como parte de la producción del tajo.

Equipos

Tabla 4.8: Equipos necesarios en la Operación – Zona Sur

Zona	EQUIPOS	Equipo/mes				
		1	2	3	4	5
Sur	Excavadora Cat 365	1	3	3	3	2
	Cargador Frontal Cat- 950	1	1	1	1	1
	Camión 15m ³	7	24	24	24	24
	Perforadora Track drill	1	2	2	2	1
	Tractor CAT D8R (*)	1	2	2	2	1
	Motoniveladora (**)	1	1	1	1	1

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Haciendo las comparaciones de ambas alternativas, observamos que la alternativa 2 es la opción económica viable cuya estrategia consiste en aprovechar el desbroce del material, adelantando el planeamiento del Tajo y evitando incurrir en costos de perforación, voladura y carguío, los cuales ya están incluidos en las operaciones mineras y en el contrato de concesión de explotación del Tajo Norte. El único costo que asumiría el proyecto de la Presa sería el acarreo del material desde el tajo hasta un punto cercano a la Presa.

Resumen de costos de las dos alternativas

Cantera		Material	US\$	Total US\$
Alternativa 1	Cantera de morrenas	Tipo 1	1,547,149	6,098,565
	Cantera de Intrusivos	Tipo 2	1,130,652	
		Tipo 3	2,394,840	
	Tajo Norte - Zona Noreste	Tipo 4	594,000	
Alternativa 2	Cantera de Morrenas	Tipo 1	1,547,516	3,034,811
	Tajo Norte - Zona Sur	Tipo 2, 3 y 4	1,487,295	

2. Después de haber realizado la voladura en bancos de 6 m de espesor aproximadamente y con dimensionamiento de malla igual a 6.0 m x 7.0 m para la zona Oeste, y de 5.2 m x 6.0 m para la zona Sur, se ha logrado obtener tamaños máximos de partículas para la zona Oeste en el rango de 200 mm a 559 mm y 660 mm para la zona Sur.

3. La explotación del material del tipo 2,3 y 4 para la presa serán extraídos de la zona Sur del tajo. El Material tipo I será extraído de la Cantera de morrenas.

4. De la Zona sur del tajo se estima explotar aproximadamente 1,786,000 m³, estimando en base a la experiencia, un 10 % de

pérdidas del material. El volumen disponible estimado para los materiales tipo 2,3 y 4 es aproximadamente 1,584,000 m³ el cuál satisface la demanda de material para la construcción de la presa en su primera etapa.

RECOMENDACIONES

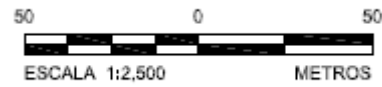
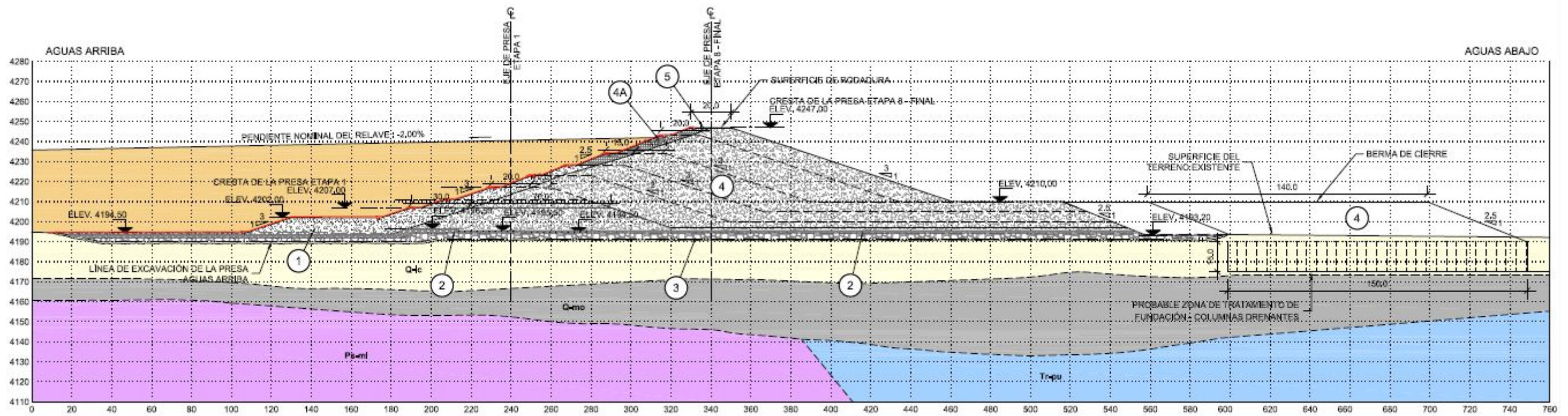
- 1.** En general, establecer un control estricto para clasificar el material de acuerdo con la granulometría requerida según especificaciones técnicas del proyecto. Esta actividad estará a cargo del CQA del proyecto a cargo de SMEB.
- 2.** Replantear el Planeamiento de minado del tajo en la Zona Sur. Los trabajos realizados en esta zona serán fundamentales para ahorrar costos en aproximadamente US\$ 3,000,000.
- 3.** Considerar la estrategia que consiste en adelantar el desbroce del Tajo que permitirá abastecer de material para la presa y a la vez que nos permitirá llegar al mineral en la zona sur.

BIBLIOGRAFÍA

1. “Estudio de Ingeniería Básica del Depósito de Relaves Huachuacaja” - informe técnico, Golder 2010.
2. “Ingeniería de Detalle del Depósito de Relaves Huachuacaja”–Informe técnico, Golder 2012.
3. “Evaluación Física y Mecánica a través de ensayos realizados a los materiales provenientes del Tajo Norte - zona sur y oeste” - Memorandum Técnico, Golder 2010.
4. “Estudio de impacto ambiental del Proyecto de Ampliación de Operaciones a 18, 000 tmd” – Informe técnico, SVS Ingenieros, Enero 2011.

ANEXO N°1

Perfil de la Presa de Relaves



LITOLOGÍA :

Q-al	ARENO GRAVOSO CON BOLONERÍA
Q-bof	BOFEDALES
Q-lc	DEPÓSITO LACÚSTRICO, MATERIAL FINO ARCILLO-LIMOSO
Q-de/co	DEPÓSITOS DELUVIALES-COLUVIALES DE POCO ESPESOR (1-2m)
Q-mo₁	DEPÓSITO MORRÉNICO 1, GRAVO ARENOSO CON FINOS
Q-mo₂	DEPÓSITO MORRÉNICO 2, LIMO ARENOSO CON GRAVA
Nm-da	DACITAS DEL COMPLEJO MARCAPUNTA
Tr-pu	DOLOMIAS DEL PUCARÁ OCCIDENTAL
Ps-ml	ARENISCAS, LIMOLITAS, CONGLOMERADOS DEL GRUPO MITU

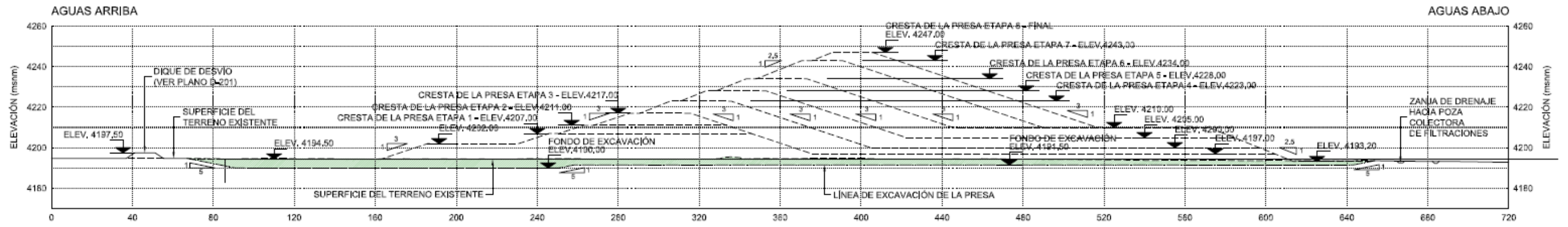
LISTADO DE MATERIALES	
MATERIAL	FUNCIÓN
①	RELLENO DE BAJA PERMEABILIDAD - MORRENA
②	MATERIAL DE TRANSICIÓN
③	ENROCADO GRUESO
④	RELLENO MASIVO DEL CUERPO DE LA PRESA
④A	RELLENO DE BAJA PERMEABILIDAD - DESMONTE
⑤	SUPERFICIE DE RODADURA

NOTAS:

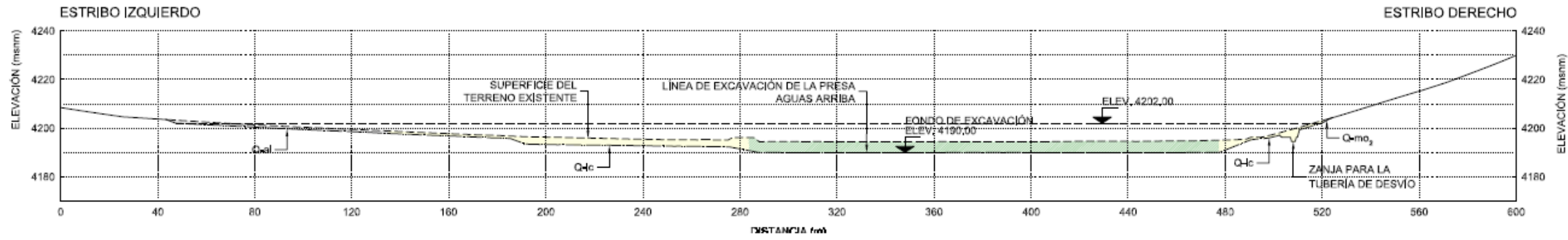
1. LAS UNIDADES MOSTRADAS EN LA FIGURA ESTÁN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL, SALVO OTRA INDICACIÓN.
2. LAS ELEVACIONES ESTÁN REFERIDAS A ALTURAS ORTOMÉTRICAS (msnm).
3. LA CUADRÍCULA ESTÁ REFERIDA AL DATUM PSAD56, SISTEMA DE COORDENADAS UTM, ZONA 18S.

ANEXO 2

Diseño de la Presa de Relaves



Diseño y vista de perfil de la Presa

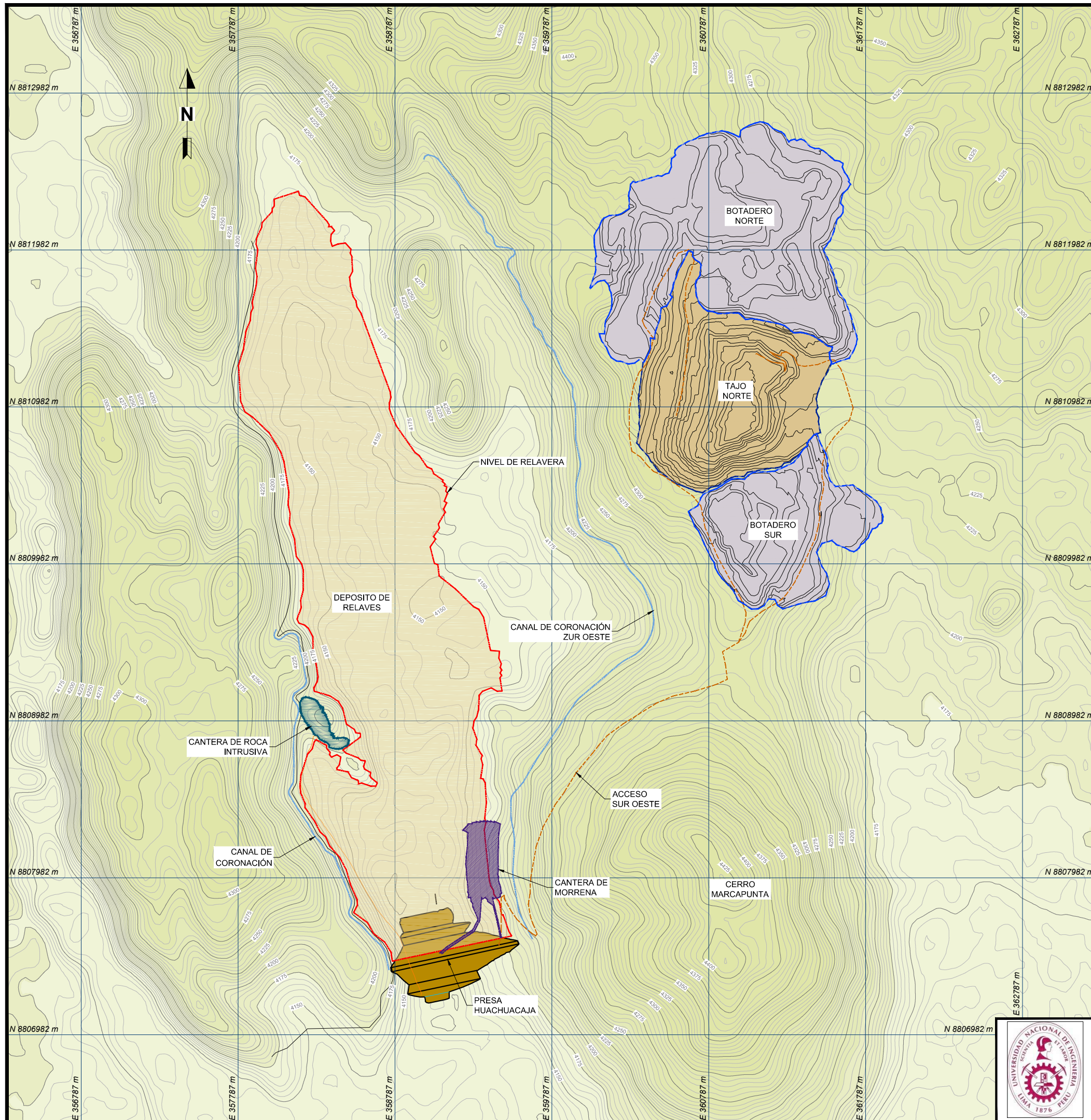


NOTAS:

1. LAS UNIDADES MOSTRADAS EN LA FIGURA ESTÁN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL, SALVO OTRA INDICACIÓN.
2. LAS ELEVACIONES ESTÁN REFERIDAS A ALTURAS ORTOMÉTRICAS (msnm).
3. LA CUADRÍCULA ESTÁ REFERIDA AL DATUM PSAD56, SISTEMA DE COORDENADAS UTM, ZONA 18S.

ANEXO N°3

Ubicación de las Canteras



LEYENDA:

-  TOPOGRAFÍA DEL TERRENO EXISTENTE
-  BOTADERO
-  TAJO
-  DEPOSITO DE RELAVES
-  CANTERA DE MATERIAL INTRUSIVO
-  CANTERAN DE MORRENA
-  GRILLA UTM
-  PRESA

NOTAS:

1. LAS UNIDADES MOSTRADAS EN EL PLANO ESTÁN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL SALVO OTRA INDICACIÓN.
2. LAS ELEVACIONES ESTÁN REFERIDAS A ALTURAS ORTOMÉTRICAS (msnm).
3. LA CUADRÍCULA ESTÁ REFERIDA AL DATUM PSAD 56 , SISTEMA DE COORDENADAS UTM, ZONA 18S.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

TITULO:

VISTA GENERAL DE LA UBICACIÓN DE LAS CANTERAS

DISEÑO: YHONNY EDWARD ALATA ALLAIN

ESCALA: INDICADA

FECHA: ENE. 2014

CAD: PLANO_06.dwg

ANEXO N°4

Costo de minado de las Canteras

**Costos de carguío y acarreo para el Plan de minado del Material Tipo-1
Planeamiento de la Extracción de Material para la construcción de la Presa
Huachuacaja**

**Transporte de material 1 de cantera a presa
1.27km (\$/m³)**

1,631 (m³/día)

Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Capataz	Hh	0.1	0.0008	7.81	0.01
Peón	Hh	1	0.0077	4.82	0.04
					0.05
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		3	0.05	0.00
Camión volquete 15m3	Hm	3.6	0.0278	45.87	1.28
					1.28
Costo de Transporte de material 1 de cantera a presa 1.27km (\$/m³)					1.33

**Carguío de material
tipo 1 (\$/m³)**

1,631

(m³/día)

Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Capataz	Hh	1	0.0077	7.81	0.06
Peón	Hh	2	0.0155	4.82	0.07
					0.13
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		3	0.13	0.00
Torre de iluminación	hm	0.5	0.0039	21.98	0.08
Tractor s/orugas 165HP D6R	hm	1	0.0077	97.47	0.75
Cargador frontal S/llantas 263-282 HP CAT 966H	hm	1	0.0077	113.92	0.88
Excavadora CAT 365	hm	1	0.0077	45.87	0.35
					2.08
Costo de Carguío de material tipo 1 (\$/m³)					2.21

* Nota Se ha considerado 12.6 horas efectivas diarias de trabajo.

**Costos de Servicios auxiliares en el Plan de minado del Material Tipo - 1
Planeamiento de la Extracción de Material para la construcción de la
Presa Huachuacaja**

Construcción de vía (\$/m³)					1.03
Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Capataz	hh	0.1	0.0008	7.81	0.01
Peón	hh	2	0.0165	4.82	0.08
					0.09
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		5	0.09	0.00
Tractor de Orugas 305 HP	hm	1	0.0082	114.25	0.94
					0.94
P.U. total (us\$/m³)					1.03

Mantenimiento de vía (\$/m³)					0.04
Mano de Obra	unidad	cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Capataz	hh	0.02	0.2	7.81	1.56
Peón	hh		2	1219.46	2438.92
					2440.48
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		0.03	2440.48	73.21
Motoniveladora CAT 140-H	hm		1	1293.9	1293.90
					1367.11
Mantenimiento de vía (\$/mes)					3807.60
P.U. total (us\$/m³)					0.04

Análisis de Costos Unitarios de Perforación de Material Tipo 2
Planeamiento de la Obtención de Material para la Construcción de la Presa Huachuacaja
Sociedad Minera "El Brocal" S.A.A.

Proyecto:	Depósito de Relaves Huachuacaja	N° Taladros:	20	Tal	P.e.:	2.50		
Obra:	CANTERA DE ROCAS	Nombre Roca:	DACITA	Diam. Perf.:	3.50	Pulg	B (m):	3.00
Material:	MATERIAL TIPO 2	Frag.:	12 pulg	Veloc. Perf.:	22.00	m/hr	E (m):	3.00
Partida:	PERFORACION DE PRODUCCION	Merma:	20%	Efic. Operac.:	68.00%		H (m):	6.00
Equipo:	Trackdrill Hidráulico	Jun Jin	SD 1000E	Hrs/Turno:	11.00	Hr	S (m):	0.50
				Prod/Turno:	2,734	TM	Mts. Perf.	131.65

DESCRIPCION	CANT	INSUMO (Cant/TM)	UND	P. Unit. US\$/Und	Parcial US\$/TM	TOTAL (US\$/TM)
1. MANO DE OBRA						
Supervisor de Turno	0.25	0.0010	HH	13.43	0.0135	
Operario Trackdrill Hidráulico	1.00	0.0040	HH	7.55	0.0304	
Ayudante Trackdrill	1.00	0.0040	HH	5.70	0.0229	
Operario Perforista Manual		0.0000	HH	6.23	-	
Ayudante Perforista Manual		0.0000	HH	5.70	-	0.0668
2. MATERIALES						
Broca de Botones, T45 de 3 1/22" Ø	1.00	0.000032	pza	350.00	0.0112	
Barra MF, T45 de 12 pies	1.00	0.000024	pza	600.00	0.0144	
Adaptador de Culata, T45	1.00	0.000024	pza	600.00	0.0144	
Barreno Integral 1 1/4", de 4 pies			pza	90.00	-	
Afilado de brocas y barrenos	10%				0.0011	0.0412
3. EQUIPOS						
3.1 Trackdrill Hidráulico	1.00	0.0027	HM	78.00	0.2134	
A.1 Costo horario de posesión	78.00					
B.1 Costo horario de operación (a+b+c+d+e+f)						
a) Mantenimiento (US\$/hr)						
b) Llantas/tren de rodaje (US\$/hr)						
c) Lubricantes (US\$/hr)						
d) Filtros (US\$/hr)						
e) Petróleo (gln/hr)	7.00					
Petróleo (US\$/gln)	3.50	0.0027	HM	24.50	0.0670	
f) Repuestos (US\$/hr)						
						0.2804
COSTO DIRECTO					US\$/TM	0.3885
GASTOS GENERALES	21.94%				US\$/TM	0.0852
UTILIDAD					US\$/TM	-
PRECIO UNITARIO DE PERFORACION					US\$/TM	0.4737
					US\$/m³	1.1844

Costos Unitarios de Voladura de Material Tipo 2
Planeamiento de la Obtencion de Material para la Construccion de la Presa Huachuacaja
Sociedad Minera "El Brocal" S.A.A.

Proyecto: Depósito de Relaves Huachuacaja	N° Taladros: 20	Tal	P.e.: 2.50
Obra: CANTERA DE ROCAS	Diam. Perf.: 3.50	Pulg.	B (m): 3.00
Tipo: MATERIAL TIPO 2	Efic. Operac.: 68%		E (m): 3.00
Partida: Voladura	Hrs/Turno: 11.00	Hr	H (m): 6.00
	Prod/Turno: 2,734	TM	S (m): 0.50

DESCRIPCION	CANT	INSUMO (Cant/TM)	UND	P. Unit. US\$/Un d	Parcial US\$/TM	TOTAL (US\$/TM)
1. MANO DE OBRA						
Supervisor de Turno	0.25	0.0010	HH	13.43	0.0135	
Operario de Voladura	1.00	0.0040	HH	6.23	0.0251	
Ayudante de Voladura	1.00	0.0040	HH	5.70	0.0229	
					-	0.0615
2. MATERIALES						
Emulsión			kg	0.0000	-	
ANFO		0.237893	kg	0.9800	0.2331	
Booster 1/3 Lb		0.009259	pza	1.5000	0.0139	
Fanel dual		0.009259	pza	3.2200	0.0298	
Cordón detonante 5 gr/m		0.061350	mts	0.2000	0.0123	
Retardo de superficie	6	0.002116	pza	2.7000	0.0057	
Mecha lenta	3	0.001097	mts	0.1400	0.0002	
Fulminante	2	0.000731	pzas	0.1400	0.0001	
Otros (protección de voladuras)	5%				0.0148	0.3098
COSTO DIRECTO					US\$/TM	0.3714
GASTOS GENERALES	21.94%				US\$/TM	0.0815
UTILIDAD					US\$/TM	-
PRECIO UNITARIO DE VOLADURA					US\$/TM	0.4528
					US\$/m³	1.1321

Costos de carguío y acarreo para el Plan de minado del Material Tipo 2
Planeamiento de la Obtencion de Material para la construcción de la Presa Huachuacaja
Sociedad Minera "El Brocal" S.A.A.

Carguío de material tipo 2 (\$/m³)

2303 m³/día

Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Capataz	hh	1	0.0055	7.81	0.04
Peon	hh	2	0.0109	4.82	0.05
					0.10
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		3	0.10	0.00
Torre de iluminación	hm	0.5	0.0027	21.98	0.06
Zaranda de Gravedad	hm	0.02	0.0001	4000	0.53
Excavadora CAT 365	hm	5.5	0.0303	45.87	1.39
					1.98
Costo de carguío de material tipo 2 (\$/m³)					2.07

Acarreo de material tipo 2 de cantera a presa (\$/m³)

2303 m³/día

Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Capataz	hh	0.1	0.0005	7.81	0.00
Peon	hh	1	0.0055	4.82	0.03
					0.05
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		3	0.05	0.00
Camión volquete 15m ³	hm	5.5	0.0301	45.87	1.38
					1.38
Costo de acarreo de material tipo 2 de cantera a presa (\$/m³)					1.43

* Nota . Se ha considerado 12.6 horas efectivas diarias de trabajo.

Análisis de Costos Unitarios de Perforación de Material Tipo 3
Planeamiento de la Obtencion de Material para la Construcción de la Presa Huachuacaja
Sociedad Minera "El Brocal" S.A.A.

Cliente:		N° Taladros:	22	Tal	P.e.:	2.50
Proyecto:	Depósito de Relaves Huachuacaja	Diam. Perf.:	3.50	Pulg	B (m):	3.00
Obra::	CANTERA DE ROCAS	Nombre Roca:	DACITA	Veloc. Perf.:	22.00	m/hr
Material:	MATERIAL TIPO 3	Frag. (pulg):	27 - 39	Efic. Operac.:	68.00%	H (m):
Partida:	PERFORACION DE PRODUCCION	Merma:	15%	Hrs/Turno:	11.00	Hr
Equipo:	Trackdrill Hidráulico	Jun Jin	SD 1000E	Prod/Turno:	3,389	TM
					Mts. Perf.	139.88
DESCRIPCION	CANT	INSUMO (Cant/TM)	UND	P. Unit. US\$/Und	Parcial US\$/TM	TOTAL (US\$/TM)
1. MANO DE OBRA						
Supervisor de Turno	0.25	0.0008	HH	13.43	0.0109	
Operario Trackdrill Hidráulico	1.00	0.0032	HH	7.55	0.0245	
Ayudante Trackdrill	1.00	0.0032	HH	5.70	0.0185	
Operario Perforista Manual		0.0000	HH	6.23	-	
Ayudante Perforista Manual		0.0000	HH	5.70	-	0.0539
2. MATERIALES						
Broca de Botones, T45 de 3 1/22" Φ	1.00	0.000028	pza	350.00	0.0096	
Barra MF, T45 de 12 pies	1.00	0.000021	pza	600.00	0.0124	
Adaptador de Culata, T45	1.00	0.000021	pza	600.00	0.0124	
Barreno Integral 1 1/4", de 4 pies			pza	90.00	-	
Afilado de brocas y barrenos	10%				0.0010	0.0354
3. EQUIPOS						
3.1 Trackdrill Hidráulico	1.00	0.0022	HM	78.00	0.1721	
A.1 Costo horario de posesión	78.00					
B.1 Costo horario de operación (a+b+c+d+e+f)						
a) Mantenimiento (US\$/hr)						
b) Llantas/tren de rodaje (US\$/hr)						
c) Lubricantes (US\$/hr)						
d) Filtros (US\$/hr)						
e) Petróleo (gln/hr)	7.00					
Petróleo (US\$/gln)	3.50	0.0022	HM	24.50	0.0541	
f) Repuestos (US\$/hr)						
						0.2262
COSTO DIRECTO					US\$/TM	0.3155
GASTOS GENERALES	21.94%				US\$/TM	0.0692
UTILIDAD					US\$/TM	-
PRECIO UNITARIO DE PERFORACION					US\$/TM	0.3847
					US\$/m³	0.9618

Costos Unitarios de Voladura de Material Tipo 3
Planeamiento de la Obtencion de Material para la Construcción de la Presa Huachuacaja
Sociedad Minera "El Brocal" S.A.A.

Proyecto: Depósito de Relaves Huachuacaja Obra: CANTERA DE ROCAS Tipo: MATERIAL TIPO 3 Partida: Voladura		N° Taladros: 22 Diam. Perf.: 3.50 Efic. Operac. 68% Hrs/Turno: 11.00 Prod/Turno: 3,389	Tal Pulg. Hr TM	P.e.: 2.50 B (m): 3.00 E (m): 3.50 H (m): 6.00 S (m): 0.50		
DESCRIPCION	CANT	INSUMO (Cant/TM)	UND	P. Unit. US\$/U	Parcial US\$/TM	TOTAL (US\$/TM)
1. MANO DE OBRA						
Supervisor de Turno	0.25	0.0008	HH	13.43	0.0109	
Operario de Voladura	1.00	0.0032	HH	6.23	0.0202	
Ayudante de Voladura	1.00	0.0032	HH	5.70	0.0185	
					-	0.0496
2. MATERIALES						
Emulsión			kg	0.0000	-	
ANFO		0.204708	kg	0.9800	0.2006	
Booster 1/3 Lb		0.007470	pza	1.5000	0.0112	
Fanel dual		0.007470	pza	3.2200	0.0241	
Cordón detonante 5 gr/m		0.052143	mts	0.2000	0.0104	
Retardo de superficie	6	0.001814	pza	2.7000	0.0049	
Mecha lenta	3	0.000885	mts	0.1400	0.0001	
Fulminante	2	0.000590	pzas	0.1400	0.0001	
Otros (protección de voladuras)	5%				0.0126	0.2640
COSTO DIRECTO					US\$/TM	0.3136
GASTOS GENERALES					21.94%	US\$/TM
UTILIDAD					US\$/TM	-
PRECIO UNITARIO DE VOLADURA					US\$/TM	0.3824
					US\$/m³	0.9560

Costos de carguío y acarreo para el Plan de minado del Material Tipo 3
Planeamiento de la Obtencion de Material para la construcción de la Presa Huachuacaja
Sociedad Minera "El Brocal" S.A.A.

Carguío de material tipo 3 (\$/m³)

1149 m³/día

Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Capataz	hh	1	0.0110	7.81	0.09
Peon	hh	2	0.0219	4.82	0.11
					0.19
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		3	0.00	0.00
Torre de iluminación	hm	0.5	0.0056	21.98	0.12
Excavadora CAT 365	hm	5.6	0.0609	45.87	2.79
					2.91
Costo de Carguío de material tipo 3 (\$/m³)					3.11

Acarreo de material tipo 3 de cantera a presa (\$/m³)

1149 m³/día

	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					
Capataz	hh	0.1	0.0011	7.81	0.01
Peon	hh	1	0.0110	4.82	0.05
					0.05
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		3	0.05	0.00
Camión volquete 15m ³	hm	3.8	0.0416	45.87	1.91
					1.91
Costo de acarreo de material tipo 3 de cantera a presa (\$/m³)					1.96

* Nota . Se ha considerado 12.6 horas efectivas diarias de trabajo.

Costos de trabajos auxiliares para el material Tipo 2 y 3
Planeamiento de la Obtencion de Material para la Construcción de la Presa Huachuacaja
Sociedad Minera "El Brocal" S.A.A.

Corte en Roca después de Voladura		800 m3/día			
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (US\$)	Parcial (US\$)
Mano de Obra					
capataz	hh	0.1	0.001	7.81	0.008
Equipos					
Torre de Iluminación	hm	0.5	0.005	5.76	0.029
Martillo Hidraulico 2.5 t	hm	1	0.01	18	0.180
Tractor de Orugas 305HP	hm	1	0.01	111.5	1.115
Excavadora sobre orugas 240-250HP	hm	0.2	0.002	94.94	0.190
Costo de corte en roca después de voladura (US\$/m³ de corte en roca)					1.52
Costo de corte en roca después de voladura (US\$/m³)					0.41

Conformación de subrasante en caminos y accesos		2000 m3/día			
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (US\$)	Parcial (US\$)
Mano de Obra					
capataz	hh	0.4	0.0016	7.81	0.012
Peon	hh	4	0.016	4.82	0.077
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		3	0.09	0.003
Rodillo liso vibratorio de 10 - 12 t	hm	1	0.005	42.03	0.210
Motoniveladora 140 H	hm	1	0.005	61.83	0.309
Costo de conformación de subrasante en caminos y accesos (US\$/m³ de roca movida)					0.61
Costo de conformación de subrasante en caminos y accesos (US\$/m³)					0.42

Perforación y Voladura		270 m3/día			
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (US\$)	Parcial (US\$)
Mano de Obra					
Capataz	hh	0.5	0.0185	7.8100	0.144
Oficial Ayudante de Rock Drill	hh	1	0.0370	5.3900	0.199
Materiales Varios	%MT		10.0000	1.1200	0.112
Acople T38	Und		0.0038	45.3400	0.172
Shank Adapter	pza		0.0010	191.1700	0.191
Barra de extensión T38	und		0.0010	277.7800	0.278
Broca Boton	und		0.0041	117.8900	0.483
Equipos					
Torre de Iluminacion	hm	0.5	0.0185	5.76	0.107
Track Drill Hidraulico	hm	1	0.037	109.59	4.055
Costo de conformación de subrasante en caminos y accesos (US\$/m³ de roca movida)					5.74
Costo de conformación de subrasante en caminos y accesos (US\$/m³)					0.53

Costo Mantenimiento de Via					
Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (US\$)	Parcial (US\$)
Mano de Obra					
capataz	hh	0.02	0.2	7.81	1.56
Peon	mes		2	1219.46	2,438.92
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		0.03	2440.48	73.21
Motoniveladera CAT 140-H	mes		1	1293.9	1,293.90
Camion cisterna 6000 Gln	mes		1	2339.1	2,339.10
Costo de Mantenimiento de Via (US\$/mes)					6,146.70
Costo de Mantenimiento de Via (US\$/m³)					0.06
Costo de servicios auxiliares (US\$/m³)					1.41

**Rendimiento de Equipos de Carguío y de Acarreo de las Cantera Evaluadas para el Material Tipo 4
Planeamiento de la Obtencion de Material para la Construcción de la Presa Huachuacaja
Sociedad Minera "El Brocal" S.A.A.**

EQUIPO DE CARGUIO		ZONA NORESTE TIPO - 4 CAT - 365	ZONA SUR	
			A PRESA TIPO - 4 CAT - 365	A BOTADERO ESTERIL CAT - 365
TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	UNIDAD			

INFORMACION DE EXPLOTACION

Densidad in situ del material	t/m ³	2.3	2.3	2.3
Densidad esponjado del material	t/m ³	1.64	1.64	1.64
Capacidad nominal de tolva	TM	24.150	24.150	24.150
Capacidad nominal de tolva	m ³	15	15	15
Factor de utilización de tolva	Fut	0.98	0.98	0.98
Factor de esponjamiento	Fesp	1.40	1.40	1.40

DATOS TECNICOS DEL CARGADOR

Capacidad nominal de cuchara	m ³	2.77	2.77	2.77
Capacidad nominal de cuchara	tm	4.23	4.23	4.23
Factor de utilización de cuchara	Fuc	0.93	0.93	0.93
Capacidad operativa de cuchara	m ³	2.5761	2.5761	2.5761
Capacidad operativa de cuchara	tm	4.23	4.23	4.23
Tiempo de ciclo de carguio promedio	seg.	25	25	25

CALCULO DE TIEMPO DE CARGA

Numero de pases por capacidad de tolva	Qty/Qoc	5.71	5.71	5.71
Número de pases reales	Qty/Qoc	6.0	6.0	6.0
Carga operativa de tolva (Qot)	tm	24.15	24.15	24.15
Carga operativa de tolva (Vot)	m³	14.70	14.70	14.70
Diferencia entre Qnt vs Qot	tm	0.00	0.00	0.00
Diferencia entre Vnt vs Vot	m ³	0.3	0.3	0.3
Tiempo de carguio de un camión	min	2.75	2.75	2.75

PRODUCCION

Tiempo de recorrido cargado	min	14.77	10.00	5.26
Tiempo de retorno	min	11.34	8.13	3.95
Tiempo en pausas	seg.	65	65	65
Tiempo en maniobra para el carguio	seg.	5	5	5
Tiempo en maniobra para la descarga	seg.	25	25	25
Tiempo en descarga	seg.	30	30	30
Tiempo en operaciones auxiliares (limpieza de tolva, revisión en ruta)	seg.	5	5	5
TIEMPO EN CICLO DE ACARREO	min.	29.93	21.96	13.04

Numero de camiones	Nº	9.89	6.99	3.74
Numero de camiones reales		10.00	7.00	4.00
Rendimiento de acarreo por hora operativa	TM/ho	40.77	55.58	93.60
Rendimiento de acarreo por hora operativa	m ³ /h	17.73	24.16	40.70
Rendimiento de acarreo por turno	TM/turno	3513	3384	3052

Rendimiento de carguio por turno	m ³ /turno	1813	1747	1576
Rendimiento de carguio por día	m ³ /día	3627	3494	3151
Rendimiento de carguio por mes	m ³ /mes	108808	104810	94544

NUMERO DE EQUIPOS DE CARGUIO Y ACARREO

Producción requerida	m ³	660,000	660,000	1,060,000
Nº de Frentes	Nº	2	2	2
Nº de camiones		20	14	8
Nº de meses reales	Meses	3	3	6
Costo por hora operativa	US\$/TM	0.38	0.40	0.44
Costo por hora operativa	US\$/m³	0.88	0.92	1.02

COSTO

Costo carguío y acarreo	US\$/TM	1.51	1.22	0.93
Costo carguío y acarreo	US\$/m³	3.47	2.82	2.14

Costos de Servicios Auxiliares y Corte en roca para La Zona Sur del Tajo

Costo Mantenimiento de Vía (mantenimiento de Vías Zona Sur)

Descripción del recurso	Unidad	Cantidad	Precio mensual (US\$)	Parcial (US\$)
Mano de Obra				
capataz	meses	5	1800	9,000.00
Peon	meses	5	1219.46	6,097.30
Equipos				
Herramientas manuales	%MO	0.03	15,097.30	452.92
Motoniveladora CAT 140-H	meses	5	1293.9	6,469.50
Camion cisterna 6000 Gln	meses	5	2339.1	11,695.50
Costo de Mantenimiento de Vía (US\$)				33,715.22
Costo de Mantenimiento de Vía (US\$/m³)				0.02

Corte en Roca después de Voladura

800 m³/día

Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (US\$)	Parcial (US\$)
Mano de Obra					
capataz	hh	0.1	0.001	7.81	0.008
Equipos					
Torre de Iluminación	hm	0.5	0.005	5.76	0.029
Martillo Hidraulico 2.5 t	hm	1	0.01	18	0.180
Tractor de Orugas 305HP	hm	1	0.01	111.5	1.115
Excavadora sobre orugas 240-250HP	hm	0.2	0.002	94.94	0.190
Costo de corte en roca después de voladura (US\$/m³ de corte en roca)					1.52
Costo de corte en roca después de voladura (US\$/m³)					0.41

Nota: Se asume un promedio de 800m³ de roca a cortar por día.

ANEXO N°5

Ensayos ABA

EVALUACIÓN GEOQUÍMICA REALIZADA A MATERIALES PROVENIENTES DEL TAJO NORTE - ZONA SUR Y OESTE

La caracterización geoquímica implicó la toma de muestras de los materiales provenientes del tajo Norte y que SMEB procura usar para la construcción de la presa Huachuacaja. Se ha tomado material representativo del material producido por la voladura sobre el nivel 4254 msnm de la zona Oeste y Sur del tajo Norte.

En la **Tabla 1**, se muestra la ubicación, coordenadas UTM y código de las muestras de los puntos de muestreo.

Tabla 1: Ubicación de los Puntos de Muestreo

Ítem	Descripción	Código Muestra	Coordenadas UTM	
			N	E
1	Tajo Norte - Zona Oeste	SMEB-LSO-001	8 811 159.3	360 597.1
2	Tajo Norte - Zona Oeste	SMEB-LSO-002		
3	Tajo Norte - Zona Oeste	SMEB-LSO-003		
4	Tajo Norte - Zona Sur	SMEB-LS-002	8 810 811.3	316 017.1

3.0 ALCANCES

Toda vez que el plan de construcción debe garantizar la estabilidad física y química de la Presa de Relaves Huachuacaja a largo plazo, tanto la estructura como los materiales que la conforman, deben ser inertes según las recomendaciones de las especificaciones técnicas de la ingeniería de detalle. Por ello, es necesario contar con información semi-detallada de las características geoquímicas de los materiales evaluados como estos fines.

Si bien se han realizado caracterizaciones del potencial de generación de drenaje ácido de los diferentes materiales, es necesario actualizar los ensayos para confirmar o no el comportamiento geoquímico de los desechos de mina a lo largo de la explotación.

En todos los casos, la metodología de análisis está basada en la aplicación de las mejores prácticas internacionales de caracterización de residuos mineros. Los análisis han sido realizados en los laboratorios ALS Perú S.A. (ALS), de acuerdo con los estándares de operación de Golder, los cuales se adecuan a los protocolos aceptados por la industria minera, para garantizar que los resultados sean defendibles y para asegurar los requerimientos de control de calidad y aseguramiento de calidad (QA/QC).

4.0 METODOLOGÍA

Programa de muestreo

Se ha efectuado el muestreo de los materiales que mejor representen la litología y los tipos de mineralización de la roca proveniente de la voladura con fines de investigación del Tajo Norte específicamente de las zonas Oeste y Sur, catalogado como desmonte, procurando en todos los casos que el material se encuentre fresco e intemperizado.

El siguiente ha sido el protocolo seguido para el muestreo:

□ Obtener muestras representativas de todas las unidades geológicas y litológicas de los bancos analizados de las cantidades relativas de cada tipo de material, caracterizando todas las unidades de roca que pudieran tener características geoquímicas diferentes y, por tanto, generar diferente calidad de agua en el área de donde se utilizaría este material.

- Se ha ubicado cada punto de muestreo.
- Se han anotado las condiciones del clima y agua de drenaje en el momento del muestreo.
- Las muestras han sido frescas al momento de evaluarlas (evitando oxidación y el intemperismo).
- Se han tomado las muestras en profundidad en ambos casos hasta 4 m (que no estén expuestas al intemperismo).
- Tomándose dos muestras por punto de aproximadamente 3 kg de peso sólido en compósito, que incluye varios tamaños en proporción a la distribución espacial del botadero.
- Los puntos de muestreo han sido marcados e identificados.

En la **Tabla 2**, se muestra el detalle de las muestras analizadas y su respectiva ubicación y codificación para el presente memorando.

Tabla 2: Descripción de Materiales Evaluados Geoquímicamente

Ítem	Componente	Descripción	Código Muestra
1	Tajo Norte_- Zona Oeste	Material de Roca (Desmonte)	SMEB-LSO-001
2	Tajo Norte_ Zona Oeste	Material de Roca (Desmonte)	SMEB-LSO-002
3	Tajo Norte_- Zona Oeste	Material de Roca (Desmonte)	SMEB-LSO-003
4	Tajo Norte – Zona Sur	Material de Roca (Desmonte)	SMEB-LS-002

5.0 PRUEBAS ESTÁTICAS

El objetivo de la prueba estática es caracterizar el potencial de generación de ácido de una muestra. Es el primer paso en todo programa de pruebas para determinar el potencial DAR. Estas pruebas pueden utilizarse para caracterizar el material y, a partir de ello, para seleccionar muestras que servirán para pruebas (cinéticas) posteriores.

La interpretación de los resultados de pruebas de estática se basa en la diferencia y en la proporción entre el potencial de acidez y el de neutralización. La diferencia entre la acidez potencial máxima y el potencial de neutralización bruta, nos da el potencial de neutralización neta.

Por eso, las pruebas estáticas se refieren a la composición geoquímica de una muestra y no a la velocidad ni a la magnitud de las reacciones que pueden producir o consumir acidez. Por eso, los procedimientos para pruebas estáticas son igualmente aplicables en cualquier región climática o geológica.

Conteo Ácido Base (ABA)

Se desarrolló el conteo ácido base (ABA) para determinar el potencial de generación de acidez de la muestra según la identificación de la **Tabla 2**. Los ensayos se han desarrollado en los laboratorios ALS.

Se usa ABA para determinar el balance entre el potencial de generación de acidez (MPA) y el potencial de neutralización de acidez (NP) de la muestra. Existe un número de protocolos estándar que se utilizan para la determinación de ABA.

El MPA (Potencial de generación de Acido) se calculó a partir de la determinación de azufre en sulfuros, asumiendo que todo el azufre en los sulfuros se encuentra presente como pirita.

El NP por lo general se determina mediante la acidificación de la muestra con ácido sulfúrico y el análisis volumétrico inverso para identificar el consumo ácido, como lo describe Sobek et al. (1978). Un método común alternativo para la estimación del NP

hace uso de los análisis de carbonato. Asumiendo que todo carbonato representa calcita [CaCO₃], se efectúa la conversión para calcular la cantidad de calcita.

Criterios de Evaluación (ABA)

pH de la Pasta

Otro criterio evaluado inicialmente es el pH en pasta de la muestra. El pH de la pasta es un ensayo de laboratorio o de campo que mide el pH que genera una muestra al contacto con el agua. El pH se mide en una pasta formada por la mezcla de agua y la muestra, en este caso, del relave. La prueba constituye un indicador cualitativo de la capacidad de la muestra para la generación de ácido. Sin embargo, proporciona una indicación preliminar de la generación neta de ácido asociada con una muestra, ya que el pH es un control fundamental, tanto en los índices de reacción primaria como en la solubilidad del mineral.

El pH de la pasta en sí no es un indicador del potencial de generación de ácido de una muestra y no debe ser utilizado directamente para determinar si el material puede ser almacenado en forma segura. Sin embargo, proporciona una indicación preliminar de la generación neta de ácido asociada con una muestra.

Este parámetro permite determinar si antes del análisis ha ocurrido generación de ácido. Por lo general, si el valor del pH es mayor que 8, la muestra probablemente contenga carbonatos reactivos; si es menor que 5, probablemente haya habido generación de ácido en la muestra, o en el material circundante.

Los valores de pH de pasta menores que 6 indican una disponibilidad limitada de NP, mientras que valores mayores que 6, sugieren que la muestra cuenta con un cierto potencial de neutralización (NP).

Potencial de Neutralización (NP)

El carbonato de calcio es un mineral muy reactivo que típicamente amortigua el agua por encima de un pH de 6.5. En consecuencia, el valor del Potencial de Neutralización de Carbonatos (PNCa), expresado en kg de equivalente de CaCO₃/t de muestra, constituye la máxima capacidad de neutralización que podría lograrse si todos los carbonatos reaccionan como calcita. Los minerales carbonatados (específicamente los carbonatos de calcio y magnesio) pueden ser una fuente efectiva y fácilmente disponible de NP; de allí que el PNCa proporciona información potencialmente valiosa sobre el NP disponible.

El valor de NP, permite estimar los carbonatos contenidos en la muestra que pueden neutralizar la generación de acidez.

Potencial Neto de Neutralización (NNP)

Teniendo en cuenta que el Potencial Neto de Neutralización (NNP) es la capacidad de un mineral o material para generar o consumir acidez y se obtiene por diferencia entre el potencial de neutralización (NP) y el potencial de acidez (PA) o acidez total y se expresa como:

$$\text{NNP} = \text{NP} - \text{MPA}$$

En la evaluación de generación ácida, como regla general se asume las consideraciones expuestas en la **Tabla 3**:

Tabla 3: Criterios de Interpretación (NNP)

Parámetro	Criterio
Si $NNP > +20$ kg $CaCO_3/t$	No producirá drenaje ácido.
Si $-20 < NNP < +20$	Rango de incertidumbre (no es potencialmente generador)
Si $NNP < -20$ kg $CaCO_3/t$	Posible generación de drenaje ácido.

La interpretación tradicional de los resultados de las pruebas ABA se basaba en el potencial de neutralización neta. La experiencia demuestra que valores de NNP entre -20 y +20 toneladas de $Ca_2CO_3/1000$ toneladas de muestra se encuentra en el rango de incertidumbre.

Este rango de incertidumbre puede atribuirse a errores inherentes a los procedimientos de prueba, a las conversiones a acidez total, a error analítico y al tamaño pequeño de la muestra, los mismos que se validan con el QA de Laboratorio.

Relación NP/MPA

Experiencia más reciente demuestra que además del valor NNP, también deberá considerarse la proporción entre NP y MPA. Es probable que las muestra con una proporción menor que 1:1 (es decir: $NNP < 0$) generen acidez. Sin embargo, como pauta general, las muestras con proporciones dentro del rango de 1:1 a 3:1 no son ni claramente generadoras ni consumidoras de ácido. En relación a los relaves, generalmente se acepta una proporción de 1,2:1 para definir a la roca que no genera ácido.

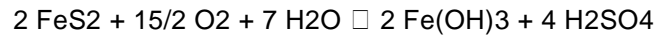
En la relación NP:MPA con azufre, se asume que cuando el contenido de azufre es inferior 0,3 % no aporta acidez. En la **Tabla 4** se muestra los criterios de aceptación de la relación NP/MPA

Tabla 4: Criterios de Aceptación (NP/MPA)

Parámetro	Ácido	Incertidumbre	No Ácido
PNN: Ferguson – Morin ¹	< - 20	-20<NNP<+20	> + 20
NP/MPA: Brodie y Otros ²	<1	1<NP/MPA<3	>3

Relación Contenido de Azufre: NP/PA

Otra relación que permite determinar el potencial de generación ácida en fase sólida, está en función a la capacidad de producción ácida de un material medido en función al contenido de azufre en el mineral o muestra, que en el caso de un sulfuro (pirita) tiene la siguiente reacción:



En esta reacción se asume la equivalencia de que se producen 2 moles de ácido por cada mol de azufre, estos moles de acidez generados (2H+) pueden ser neutralizadas por compuestos alcalinos o materiales que consumen acidez, según la siguiente reacción:

¹Ferguson&Morin, 1991, pg. 121

²Brodie y Otros, 1991 pg. 121



Por lo tanto, un mol de azufre puede ser neutralizado por un mol de CaCO₃. Con estas consideraciones, se deduce que para asegurar la neutralización de un material potencialmente generador de acidez se requiere aproximadamente tres veces la cantidad de material que consuma acidez (alcalino), esta relación permite valorar el potencial de generación ácida de un material o desmonte.

De igual forma, si tenemos en cuenta el contenido de azufre (%) y la relación entre el máximo potencial de acidez (MPA) y la capacidad de neutralización (NP) se puede hacer una clasificación que indique el potencial ácido de cada tipo de roca o desmonte.

6.0 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Estabilidad Geoquímica de los Botaderos de Desmonte

Para estudiar la estabilidad química a largo plazo de los materiales analizados en el tajo Norte, se recurre al estudio Ácido/Base a partir de ensayos estáticos realizados en laboratorios reconocidos, además de determinar el pH en pasta, la efervescencia y el contenido de azufre (%S), también se realiza el análisis químico de los mismos. En la **Tabla 5**, se muestran los resultados de las pruebas estáticas para los materiales analizados tanto de la zona Oeste como de la zona Sur; estos resultados nos permiten estimar la capacidad de generar o no acidez, cuando se produzca la alteración o lixiviación de los materiales.

Tabla 5: Resultado de Análisis ABA³

Código	Ubicación	Efervescencia	pH pasta	MPA (*)	NNP (*)	NP (*)	NP/MPA	Sulfato (%S)	Sulfato (**)	Sulfuro (%S)
SMEB-LSO-001	Oeste	4	7.95	2.8	726	729	260	0.02	0.02	0.07
SMEB-LSO-002	Oeste	3	7.53	33.1	279	312	9.43	0.07	0.07	0.99
SMEB-LSO-003	Oeste	4	7.84	31.6	496	528	16.7	0.04	0.04	0.97
SMEB-LS-002	Sur	4	8.16	0.9	835	836	929	<0,01	<0,01	0.02

pH de la Pasta

Los ensayos de determinación de pH en pasta que se muestran en la **Tabla 5**, muestran valores de 7.95, 7.53 y 7.84 para la zona Oeste y de 8,16 para la zona Sur.

Los valores del pH obtenidos son mayores que 6, lo que sugiere que la muestra cuenta con un cierto potencial de neutralización (NP). Además, estos materiales tienen pH neutros y una alta capacidad de neutralizar la acidez (efervescencia 3 y 4).

Potencial Neto de Neutralización (NNP)

Los valores de NNP, son de 726, 279 y 496 para la zona Oeste y de 835 para la zona Sur. Analizados los ensayos y los criterios empleados en la interpretación de predicción de generación de drenaje ácido, los valores de PNN son superiores a 20. Lo que permiten establecer que los materiales muestreados No son Generadores Potenciales de Acidez.

3 Fuente de Datos Reporte de: Laboratorio ALS, Certificado N° LE1200754, 11 abril 2012.

Relación NP/MPA

Analizando la relación del NP/MPA, se aprecia valores de 260, 9.43 y 16.7 para la zona Oeste y de 929 para la zona Sur, estos valores de la relación de NP/MPA son mayores que 3; de acuerdo con el criterio de Brodie y otros, No Genera Acidez.

Relación Contenido de Azufre/ (NP/MPA)

Analizando el contenido de azufre (%) se aprecian valores de 0.02, 0.07 y 0.04 obteniendo para la zona Oeste y 0,01% para la zona Sur. En general, cuando la relación entre la neutralización potencial y la producción potencial de acidez es 3:1 o mayor y el contenido de azufre es menor a 0,3 %, el riesgo de que se generen drenajes ácidos es bajo.

**EVALUACIÓN GEOQUÍMICA REALIZADA A MATERIALES DE LA CANTERA DE
INTRUSIVOS**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS						
Manual de Aseguramiento de Calidad				Control de Documentos		
Registro de Calidad Laboratorio				LAB-MS-R-026		Rev. 1
REPORTE DE ENSAYOS QUÍMICOS						
Proyecto	: Ingeniería Basica de la Relavera Huachuacaja			N° Proyecto	: 109-4151013	
Solicitante	: Veronica Espinoza			N° Solicitud	: MS-011-10	
Ubicación	: Cerro de Pasco			Ejecutado Por	: CG	
Fecha	: Abril del 2010			Muestras	: Varias	
Contenido de Sales						
Cantera	Trinchera	Temperatura (°C)	pH	Sales Solubles Totales (ppm)	Cloruros Solubles (ppm)	Sulfato Solubles (ppm)
Dacita	MD-01	25.1	7.7	720	230	173
Calcita	MC-02	25.1	7.9	231	81	65

INTERPRETACION GEOQUÍMICA DE LOS RESULTADOS ENSAYOS ESTÁTICOS DE CINCO MUESTRAS DE ROCA DE DESMONTE – MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE RELAVES HUACHUACAJA – EL BROCAL

Tabla 1. Ubicación y Descripción de Muestras de Roca de Desmonte para Ensayos Geoquímicos

ID Muestra	UTM		Elevación (m.s.n.m)	Descripción
	Este	Norte		
M-1	361 472	8 811 102	4 306	Banco 4306 flanco Chocayoc y Mercedes. Muestras tomadas en caliza alterada de color gris. En el área se viene realizando trabajos de desbroce. Muestras no aptas para construcción de la presa desde el punto de vista geotécnico.
M-2	361 472	8 811 102	4 306	
M-3	361 399	8 811 469	4 240	Banco 4240 flanco Chocayoc, zona Norte del Tajo. Muestra tomada en caliza compacta con intercalaciones de margas y en algunas zonas con alteración moderada.
M-4	360 671	8 811 159	4 338	Banco 4338 flanco principal, zona Sur Oeste del tajo. Muestras tomadas en caliza.
M-5	360 684	8 811 152	4 338	

Las 5 muestras tomadas fueron enviadas al laboratorio ALS Environmental en Lima, en el mes de enero de 2011 para llevar a cabo los siguientes ensayos ver Tabla 1.

Tabla 2. Programa de Ensayos de Laboratorio

ID Muestra	ABA	Elementos Mayoritarios y Traza	NAG	Lixiviación a Corto Plazo (SFE y NAG)
M-1	X			
M-2	X			
M-3	X	X	X	X
M-4	X	X	X	X
M-5	X	X	X	X

Las muestras M-1 y M-2 del banco 4306, flanco Chocayoc y Mercedes han sido descartadas desde el punto de vista geotécnico como material para la construcción de la presa de relaves Huachuacaja, mas se requiere describir las características de generación de acidez como información complementaria; es por ello que, no se llevaron a cabo ensayos geoquímicos estáticos como el resto de muestras.

Química de Elementos Mayoritarios y Elementos Traza

Los análisis de elementos mayoritarios y de elementos traza se desarrollaron sobre una muestra pulverizada de la siguiente manera:

- La composición de elementos mayoritarios se determinó mediante fusión de borato y fluorescencia de rayos-X (XRF por su sigla en inglés).
- La composición de los metales traza se determinó mediante el método analítico plasma acoplado inductivamente - espectrometría de emisión atómica (ICP-AES por su sigla en inglés) para aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, bismuto, calcio, cadmio, cromo, cobalto, cobre, hierro, galio, lantano, plomo, magnesio, manganeso, molibdeno, níquel, fósforo, potasio, escandio, plata, sodio, estroncio, talio, torio, estaño, titanio, uranio, vanadio, tungsteno y zinc.
- El mercurio se determinó a través de espectrometría de absorción atómica de ICP con vapor frío (ICP-AAS por su sigla en inglés).
- El azufre total, carbón total, carbón inorgánico y carbón orgánico se analizó mediante horno de LECO.

Los análisis de los elementos mayoritarios y traza se realizaron para evaluar la composición en fase sólida de cada muestra. Esto proporciona una base para la evaluación de las variaciones composicionales de los tipos de materiales (por ejemplo, litología de desmontes de mina y tipos de alteración) que se encontrarán durante el Proyecto.

Las concentraciones totales de metal se compararon a los elementos típicos abundantes en la corteza terrestre según Price (1997), y con las concentraciones promedio de la granodiorita Yarabamba a fin de, identificar los metales que se originan en concentraciones de mayor importancia ambiental y potencial

Potencial de Drenaje Ácido de Roca

Se realizó un ensayo de conteo ácido base (ABA), para evaluar el potencial de DAR de las muestras de desmonte de mina.

Conteo Ácido Base (ABA)

Los ensayos ABA, se realizaron siguiendo la versión modificada del método Sobek (MEND, 2009) que difiere ligeramente del Método Sobek Estándar, pero que se considera más representativo de la cantidad de potencial de neutralización disponible (Lawrence y Wang 1996). El análisis incluyó pH en pasta, especies de azufre y carbón mediante horno LECO, potencial de acidez (PA; calculado utilizando azufre como sulfuro) y potencial de neutralización (PN). Los resultados se utilizaron para desarrollar estimaciones del potencial para la generación de ácido, basado en ratio de potencial neto ($RPN=PN/PA$) que es el resultado entre el potencial de acidez (PA) y la neutralización de ácido o potencial de neutralización (PN).

Los resultados ABA, se comparan con la guía MEND, 2009. Esta guía es una actualización de Price (1997) que ha sido aplicado y aceptado a nivel internacional. Los criterios de análisis para la inferencia del potencial de DAR se basan en la RPN de acuerdo a lo que se resume en la Tabla 3. El PN y el PA se tratan en detalle en las secciones siguientes.

Tabla 3: Criterios de Análisis de Conteo Ácido Base

Potencial para DAR	Criterios Iniciales de	Descripción
Probable 1	$RPN < 1$	Probable generación de acidez a menos que los minerales de
Posible 2	$1 < RPN < 2$	Posible generación de acidez si el PN es insuficientemente reactivo o se agota a una tasa mayor que la tasa de oxidación
Ninguno 3	$RPN > 2$	

Fuente: Price 1997

¹ Informado como PGA (potencial de generación de ácido).

² Informado como no PGA.

³ Informado como Incierto

Potencial de Neutralización de Acidez (PN)

El PN es una medida masiva de la capacidad de neutralización de acidez de una muestra proporcionada por varios minerales de reactividades distintas y capacidad efectiva de neutralización. Se mide mediante la digestión de una fracción pulverizada de la muestra utilizando un ácido fuerte. Este proceso consume todos los minerales afectados por el ácido, incluyendo los minerales que normalmente no podrían ser reactivos bajo condiciones ambiente y condiciones que no neutralizarían a condiciones de pH neutro (tales como minerales de silicatos, Blowes y Ptacek, 1994). Debido al tipo y ocurrencia de minerales neutralizantes presentes en la muestra, el potencial de DAR de la muestra que será analizada tendrá un efecto determinante. Se evaluó el PN utilizando dos técnicas analíticas diferentes para determinar con mayor precisión la cantidad disponible de PN.

PN Sobek Modificado: representa el PN masivo de la muestra incluyendo, si se encuentran presentes, aportes de algunos minerales de aluminosilicatos reactivos. El método Estándar de PN produce una disolución más agresiva de minerales neutralizantes (sobrestimación del PN) debido a la mayor temperatura (ebullición) de digestión en comparación al método Modificado desarrollado a temperatura ambiente. El PN Sobek Modificado fue realizado en todas las muestras.

PN Carbonatada (CaNP): representa el PN disponible a partir de minerales de carbonato reactivo incluyendo calcita, dolomita, así como también, siderita y otros carbonatos de metal divalente que no pueden proporcionar neutralización neta. Se calculó en base al contenido de carbón total inorgánico (TIC por su sigla en Inglés) asumiendo que el TIC en su totalidad esta en forma de calcita.

Potencial de Generación de Acidez

De acuerdo al método Sobek Modificado, el potencial de un material para generar ácido (PA) se calcula a partir del contenido de azufre como sulfuro de la muestra, partiendo de la base que el contenido total de sulfuros de la roca se oxidará para generar ácido. El contenido de sulfuros de la muestra se calcula como la diferencia entre el azufre total y el

azufre como sulfato medidos en laboratorio. El método Sobek Estándar usa el azufre total para calcular el PA.

Ensayo de Generación Neta de Ácido

Los ensayos NAG (MEND 2009), se utilizan en combinación con los resultados ABA para verificar el potencial de generación de DAR de una muestra. El ensayo NAG usa peróxido de hidrógeno para inducir la oxidación completa de los minerales de sulfuros y la neutralización simultánea de los minerales disponibles en la muestra. A diferencia de los resultados ABA, los ensayos NAG no proporcionan una estimación del PN relativa al PA sino más bien el efecto neto de la oxidación de sulfuros y neutralización en una muestra. Este ensayo es particularmente útil para muestras que presentan un bajo PA y PN donde otros medios de interpretación arrojan pronósticos conflictivos.

Ensayos de Lixiviación a Corto Plazo

Se aplicó dos ensayos diferentes de lixiviación a corto plazo para simular lo siguiente:

- Interacción de corto plazo con agua destilada mediante ensayos SFE; y
- Oxidación completa de sulfuros reactivos y neutralización simultánea mediante análisis integral de lixiviados NAG.

El ensayo SFE se aplicó de acuerdo a la Guía Canadiense para predicción de DAR, William & Price, 1997 utilizando una proporción 4:1 de líquido a sólido durante 24 horas y con una calidad de agua a un pH neutral de 7,0.

Una cantidad de muestra (250g) es colocada en un frasco y se adiciona 750mL de agua destilada o desionizada. Luego el contenedor (con la muestra) es agitado suavemente en un extractor rotatorio por un tiempo determinado y al término de este proceso, se deja en reposo para permitir la sedimentación.

Se colecta la solución sobrenadante o extracto, se mide el pH a una submuestra e inmediatamente se procesa el agua, como la filtración, preservación, etc. antes del análisis. El extracto se filtró a través de un microfiltro de 0,45 µm.

El análisis integral de los resultados de lixiviados NAG permite una evaluación de la composición del lixiviado después de la oxidación completa de los minerales de sulfuro y de la disolución correspondiente de las fases que son solubles bajo las condiciones de los ensayos. La prueba simula la liberación simultánea de químicos procedentes de la meteorización mientras que en condiciones naturales, estos procesos ocurren en mayor tiempo. Por ello, la prueba representa condiciones "extremas".

Los lixiviados de los ensayos de SFE y NAG, se analizaron mediante el método plasma acoplado inductivamente - espectrometría de masas (ICP-MS por su sigla en inglés) y plasma acoplado inductivamente - espectrometría de emisión óptica (ICP-OES por su sigla en inglés) para los siguientes parámetros:

- Aluminio, antimonio, arsénico, boro, bario, berilio, bismuto, calcio, cadmio, cromo, cobalto, cobre, hierro, plomo, litio, magnesio, manganeso, molibdeno, níquel, fósforo, potasio, selenio, silicio, plata, sodio, estroncio, talio, estaño, titanio, vanadio y zinc;

- El mercurio se analizó a través de plasma acoplado inductivamente - espectrometría de fluorescencia atómica (ICP-AFS por su sigla en Inglés); y
- El pH se midió en la solución final de lixiviado NAG.

Los resultados de los ensayos de lixiviación a corto plazo se utilizan habitualmente para identificar potenciales constituyentes de interés ambiental en las descargas de la mina, (por ejemplo, escorrentía y filtración) que podrían producirse a partir de la disolución rápida de las fases minerales en estado soluble. No obstante, la evaluación de ensayos de lixiviación a corto plazo, en el contexto de las condiciones del sitio, debería realizarse con precaución. La química real del drenaje del sitio diferirá de los resultados de los ensayos de lixiviación a causa de su incapacidad de simular con precisión las condiciones naturales, los procesos transitorios como la oxidación de sulfuros y los cambios en la composición química a causa de la mezcla de escorrentía y agua receptora. Los resultados de los ensayos de lixiviación son por lo tanto sólo considerados como indicadores de potenciales constituyentes de interés, en lugar de representaciones precisas de futuras composiciones de drenaje.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Composición Química

. En las figuras de los elementos mayoritarios, la concentración de cada muestra es comparada con las concentraciones promedio de elementos típicos en la corteza terrestre según Price (1997).

El arsénico y mercurio son algunos de los elementos traza de importancia ambiental que representan un riesgo a la salud humana y el ambiente, cuando sus concentraciones se presentan con abundancia en la naturaleza. Es por ello, que estos elementos son regulados y monitoreados mediante límites o estándares para disminuir el riesgo. Las concentraciones de los elementos mencionados excedieron el promedio de abundancia de la corteza terrestre.

Potencial de Drenaje Ácido de Roca (DAR)

Los resultados proveen información del potencial DAR de cada muestra que se ha determinado en base al RPN ($RPN=NP/AP$), siguiendo las guías Gard 2009 y MEND 2009.

En la Tabla 4 se observa que todas las muestras de desmonte tienen designación No PGA, a excepción de la muestra M-04 que tiene designación PGA Incierto. Los elevados contenidos de PN en las muestras de caliza dan en la mayoría de las muestras esta designación. La especie de azufre dominante en todas las muestras de desmonte a excepción de la muestra M-03 es el azufre como sulfuro, debido a la similitud de porcentajes de azufre total y azufre sulfuro.

El pH en pasta determina la acidez fácilmente soluble de un mineral, valores de pH en pasta menores a 4,5 indican que las muestras guardan acidez y contribuirán rápidamente a la acidez y la carga química en el drenaje durante procesos de meteorización antes del comienzo de DAR. El pH en pasta no es un indicador de la contribución a la acidez de una muestra en el largo plazo, especialmente en los materiales PGA ya que el método no analiza aquellos minerales que requieren una exposición de largo plazo al aire y agua para liberar acidez.

El valor de pH en pasta en las muestras de desmonte es alcalino, es decir, la muestra no guarda acidez que pueda contribuir rápidamente.

Los contenidos de azufre sulfuro son bajos, con contenidos con menores a 0,2 wt%, a excepción de las muestras M-01 y M-04 que presentan valores de 1,25 wt% y 1,57 wt%, respectivamente. En el caso de la muestra M-01, a pesar de reportar un valor de azufre sulfuro de 1,25 wt%, el alto valor de PN reportado de 371 t CaCO₃/kt cataloga a la muestra como No PGA. Sin embargo, la muestra M-04 reporta un valor similar de sulfuro y un valor bajo de PN de 34 t CaCO₃/kt, catalogando a esta muestra como PGA incierto.

Tabla 4: Resumen de Muestras de Desmonte con Potencial de DAR

ID Muestra	pH en pasta	NAG pH	Azufre	Sulfatos	Sulfuros	PN	PN Neto	RPN	Designación DAR (*)
			wt%	wt% S	wt% S				
M-01	7,8	----	1,4	0,10	1,25	410	371	10	No PGA
M-02	8,6	----	0,2	0,05	0,17	843	838	159	No PGA
M-03	8,0	9,6	0,3	0,18	0,12	147	143	39	No PGA
M-04	7,4	8,5	1,7	0,12	1,57	83	34	2	PGA Incierto
M-05	8,6	11,2	0,2	0,04	0,16	659	654	132	No PGA

(*) Basado en RPN

Es importante recalcar que la determinación del potencial DAR de las cinco muestras se debe interpretar como una determinación puntual y no representa un volumen de material de desmonte. Si se requiere que un volumen de material sea caracterizado, un número de muestras serán seleccionadas siguiendo criterios estándares

Pruebas NAG

Los resultados de los ensayos NAG (AMIRA 2002), se utilizan en combinación con los resultados ABA para verificar el potencial de generación de DAR de una muestra. El ensayo NAG induce la oxidación completa de los minerales de sulfuros y la neutralización simultánea de los minerales disponibles en la muestra. Este ensayo es particularmente útil para muestras que presentan un bajo PA (de sulfuros menores a 1 wt%) y PN donde otros medios de interpretación arrojan pronósticos conflictivos.

Los pH NAG de las muestras de desmonte son alcalinos, confirmado la designación No PGA, a excepción de la muestra M-04 cuyo contenido de sulfuro es mayor al 1 wt% en la muestra, y probablemente el uso de peróxido de hidrógeno por una sola vez no indujo a la oxidación completa de los minerales de sulfuros, es por ello que el pH de los ensayos NAG es alcalino (7,4). En muestras cuyo porcentaje de sulfuros es mayor al 1%, se recomienda el desarrollo del ensayo NAG secuencial, el cual usa peróxido de hidrógeno en varios tiempos para lograr la oxidación completa de los sulfuros.

Prueba de Lixiviación de Metales SFE y Lixiviados NAG

Los resultados tabulados de calidad de agua de los lixiviados (SFE y NAG) se encuentran en el Anexo B. Los resultados de SFE y NAG han sido comparados de manera referencial con los Límites Máximos Permisibles (LMP), para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas (D.S. N° 010-2010-MINAM) y el estándar para efluentes en Minería del Banco Mundial (IFC, 2007), con el propósito de identificar parámetros de interés ambiental en un hipotético caso se genere un lixiviado en el dique de contención de relaves. Las excedencias que se presentaran durante el análisis de los datos no debe interpretarse como un incumplimiento legal de los LMP peruanos para efluentes, más bien la prueba de laboratorio SFE sólo representaría el primer lixiviado después de un evento de lluvia que no necesariamente se convertirá en un efluente de descarga de la mina. Asimismo, debido a que las concentraciones de molibdeno de la composición química de la roca se encontraron por encima del promedio de la corteza terrestre y al no contar con un LMP para este parámetro, se tomó como referencia el estándar de calidad de agua de molibdeno de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para uso como agua de bebida (0,07 mg/L).

El valor de pH NAG y SFE son alcalinos y se puede observar que todas concentraciones de metales en las muestras de desmonte se encontraron por debajo de los estándares de comparación

ANEXO N°6

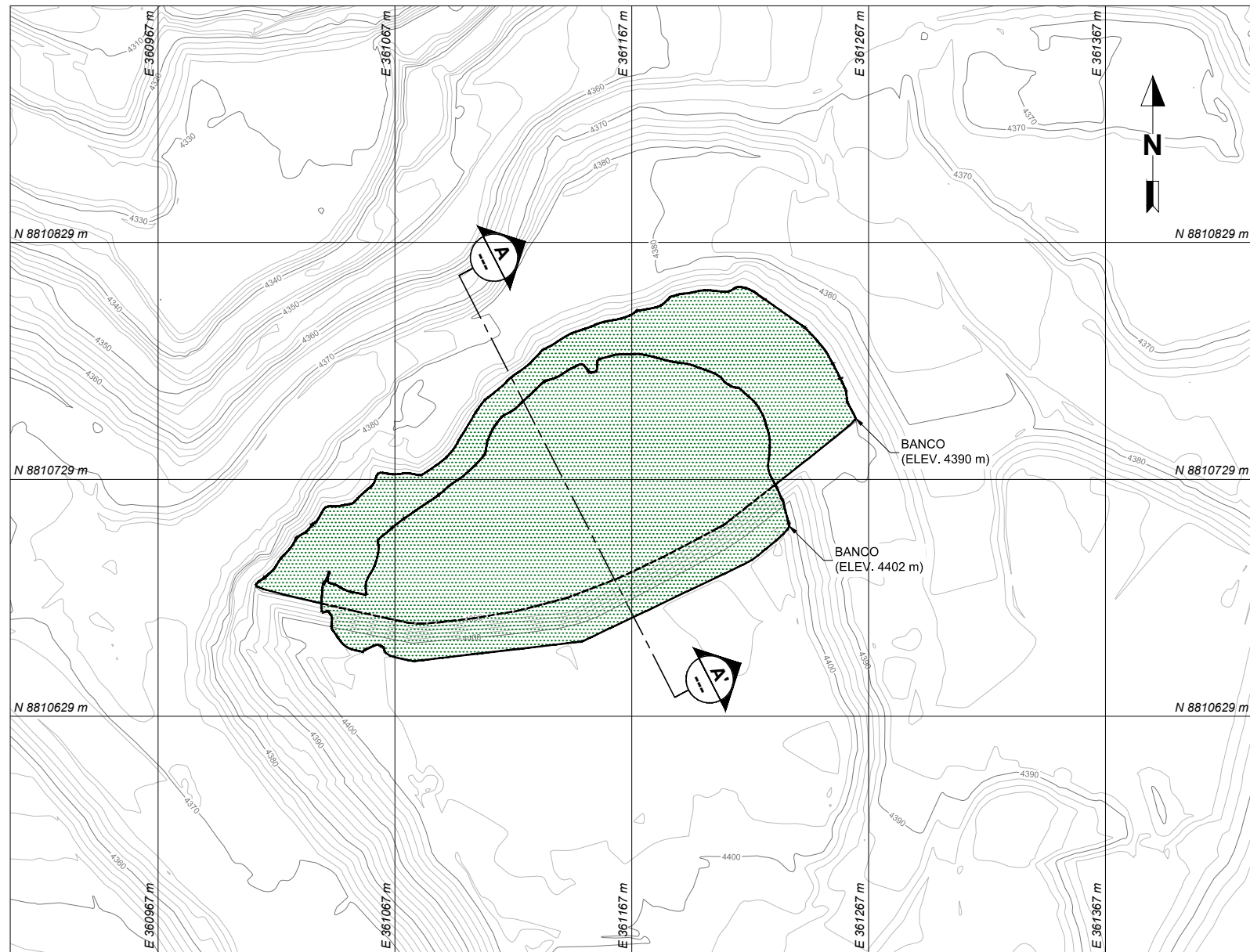
Rendimiento y selección de equipos para las
Canteras

**Parámetros técnicos y rendimiento de Equipos de Carguío de las canteras
Planeamiento de la Obtención de Material para la Construcción de la Presa Huachuacaja
Sociedad Minera "El Brocal" S.A.A.**

EQUIPO DE CARGUIO		CANTERA DE MORRENA			CANTERA DE INTRUSIVO		ZONA NORESTE TIPO - 4	ZONA SUR	
		MATERIAL TIPO - 1			TIPO - 2	TIPO - 3		A PRESA	A BOTADERO
TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	UNIDAD	EXC. CAT 365			EXC. CAT 365		CAT - 365	CAT - 365	CAT - 365
INFORMACION DE EXPLOTACION									
Densidad in situ del material	t/m ³	1.9	1.9	1.9	2.5	2.5	2.3	2.3	2.3
Densidad esponjado del material	t/m ³	1.52	1.52	1.52	1.67	1.52	1.64	1.64	1.64
Capacidad nominal de tolva	TM	22.34	22.34	22.34	23.750	19.318	24.150	24.150	24.150
Capacidad nominal de tolva	m ³	15	15	15	15	15	15	15	15
Factor de utilización de tolva	Fut	0.98	0.98	0.98	0.95	0.85	0.98	0.98	0.98
Factor de esponjamiento	Fesp	1.25	1.25	1.25	1.50	1.65	1.40	1.40	1.40
DATOS TECNICOS DEL CARGADOR									
Capacidad nominal de cuchara	m ³	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77
Capacidad nominal de cuchara	tm	3.9	3.9	3.9	4.05	3.07	4.23	4.23	4.23
Factor de utilización de cuchara	Fuc	0.95	0.95	0.95	0.90	0.75	0.93	0.93	0.93
Capacidad operativa de cuchara	m ³	2.57	2.57	2.57	2.43	2.025	2.5761	2.5761	2.5761
Capacidad operativa de cuchara	tm	3.90	3.90	3.90	4.05	3.07	4.23	4.23	4.23
Tiempo de ciclo de carguio promedio	seg.	45.0	45.0	45.0	32	42	25	25	25
CALCULO DE TIEMPO DE CARGA									
Numero de pases por capacidad de tolva	Qnt/Qoc	5.73	5.73	5.73	5.86	6.30	5.71	5.71	5.71
Numero de pases reales	Qnt/Qoc	6.0	6.0	6.0	6.0	7.0	6.0	6.0	6.0
Carga operativa de tolva (Qot)	tm	22.34	22.34	22.34	23.75	19.32	24.15	24.15	24.15
Carga operativa de tolva (Vot)	m³	14.70	14.70	14.70	14.25	12.75	14.70	14.70	14.70
Diferencia entre Qnt vs Qot	tm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diferencia entre Vnt vs Vot	m ³	0.3	0.3	0.3	0.8	2.3	0.3	0.3	0.3
Tiempo de carguio de un camión	min	4.75	4.75	4.75	3.45	5.15	2.75	2.75	2.75
PRODUCCION									
Tiempo de recorrido cargado	min	2.54	4.76	3.95	7.50	7.50	14.77	10.00	5.26
Tiempo de retomo	min	2.04	3.83	3.16	5.18	5.18	11.34	8.13	3.95
Tiempo en pausas	seg.	65	65	65	65	85	65	65	65
Tiempo en maniobra para el carguio	seg.	5	5	5	5	5	5	5	5
Tiempo en maniobra para la descarga	seg.	25	25	25	25	35	25	25	25
Tiempo en descarga	seg.	30	30	30	30	40	30	30	30
Tiempo en operaciones auxiliares (limpieza de tolva, revisión en ruta)	seg.	5	5	5	5	5	5	5	5
TIEMPO EN CICLO DE ACARREO	min.	10.41	14.42	12.93	17.21	19.24	29.93	21.96	13.04
NUMERO DE EQUIPOS DE CARGUIO Y ACARREO									
Numero de camiones	Nº	1.19	2.04	1.72	3.99	2.74	9.89	6.99	3.74
Numero de camiones reales		2.00	3.00	2.00	4.00	3.00	10.00	7.00	4.00
Rendimiento de acarreo por hora efectiva	TM/hef	128.75	92.94	103.65	82.79	60.23	48.41	65.98	111.13
Rendimiento de acarreo por hora operativa	TM/ho	101.66	73.38	81.84	69.73	50.73	40.77	55.58	93.62
Rendimiento de acarreo por hora operativa	m ³ /h	46.34	57.15	53.92	27.89	20.29	17.73	24.17	40.70
Rendimiento de carguio por turno	m ³ /tumo	704	868	819	1151	575	1813	1747	1576
Rendimiento de carguio por día	TM/día	2676	3300	3113	5757	2874	8342	8035	7248
Rendimiento de carguio por día	m ³ /día	1517	1737	1639	2303	1149	3627	3494	3151
Rendimiento de carguio por mes	m ³ /mes	45510	52108	49159	69088	34484	108808	104810	94544
Producción requerida	m ³	429,094	429,094	429,094	156,514	284,336	660,000	660,000	1,060,000
Nº de Frentes	Nº	2	2	2	1	2	2	2	2
Nº de camiones		4	6	4	4	6	20	14	8
Nº de meses reales	Meses	4.71	4	4	2	4	3	3	6

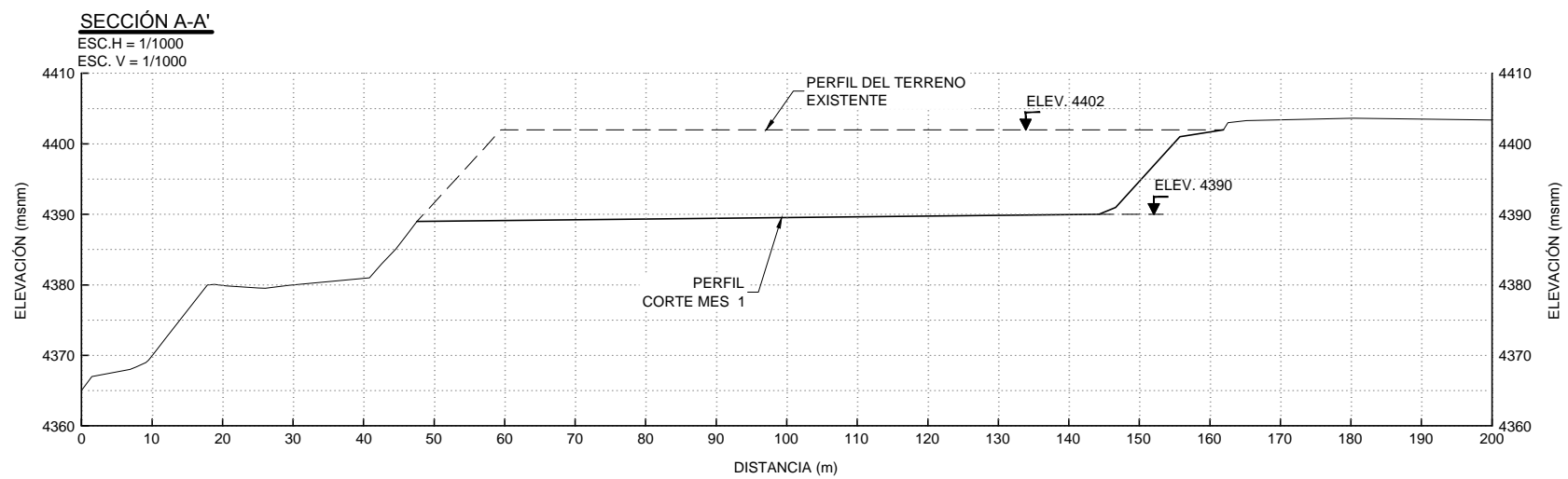
ANEXO N°7

Plan de minado de la Zona Sur



PLANTA
ESC. 1:2500

- LEYENDA:**
- TOPOGRAFÍA DEL TERRENO EXISTENTE
 - CORTE MES 1
 - GRILLA UTM
 - IDENTIFICADOR DE SECCIÓN
 - PLANO DONDE DE MUESTRA LA SECCIÓN:
SE COLOCARÁ "---" CUANDO LA SECCIÓN SE MUESTRE EN EL MISMO PLANO.



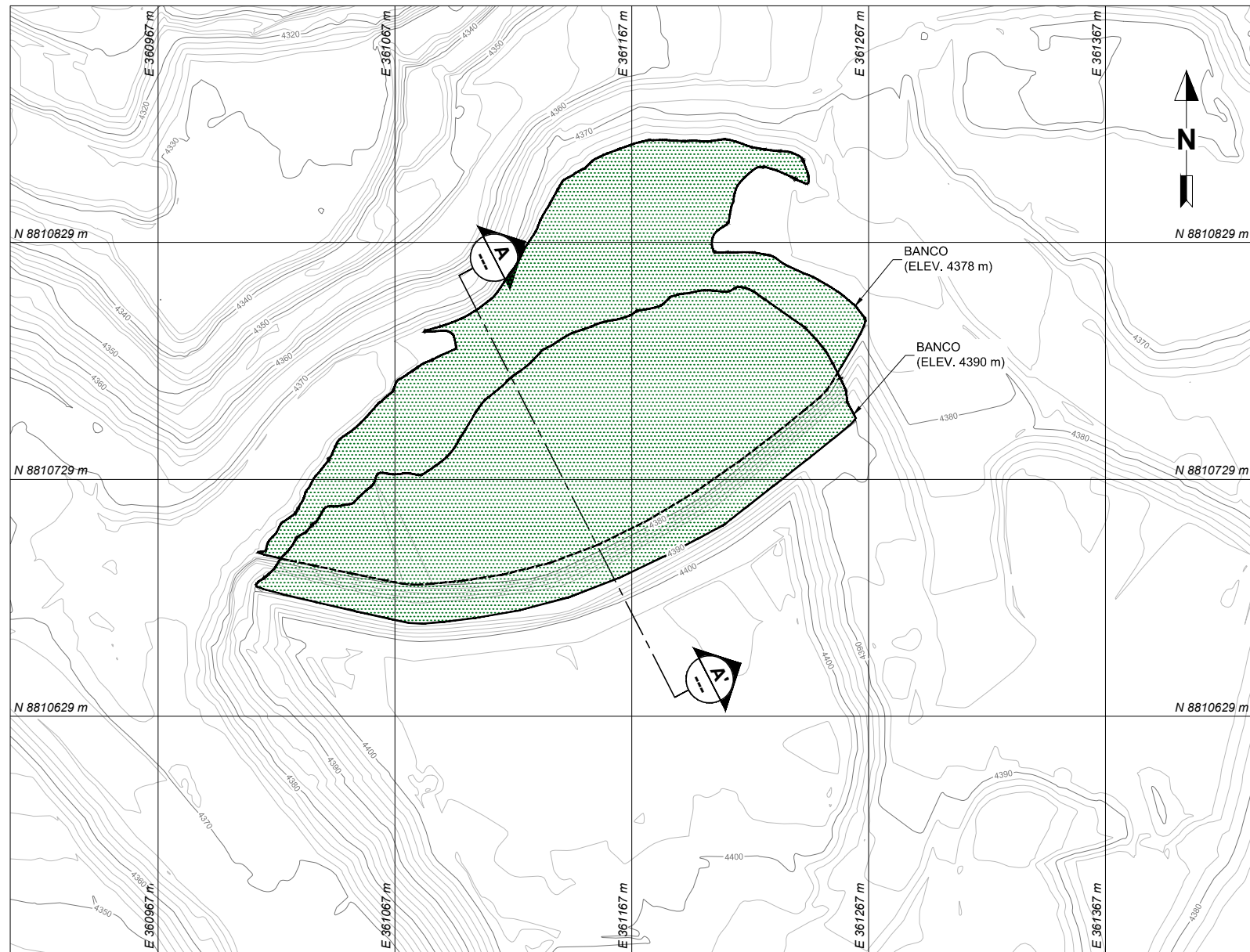
- NOTAS:**
1. LAS UNIDADES MOSTRADAS EN EL PLANO ESTÁN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL SALVO OTRA INDICACIÓN.
 2. LAS ELEVACIONES ESTÁN REFERIDAS A ALTURAS ORTOMÉTRICAS (msnm).
 3. LA CUADRÍCULA ESTÁ REFERIDA AL DATUM PSAD 56 , SISTEMA DE COORDENADAS UTM, ZONA 18S.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

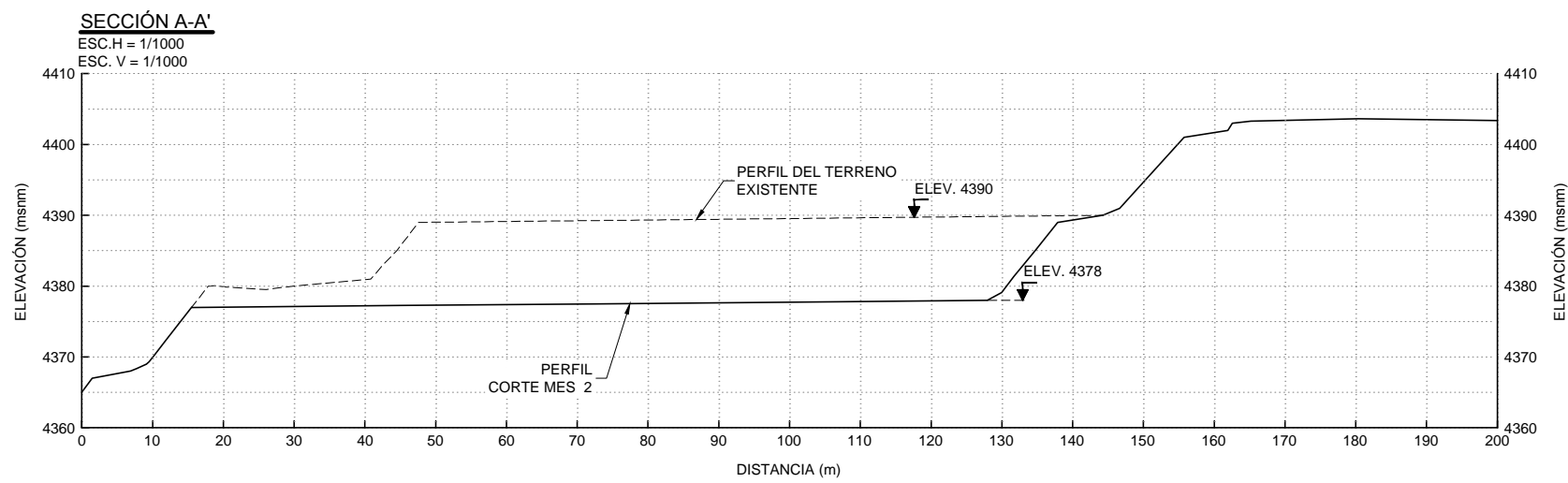
TÍTULO:
**PLAN DE MINADO ZONA SUR DEL TAJO
PLANTA Y SECCIÓN A-A' (CORTE MES 1)**

DISEÑO: YHONNY EDWARD ALATA ALLAIN | ESCALA: INDICADA | FECHA: ENE. 2014 | CAD: CORTE_01.dwg



PLANTA
ESC. 1:2500

- LEYENDA:**
- TOPOGRAFÍA DEL TERRENO EXISTENTE
 - CORTE MES 1
 - GRILLA UTM
 - IDENTIFICADOR DE SECCIÓN
 - PLANO DONDE DE MUESTRA LA SECCIÓN:
SE COLOCARÁ "---" CUANDO LA SECCIÓN SE MUESTRE EN EL MISMO PLANO.



- NOTAS:**
1. LAS UNIDADES MOSTRADAS EN EL PLANO ESTÁN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL SALVO OTRA INDICACIÓN.
 2. LAS ELEVACIONES ESTÁN REFERIDAS A ALTURAS ORTOMÉTRICAS (msnm).
 3. LA CUADRÍCULA ESTÁ REFERIDA AL DATUM PSAD 56 , SISTEMA DE COORDENADAS UTM, ZONA 18S.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

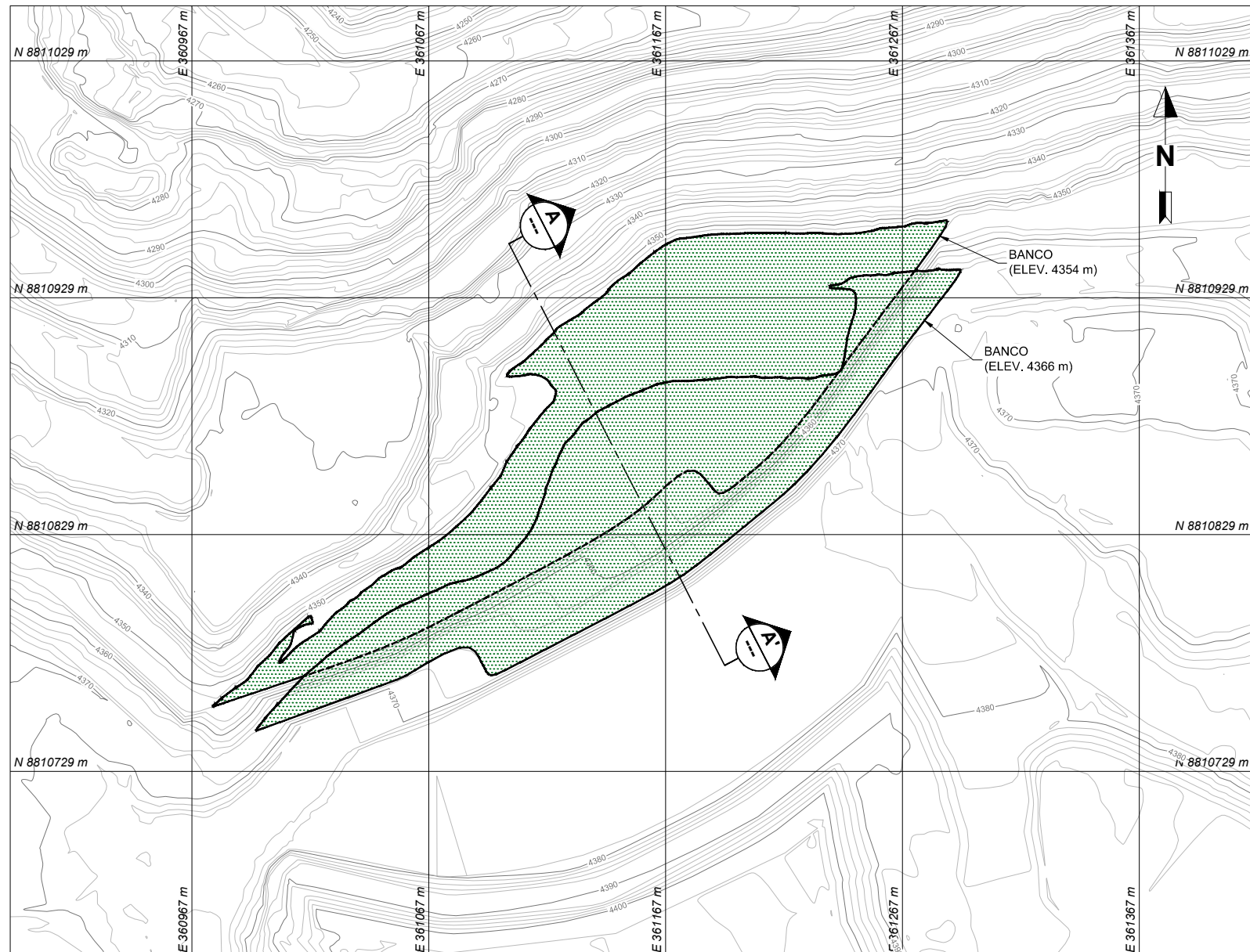
TÍTULO:
**PLAN DE MINADO ZONA SUR DEL TAJO
PLANTA Y SECCIÓN A-A' (CORTE MES 2)**

DISEÑO: YHONNY EDWARD ALATA ALLAIN

ESCALA: INDICADA

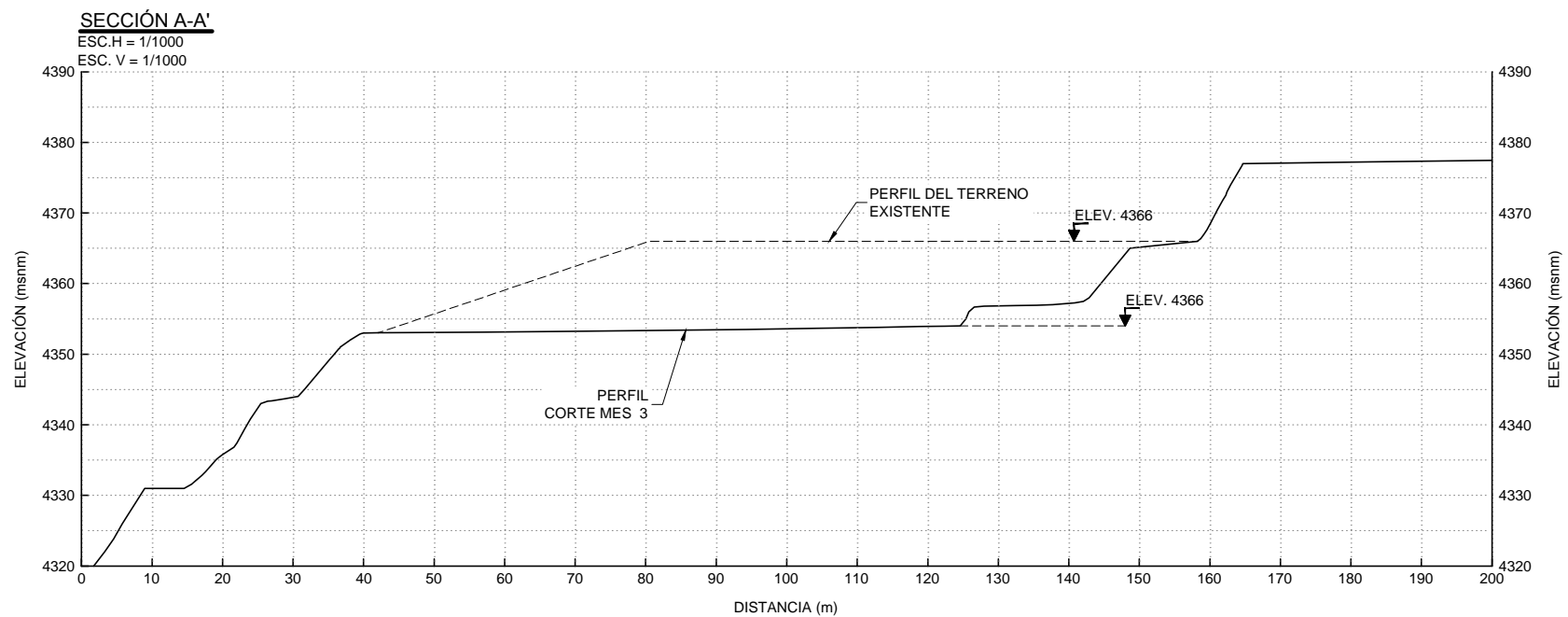
FECHA: ENE. 2014

CAD: CORTE_02.dwg



PLANTA
ESC. 1:2500

- LEYENDA:**
- TOPOGRAFÍA DEL TERRENO EXISTENTE
 - CORTE MES 1
 - GRILLA UTM
 - IDENTIFICADOR DE SECCIÓN
 - PLANO DONDE DE MUESTRA LA SECCIÓN:
SE COLOCARÁ "A-A" CUANDO LA SECCIÓN SE MUESTRE EN EL MISMO PLANO.



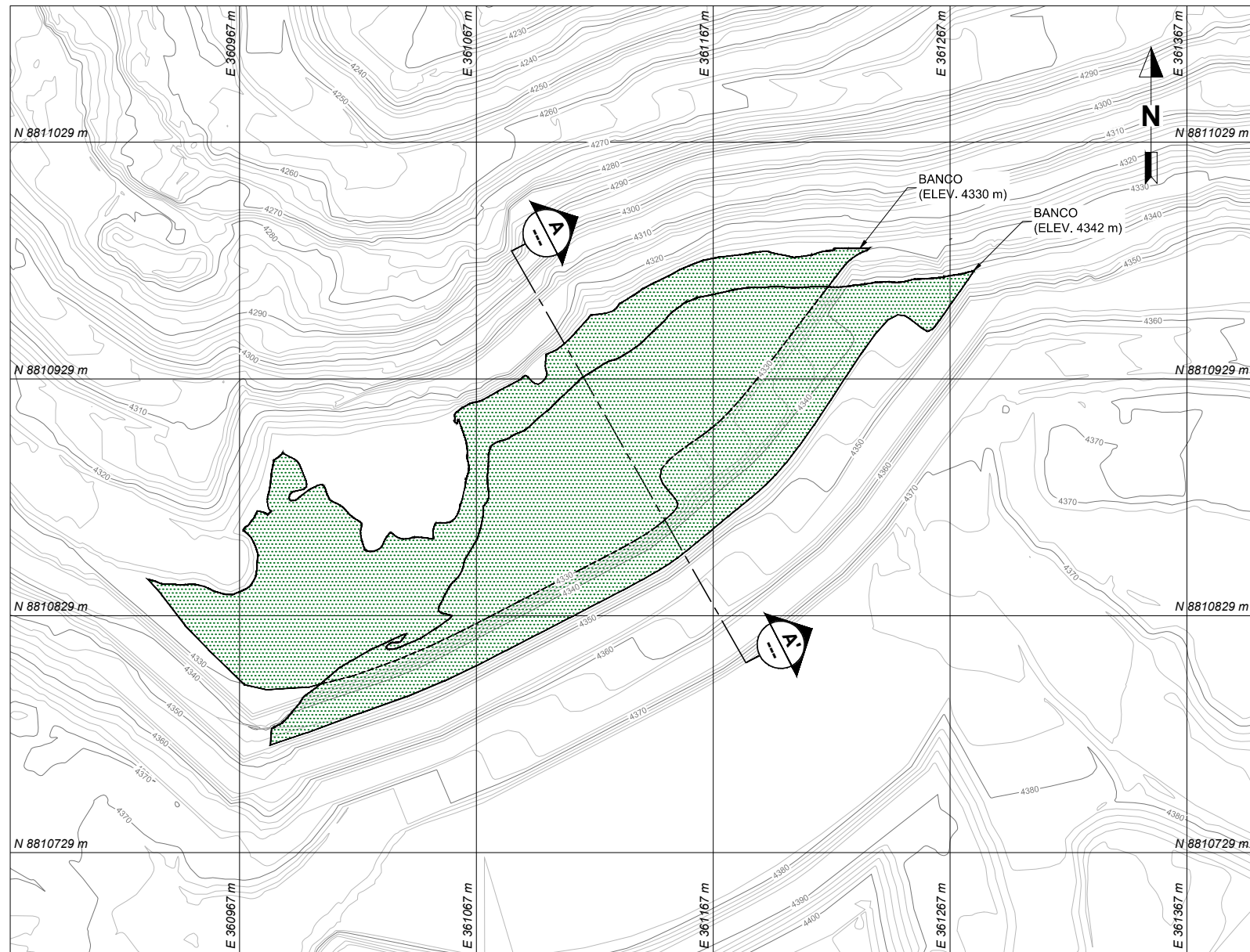
- NOTAS:**
1. LAS UNIDADES MOSTRADAS EN EL PLANO ESTÁN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL SALVO OTRA INDICACIÓN.
 2. LAS ELEVACIONES ESTÁN REFERIDAS A ALTURAS ORTOMÉTRICAS (msnm).
 3. LA CUADRÍCULA ESTÁ REFERIDA AL DATUM PSAD 56 , SISTEMA DE COORDENADAS UTM, ZONA 18S.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA


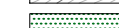
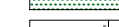


TÍTULO:
**PLAN DE MINADO ZONA SUR DEL TAJO
PLANTA Y SECCIÓN A-A' (CORTE MES 3)**

DISEÑO: YHONNY EDWARD ALATA ALLAIN ESCALA: INDICADA FECHA: ENE. 2014 CAD: CORTE_03.dwg



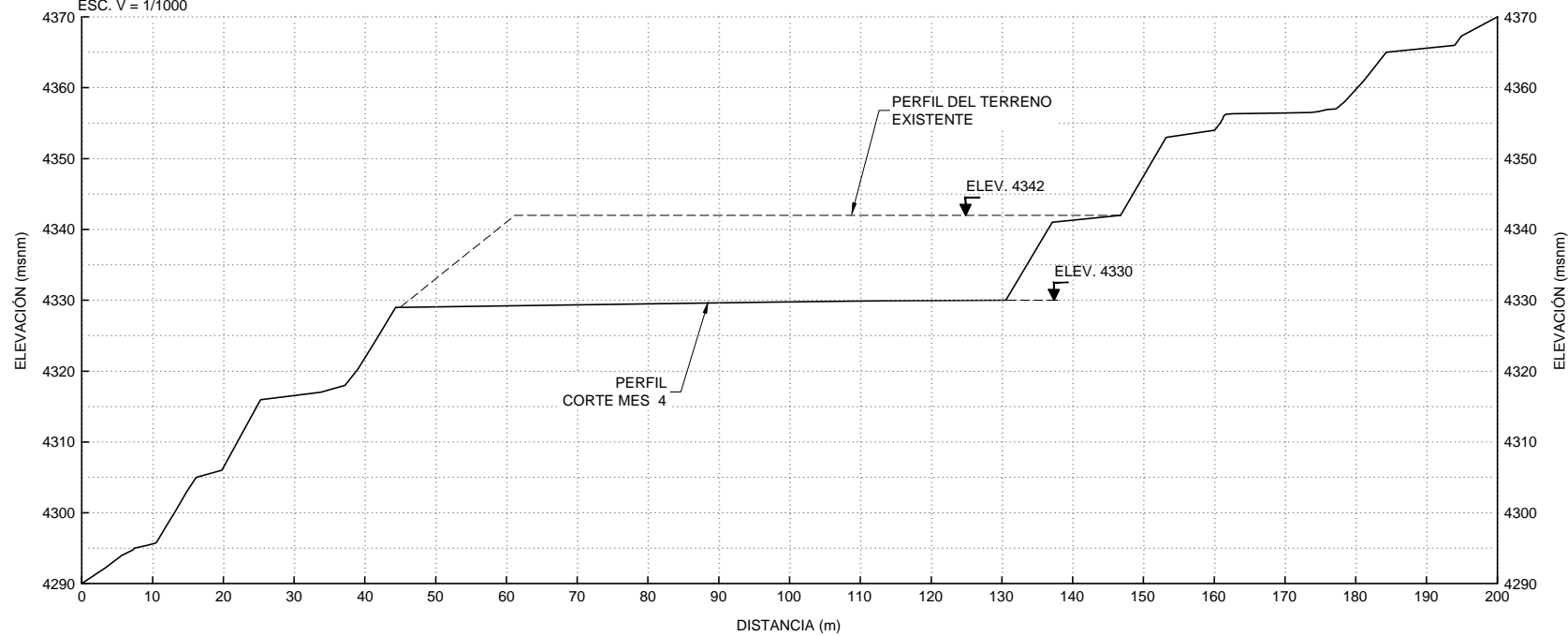
PLANTA
ESC. 1:2500

LEYENDA:

-  TOPOGRAFÍA DEL TERRENO EXISTENTE
-  CORTE MES 1
-  GRILLA UTM
-  IDENTIFICADOR DE SECCIÓN
-  PLANO DONDE DE MUESTRA LA SECCIÓN:
SE COLOCARÁ "---" CUANDO LA SECCIÓN SE MUESTRE EN EL MISMO PLANO.

SECCIÓN A-A'

ESC. H = 1/1000
ESC. V = 1/1000



NOTAS:

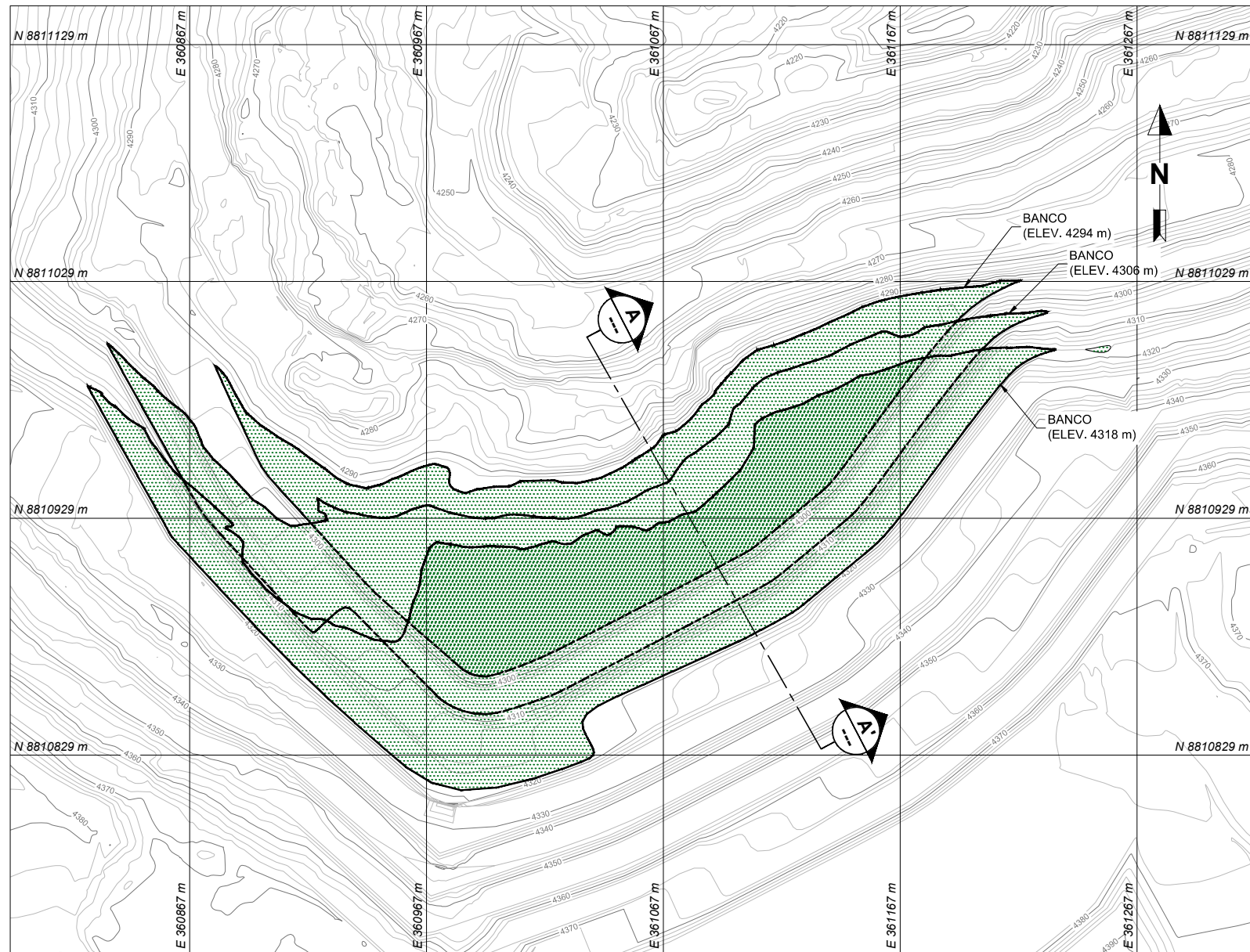
1. LAS UNIDADES MOSTRADAS EN EL PLANO ESTÁN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL SALVO OTRA INDICACIÓN.
2. LAS ELEVACIONES ESTÁN REFERIDAS A ALTURAS ORTOMÉTRICAS (msnm).
3. LA CUADRÍCULA ESTÁ REFERIDA AL DATUM PSAD 56 , SISTEMA DE COORDENADAS UTM, ZONA 18S.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

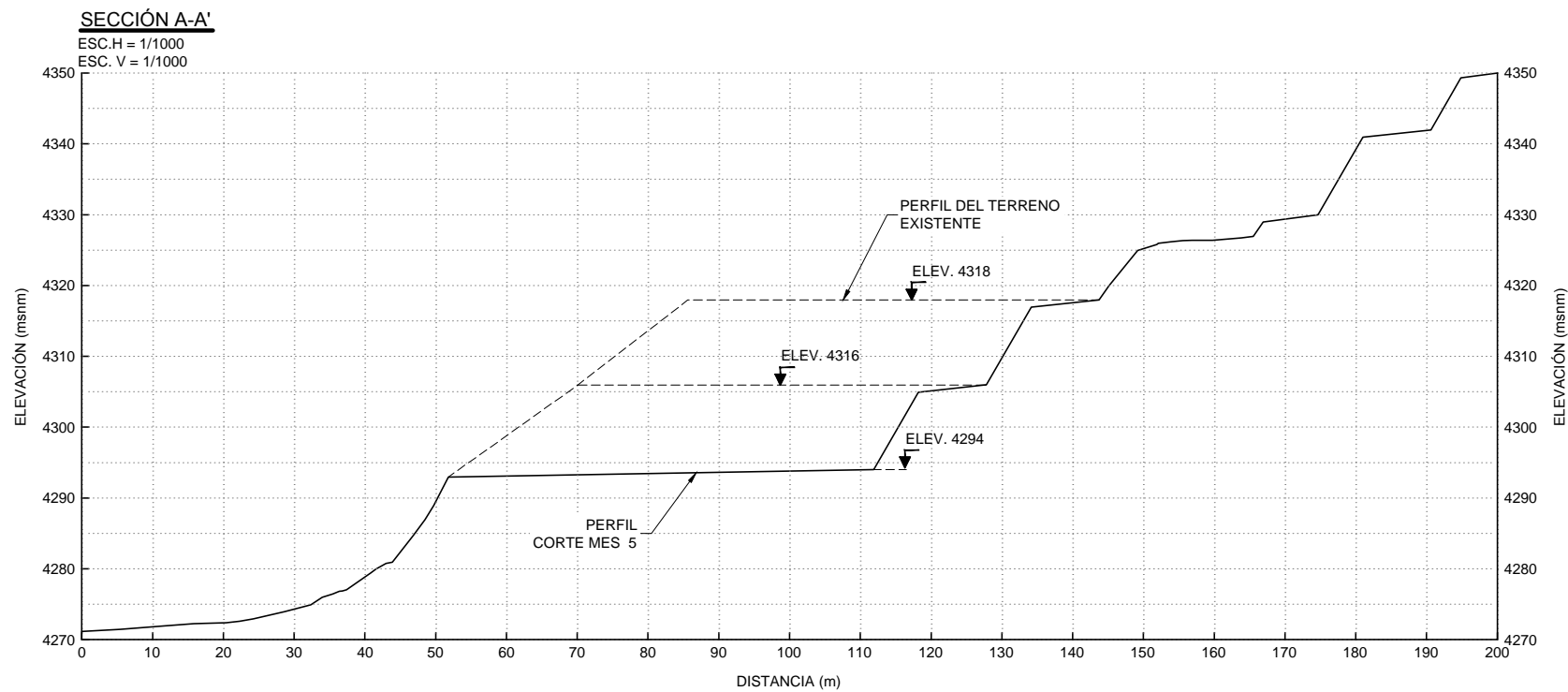
TÍTULO:
**PLAN DE MINADO ZONA SUR DEL TAJO
PLANTA Y SECCIÓN A-A' (CORTE MES 4)**

DISEÑO: YHONNY EDWARD ALATA ALLAIN | ESCALA: INDICADA | FECHA: ENE. 2014 | CAD: CORTE_04.dwg



PLANTA
ESC. 1:2500

- LEYENDA:**
- TOPOGRAFÍA DEL TERRENO EXISTENTE
 - CORTE MES 1
 - GRILLA UTM
 - IDENTIFICADOR DE SECCIÓN
 - PLANO DONDE DE MUESTRA LA SECCIÓN:
SE COLOCARÁ "---" CUANDO LA SECCIÓN SE MUESTRE EN EL MISMO PLANO.



- NOTAS:**
1. LAS UNIDADES MOSTRADAS EN EL PLANO ESTÁN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL SALVO OTRA INDICACIÓN.
 2. LAS ELEVACIONES ESTÁN REFERIDAS A ALTURAS ORTOMÉTRICAS (msnm).
 3. LA CUADRÍCULA ESTÁ REFERIDA AL DATUM PSAD 56 , SISTEMA DE COORDENADAS UTM, ZONA 18S.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

TÍTULO:
**PLAN DE MINADO ZONA SUR DEL TAJO
PLANTA Y SECCIÓN A-A' (CORTE MES 5)**

DISEÑO: YHONNY EDWARD ALATA ALLAIN | ESCALA: INDICADA | FECHA: ENE. 2014 | CAD: CORTE_05.dwg