

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**ANÁLISIS EN LA CONSTRUCCIÓN
DE UN PAD DE LIXIVIACIÓN**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

PETER WILLIAMS GUERRERO MELGAREJO

Lima- Perú

2015

Dedico este informe de suficiencia, En primer lugar a Dios quien me dio la inspiración y fortaleza espiritual, A mis padres Lidia Melgarejo Romero y Magno Guerrero Moreno por su amor, comprensión, apoyo, que me han dado todo para poder cumplir mis sueños profesionales, infinitamente gracias por sus enseñanzas y valores inculcados. A mis hermanos Hans y Jhonatan por estar siempre presentes. A mis tíos, primos y amigos quienes me dieron el apoyo emocional para escribir y concluir este informe. Con todo cariño se las dedico a ustedes que son mi motivación y alegría diaria.

	Pág.
RESUMEN.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE FOTOGRAFÍAS.....	7
LISTA DE TABLAS.....	8
LISTA DE SÍMBOLOS.....	9
LISTA DE SIGLAS.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO I: MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	12
1.1 GENERALIDADES.....	12
1.2 ÁREA DE PRÉSTAMO Y ZONA DE BOTADERO.....	12
1.3 LIMPIEZA, DESBROCE Y REMOCIÓN DE TURBA Y ARCILLA.....	14
1.4 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE ROCA.....	16
1.5 ESTRUCTURA DE DERIVACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES.....	17
CAPÍTULO II: SISTEMAS DE SUBDRENAJE.....	18
2.1 GENERALIDADES.....	18
2.2 MATERIALES DE ACOPLAMIENTOS Y SISTEMAS DE TUBERÍAS.....	20
2.3 MATERIAL DE DRENAJE.....	22
2.4 RELLENOS ESTRUCTURALES.....	25
2.5 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SUBDRENAJE.....	26
CAPÍTULO III: CONSTRUCCIÓN DE LA CAPA DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD.....	28
3.1 GENERALIDADES.....	28
3.2 MATERIALES PARA COLOCACIÓN DE SOIL LINER (ARCILLA).....	28
3.3 PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE LA SUPERFICIE DE BAJA PERMEABILIDAD.....	29

3.4	PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE (SUPERFICIE PARA COLOCACIÓN DE GEOMEMBRANA).....	35
CAPÍTULO IV: REVESTIMIENTO CON GEOSINTÉTICOS.....		37
4.1	GENERALIDADES.....	37
4.2	REVESTIMIENTO CON GEOCOMPUESTO.....	38
4.2.1	Propiedades del material.....	38
4.2.2	Colocación del Geocompuesto.....	39
4.2.3	Costura de los paneles de Geocompuesto.....	40
4.2.4	Aceptación de la instalación del Geocompuesto.....	41
4.3	REVESTIMIENTO CON GEOSINTÉTICO DE ARCILLA (GCL).....	41
4.3.1	Propiedades del material.....	42
4.3.2	Colocación del GCL.....	43
4.3.3	Traslapes.....	43
4.3.4	Aceptación de la instalación del GCL.....	44
4.4	REVESTIMIENTO CON GEOMEMBRANA.....	44
4.4.1	Propiedades del material.....	44
4.4.2	Colocación de la Geomembrana.....	46
4.4.3	Soldadura de la Geomembrana.....	47
4.4.4	Excavación y Relleno de Trincheras de Anclaje.....	49
CAPÍTULO V: EVALUACIÓN DURANTE Y POST CONSTRUCCIÓN.....		50
5.1	PROBLEMAS DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO.....	50
5.1.1	Sobre excavación del terreno de Fundación.....	50
5.1.2	Aparición de agua subterránea.....	53
5.1.3	Taludes Pronunciados.....	56
5.1.4	Relleno de Taludes.....	57
5.2	REPLANTEO DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO.....	60
5.2.1	Replanteo de Tuberías de Drenaje.....	60

5.2.2	Replanteo en colocación de Geosintéticos.....	62
5.3	ETAPA POST CONSTRUCCIÓN.....	65
	CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
6.1	CONCLUSIONES.....	66
6.2	RECOMENDACIONES.....	67
	BIBLIOGRAFÍA.....	68
	ANEXOS	
	ANEXO A: MEMORIA DE CÁLCULOS	
	ANEXO B: REGISTROS DE ENSAYOS EN LABORATÓRIO	
	ANEXO C: PANEL FOTOGRÁFICO	
	ANEXO D: PLANOS	

RESUMEN

Para el análisis de cada proceso constructivo, debemos entender que el pad de lixiviación es una obra minera de diseño civil, que se construye para dar paso a la etapa de explotación del material minero, cuyo fin principal es servir como depósito de dicho material. Entonces el informe de suficiencia se centra en los problemas y soluciones que surgieron durante la construcción del pad de lixiviación N° 6 o pad de lixiviación Fase VI (denominación dada por la Minera Barrick Misquichilca S.A. en continuación de la cantidad de pads que han realizado); cada solución planteada se desarrolla de acuerdo a observaciones y anotaciones realizadas en campo, Para una mejor comprensión, este informe consta de seis capítulos las cuales son descritas a continuación:

El primer capítulo muestra los trabajos realizados durante el proceso de movimiento de tierras, donde describiremos las diferentes actividades como son el de excavación, limpieza, desbroce, remoción de turba y eliminación de arcilla saturada, todos estos con el fin de preparar una superficie lo más homogéneo y uniforme posible, también mostraremos la ubicación, las características generales de las zonas de botaderos y zonas de préstamos que se encuentran cerca al pad de lixiviación.

El segundo capítulo nos mostrará las generalidades en la instalación de los sistemas de subdrenaje, los cuales están conformados por una red de tuberías perforadas de material polietileno de alta densidad lineal (HDPE), mencionaremos también sus propiedades, el tipo de material de acoplamiento, las dimensiones de las zanjas para la colocación del material drenante y los rellenos estructurales que se usaron para la instalación final.

El tercer capítulo resume los trabajos realizados en la construcción y conformación de la capa de suelo de baja permeabilidad, mostrando la preparación, colocación e instalación de la superficie mencionada, donde presentaremos las diferentes normas, cuadros de especificaciones técnicas y ensayos que se realizaron para una correcta instalación de la arcilla o suelo de baja permeabilidad.

En el cuarto capítulo se detallan los tipos de materiales geosintéticos usados para obtener la superficie regular final que sirva como depósito del material minero, el cual se denomina pad de lixiviación; estos geosintéticos son el geocompuesto, el geotextil relleno de bentonita denominado GCL y por último la geomembrana que cubrirá toda el área construido.

En el quinto capítulo se muestra el análisis de cada proceso constructivo observando los errores, las dificultades que se presentaron, también veremos qué cambios se realizaron, que soluciones se dieron para mejorar los procesos constructivos en áreas que presentan taludes pronunciados, rellenos en taludes empinados y en qué casos se presentó sobre excavaciones; así mismo mostrar cuáles fueron los motivos de cambios o replanteos en la instalación de los sistemas de subdrenajes, como en la instalación de los geosintéticos, también usaremos algunas fórmulas planteadas en la memoria de cálculos para el diseño de tubería en caso de aparición de agua subterránea y fórmulas para el diseño de la cimentación de muro por gravedad en los rellenos de taludes empinados; por ultimo observar en qué condiciones se encuentra la obra culminada.

En el sexto capítulo mostraremos que las soluciones y recomendaciones planteadas en este informe servirán como ayuda para resolver los problemas constructivos que se presenta en la ejecución de proyectos de esta índole.

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.- Ubicación de cantera de arcilla.....	13
Figura N° 2.- Ubicación de cantera de grava y material de filtro	13
Figura N° 3.- Ubicación de botadero y área de desmonte.....	14
Figura N° 4.- Ubicación de roca ripeable y voladura de rocas	16
Figura N° 5.- Secciones típicas en zanjas de tuberías.....	18
Figura N° 6.- Soldadura de cuña caliente	47
Figura N° 7.- Límites de fundación corte en Top Soil para el caso I.....	51
Figura N° 8.- Límites de fundación corte en taludes para el caso II.....	51
Figura N° 9.- Área de voladura de rocas	52
Figura N° 10.- Zona de aparición de agua subterránea.....	55
Figura N° 11.- Sección de zanja para tubería de 100mm.....	55
Figura N° 12.- Esquema para compactación en talud empinado.....	56
Figura N° 13.- Zonas de rellenos y construcción de cimientos	57
Figura N° 14.- Vista en planta de relleno en talud irregular	59
Figura N° 15.- Sección típica en relleno de talud irregular.....	60
Figura N° 16.- Colocación inicial de los drenes.....	61
Figura N° 17.- Colocación final de los drenes.....	61
Figura N° 18.- Colocación inicial de geosintéticos	63
Figura N° 19.- Colocación final de geosintéticos.....	63
Figura N° 20.- Colocación final de geomembranas.....	65

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N°1.-	Volquete descargando material en botadero.....	15
Fotografía N°2.-	Construcción del canal de derivación.....	17
Fotografía N°3.-	Relleno de zanja con grava de 1/2 pulgada.....	19
Fotografía N°4.-	Uniones de HDPE según el tamaño de la tubería.....	21
Fotografía N°5.-	Levantamiento topográfico de la instalación de tuberías.....	24
Fotografía N°6.-	Acumulación de relleno estructural.....	25
Fotografía N° 7.-	Unión típica de tuberías.....	27
Fotografía N° 8.-	Unión típica de tuberías perforadas de HDPE D=200mm.....	27
Fotografía N° 9.-	Conformación de suelo de baja permeabilidad.....	29
Fotografía N° 10.-	Ensayo in situ usando el cono de arena.....	33
Fotografía N° 11.-	Ensayo en campo usando el densímetro nuclear.....	34
Fotografía N° 12.-	Medición de espesor de arcilla e=30cm.....	34
Fotografía N° 13.-	Superficie de arcilla compactada.....	35
Fotografía N° 14.-	Compactación de arcilla en taludes horizontales.....	36
Fotografía N° 15.-	Compactación de arcilla en taludes inclinados.....	36
Fotografía N° 16.-	Zanja para anclaje de geosintéticos.....	37
Fotografía N° 17.-	Corte de talud con ayuda de picotón.....	39
Fotografía N° 18.-	Costura de geocompuesto.....	41
Fotografía N° 19.-	Colocación de GCL en talud empinado.....	43
Fotografía N° 20.-	Colocación de grapas de acero corrugado de 1/2 pulgada....	44
Fotografía N° 21.-	Personal asegurándose a la cuerda o línea de vida.....	47
Fotografía N° 22.-	Prueba de descarga disruptiva en parches.....	48
Fotografía N° 23.-	Compactación de zanja para trinchera de anclaje.....	49
Fotografía N° 24.-	Excavación y desquincho del terreno natural.....	50
Fotografía N° 25.-	Zona de derrumbe por aparición de agua subterránea.....	53
Fotografía N° 26.-	Imagen de colocación de tubería de 100mm.....	55
Fotografía N° 27.-	Colocación de sacos rellenos con arcilla para uniformizar parte del talud superior.....	60
Fotografía N° 28.-	Zonas de taludes empinados.....	64

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1.- Propiedades de las tuberías de HDPE de pared doble de primera clase	20
Tabla N° 2.- Propiedades de rigidez y peso de tubería de HDPE de pared doble de primera clase.....	21
Tabla N° 3.- Especificaciones del material de cama de apoyo para tuberías ...	22
Tabla N° 4.- Especificaciones del material de grava para drenaje.....	23
Tabla N° 5.- Especificaciones del material de filtro	24
Tabla N° 6.- Especificaciones del material para relleno estructural.....	25
Tabla N° 7.- Especificaciones para la capa de suelo de baja permeabilidad....	28
Tabla N° 8.- Propiedades de la Geonet.....	38
Tabla N° 9.- Propiedades del Geocompuesto.....	39
Tabla N° 10.- Propiedades del Geotextil.....	40
Tabla N° 11.- Propiedades del revestimiento geosintético de arcilla (GCL).....	42
Tabla N° 12.- Especificaciones de la resina.....	45
Tabla N° 13.- Propiedades para la geomembrana SST de LLDPE de 2mm.....	45

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	: Centímetros.
D	: Diámetro.
e	: Espesor.
ft	: Pies (sistema ingles).
gr	: Gramos.
gr/cm³	: Gramos por centímetro cúbico.
Km	: Kilómetros.
kPa	: Kilo Pascales.
MPa	: Mega Pascales.
lb	: Libras (sistema ingles).
m	: Metros.
m²	: Metros cuadrados.
m³	: Metros cúbicos.
ml	: Mililitros.
mm	: Milímetros.
m/s	: Metros por segundo
m²/s	: Metro cuadrado por segundo.
mm/día	: Milímetros por día.
msnm	: Metros sobre el nivel del mar.
Min	: Minutos.
N	: Newton.
N/m³	: Newton por metro cúbico.
#	: Número.
%	: Porcentaje.
°C	: Grados Celsius o Centígrados.
<	: Menor.
>	: Mayor.
≥	: Mayor o igual que.
≤	: Menor o igual que.

LISTA DE SIGLAS

ABA	: Acid Base Accounting (Base Contable de Ácidos)
ASTM	: Organismo de Normalización de los Estados Unidos.
GCL	: Geosynthetic Clay Liner (Geosintético Lineal de Arcilla)
H	: Horizontal
HDPE	: Polietileno de alta densidad lineal
LLDPE	: Polietileno de baja densidad lineal
NA	: No Aplicable.
OIT	: Tiempo de Inducción a la Oxidación.
PA	: Potencial de Acidez
PE	: Polietileno
PN	: Potencial de Neutralización
PNN	: Potencial Neto de Neutralización
QC	: Control de Calidad del Constructor.
SI	: Sistema Internacional.
SST	: Geomembrana Texturada por un solo lado.
UV	: Ultravioleta.
V	: Vertical.

INTRODUCCIÓN

El análisis constructivo plasmado en este informe de suficiencia nace a razón de los problemas suscitados durante su construcción, planteando soluciones que aporten mejoras en la realización de cada proceso constructivo; entonces necesitamos saber que las pilas de lixiviación o pads de lixiviación son obras mineras realizadas con diseño civil; son superficies revestidas con geosintéticos de alta resistencia lineal que sirven como depósitos para la colocación del material minero.

El pad de lixiviación Fase VI, pertenece a la Minera Barrick Misquichilca S.A. ubicado en el departamento de Ancash, provincia de Huaraz, distrito de Jangas, a una altura aproximada de 4.210 msnm, (ubicado en la Carta 19-H CARHUÁS según el Instituto Geográfico Nacional “IGN” – ver plano ubicación del proyecto P-01, en el Anexo D); su denominación se debe a la continuación de pads anteriores (Fase 1 hasta la Fase 5), específicamente se encuentra ubicado entre la Fase 4 y la Fase 5 (ver plano de localización P-200 en Anexo D); siendo la empresa Vector Perú S.A. la encargada del diseño civil; y la ejecución se realizó por medio de la empresa Conalvias S.A. Sucursal Perú, es en estas circunstancias que se logran tomar los datos necesarios para la elaboración de este informe de suficiencia durante cada proceso constructivo hasta la culminación de la obra.

Los trabajos iniciales consisten en remoción de materiales orgánicos (topsoil), materiales, suelos arcillosos, remoción de afloramientos rocosos y de suelos en presencia de turba, los que son apilados en zonas de botaderos; generando de esta manera una superficie uniforme que sirva como terreno de fundación para la colocación del suelo de baja permeabilidad, esto solo si el talud es menor a un 50% (2H:1V), de lo contrario se colocan el geocompuesto y una capa doble de geotextil relleno con bentonita; el cual cumple la misma función que el suelo de baja permeabilidad. Una vez colocado estos materiales se reviste toda el área construida con geomembrana que es un material de polietileno de alta densidad lineal. Cada proceso constructivo es descrito en cada capítulo de este informe.

Finalmente plantearemos las soluciones de problemas que surgieron durante la construcción del pad de lixiviación Fase VI, los cuales servirán para futuras consideraciones en la construcción de obras de características similares.

CAPÍTULO I: MOVIMIENTO DE TIERRAS

1.1 GENERALIDADES

Los trabajos de movimiento de tierras, consisten en actividades como: limpieza del terreno natural, desbroce, remoción de turba, de suelos orgánicos, de suelos arcillosos, remoción de afloramientos rocosos, la obtención del material de préstamo, que se extraen de canteras establecidos por la minera, la nivelación de la subrasante, y colocación de relleno estructural; para obtener una superficie de fundación uniforme. El proyecto se encuentra ubicado en la provincia de Huaraz- Ancash- Perú, en la carta 19-H CARHUÁS, según el Instituto Geográfico Nacional (IGN) tal como se muestra en el Plano P-01 del Anexo D, con ello referenciamos todos los planos que se mostraran en este informe de suficiencia.

1.2 ÁREAS DE PRÉSTAMOS Y ZONA DE BOTADERO

Para la conformación del terreno de fundación uniforme se requiere del uso de dos canteras, que son brindadas por la minera Barrick; las cuales son de:

- Arcilla de Baja permeabilidad; que son usados como base para la colocación de los geocompuestos, en taludes menores al 50% de pendiente.
- Grava para drenaje y material de filtro; son colocados como cama de apoyo en los sistemas de subdrenaje.

Cantera de Arcilla: Se encuentra ubicado aproximadamente a unos 200 metros del Pad de lixiviación, presenta un área de $A=13,000 \text{ m}^2$, y un volumen estimado de $V=34,936 \text{ m}^3$, como se muestra en la Figura N°1.

Características: presenta una configuración en su granulometría de SC (Arena Arcillosa) de acuerdo a las normas del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), que consiste en 15% de grava, 37% de arena y 48% de finos, con un índice de plasticidad de 26.5%. También el ensayo Proctor estándar indica una densidad máxima seca corregida de 1.68 gr/cm^3 y un óptimo contenido de humedad corregido de 17.9%; y permeabilidad al 95% del Proctor estándar de $1.8 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$. Estas características le dan un carácter idóneo a esta cantera para su uso en la colocación de suelo de baja permeabilidad.

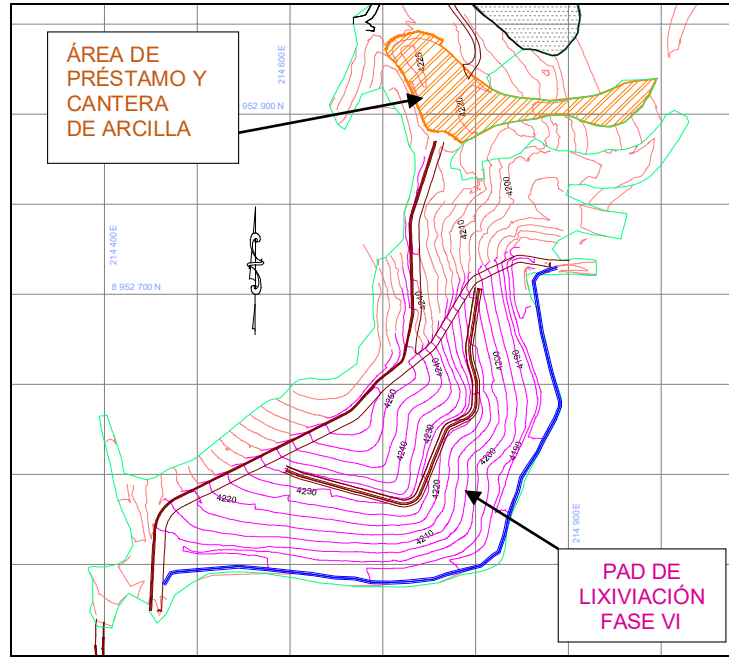


Figura N° 1: Ubicación de cantera de arcilla
(Basado: Plano Ubicación P-200, Anexo D)

Cantera de Grava y material de filtro: Se encuentra ubicado aproximadamente en la zona Sur y a 1 Kilometro del Pad de lixiviación, presenta un área de $A=17,350 \text{ m}^2$, y un volumen estimado de $V=34,650 \text{ m}^3$, como se muestra:

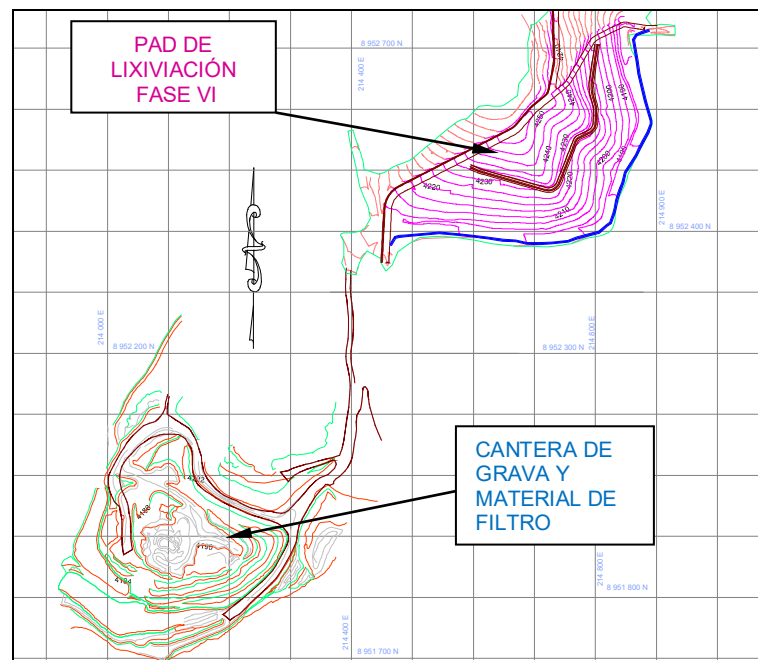


Figura N° 2: Ubicación de cantera de grava y material de filtro
(Fuente: Minera Barrick, 2012)

Características: Esta presenta una configuración en su granulometría de GC (Grava Arcillosa) de acuerdo a las normas del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), que consiste en: 57% de grava, 30% de arena y 13% de finos, con un índice de plasticidad de 15.9% y una humedad de 2.1. El ensayo Proctor estándar indica una densidad máxima seca corregida de 2.16 gr/cm³ y un óptimo contenido de humedad corregido de 7.9%. Estas características hacen que este material sea el mejor para la colocación de la grava y cama de apoyo en las zanjas de las tuberías de subdrenaje.

Zona de Botadero: Se encuentra ubicado aproximadamente en la zona Norte y a unos 500 metros del Pad de lixiviación, presenta un área de $A=17,120 \text{ m}^2$, y un volumen variable, la ubicación se muestra en la Figura N°3.

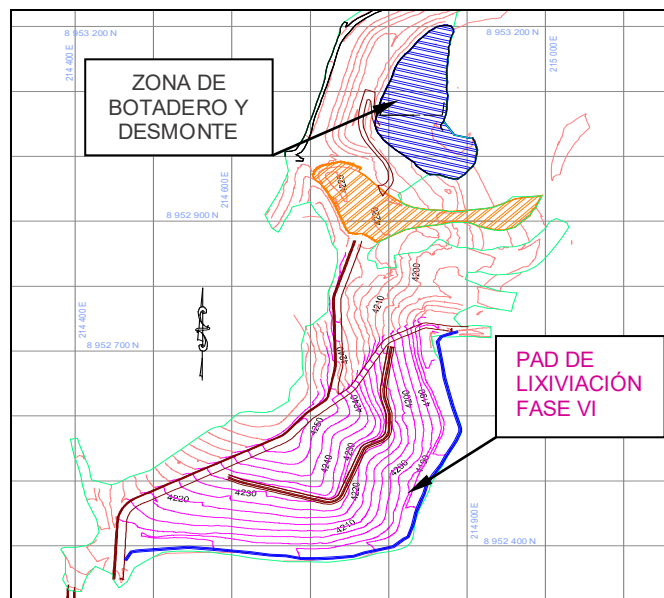


Figura N° 3: Ubicación de botadero y área de desmonte
(Basado: Plano Ubicación P-200, Anexo D)

1.3 LIMPIEZA, DESBROCE Y REMOCIÓN DE TURBA Y ARCILLA

Después de la ubicación de las canteras y áreas de préstamo se procede a las actividades de limpieza, desbroce y desencapado, esto es realizado en todo el pad; para obtener una superficie libre de materiales que impidan la conformación de una superficie más homogénea y regular.

La limpieza generar consiste en cortar arbustos, matorrales, pastos o cualquier tipo de vegetación, las cuales presentaban unas alturas aproximadas de 40cm a 50cm, todo esto fue retirado para llegar al nivel del suelo firme o rocoso.

El desbroce consiste en remover y eliminar toda la vegetación, las raíces y los elementos orgánicos y nocivos. En algunos casos se tuvo que quemar material orgánico pero siempre removiendo las cenizas o restos que hayan quedado dentro del área a construir; estos posteriormente fueron depositados en los botaderos ya mencionados.

El desencapado consiste en retirar el suelo orgánico y apilar el suelo superficial para su posterior eliminación, no será necesario el desencapado cuando haya presencia de turba en la zona.

El proceso de eliminación se realiza de arriba hacia abajo con ayuda de tractores que arrastran el material acumulándolo en la parte más baja del pad, para su posterior retiro a los botaderos brindados por la minera Barrick.

Cada vez que se encontraba material arcilloso blando saturado, estas fueron removidas del área a construir ya que presentaban contaminantes naturales o estaban mezclados con material orgánico o se encontraban en presencia de turba o humedad.

Los materiales extraídos durante estas etapas de limpieza, desbroce, desencapado y remoción de turba o arcilla orgánica, son llevados y depositados en botaderos o áreas de desmonte, los cuales fueron proporcionados por la minera Barrick; como se muestra en la Fotografía N°1.



Fotografía N° 1 – Volquete descargando material en botadero

1.4 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE ROCA

Consiste en remover los afloramientos rocosos que son encontrados en el área de trabajo, fraccionándolos y retirándolos en los botaderos respectivos, para generar el terreno de fundación que sirve como, sub-base para la colocación del suelo de baja permeabilidad.

Para llegar a esta superficie se emplearon las técnicas adecuadas como son: la escarificación, fractura por impacto, uso de voladura; obteniendo zonas donde se realizaron estos tres procesos como se muestra en la Figura N° 4.

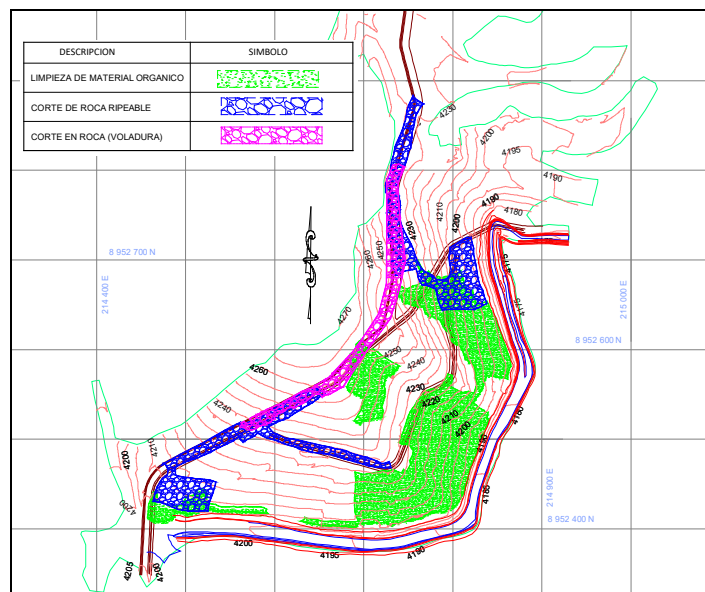


Figura N° 4: Ubicación de roca ripeable y voladura de rocas
(Fuente: Minera Barrick, 2012)

Luego de realizar los procesos de eliminación de superficie irregular, se pasó a eliminar las rocas sueltas o las que quedaron fracturadas y son mayores a 250mm en zonas del pad, mientras que en las zonas de canal de derivación se retiraron las rocas mayores a 100mm de altura.

Todos las excavaciones permanentes y preparadas fueron conformadas a un talud no mayor de 2H:1V, para la colocación de suelo de baja permeabilidad, mientras que en las zonas de mayor talud se procedió al perfilado mediante maquinaria pesada y picotones, hasta llegar a una superficie homogénea donde se colocara los geosintéticos necesarios.

Se tuvo en cuenta, que los taludes fueron conformados para facilitar el drenaje y evitar estancamiento de aguas en cualquier zona del pad.

También fue necesario la construcción de banquetas intermedias de 2 metros de ancho para poder acceder a la parte central del pad y realizar el corte para obtener el talud necesario, siendo estas no superiores a un talud de 1H:1V, si la roca basal es firme entonces los cortes son verticales.

1.5 ESTRUCTURA DE DERIVACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES

Se construyeron estructuras de derivación de aguas superficiales para interceptar los drenajes provenientes de áreas con pendientes pronunciadas y para aislar el contacto de las aguas con el Pad de lixiviación durante y después de su construcción. Presentando las siguientes consideraciones:

El canal de derivación del pad de lixiviación N°6 o fase VI, ha sido diseñado siguiendo los siguientes parámetros: sección trapezoidal con taludes laterales de 1H:1V a lo largo de toda su longitud, profundidad de 600 mm y ancho de base de 600 mm para el tramo comprendido entre las estaciones 0+000 a la 0+080 y de la estación 0+470 al final del alineamiento; de 400 mm de profundidad y 400 mm de ancho de base para el tramo entre las progresivas 0+080 y 0+470.

Debido al carácter permanente del canal, el tipo de revestimiento que se uso es de mampostería de piedra, con un espesor máximo de 200 mm, como se muestra en la Fotografía N° 2; todo esto según el diseño de la empresa Vector Perú S.A. (para mayor información se muestra el plano de construcción en el Anexo D, Plano 300-04), donde se indica las dimensiones, pendientes y ubicación dentro de pad de lixiviación.



Fotografía N° 2 – Construcción del canal de derivación

CAPÍTULO II: SISTEMAS DE SUBDRENAJE

2.1 GENERALIDADES

El sistema de subdrenaje tiene la finalidad de coleccionar y transportar el agua subterránea captada por debajo del Pad de Lixiviación Fase 6, está compuesto por una serie de tuberías perforadas de pared doble, estos son instalados después de realizar las actividades de limpieza, desbroce de material orgánico, remoción de turba y remoción de suelos arcillosos.

Para el sistema de subdrenaje en el pad de lixiviación, se utilizaron las siguientes tipos de tuberías, las cuales se rigen a las Normas del ASTM cuyas propiedades se muestran en la Tabla N° 1, estas son:

- ◆ Tubería perforada de HDPE de pared doble de 200 mm, como sistema principal de colección y evacuación del subdrenaje.
- ◆ Tubería no perforada de HDPE de pared doble de 200 mm, como sistema principal de sectorización de colección y evacuación del subdrenaje.
- ◆ Tubería perforada de HDPE de pared doble de 100 mm, para los colectores secundarios.

La configuración de cada subdren depende de su ubicación dentro del pad de lixiviación y del tipo de suelo de cimentación. Estas tuberías de subdrenaje se instalaron dentro de una zanja de dimensiones aproximadas de 0.60mx0.80m en las tuberías de 100mm y de 0.80mx0.80m en las tuberías de 200mm; como se muestra en la Figura N°5.

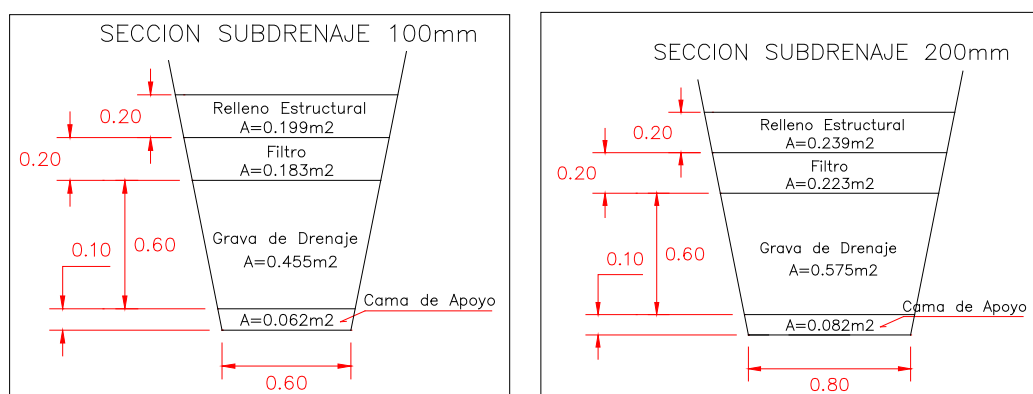


Figura N° 5: Secciones típicas en zanjas de tuberías

Posteriormente se rellenaron con grava para drenaje, hasta la altura mínima de 600 mm; para luego colocar una capa mínima de 200mm de material de filtro sobre este; en caso el subdren se ubique debajo de la capa de Geocompuesto y GCL, se rellenara la altura total mínima de 800mm con grava para drenaje, para mayores detalles revisar el Anexo D, Plano 200-10.

La grava para drenaje y el material de filtro cumplen con las especificaciones descritas en la Tabla N° 4, “Especificaciones del Material de Grava para Drenaje” y Tabla N° 5, “Especificaciones de material de filtro”, mostrado posteriormente.

Luego de colocar estas capas de material drenante y de material de filtro se procedió a colocar material de relleno estructural con una pendiente de 2%; esta servirá como terreno de fundación para la colocación del suelo de baja permeabilidad.

Todas estas tuberías fueron colocadas con ayuda de las plantillas de topografía, las cuales indican la ubicación, dirección y pendiente mínima de 2% en los sistemas de subdrenaje, manteniendo la pendiente mínima en todos los casos. Para luego proceder a la colocación de material drenante o de filtro; como observamos en la Fotografía N° 3.



Fotografía N° 3: Relleno de zanja con grava de 1/2 pulgada

2.2 MATERIALES DE ACOPLAMIENTOS Y SISTEMAS DE TUBERÍAS

Las tuberías de subdrenaje son de HDPE (Polietileno de alta densidad lineal), perforadas y no perforadas, de pared doble de primera clase, pared exterior corrugada e interior lisa, las cuales cumplen con los requerimientos descritos en la Tabla N° 1 y Tabla N° 2.

TABLA N° 1
PROPIEDADES DE LAS TUBERÍAS DE HDPE DE PARED DOBLE DE PRIMERA CLASE

PROPIEDAD	DESIGNACIÓN DEL ENSAYO	UNIDAD	REQUERIMIENTOS 100-250MM	REQUERIMIENTOS 300-1500MM
Densidad	ASTM D-1505	gr/cm ³	0.94 - 0.955	0.94 - 0.955
Índice de fusión	ASTM D-1238	gr/10 min	< 0.60	0.15 - 0.40
Modulo flexional	ASTM D-790	MPa	758 - 1103	758 - 1103
Resistencia a la tensión en el punto de fluencia	ASTM D-638	MPa	21 - 24	21 - 24
Resistencia al desarrollo lento de agrietamientos I. ESCR ¹ Condición de ensayo Duración de ensayo Falla, máxima II. PENT ² placa moldeada, 80°C, 2.4MPa	ASTM D-1693 ASTM F-1473	lgopal 100% horas % horas	B 24 50 1	N.A.
Esfuerzo de Ligamento Constante Rasurado (NCLS)	ASTM F-2136	horas	N.A.	> 24
Estabilizador UV	ASTM D-1603	% negro de humo	2 - 5	2 - 5
Expansión Térmica	ASTM D-696	m/m/°C	70x10 ⁻⁶ - 110x10 ⁻⁶	70x10 ⁻⁶ - 110x10 ⁻⁶
Rígidez de la tubería	ASTM D-2412	kPa	ver Tabla N° 2	ver Tabla N° 2

Notas:

1. ESCR: Environmental Stress Cracking Resistance-Resistencia al agrietamiento por esfuerzos ambientales
2. PENT: Polyethylene Notched Tensile, Tensión ranurada de tuberías de polietileno
Las propiedades descritas en esta tabla fueron recopiladas de estudios realizadas por la empresa Vector Peru S.A. dentro de la Minera Barrick.

TABLA N° 2
PROPIEDADES DE RIGIDEZ Y PESO DE TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE DE PRIMERA CLASE

DIÁMETRO NOMINAL (MM)	DIÁMETRO INTERNO, PROMEDIO (MM)	DIÁMETRO EXTERNO, PROMEDIO (MM)	RIGIDEZ MÍNIMA @ 5% DEFLEXIÓN ¹ (KN/M2)	PESO KG/6M (KG)
100	104	120	485	5.10
200	200	233	415	15.80
300	308	367	345	28.96

Notas:

1. De acuerdo con la norma ASTM D-2412.

Las tuberías de pared doble perforadas son unidas con coplas partidas convencionales con amarres plásticos, se colocan por lo menos dos amarres plásticos, uno a cada lado de las tuberías a acoplar; garantizando así una mejor instalación de las coplas; en caso de las tuberías de pared doble no perforadas estas son unidas con coplas herméticas tipo campana con empaque.

En ambos casos, las coplas deben agarrar por lo menos 2 corrugaciones de cada tramo de las tuberías a ser acopladas. Estas coplas son mostradas también son del mismo material que las tuberías de HDPE; tal y como se muestran en la Fotografía N° 4.



Fotografía N° 4: Uniones de HDPE según el tamaño de la tubería

Cama de Apoyo

Los materiales para la cama de apoyo de la tubería consisten en una grava arenosa y relativamente permeable. El espesor de la cama de apoyo será de 100 mm, según se detallan en los planos de construcción (mostrados en el Anexo D, Planos). Los materiales de la cama de apoyo de la tubería cumplirán con las especificaciones indicadas en la Tabla N° 3, “Especificaciones del Material de la Cama de Apoyo para Tuberías”. Estos materiales fueron colocados en la parte inferior de las trincheras y sirven de base para la colocación de las tuberías de subdrenaje.

**TABLA N° 3
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL DE CAMA DE APOYO
PARA TUBERÍAS**

TAMAÑO DE MALLA		% QUE PASA
SI	NORMA EE.UU.	
25 mm	1 pulgada	100
19 mm	3/4 pulgada	75 – 100
12 mm	1/2 pulgada	55 – 80
4.75 mm	# 4	30 – 50
0.45 mm	# 40	05 – 20
0.075 mm	# 200	00 – 15
Índice de Plasticidad (ASTM D-4318)		No Plástico
Permeabilidad (ASTM D-2434)		$> 1 \times 10^{-3}$ m/s

2.3 MATERIAL DE DRENAJE

Los materiales seleccionados para drenaje que son usados en el sistema de subdrenaje del Pad de Lixiviación Fase 6, son provenientes de rocas ígneas, de material no orgánico, libre de material fracturado, sin potencial de generación de drenaje ácido, las cuales cumplen con las especificaciones descritas en la Tabla N° 4 y Tabla N° 5 según sea el caso. Los resultados de cada prueba deberán incluir:

- ◆ Descripción de la muestra.
- ◆ PH en pasta.
- ◆ Análisis de azufre como sulfuro.

- ◆ Cálculo del Potencial de Neutralización (PN), Potencial de Acidez (PA) y Potencial Neto de Neutralización (PNN).
- ◆ La relación entre el Potencial de Neutralización y el Potencial de Acidez (PN/PA) deberá ser superior a 3.
- ◆ El Potencial Neto de Neutralización (PNN) es superior a 20.

TABLA N° 4
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL DE GRAVA PARA DRENAJE

TAMAÑO DE MALLA		% QUE PASA
SI	NORMA EE.UU.	
75 mm	3 pulgadas	100
38 mm	1.5 pulgada	80 – 100
25 mm	1 pulgada	60 – 100
13 mm	1/2 pulgada	30 – 85
4.75 mm	# 4	15 – 40
0.45 mm	# 40	00 – 15
0.075 mm	# 200	00 – 05
Índice de Plasticidad (ASTM D-4318)		No Plástico
Permeabilidad (ASTM D-2434)		$> 1 \times 10^{-2}$ m/s
Índice de Carga Puntual Corregido Promedio Mínimo (Is50), (ASTM D-5731)		> 2.7 N/mm ²

Los ensayos de granulometría son mostrados en el Anexo B, registro de ensayos en laboratorio; los cuales deben cumplir las especificaciones de la Tabla N° 4 y Tabla N° 5, antes de ser colocados. La colocación se realiza con una pendiente de 2% de acuerdo a los planos del proyecto (Anexo D, Planos), este material fue colocado con la ayuda de una retroexcavadora que posee una pala de aproximadamente 2.5m³ de volumen, estas son colocadas a una capa de 600mm de espesor, los cuales fueron plantillados con ayuda de topografía el cual da las alturas correspondiente dentro de las zanjas; como se muestra a continuación en la Fotografía N° 5.



Fotografía N° 5 – Levantamiento toográfico de la instalación de tuberías

También se muestra el cuadro de especificaciones del material de filtro; estos datos sirven para garantizar la calidad del material que se está usando en el relleno de las zanja de subdrenaje.

**TABLA N° 5
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL DE FILTRO**

TAMAÑO DE MALLA		% QUE PASA
SI	NORMA EE.UU.	
38 mm	1.5 pulgada	100
13 mm	1/2 pulgada	85 – 100
4.75 mm	# 4	70 – 90
0.85 mm	# 20	35 – 60
0.45 mm	# 40	25 – 45
0.15 mm	# 100	10 – 30
0.075 mm	# 200	05 – 20

2.4 RELLENOS ESTRUCTURALES

Luego de haber colocado la grava de drenaje y el material de filtro para los subdrenes, se sellaran las zanjas excavadas para culminar con la instalación de los subdrenes con relleno estructural que cumpla con los requerimientos descritos en la Tabla N° 6, “Especificaciones del Material para Relleno Estructural”. Para un mejor manejo de este material se acarrea el material lo más próximo; como se muestra en la Fotografía N°6.

**TABLA N° 6
 ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL PARA RELLENO ESTRUCTURAL**

TAMAÑO DE MALLA		% QUE PASA
SI	NORMA EE.UU.	RELLENO ESTRUCTURAL
200 mm	8 pulgadas	100
150 mm	6 pulgadas	100
75 mm	3 pulgadas	90 – 100
38 mm	1.5 pulgada	70 – 100
13 mm	1/2 pulgada	40 – 75
4.75 mm	# 4	25 – 55
0.45 mm	# 40	10 – 40
0.075 mm	# 200	05 – 20



Fotografía N° 6. – Acumulación de relleno estructural

2.5 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SUBDRENAJE

Luego de la preparación general del terreno, de la excavación de materiales no apropiados e inmediatamente antes de la construcción de los subdrenes, se efectúa un levantamiento topográfico de las condiciones existentes. Este levantamiento nos ayuda a establecer la ubicación (por ejemplo de las líneas de flujo), profundidad del sistema de subdrenaje y también determinar si son necesarias tuberías laterales adicionales o algún replanteo durante la construcción. Una vez delineado el diseño final en campo, se marcan con estacas las líneas de flujo y es entonces cuando comienza las excavaciones de las zanjas de subdrenaje y colocación de los mismos.

El suelo gravoso de drenaje es usado también para nivelar y proporcionar una pendiente de 2% mínimo a la tubería. Colocando los acoples y accesorios a las tuberías que sean necesarios para una correcta instalación. En todos los casos se realiza un levantamiento topográfico de la parte superior de las tuberías con un intervalo de 10 metros y en cada intersección para hacer un mejor control de las instalaciones de subdren.

La grava de drenaje es colocada de forma tal que no dañe la tubería, en una capa aproximada de 600mm cumpliendo con especificaciones indicadas en la Tabla N° 4, "Especificaciones del Material de Grava para Drenaje". Posteriormente se coloca el material de filtro el cual también cumple con las especificaciones indicadas en la Tabla N° 5 "Especificaciones del material de filtro"; este material se coloca encima de la capa de grava de drenaje, para evitar la migración de finos, en una capa de altura de por lo menos 200 mm; para mejor detalle estos son mostrados en los planos del Anexo D.

Luego de haber colocado la grava de drenaje y filtro para los subdrenes, se rellenan las zanjas con relleno estructural en una capa de aproximadamente de 200mm; estas deben cumplir con los requerimientos descritos en la Tabla N° 6, "Especificaciones del Material para Relleno Estructural".

Este sistema de subdrenaje presenta uniones de tipo "T", del tipo "Y", y con reducción; estos también son del mismo material HDPE, como se observa en las siguientes fotografías:



Fotografía N° 7 - Unión típica de tuberías
(Ver plano 200-03 y 200-10, en Anexo D)



Fotografía N° 8 - Unión típica de tuberías perforadas de HDPE D=200mm
(Ver plano 200-03 y 200-10, en Anexo D)

CAPÍTULO III: CONSTRUCCIÓN DE LA CAPA DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD

3.1 GENERALIDADES

En esta etapa se obtiene el material de préstamo, de las canteras de arcilla mencionadas en el primer capítulo; para luego procesarlas, colocarlas y compactarlas en capas de 300 mm de espesor de suelo de baja permeabilidad y antes de la colocación de la geomembrana en el área del Pad de Lixiviación. Solamente se utiliza materiales previamente aprobados ya sea in situ o provenientes de áreas de préstamo y aprobados de acuerdo a los ensayos de laboratorio que demuestran la calidad del material.

3.2 MATERIALES PARA COLOCACIÓN DE SOIL LINER (ARCILLA)

El material predominante es el soil liner o arcilla; que es procesada y traída de la cantera del mismo nombre que se encuentra ubicado a unos 200 metros del Pad de lixiviación como se mostró anteriormente en la Figura N° 1: “Ubicación de cantera de arcilla”. El material de la capa de suelo es acondicionado, rastrillado y procesado de tal forma de remover todas las partículas mayores de 75 mm en su dimensión máxima. Estos trabajos son realizados por un Tractor Oruga de 10 Toneladas de peso, como se observa en la Fotografía N° 11, por tanto el material requerido debe cumplir lo descrito en la Tabla N° 7 “Especificaciones para la Capa de Suelo de Baja Permeabilidad”, que se muestra a continuación:

**TABLA N° 7
ESPECIFICACIONES PARA LA CAPA DE SUELO DE BAJA
PERMEABILIDAD**

TAMAÑO DE MALLA		% QUE PASA
SI	NORMA EE.UU.	CAPA DE SUELO
50 mm	2 pulgadas	100
13 mm	1/2 pulgada	70 – 100
4.75 mm	# 4	80 – 95
0.45 mm	# 40	45 – 75
0.075 mm	# 200	35 – 60
Índice de Plasticidad (ASTM D-4318)		Mayor que 8
Permeabilidad (ASTM D-5084)		$< 5 \times 10^{-6}$ cm/s



Fotografía N° 9- Conformación de suelo de baja permeabilidad

3.3 PREPARACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE LA SUPERFICIE DE BAJA PERMEABILIDAD

Para la colocación del suelo de baja permeabilidad se usaron materiales de arcilla, arena o grava arcillosa, acondicionados a una humedad adecuada y compactados de acuerdo con los requerimientos indicados en la Tabla N° 7 “Especificaciones para la Capa de Suelo de Baja Permeabilidad”, mencionados anteriormente. Asimismo, se garantizó que la superficie de los 100 mm superiores de esta capa, no presente gravas angulosas de tamaño mayor a 25 mm, que dañe la geomembrana durante su instalación, descarga del mineral o en las operaciones de lixiviado.

La capa de suelo de baja permeabilidad es utilizada en aquellas áreas donde la superficie de nivelación del Pad tenga pendientes que hagan posible su colocación y compactación, respetando en todo momento lo siguiente:

La capa de suelo de baja permeabilidad es utilizada en superficies con pendientes iguales o menores a 50% (2H:1V) y hasta donde sea posible la colocación de este material, esto depende de los equipos que logren instalarse dentro de estas áreas según evaluación en campo.

Antes de la compactación se verifica que el material para la capa de suelo de baja permeabilidad, haya sido debidamente preparado y humedecido. Removiendo todas las rocas mayores a 75mm de dimensión, ya sea con rastrillo, a mano o de cualquier otra forma; esto con el fin de no dañar ni ocasionar desgarramientos o punzonamientos a la hora de la instalación de la geomembrana.

Todo material es compactado al 100% de la densidad seca máxima con un contenido de humedad en un rango entre 0% y +1% del valor óptimo determinado por la norma ASTM D-6983, de tal manera que cumpla con la mínima permeabilidad requerida.

Para la colocación de la siguiente capa, previamente la superficie de la capa anterior fue escarificada a una profundidad de 50 mm para asegurar una unión completa entre las capas. La aceptación final de la capa de suelo, se basa en la capacidad del material de cumplir con la permeabilidad aprobados mediante ensayos in situ o de laboratorio como son:

➤ Análisis Granulométrico para Suelos por Tamizado

Descripción del ensayo: Para esto seguiremos las normas de análisis granulométrico de los suelos (ASTM D-422), considerando lo siguiente:

a) Análisis por medio de tamizado de la fracción retenida en el tamiz N° 4

Para este ensayo seguiremos los siguientes procedimientos:

Separar la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) en una serie de fracciones usando los tamices de: 75 mm (3"), 50 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4.7 mm (N° 4), o los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.

En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuándo no pasa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apesadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz.

Cuando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente; el resultado se puede verificar usando el método manual. Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1%.

b) Análisis Granulométrico de la Fracción Fina

Para este ensayo seguiremos los siguientes procedimientos:

El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) se hace por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.

Los materiales arenosos que contienen muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco.

Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, son procesados por la vía húmeda, utilizando procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.

La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200) es analizado por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200), procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200), se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0.01 g. Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado en las secciones anteriores.

Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0.074mm (N° 200) de la siguiente manera:

$$\% \text{ Pasa N}^\circ 200 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en tamiz N}^\circ 200}{\text{Peso Total}} \times 100$$

Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en de la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

Se calcula el porcentaje más fino:

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

➤ Proctor Estándar

Descripción del ensayo: nos apoyaremos en las normas del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el ASTM D-698, entonces el ensayo consiste en:

Se recoge una muestra de suelo con un contenido de agua seleccionada se coloca en tres capas en un molde que presenta las siguientes características:

Es un molde de 4 o 6 pulgadas (101,6 y 152,4 mm) de diámetro, donde se realiza la compactación de 3 capas, en 25 golpes con un pisón de 5.5-lb. (24.4N) desde una altura de caída de 12 pulgadas (305 mm), sometiendo el suelo a un esfuerzo de compactación total de 12,400 pie-lbf/pie³ (600KN-m/m³); determinándose así el peso unitario seco resultante.

El procedimiento se repite para un número suficiente de contenido de agua para establecer una relación entre el peso unitario seco y el contenido de agua del suelo. Estos datos son ploteados, cuando se trazan, representan una relación curvilínea conocida como la curva de compactación; como se muestra en los registros de ensayos en laboratorios en el Anexo B.

➤ Cono de Arena

Descripción del ensayo: nos apoyaremos en las normas del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el ASTM D-1556, entonces el ensayo consiste en:

Este método de ensayo es utilizado para determinar la densidad y peso unitario de los suelos en el lugar (in situ), utilizando el de cono de arena.

Se prepara la superficie del terreno a ser probado de manera que quede nivelado, el plato base se utiliza como herramienta para nivelar la superficie en plano. Coloque el plato base sobre la superficie y asegúrese que no exista contacto con la superficie del terreno marque o asegure la superficie del plato para que no haya movimiento al momento del ensayo.

Cabe el hoyo de prueba a través del orificio central en el plato de la base, teniendo cuidado que se disturbe o se deforme el terreno, los volúmenes del orificio de prueba deben ser grandes como para que sean prácticos y minimicen los errores. Coloque todo el suelo escavado o material desprendido durante la excavación en una bolsa plástica y marcarlo para identificar el número de prueba

tener mucho cuidado y evitar la pérdida de muestra. Proteger esta muestra de cualquier pérdida de humedad hasta que se haya determinado el peso y se haya obtenido la muestra para determinar el contenido de humedad.

Limpie el borde del orificio del plato base, voltee el aparato del cono de arena y coloque el embudo del mismo en el orificio en la misma posición, elimine o minimice las vibraciones que pueda causar el personal que camine por el área de prueba o maquinaria, abra la válvula y deje que la arena llene el orificio el embudo y el plato base. Cuando la arena deje de fluir cierre la válvula.

Determine el peso del aparato y la arena restante, regístrela y calcule el peso de la arena utilizada.

Determine y pese el material húmedo que se extrajo del hoyo de prueba, como se muestra en la Fotografía N° 10. Mezcle el material de tal manera que pueda obtener una muestra representativa para el contenido de humedad.



Fotografía N° 10 – Ensayo in situ usando el cono de arena

➤ Densímetro Nuclear

Descripción del ensayo: nos apoyaremos en las normas del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el ASTM D-2922, consiste en:

Este ensayo se realiza en campo con la ayuda del equipo Densímetro Nuclear (equipo perteneciente a la Minera Barrick), se posiciona sobre el suelo de baja permeabilidad compactada, esta presenta una varilla de metal el cual se introduce en la superficie por un promedio de 1 minuto, se adiciona los datos de Máxima Densidad Seca y Optimo Contenido de Humedad en la pantalla digital; los cuales son obtenidos mediante el ensayo con el Proctor estándar. Para finalmente se

obtiene el valor de la densidad en dicha zona, sacando hasta 3 o 4 muestras en todo el área compactada durante el día.



Fotografía N° 11 – Ensayo en campo usando el densímetro nuclear

Una vez realizado todos estos ensayos y hayan sido aprobados, se continua con la colocación de la capa de suelo permeable, el cual es compactada suavemente usando un Rodillo Compactador Vibratorio de 10 Toneladas de peso.

En ningún lugar donde se coloca la capa de baja permeabilidad el espesor supera los 300mm, siendo todo controlado con las plantillas de topografía y medidos por el personal de campo (después de compactada), como se muestra en la Fotografía N°12.



Fotografía N° 12 – Medición de espesor de arcilla $e=30\text{cm}$

3.4 PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE (SUPERFICIE PARA COLOCACIÓN DE GEOMEMBRANA)

Los materiales son compactados al 100% de la densidad seca máxima con un contenido de humedad en un rango entre 0% y +1% del valor óptimo determinado por la norma ASTM D-6983, de tal manera que se pueda cumplir con la mínima permeabilidad requerida, según indicaciones de la Tabla N° 7.

Las superficies que recibirán los recubrimientos de geosintéticos, son suavizados y uniformizados a un talud de 2H:1V, y están libres de rocas, piedras, palos, raíces, objetos agudos, o restos de cualquier tipo que puedan dañar el recubrimiento. Todas las partículas sobresalientes mayores a 25 mm son removidas y las depresiones mayores a 25 mm fueron rellenadas. Obteniendo una superficie homogénea, como se muestra en la Fotografía N° 13.



Fotografía N° 13 - Superficie de arcilla compactada

Para evitar que la superficie preparada se reseque, esta fue regada con agua limpia; usando mangueras, el agua fue proporcionada por la minera Barrick por medio de cisternas.

En áreas muy inclinadas (taludes de 2H:1V o más), la arcilla es colocado hasta donde sea posible el ingreso de equipo, como la motoniveladora o del rodillo de 10 toneladas; evaluando el peligro que corra el operario del equipo y en zonas donde no sea posible la instalación del material, se procede a la colocación de recubrimiento con geocompuesto y GCL; los cuales actúan como base para la colocación de la geomembrana final.

Para zonas donde el talud no es pronunciado y menores al 50% de pendiente (2H:1V), se observa que no hubo ningún problema en la colocación del material de baja permeabilidad ya que el rodillo de 10 Toneladas pudo ingresar sin ningún problema a compactar el material, como se muestra en la Fotografía N° 14 y Fotografía N° 15.



Fotografía N° 14 - Compactación de arcilla en taludes horizontales



Fotografía N° 15 - Compactación de arcilla en taludes inclinados

CAPÍTULO IV: REVESTIMIENTO CON GEOSINTÉTICOS

4.1 GENERALIDADES

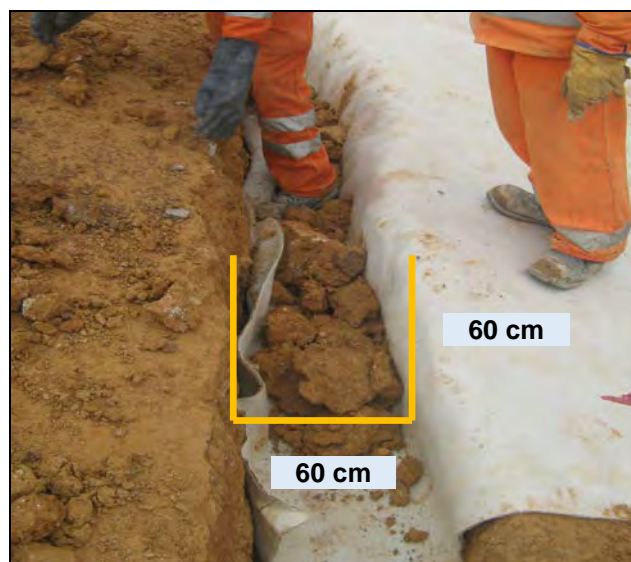
Los geosintéticos a usarse son materiales altamente resistentes, entonces debemos saber que conceptos definen a los geosintéticos:

Geocompuesto: es un material que resulta de la combinación de un geotextil y un geonet, los cuales direccionan el flujo y actúan como soporte para el GCL; Estas son colocadas en taludes mayores a 50% (2H:1V) y que sean muy pronunciadas, de difícil acceso para las maquinarias.

GCL: Revestimiento Geosintético de arcilla y que por dentro lleva el mineral de Bentonita; el cual se coloca sobre el Geocompuesto, en taludes pronunciados o en áreas donde resulte difícil la colocación y compactación de suelos. Esta cumple la función de la superficie de baja permeabilidad y es la base para la colocación final de la geomembrana.

Geomembrana: Revestimiento flexible de polietileno de alta densidad (HDPE) de 0.94 g/cm³ - 0.96 g/cm³ y baja densidad (LLDPE) entre 0.914 g/cm³ - 0.94 g/cm³. Este material sirve para aislar el material minero del terreno natural.

Todos los geosintéticos antes mencionados serán sostenidos por medios de Trincheras de anclajes de una sección aproximada de 60cmx60cm para gcl y de 60cmx50cm para geomembrana, tal como se muestra en la Fotografía N° 16.



Fotografía N° 16 – Zanja para anclaje de geosintéticos

4.2 REVESTIMIENTO CON GEOCOMPUESTO

4.2.1 Propiedades del material

Para saber más del Geocompuesto debemos conocer primero que son geonet y geotextil; entonces definiremos:

Geonet: Llamados también geoespaciadores, normalmente se forman por una extrusión continua de polímeros en ángulos agudos entre sí, en forma de mallas, sirven para la conducción de fluidos de todo tipo.

Geotextil: Son textiles que consisten en fibras sintéticas en lugar de fibras naturales, así la biodegradación no es un problema. Los geotextiles son porosos, para que fluya el agua; puede cumplir las siguientes funciones: separación, refuerzo, filtración, drenaje, etc. Entonces diremos que el geocompuesto está conformado por una red de drenaje de HDPE ubicada entre 2 capas de geotextiles de filtro no tejido.

La geonet está conformada por un compuesto de una malla sólida de polietileno de alta densidad (HDPE) o estructuras de redes de hilos o mallas de polietileno (PE) (geonet o red de drenaje), con canales uniformes y áreas abiertas para proporcionar un flujo de agua uniforme. A su vez, es resistente a cargas compresivas normales de hasta 620 KPa y degradación ultravioleta.

El geotextil también es resistente a químicos de suelo y degradación UV para una mejor durabilidad. Estos dos materiales cumplirán con los requerimientos mínimos indicados en la Tabla N° 8 y Tabla N° 9.

**TABLA N° 8
PROPIEDADES DE LA GEONET**

PROPIEDAD	DESIGNACIÓN DEL ENSAYO	UNIDAD	REQUERIMIENTOS
Gravedad Específica	ASTM D-1505	g/cm ³	Min. 0.935
Espesor	ASTM D-5199	mm	Min. 5 o 6
Porcentaje de Negro de Humo	ASTM D-1603	Porcentaje (%)	2 a 3
Transmisividad Hidráulica	ASTM D-4716	m ² /s	1 x 10 ⁻³

TABLA N° 9
PROPIEDADES DEL GEOCOMPUESTO

PROPIEDAD	DESIGNACIÓN DEL ENSAYO	UNIDAD	REQUERIMIENTOS
Adhesión planar	ASTM D-7005	gramos/cm	Min. 178
Transmisividad Hidráulica	ASTM D-4716	m ² /s	1 x 10 ⁻⁴

4.2.2 Colocación del Geocompuesto

Antes de la instalación del geocompuesto, la superficie se encuentra lisa, libre de obstrucciones, depresiones y objetos afilados, esto se logra usando equipos de perforación como el picotón; el cual quiebra la roca suelta y perfila el talud, como se muestra en la Fotografía N° 17.



Fotografía N° 17 – Corte de talud con ayuda de picotón

El geocompuesto es instalado libre de tensión, pliegues, arrugas o rayas, para obtener una superficie más lisa y evitar que entre aire al momento de la instalación de la geomembrana.

En la parte superior de los taludes, el geocompuesto es asegurado por medio de trincheras de anclaje de aproximadamente de 60cmx60cm de sección, el cual es relleno con material de arcilla.

El geotextil presenta las siguientes especificaciones indicadas en la Tabla N° 10.

TABLA N° 10
PROPIEDADES DEL GEOTEXTIL

PROPIEDAD	DESIGNACIÓN DEL ENSAYO	UNIDAD	VALOR PROMEDIO MÍNIMO DEL ROLLO
Peso del material	ASTM D-5261	gm/m ²	270
Resistencia a la tensión de agarre	ASTM D-4632	N	950
“Mullen Burst”	ASTM D-3786	kPa	2500
Resistencia al punzonamiento	ASTM D-4833	N	440
Desgarro trapezoidal	ASTM D-4533	N	350
Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/s	0.3
Resistencia UV	ASTM D-4355	% retenido cada 500 horas	70
Tamaño de apertura aparente	ASTM D-4751	Mm (tamaño malla)	0.15 (100)

4.2.3 Costura de los paneles de Geocompuesto

Las costuras de los rollos adyacentes del geocompuesto que son instaladas, son bien empalmadas y fuertemente aseguradas o cosidas de manera continua. La costura es llevada a cabo mediante sujetadores plásticos, evitando costuras horizontales del geocompuesto, estos son realizados con polímeros de alta resistencia.

La costura del geotextil se realiza utilizando un dispositivo de aire caliente en forma discontinua, aplicándolo a cada 1 o 2 metros, y en una distancia de aproximadamente 50mm a 100 mm del geotextil anterior.

Cada vez que se encontró agujeros o rasgaduras producidas durante la instalación estas fueron selladas con un parche de aproximadamente 150 mm de diámetro, luego son soldadas con un dispositivo de aire caliente en forma continua.

4.2.4 Aceptación de la instalación del Geocompuesto

La aceptación se realiza cuando el operario termina de coser todos los traslapes y costuras durante la instalación; esta costura se realiza de forma vertical de forma continua o discontinua aplicando aire caliente a cada 1 o 2 metros, como se muestra en la Fotografía N° 18. Estas son realizadas de forma manual con el mismo material de polietileno o también con poliamida (Nylon).



Fotografía N° 18 - Costura de geocompuesto

4.3 REVESTIMIENTO CON GEOSINTÉTICO DE ARCILLA (GCL)

El revestimiento con geosintético de arcilla (GCL), es colocada debajo del revestimiento primario en este caso la geomembrana; estas son instaladas en taludes pronunciados mayores a 50% (2H:1V) o en áreas donde resulte difícil la colocación y compactación de suelos.

Todo el GCL es proporcionado en rollos envueltos con una cobertura de protección relativamente impermeable y opaca; las cuales están marcados y etiquetados presentando la siguiente información:

- Nombre del Fabricante
- Identificación del producto
- Porción o número del lote
- Número del rollo y
- Dimensiones del rollo.

Este material es almacenado en no más de 4 rollos de alto, sin contacto con el suelo, fuera del alcance de la luz directa del sol, y protegido de la precipitación u otras fuentes de agua.

4.3.1 Propiedades del material

El principal material del GCL es la presencia del mineral bentonita, el cual se encuentra encapsulará entre dos geotextiles no-tejidos punzonados, mostrando sus propiedades en la Tabla N° 11.

**TABLA N° 11
PROPIEDADES DEL REVESTIMIENTO GEOSINTÉTICO DE ARCILLA (GCL)**

ENSAYO	DESIGNACIÓN DEL ENSAYO	UNIDAD	REQUERIMIENTOS
Geotextil			
Capa Superior No Tejida	ASTM D-5261	gr/m ² , MARV ¹	200
Capa Inferior No Tejida	ASTM D-5261	gr/m ² , MARV ¹	200
Bentonita			
Índice de Expansión	ASTM D-5890	ml/ gr	≥ 24
Pérdida de Fluido	ASTM D-5891	ml	≤ 18
Contenido de Humedad	ASTM D-4643	%	≤ 12
GCL			
Masa de Bentonita/Área	ASTM D-5993	kg/m ² , MARV ¹	≥ 3.66
Resistencia a la Tracción	ASTM D-6768	kN/m, MARV ¹	≥ 8
Resistencia al Pelado	ASTM D-6496	N/m	≥ 610
Flujo Índice	ASTM D-5887	m ³ /m ² /s	≤ 1x10 ⁻⁸
Conductividad Hidráulica	ASTM D-5887	m/s	≤ 5 x 10 ⁻¹¹
Resistencia Cortante Interna	ASTM D-6243	kPa, típico	24

Notas:

1. MARV = Valor del Rollo Promedio Mínimo.

4.3.2 Colocación del GCL

El GCL es colocado en lugares que presentan pendientes mayores al 50% (2H:1V), y sobre el geocompuesto que actúa como base para la colocación del GCL en taludes más empinadas. La instalación se realiza de forma manual tomando las medidas de seguridad pertinentes.

Al igual que el geocompuesto en la parte superior de los taludes, el GCL se asegura en una trinchera de anclaje de dimensiones 60cmx60cm, esta funciona en conjunto para ambos geosintéticos.

Cada colocación de GCL es controlada detalladamente evitando la presencia de aguas estancadas, climas húmedos, o sobre suelo congelado ya que esto hace que el GCL absorba la humedad y se vuelva más pesada y sea inmanejable.



Fotografía N° 19 - Colocación de GCL en talud empinado

4.3.3 Traslapes

Todos los GCL son traslapados a lo largo de la manta. El traslape tiene como mínimo 600 mm de longitud. No se permiten traslapos horizontales solo los verticales para esto el material no presenta pliegues, para reforzar el traslape; el material es engrapado con ayuda de acero corrugado de 1/2 pulgada en forma de U; estas se colocan en zonas donde la superficie es más rocosa e imposibilita la excavación de zanjas de anclaje.

Las grapas son colocadas con ayuda de un taladro y luego son incrustados con combas que pesan aproximadamente 10 lb; como se muestran a continuación en la Fotografía N° 20:



Fotografía N° 20 - Colocación de grapas de acero corrugado de 1/2 pulgada

4.3.4 Aceptación de la instalación del GCL

La aceptación se logra inspeccionando que no se encuentren agujeros o rasgaduras en el material; si en caso se encontrase una; se procede de la siguiente manera:

Se repara la zona colocando un parche sobre el agujero, de unos 300mm de diámetro aproximadamente cubriendo todas las direcciones y siendo sellado con un dispositivo de aire caliente.

4.4 REVESTIMIENTO CON GEOMEMBRANA

4.4.1 Propiedades del material

La geomembrana es un material de revestimiento de polietileno de alta densidad, está compuesta aproximadamente por 97% de polímeros y 3% de carbón negro con antioxidantes, termoestabilizadores y muy resistente a los rayos ultravioleta con un promedio de 20 años en estado de exposición.

Presentamos a continuación algunas propiedades según:

Las especificaciones de la resina de polietileno son indicadas en la Tabla N° 12.

Las especificaciones del revestimiento de geomembrana son indicadas en la Tabla N° 13.

**TABLA N° 12
ESPECIFICACIONES DE LA RESINA**

PROPIEDAD	DESIGNACIÓN DEL ENSAYO	VALORES ESPECIFICADOS
Gravedad Específica	ASTM D-1505	LLDPE: 0.916 a 0.927
Índice de Fusión	ASTM D-1238 Condición	< 1 gramo por 10 minutos

**TABLA N° 13
PROPIEDADES PARA LA GEOMEMBRANA SST DE LLDPE DE 2 mm**

PROPIEDAD	DESIGNACIÓN DEL ENSAYO	REQUERIMIENTO	FRECUENCIA DE ENSAYO (MÍNIMO)
Espesor de Lámina	ASTM D-5994	Min. 1.90 mm Prom. Proy. 2.00 mm	cada rollo
Altura de la Aspereza	ASTM D-7466	Min: 0.25 mm Max: 0.60 mm	cada 2do rollo
Gravedad Específica	ASTM D-1505/D-792	0.920 - 0.935	90,000 kg
Resistencia a la Tracción en el Punto de Rotura	ASTM D-6693 Tipo IV	Min. 21 N/mm	9,000 kg
Elongación en el Punto de Rotura	ASTM D-6693 Tipo IV	Mín prom rollo 400% Mín cupón 250%	9,000 kg
Modulo al 2% de deformación	ASTM D-5323	Max. 840 N/mm	para cada formulación
Resistencia al Desgarro	ASTM D-1004	Min. 200 N	20,000 kg
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D-4833	Min. 400 N	20,000 kg
Elongación Multiaxial en el Punto de Rotura	ASTM D-5617	Min. 30%	para cada formulación
Contenido de Negro de Humo	ASTM D-1603	2 a 3%	9,000 kg
Dispersión de Negro de Humo	ASTM D-5596	-----	20,000

Tiempo de Inducción a la Oxidación (OIT) a. OIT estándar, o b. OIT a alta presión	ASTM D-3895 ASTM D-5885	100 min. 400 min.	90,000 kg
Envejecimiento en Horno a 85 °C OIT estándar (min.prom.) % retenido después de 90 días; o OIT a alta presión (min. prom.) % retenido después de 90 días	ASTM D-5721 ASTM D-3895 ASTM D-5885	 35% 60%	 para cada formulación
Resistencia UV OIT estándar (min. prom.); o OIT a alta presión (min. prom.) % retenido después de 1600 horas	ASTM D-7238 ASTM D-3895 ASTM D-5885	 N.R. (No Recomendable) 35%	 para cada formulación
Separación en Plano		no permitido	cada 2do rollo

Notas:

1. Las propiedades descritas en esta tabla fueron recopiladas de estudios realizadas por la empresa Vector Peru S.A. dentro de la Minera Barrick.

4.4.2 Colocación de la Geomembrana

La colocación de la geomembrana se realiza de forma perpendicular a las curvas de nivel, cubriendo toda la extensión del área revestida, que tiene un área aproximada de 85,000 m².

Cada instalación se realiza de forma progresiva, llevando un orden y enumeración de cada geomembrana colocada, teniendo en cuenta la velocidad del viento y el factor climático para su despliegue, ya que estos fenómenos retrasan las labores en la instalación.

El despliegue es realizado de forma manual o con equipo, con las medidas de seguridad pertinentes y portando un equipo de protección como el Amés tipo paracaidista de 5 puntos y el uso de cuerdas denominadas líneas de Vidas; estas son sujetadas a bloques de concreto de 2 Toneladas de peso aproximadamente, soportando hasta 5 obreros suspendidos como máximo.

Este proceso evita que haya algún accidente, por tropiezo o resbalamiento en zonas de talud inclinado; como se muestran en la Fotografía N° 21.



Fotografía N° 21 – Personal asegurándose a la cuerda o línea de vida

4.4.3 Soldadura de la Geomembrana

Consiste en unir dos fragmentos de material de revestimiento en dirección longitudinal al despliegue, a unos 75 mm de la capa superior de la geomembrana ubicada en los traslapes; estos se realizan de dos formas:

- Soldadura por Fusión o por Cuña Caliente: esta se realiza con mayor frecuencia en todas las uniones por medio de soldadura por Termofusión y el uso de la cuña caliente, que permite soldar las geomembranas de polietileno en base a tres elementos principales Presión, Temperatura y Velocidad, como se muestra:

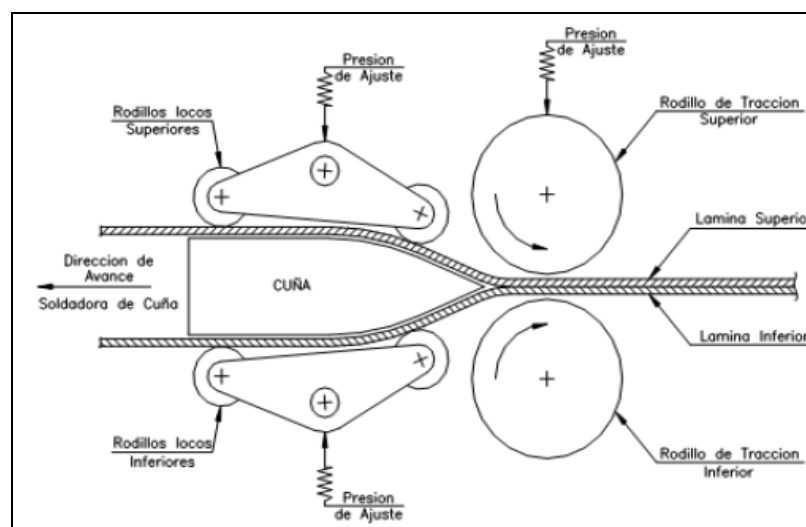


Figura N° 6 – Soldadura de cuña caliente

- Soldadura por Extrusión: esta se realiza con ayuda de una extrusora, que con el mismo material de polietileno permite la soldadura de geomembranas, son más usadas para soldar parches que se realizaron por errores en la soldadura por fusión. Estas fueron encontradas con ayuda de la prueba de Descarga Disruptiva; el cual consiste en pasar un alambre de cobre de calibre 24 por la soldadura donde haya presencia de chispa eléctricas es donde se retira la geomembrana para pasar al parchado y sellado y final, pasando así los controles de calidad exigidos, como se muestra en la Fotografía N° 22.



Fotografía N° 22 – Prueba de descarga disruptiva en parches

El área del parchado siempre es de 150 mm en todas las direcciones del agujero o parche a colocar. No se realiza ninguna costura si la temperatura medida a 150 mm sobre el revestimiento es inferior a 4 °C, o superior a 38 °C, cuando la temperatura es inferior a 10 °C, se precalentará la soldadura con un dispositivo de aire caliente para mejorar la instalación.

Cuando utilizamos el aparato de cuña caliente, se limpiará y secará minuciosamente el área de soldadura inmediatamente antes de unir y soldarla geomembrana, teniendo en cuenta que esta es autopropulsada y no permanezca en el mismo lugar durante más de 3 minutos ya que el calor degradaría a la geomembrana.

Para el caso de la soldadura por extrusión, el borde del parche es fijado a la geomembrana por medio de un equipo denominado Leister, que despidе aire caliente a un máximo de 600°C, para dar paso a la soldadura con la extrusora.

4.4.4 Excavación y Relleno de Trincheras de Anclaje

La excavación y rellenos de las zanjas de anclaje son realizadas en la parte superior de los taludes; las dimensiones de las zanjas varían de acuerdo a:

Si solo es para anclar la geomembrana, entonces la sección es de 600mm de profundidad y de 500mm de ancho.

Si es para anclar los 3 geosintéticos, la sección es de 800mm de profundidad por 500mm de ancho.

Para el relleno de las zanjas se usó arcilla, colocada en capas de 300mm de espesor, evitando así que los geosintéticos sean arrancado de la zanja, compactados con pisones manuales, como se muestra en la Fotografía N° 23.



Fotografía N° 23 - Compactación de zanja para trinchera de anclaje

CAPÍTULO V: EVALUACIÓN DURANTE Y POST CONSTRUCCIÓN

5.1 PROBLEMAS DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO

5.1.1 Sobre excavación del terreno de Fundación

Uno de los errores que se cometieron en la obra fue en la etapa de movimiento de tierras, donde se realizaron excavaciones en exceso siendo las causas las siguientes:

A) Debido al terreno natural de superficie muy irregular, al momento de desquinchar y cortar los pedazos de rocas con la motoniveladora o tractor; como se observa en la Fotografía N° 24, las rocas quedaban muy fracturadas, no se generaba una superficie compacta y uniforme que sea aprobada por control de calidad; por este motivo se tuvo que seguir excavando más de lo indicado en el proyecto hasta obtener un buen terreno de fundación y una estabilidad en el talud.



Fotografía N° 24 – Excavación y desquincho del terreno natural

Entonces veremos en qué caso se generó este excedente, en la excavación de la superficie natural del terreno:

CASO I: Área excavada sobre Top Soil (Material Orgánico)

En algunas zonas donde se encontraba el material orgánico o top soil se tuvo que sobreexcavar, ya que se necesitaba tener una superficie homogénea y libre de material orgánico sea un buen suelo de fundación para la colocación de la

arcilla compactada. Entonces el límite de excavación del proyecto tuvo que ser replanteado, plantillado para proceder al corte respectivo por no cumplir con lo requerido en campo; inevitablemente esto genero mayores costos en la excavación. A continuación se muestra la Figura N° 7; donde se indica los límites de corte ejecutado en obra:

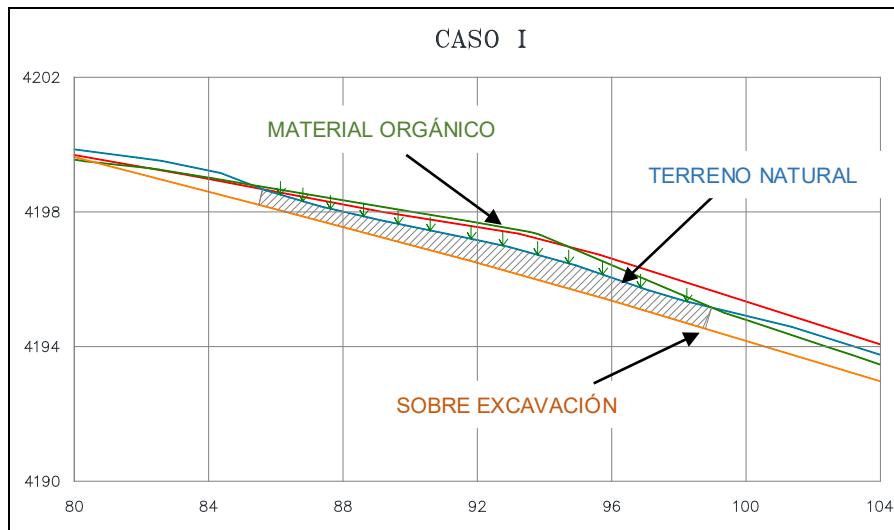


Figura N° 7 – Límites de fundación corte en Top Soil para el Caso I

CASO II: Excavación y Cortes en Taludes pronunciadas

En este caso se observa que se realizaron cortes en taludes los cuales fueron realizados con mayor profundidad debido al material suelto.

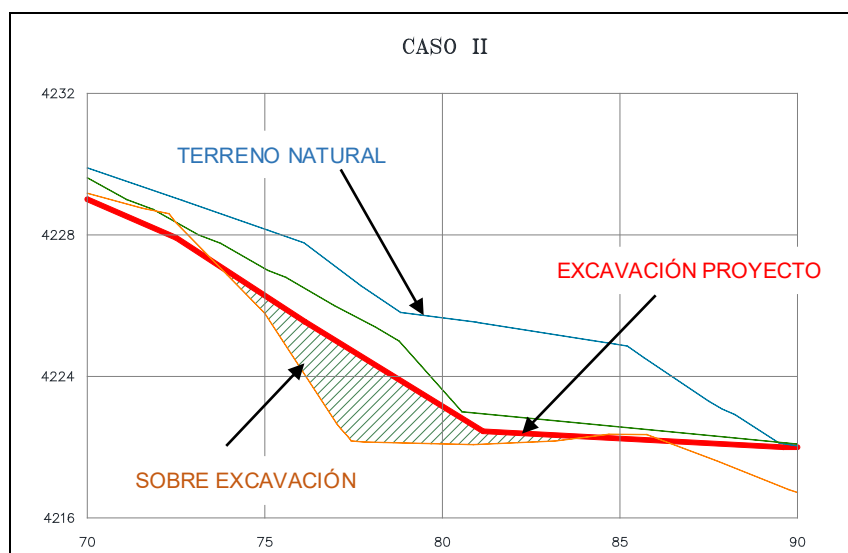


Figura N° 8 – Límites de fundación corte en taludes para el Caso II

SOLUCIÓN PLANTEADA:

En estos casos donde los cortes dependen del uso de maquinarias pesadas que con su fuerza de acción remueven y fracturan las rocas, no es posible saber que complejidades presenta el suelo en cada metro de excavación, aun realizándose muestreos con calicatas y estudios de estabilización de taludes; entonces esto no garantiza encontrarnos con alteraciones propios del lugar que surgen en partes del terreno como la presencia de vegetación enraizadas mayores a 20cm de profundidad y la presencia de rocas sueltas o muy fracturadas; por lo tanto estos inconvenientes fueron solucionados haciendo un seguimiento minucioso de cada zona a excavar, identificando e inspeccionando el tipo de roca que se encuentra en la zona de corte o excavación; para luego indicar al operario de la maquinaria que tan profundo, y con qué talud tendrá q retirar las rocas fracturadas, de esta manera reduciremos la sobre excavación.

B) En la zona más alta del pad, como se muestra en la Figura N° 9; se tuvo que aplicar voladura de rocas, donde no se realizó un buen control en las profundidades de las perforaciones, y por ello genero mayores volúmenes de corte, removiendo un Volumen total de $V = 8,215.16m^3$; este dato se observó luego de retirar todo el material fracturado y quebrado excediendo los límites de excavación.

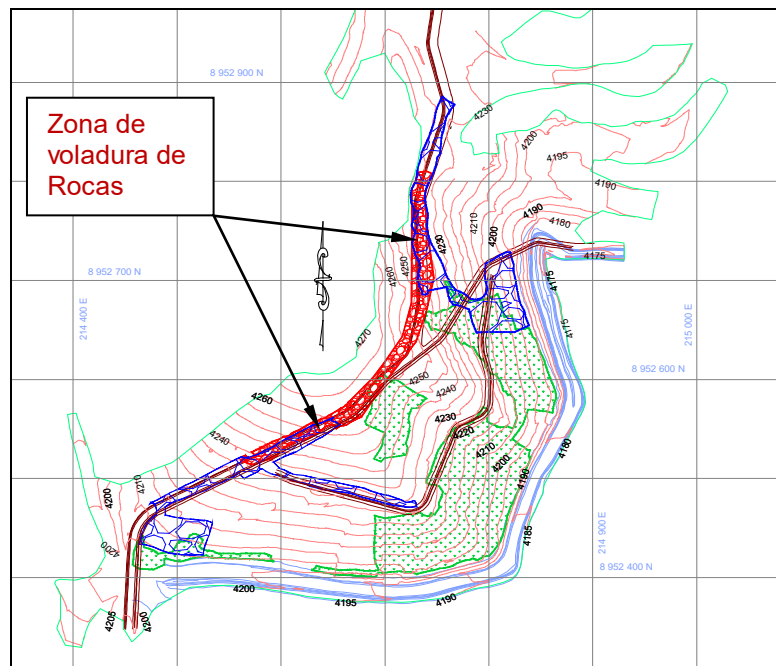


Figura N° 9 - Área de voladura de rocas
(Fuente: Minera Barrick, 2012)

SOLUCIÓN PLANTEADA:

Estos problemas se pudieron haber evitado planteando un mejor cálculo en la altura de la profundidad de la voladura de rocas y la correcta distribución del material de impacto o cartuchos de dinamita, los cuales no fueron indicados o planteados correctamente en campo ya que se excedió y por ello se tuvo que excavar más de la cuenta, removiendo las rocas fracturadas originando mayores áreas de cortes y excavaciones.

5.1.2 Aparición de agua subterránea

Uno de los problemas que más se presenta en la serranía del Perú es la presencia de aguas subterráneas o filtración debido a las lluvias intensas estas afecta de gran manera a las obras de construcción de pads en este caso este flujo de corriente de agua ocasiono un colapso del terreno que ya había sido cubierto por la geomembrana; como se observa en la Fotografía N° 25.



Fotografía N° 25 - Zona de derrumbe por aparición de agua subterránea

SOLUCIÓN PLANTEADA:

Para la solución de este se tendrá en cuenta el siguiente procedimiento:

- Primero determinaremos el caudal que se presenta usando la ley de Darcy:

$$Q = K \left(\frac{\Delta h}{\Delta L} \right) A$$

Donde:

Q= Caudal de flujo (m³/seg)

K= Permeabilidad o Conductividad Hidráulica (m/seg)

Δh= Perdida de carga entre A y B (m)

ΔL= Distancia entre punto A y B (m)

A= Sección Transversal al flujo (m²)

Para esto debemos tener en cuenta que sobre el dren ira una capa de material de Grava para drenaje, que tiene un valor de conductividad eléctrica de $K=0.01\text{m/seg}$, el talud tiene un ángulo de $\alpha=52^\circ$, la perdida de carga $\Delta h=4.728\text{m}$, $\Delta L=6\text{m}$ y un área representativa de $A=1\text{m}^2$; reemplazamos todos los datos en la formula anterior (para un mejor entendimiento revisar la memoria de cálculo en el Anexo A); obteniendo así un caudal de:

$$\Rightarrow \text{Caudal} = Q = 0.008 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

- Una vez que se tiene el valor del caudal procedemos al cálculo del diámetro del subdren, utilizando la ecuación de Manning:

$$D = \left(\frac{Q * n}{0.3117 * S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde:

D= Diámetro del Subdren (m)

Q= Caudal de flujo (m^3/seg)

n= Coeficiente de rugosidad o de Manning

S= Pendiente del Subdren (m/m)

Para el cálculo del Diámetro necesitamos los valores de las variables involucradas en la formula anterior; entonces $Q= 0.008 \text{ m}^3/\text{seg}$, el coeficiente de rugosidad para la tubería es de $n=0.013$, por ser un talud muy pronunciado con un ángulo $\alpha=52^\circ$ el valor de la pendiente del subdren también es elevado siendo esta $S= 1.28 \text{ m/m}$; estos valores son mostrados en la Memoria de Cálculos del Anexo A; obteniendo el valor del diámetro:

$$\Rightarrow \text{Diámetro} = D = 47.20 \text{ mm}.$$

La conclusión al cual llegamos, es que usaremos una tubería de HDPE perforada de un diámetro de **D=100 mm**, ya que es el menor comercial y que cumple con el requerimiento del diseño.

Luego esta tubería será conectada por medio de una unión del mismo material en forma de "Y", a la red principal, que es una tubería de HDPE perforada de un diámetro de $D=200 \text{ mm}$ y con una sección típica de relleno con material de grava para drenaje y material de filtro, como se muestran en la Figura N° 11 y Fotografía N° 26.

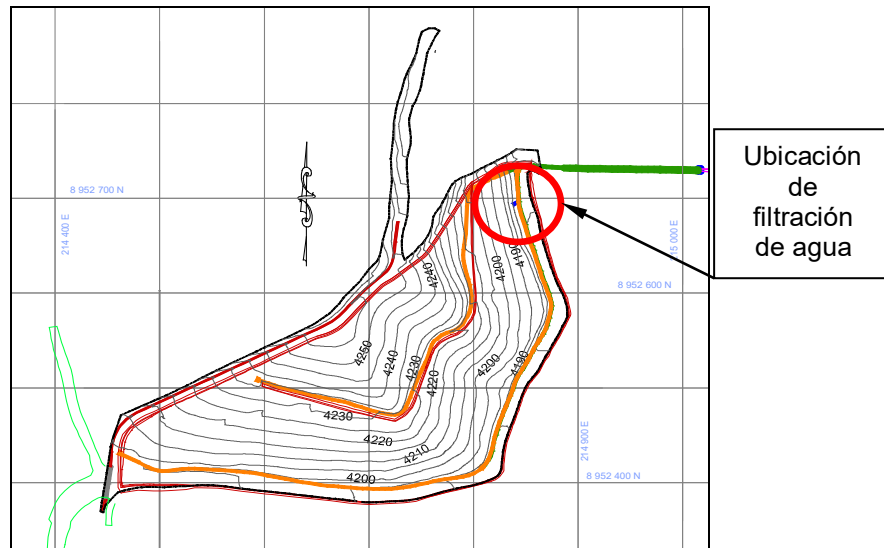


Figura N° 10 – Zona de aparición de agua subterránea

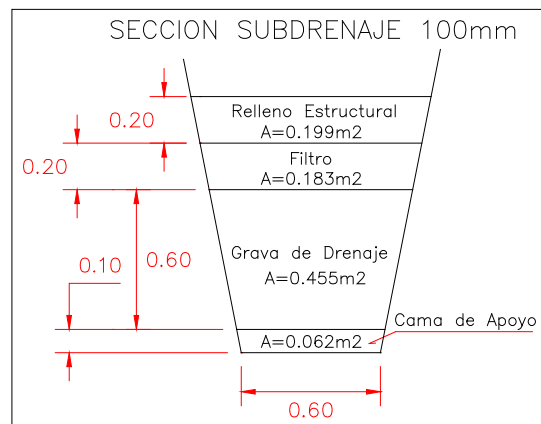


Figura N° 11 – Sección de zanja para tubería de 100mm



Fotografía N° 26 – Imagen de colocación de tubería de 100mm

5.1.3 Taludes Pronunciados

Uno de las dificultades que se tuvo siempre en la instalación de la geomembrana, fue la presencia de taludes mayores al 2H:1V, sin la posibilidad de acceso de maquinaria pesada, esto genero atraso en el avance normal ya que se necesitaba compactar el material de suelo de baja permeabilidad.

En algunos taludes mayores 21° y menores a 50° de pendiente, si se logró colocar el material permeable, pero dificultándose en la compactación pues el rodillo pesa unas 10 Toneladas; pudiendo ocasionar un accidente de mayores proporciones.

SOLUCIÓN PLANTEADA:

Para la solución de este inconveniente se tuvo que optar por un nuevo procedimiento de trabajo el cual consiste en usar un cable de acero de $3/4"$ de diámetro (Calculado en el Anexo A: en la Hoja de Cálculo N° 02), el cual es anclado al rodillo de 10 Toneladas que a su vez es jalado por un Volquete cargado con $15m^3$ de material de arcilla hacia la parte superior del pad. Este movimiento se hace posible con la ayuda de una polea el cual está anclado en el Tractor tipo oruga, como se muestra a continuación en la Figura N° 12.

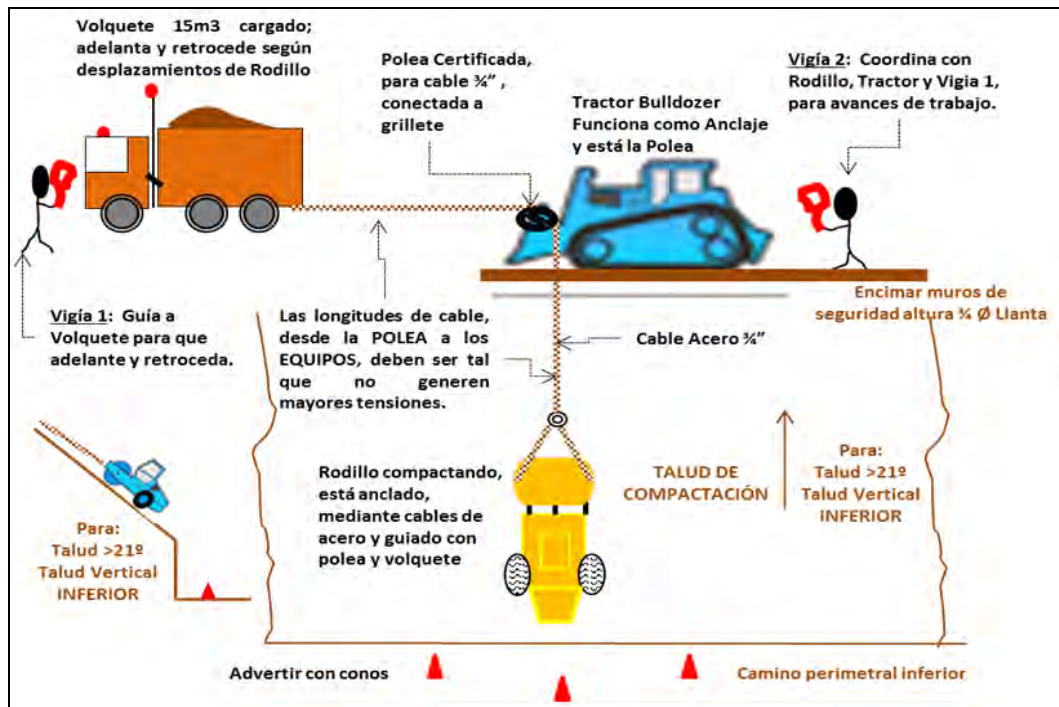


Figura N° 12 – Esquema para compactación en talud empinado

5.1.4 Relleno de Taludes

En la zona Superior Noreste del Pad de lixiviación, se presentaron problemas en la nivelación de la plataforma uniforme debido a la existencia de un desnivel el cual tiene que ser rellenado para uniformizar el talud de la superficie donde posteriormente se colocaran los geosintéticos. La ubicación se muestra en la Figura N° 13.

El reto es rellenar este agujero sin el uso de los equipos mecánicos, ya que es de difícil acceso y presenta un talud de 28°.

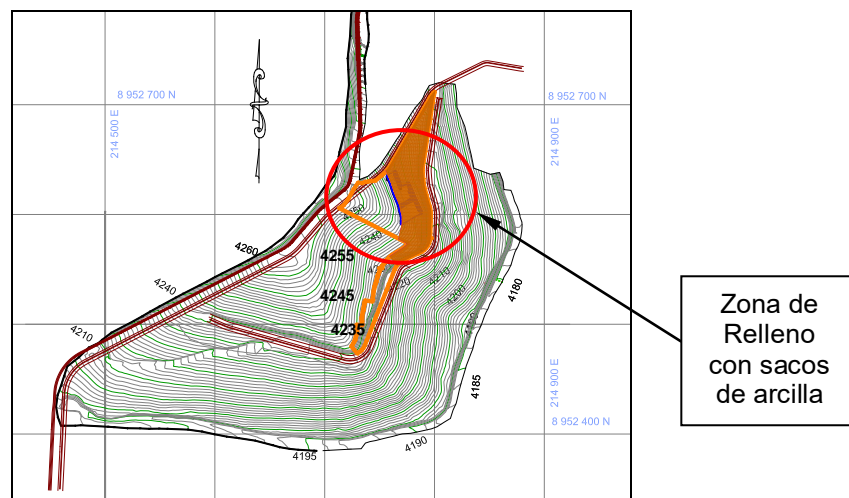


Figura N° 13 – Zonas de rellenos y construcción de cimientos

SOLUCIÓN PLANTEADA:

Para rellenar la superficie se realizó la construcción de dos muros de cimentación de concreto ciclópeo, los cuales son el soporte del relleno que se colocara para nivelar la superficie, el diseño de este muro de gravedad se realizó usando las fórmulas de presiones laterales de Rankine y Coulomb, (también mostrados en la memoria de cálculos del Anexo A), entonces el diseño se realizó de la siguiente manera:

- Cimentación N° 01 (zona A1): Es una estructura de concreto ciclópeo de $f'c=100\text{Kg/cm}^2$ y 30% de piedra grande, de sección rectangular con dimensiones de 15m de largo, 0.90m de altura y un ancho de 0.60m, el cual se construyó para soportar el peso de 350 bolsas de arcilla de 25Kg cada una, soportadas por un talud de 28°; entonces verificaremos si dicha estructura es capaz de soportar el peso del relleno; esto se demuestra con ayuda del cumplimiento de Factores de

Seguridad, como el factor de seguridad por volteo y el factor de seguridad por desplazamiento.

Entonces usamos las siguientes formulas, mostrando sus respectivos resultados, (los cálculos son mostrados en el Anexo A: Memoria de Cálculos, hoja de cálculo N°03):

Factor de Seguridad al volteo (FS_{volteo}):

$$FS_{volteo} = \frac{\Sigma M_R}{M_O} > 2 \quad \Rightarrow \quad FS_{volteo} = 3.54 > 2.0$$

Factor de Seguridad al desplazamiento ($FS_{deslizamiento}$):

$$FS_{deslizamiento} = \frac{(\Sigma V) \tan(k_1 \phi_2) + Bk_2 c_2 + P_p}{P_a \cos \alpha} > 1.5$$

$$FS_{deslizamiento} = 3.37 > 1.5$$

Los resultados que se demuestran en la hoja de cálculo N° 03, nos indican que las dimensiones son correctas y suficientes para soportar todo el peso del relleno que va sobre ellos, entonces estos cumplen con los requerimientos de diseño.

- Cimentación N° 02 (zona A2): También es una estructura de concreto ciclópeo de $f'c = 100 \text{Kg/cm}^2$ y 30% de piedra grande, de sección rectangular con dimensiones de 21m de largo, 0.90m de altura y un ancho de 1.00m, el cual se construyó para soportar el peso de 1100 bolsas de arcilla de 25Kg cada una, soportadas por un talud de 28° ; entonces verificaremos si dicha estructura es capaz de soportar el peso del relleno; esto se demuestra con ayuda del cumplimiento de Factores de Seguridad, como el factor de seguridad por volteo y el factor de seguridad por deslizamiento.

El diseño de este muro de gravedad se realizó usando las fórmulas de presiones laterales de Rankine y Coulomb, (los cálculos son mostrados en la hoja de cálculo N°03, en el Anexo A Memoria de Cálculos):

Factor de seguridad al Volteo (FS_{volteo}):

$$FS_{volteo} = \frac{\Sigma M_R}{M_O} > 2 \quad \Rightarrow \quad FS_{volteo} = 4.83 > 2.0$$

Factores de seguridad al deslizamiento ($FS_{deslizamiento}$):

$$FS_{deslizamiento} = \frac{(\Sigma V) \tan(k_1 \phi_2) + Bk_2 c_2 + P_p}{P_a \cos \alpha} > 1.5$$

$$FS_{deslizamiento} = 1.90 > 1.5$$

El procedimiento de cálculo es mostrado en la hoja de cálculo N° 03, que nos demuestra que las dimensiones son correctas, que cumplen con los factores de seguridad y son suficientes para soportar todo el peso del relleno que fue depositado sobre cada muro.

El diseño final se muestra en la Figura N° 14:

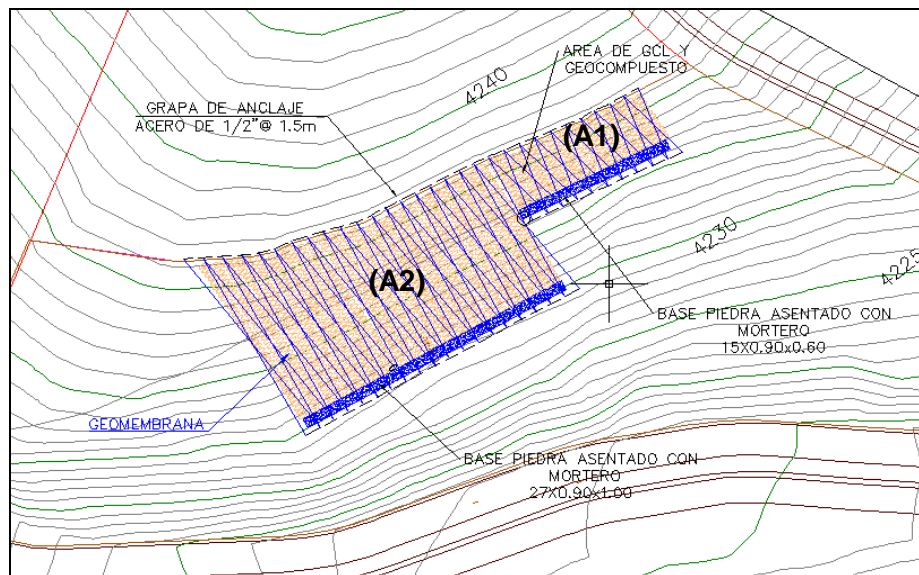


Figura N° 14 - Vista en planta de relleno en talud irregular

Una vez dimensionadas las cimentaciones respectivas se procede a cubrirlas, con una capa doble de Geocompuesto, una capa de GCL y por último se coloca la geomembrana la cual es sujeta por grapas hechos de acero galvanizado N°16 en toda su longitud. Como se muestra en la Figura N° 14 y la sección típica mostrada en la Figura N°15.

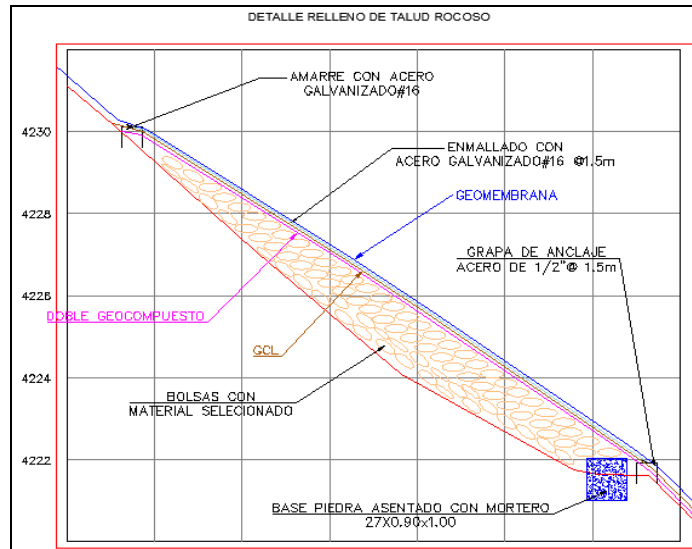


Figura N° 15 – Sección típica en Relleno de talud irregular



Fotografía N° 27 –Colocación de sacos rellenos con arcilla para uniformizar parte del talud superior

5.2 REPLANTEO DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO

5.2.1 Replanteo de Tuberías de Drenaje

En el caso de las tuberías de drenaje, estas fueron replanteadas para mejorar la captación del flujo, teniendo en cuenta, la misma dimensión de diseño original, el tipo de suelo donde se va a excavar y la dirección del flujo luego de realizado la limpieza y el movimiento de tierras. Ya que se tiene el terreno de fundación hace mejor la ubicación de los drenes.

Es necesario saber la distribución inicial y final de los subdrenes (mostrados en la Figura N°16 y la Figura N°17 respectivamente):

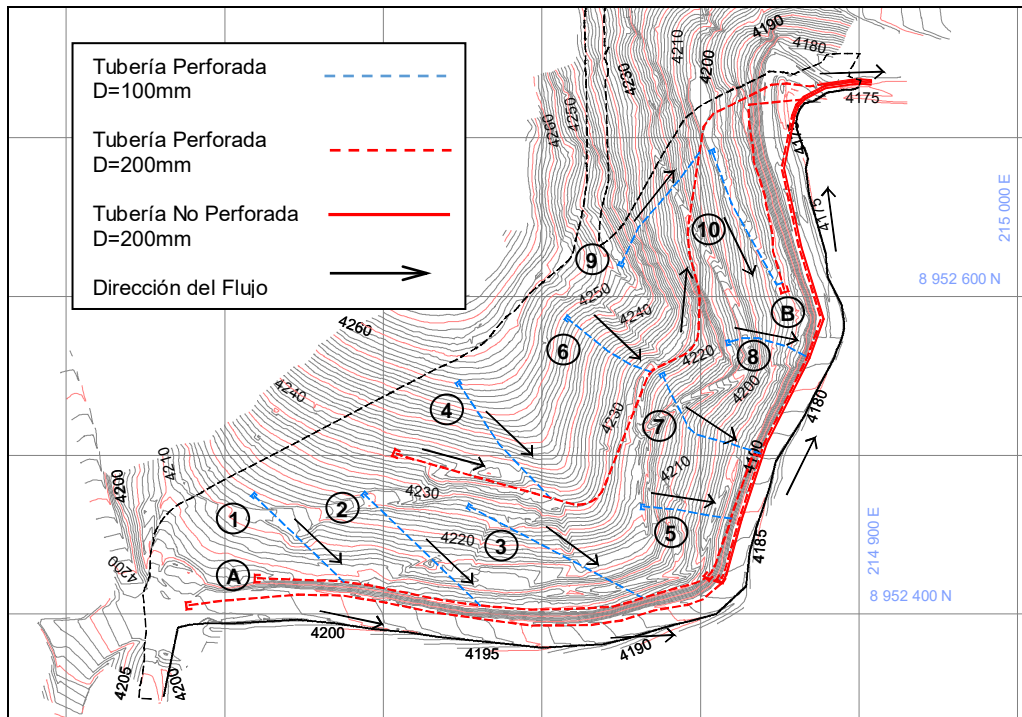


Figura N° 16 - Colocación inicial de los drenes
 (Fuente: Plano 99820168-200-03-0, Minera Barrick, 2009)

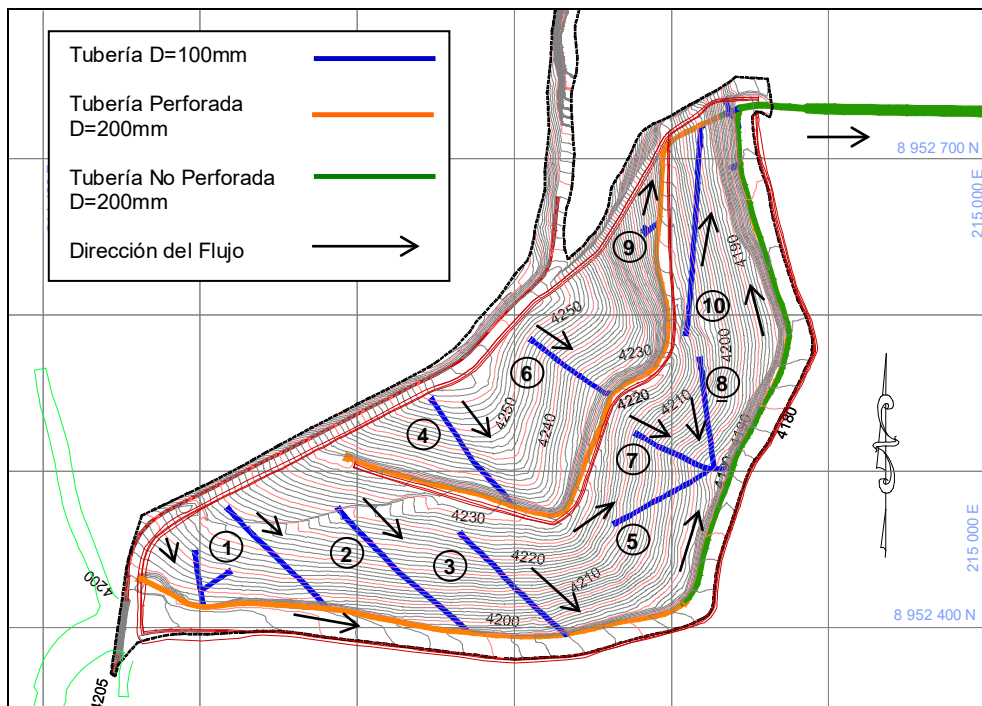


Figura N° 17 - Colocación Final de los drenes
 (Fuente: plano Asbuilt 200-03 - Minera Barrick, 2012)

- Para el subdren de diámetro $D=100$ mm: de la Figura N° 17 se observa que las tuberías N° 1, 2, 3, 4, 6 se mantuvieron con la misma dirección, mientras que las tuberías N° 5, 7 y 8 fueron cambiadas y unidas en forma de “Y”; este cambio se realizó para lograr una mejor captación de flujo de agua subterránea ya que el terreno presenta forma de quebrada o embudo.

Para las tuberías N°9 y N°10 de la Figura N° 16, se reubicaron por presencia de roca compacta de difícil fracturamiento y poca filtración sobre dicha roca, por ello la modificación en la dirección pero siempre manteniendo el diámetro original, como se muestra en la Figura N° 17.

- Para el subdren de diámetro $D=200$ mm: observamos de la Figura N°16 que las tuberías “A” y “B” son las únicas que fueron reubicadas, esto debido a que se encuentran al borde superior del talud para el caso del subdren “A”. Mientras que el subdren “B” fue eliminado porque sobre ella se colocó el subdren N°10 de diámetro $D=100$ mm como se muestra en la Figura N° 17; el cual captura el flujo y lo lleva hacia la red principal que es una tubería de 200mm. (Para mayor información revisar los planos de subdrenaje que son mostrados en el Anexo D, Plano 200-10).

5.2.2 Replanteo en colocación de Geosintéticos

Para el caso de los geosintéticos, se tuvo que redistribuir y ampliar las zonas donde se colocan el GCL y el geocompuesto; como se muestra en la Figura N°18 (distribución inicial de geosintéticos) y Figura N°19 (distribución final de los geosintéticos); entonces observamos lo siguiente:

- Zona A: está ubicada en la parte superior del pad, tiene un área de instalación aproximado de $6,520\text{m}^2$, presenta taludes muy pronunciadas entre 40° a 75° y entre 2 a 6 metros de altura. En esta zona no hubo muchos cambios en cantidad de colocación de geosintéticos, se mantiene como el diseño original (ver Figura N° 18).
- Zona A': está presenta las mismas características que la Zona A, variando en el área de instalación aproximado de $7,818.94\text{m}^2$ construidos; esto quiere decir que se empleó más material de GCL y geocompuesto; esto debido a la limpieza y la obtención del terreno de fundación real y al relleno con bolsas de arcilla mencionadas anteriormente, todo esto generó un aumento de $1,298.94\text{m}^2$ en área instalada. (ver Figura N° 19).

➤ Mostraremos a continuación cada zona instalada antes y después de la instalación final de los geosintéticos:

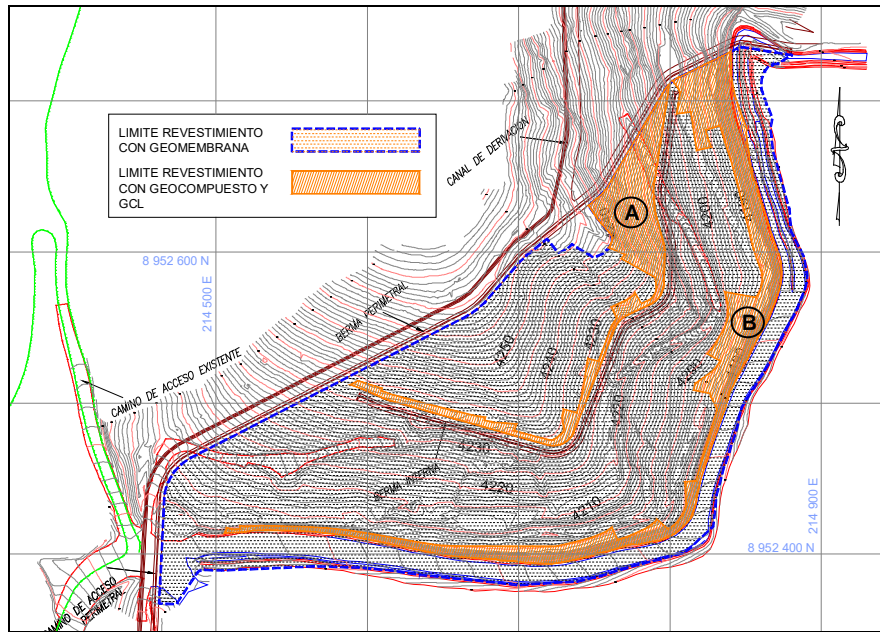


Figura N° 18 - Colocación Inicial de Geosintéticos
 (Fuente: Plano 99820168-200-06-0, Minera Barrick, 2009)

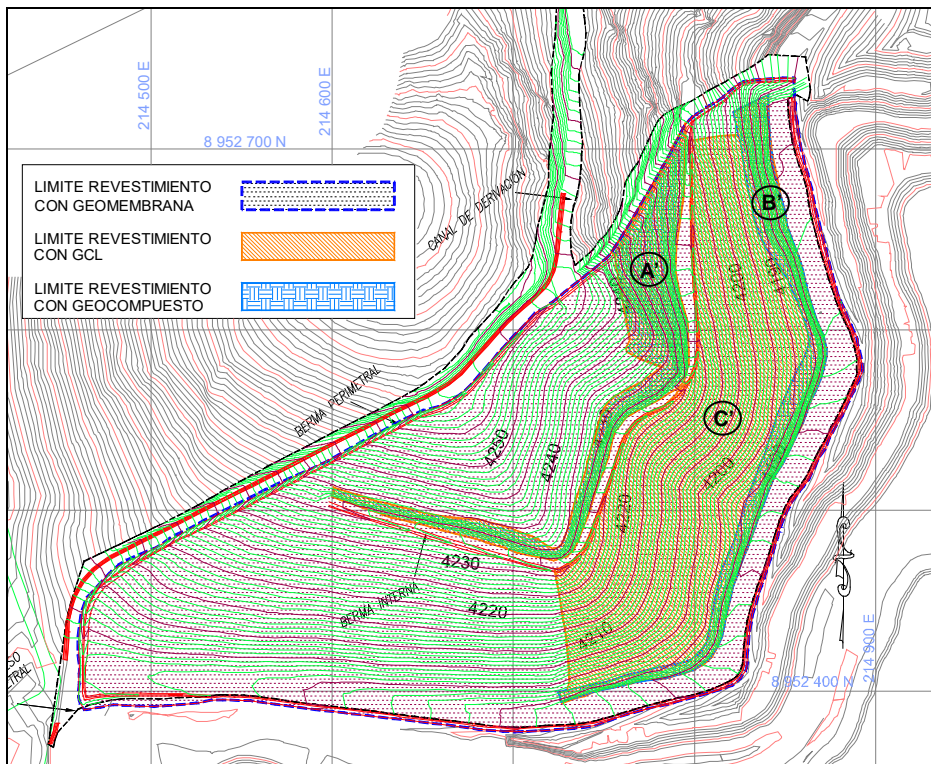
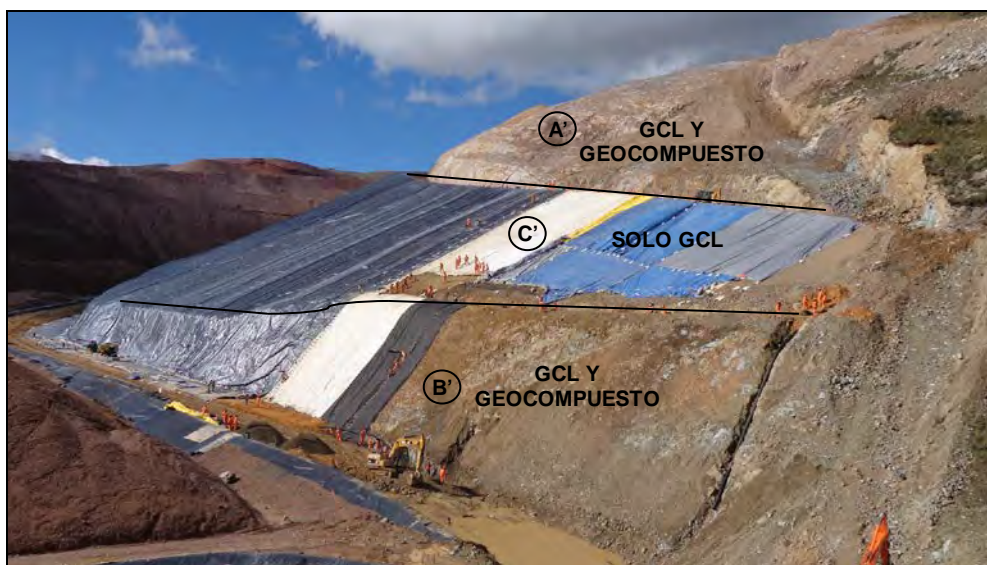


Figura N° 19 - Colocación final de Geosintéticos
 (Fuente: plano Asbuilt 200-06 - Minera Barrick)

- Zona B: está ubicada en la parte inferior del pad, tiene un área aproximado de instalación de 9,910.00m², presenta taludes muy pronunciadas entre 40° a 80° y entre 3 a 12 metros de altura. La instalación inicial comprendía la colocación de ambos materiales en las zonas de taludes empinados. (ver Figura N° 18).
- Zona B': esta zona presenta grandes taludes luego de la limpieza y movimiento de tierra realizada en este lugar, obteniéndose un área total de 5,991.37 m² de instalación de GCL y geocompuesto, la división de las zonas se observa en la Fotografía N°28.



Fotografía N° 28 – Zonas de Taludes empinados

- Zona C': en esta zona solamente se instaló el GCL sin el geocompuesto respectivo, ya que es posible la colocación de relleno estructural y su compactación por medio del rodillo o manualmente. Instalándose así un área total de 27,773.12 m².
- Estas 3 zonas indican la colocación del GCL y el geocompuesto, siendo cubiertas totalmente por la Geomembrana en toda el área revestida y construida, como se observa en la Figura N°19.

5.3 ETAPA POST CONSTRUCCIÓN

Ya habiendo culminado labores de construcción del Pad de Lixiviación, el cual fue un reto en la ingeniería por ser la geografía muy irregular y de grandes pendientes el cual obstaculizo el correcto funcionamiento de los equipos y la eficiencia del personal obrera; podemos decir que la obra se encuentra en correcto funcionamiento y sin ningún problemas post constructivo, esto nos da a entender que se realizaron correctas soluciones a las dificultades que se presentaban durante la construcción, siendo el resultado final una correcta distribución y cumpliendo del fin por el cual fue creado, aislar el material minero del terreno natural evitando cualquier tipo de contaminación.

La distribución final de la colocación de la geomembrana fue enumerada para una mejor ubicación de cada paño, si en caso se solicitara para algún trabajo futuro; como se muestra en la Figura N° 20.

Para mayores detalles de cómo quedo cada proceso constructivo del pad de lixiviación; estos son mostrados en los Planos, del Anexo D de este informe.

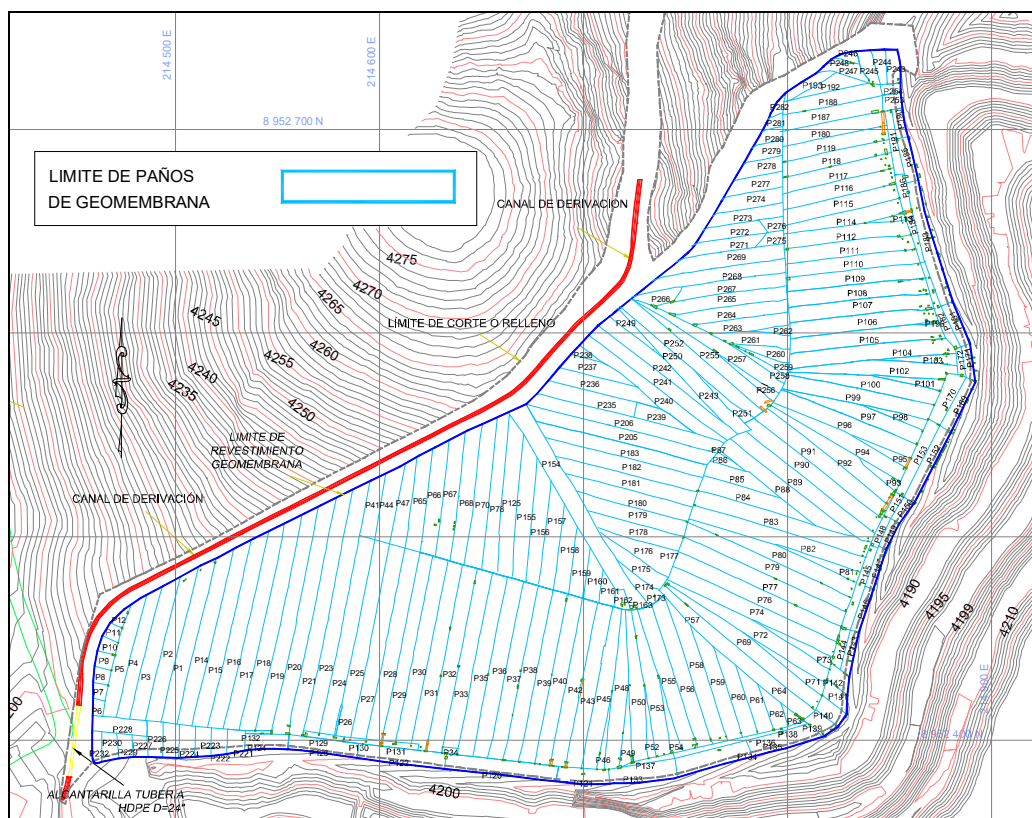


Figura N° 20 - Colocación final de Geomembranas
 (Fuente: plano Asbuilt 200-14 - Minera Barrick, 2012)

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Se logró generar la superficie del pad de lixiviación N° 6 o fase VI, que sirve como depósito, para la colocación del material minero empezando de esta manera con la etapa de extracción del mineral; la culminación de esta obra se realizó gracias a las soluciones planteadas en este informe de suficiencia, cumpliendo las exigencias de la minera Barrick.
- El caudal de flujo calculado en la aparición de agua subterránea es pequeña de un valor de $Q = 0.008 \text{ m}^3/\text{seg}$, entonces esto quiere decir que el flujo subterráneo por las tuberías es mínima; en caso de aparecer filtraciones de aguas futuras ya se tendrá en cuenta la dimensión para la colocación del subdren el cual será de un diámetro $D = 100\text{mm}$ como mínimo.
- Los rellenos en taludes empinados mayores al 50% fueron realizados gracias a un nuevo proceso constructivo apoyándonos en la instalación de cuerdas de acero de 3/4" y poleas, las cuales jalan por medio de un Volquete de 15m^3 al rodillo vibratorio de 10 toneladas de peso hasta llegar a las zonas de mayor altura, sin este diseño no se hubiera logrado colocar el suelo de baja permeabilidad, reduciendo de esta manera el uso de los geotextiles y geocompuestos.
- Se tuvo que colocar unas 1,450 bolsas de 25 Kg cada una, rellenos de arcilla; esta sirvió de rellano para la nivelación de la superficie en una zona de difícil acceso para las maquinarias. Este relleno esta soportado por muros de cimentación de dimensiones $15\text{m} \times 0.90\text{m} \times 0.60\text{m}$ y $21\text{m} \times 0.9\text{m} \times 1.00\text{m}$ los cuales fueron dimensionados y rectificadas por factores de seguridad contra el volteo y el factor de seguridad contra el desplazamiento; asegurando así que no exista ningún colapso ni desprendimiento del relleno realizado.
- El Pad construido es en realidad uno de los más pequeños, en relación a las demás Pads existentes en la minera Barrick, pero siendo una de las más complicadas geométricamente y superficialmente; por su tipo de suelo, roca fracturada y pendientes muy pronunciadas, siendo esto un reto en la construcción el cual fue superado adecuadamente.

6.2 RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta en que situación climática nos encontramos (presencia de lluvias frecuentes, velocidad del viento), para realizar una buena elaboración del avance diario en obra, esto se soluciona trabajando eficientemente durante todo el día entre las 7am y 2pm ya que pasadas estas horas las condiciones no son favorables para el despliegue y colocación de los geosintéticos, por la presencia de lluvias o vientos fuertes.
- Tener en cuenta el tipo de suelo del lugar y hacer un análisis en el macizo rocoso de esta manera evitar fracturas durante el perfilamiento del suelo, esto dependerá también de la maquinaria que se use en la obra y la profundidad de excavación.
- Hacer uso correcto de los equipos de protección y seguridad personal ya que son trabajos de alto riesgo que pondrían en peligro la vida del trabajador, puesto que el despliegue es en taludes muy pronunciadas.
- Las pendientes en los subdrenes generalmente se acomodaran al terreno existente teniendo como mínimo una pendiente de 2%; en caso de requerir más drenes se tendrá que evaluar la cantidad de flujo que pasaría por dicha tubería; dando así la correcta dimensión en caso de aparecer afloramiento o filtración; considerando la memoria de cálculo mostrada en este informe.
- Evitar que se humedezca la capa de arcilla, tapándolas con plásticos y revistiendo el área compactada al día siguiente como máximo, evitar el flujo de aire dentro de los geosintéticos esto podría generar rotura en los empalmes y soldaduras de la geomembrana.
- Las soldaduras deberán estar bien realizadas ya que cualquier fuga o mala fusión ocasionaría filtración de la solución cianurica, contaminando así el terreno natural y ocasionando daños al medioambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Bathurst Richard J. "Función y clasificación de los geosintéticos". Revista Constructivo. N°86 pág. 168-171, mayo 2012.
- Braja M. Das. "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica". Libro Editorial Thomson Editores S.A., México, 2001.
- Mansen Valderrama, Alfredo. "Diseño y aplicación de los geosintéticos en las obras de ingeniería". Libro UNI-Facultad de Ingeniería Civil, Lima-Perú, 1996.
- Moreno Valverde, Alfredo. "Construcción de la plataforma de lixiviación 8A". Tesis para optar Título Profesional FIC-UNI. Lima, Perú, 2009.
- Nuñovero Rebaza, Carlo David. "Diseño y construcción de Pads de lixiviación en pilas". Tesis para optar Título Profesional UNI-FIGMM. Lima, Perú, 2000.

DISEÑO TUBERIA PERFORADA HDPE (HOJA DE CALCULO N° 01)

1. Cálculo de Caudal de Filtración:

* Usamos la ecuación de la Ley de Darcy:

Para drenes rellenos en capas de Grava

K: permeabilidad para material gravoso: 0.01m/seg
(Tabla 4.1 Valores típicos de permeabilidad para suelos saturados - Libro Braja M. Das)

Donde:

Q= Caudal de flujo (m³/seg)

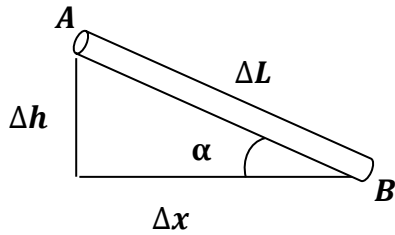
K= Permeabilidad o Conductividad Hidráulica (m/seg)

Δh= Perdida de carga entre A y B (m)

ΔL= Distancia entre punto A y B (m)

A= Sección Transversal al flujo (m²)

$$Q = K \left(\frac{\Delta h}{\Delta L} \right) A$$



Q= ???

K= 0.01

Δh= 4.728

ΔL= 6

A= 1

α= 52°

Q= 0.01 m³/seg

Q= 7.88 litros/seg

2. Cálculo Diámetro de Subdren:

* Usamos la Ecuación de Manning:

$$D = \left(\frac{Q * n}{0.3117 * S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde:

D= Diámetro del Subdren (m)

Q= Caudal de flujo (m³/seg)

n= Coeficiente de rugosidad o de manning

S= Pendiente del Subdren (m/m)

Entonces:

$$S = \frac{\Delta h}{\Delta x}$$

Δx = 3.69 m

D= ???

Q= 0.008

n= 0.013

S= 1.280

D= 0.05 metros

D= 47.2 mm

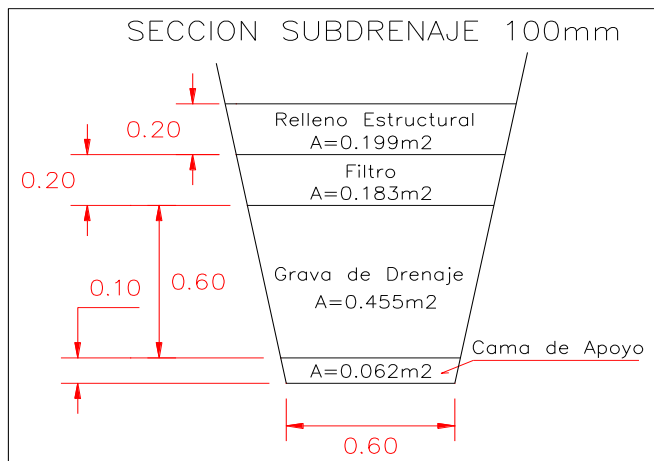
Por lo tanto

Usaremos un

Diámetro de:

D=100 mm

Sección típica de zanja en Subdren:



(Ya que es mas comercial y cumple con los requerimientos del diseño)

CALCULO DIAMETRO CUERDA DE ACERO (HOJA DE CALCULO N° 02)

1. Cálculo de Tensión en el Rodillo: Usamos una simple distribución de Fuerzas, entonces tenemos

CALCULO DEL DIAMETRO DEL CABLE

Donde:
 T= Tensión en acero (TN)
 FS= Factor de Seguridad (según Ficha Técnica)

Datos:	W rodillo	10 Tn
	angulo max talud	50 grados
	factor de seguridad min	3
T =	W rodillo x sen (50°)	= 10 x sen (50°) = 7.66 TN
FS =	$\frac{\text{CARGA DE ROTURA}}{\text{CARGA DE TRABAJO}}$	
CARGA DE ROTURA=	CARGA DE TRABAJO X FS	7.66 X 3 = 22.98 TN
	VER TABLA: CORRESPONDE CABLE DE	3/4" PULG
	CARGA DE ROTURA	25.6 TN
FS=	$\frac{25.6}{7.66}$	= 3.34 > 3.00

2. Ficha Técnica de Cables de Acero:

* Con el Valor de la Tensión calculada T=22.98 Toneladas, se observa que el acero mínimo que cumple con dicho requerimiento es el Diámetro D= 3/4".

RESISTENCIA MÍNIMA A LA ROTURA Y PESOS PARA CABLES
 ESTÁNDAR CLASIFICACIÓN 6 X 19 Y 6 X 36

Diámetro (pulg)	Peso/pie aprox. (lb)	ALMA DE FIBRA		ALMA DE ACERO (IWRC)			
		Resistencia mínima a la rotura (toneladas de 2000 lb)		Peso/pie aprox. (lb)	Resistencia mínima a la rotura (toneladas de 2000 lb)		
		IPS	XIP [®]		IPS	XIP [®]	XXIP [®]
3/16	0.059	1.55	1.71				
1/4	0.105	2.74	3.02	0.116	2.94	3.40	
5/16	0.164	4.26	4.69	0.18	4.58	5.27	
3/8	0.236	6.10	6.72	0.26	6.56	7.55	8.30
7/16	0.32	8.27	9.10	0.35	8.89	10.2	11.2
1/2	0.42	10.7	11.8	0.46	11.5	13.3	14.6
9/16	0.53	13.5	14.9	0.59	14.5	16.8	18.5
5/8	0.66	16.7	18.3	0.72	17.9	20.6	22.7
3/4	0.95	23.8	26.2	1.04	25.6	29.4	32.4
7/8	1.29	32.2	35.4	1.42	34.6	39.8	43.8
1	1.68	41.8	46.0	1.85	44.9	51.7	56.9
1-1/8	2.13	52.6	57.8	2.34	56.5	65.0	71.5
1-1/4	2.63	64.6	71.1	2.89	69.4	79.9	87.9
1-3/8	3.18	77.7	85.5	3.50	83.5	96.0	106
1-1/2	3.78	92.0	101	4.16	98.9	114	125
1-5/8	4.44	107	118	4.88	115	132	146
1-3/4	5.15	124	137	5.67	133	153	169
1-7/8	5.91	141	156	6.50	152	174	192
2	6.72	160	176	7.39	172	198	217
2-1/8	7.59	179	197	8.35	192	221	244
2-1/4	8.51	200	220	9.36	215	247	272
2-3/8				10.4	239	274	
2-1/2				11.6	262	302	
2-5/8				12.8	288	331	
2-3/4				14.0	314	361	
2-7/8				15.3	341	392	
3				16.6	370	425	

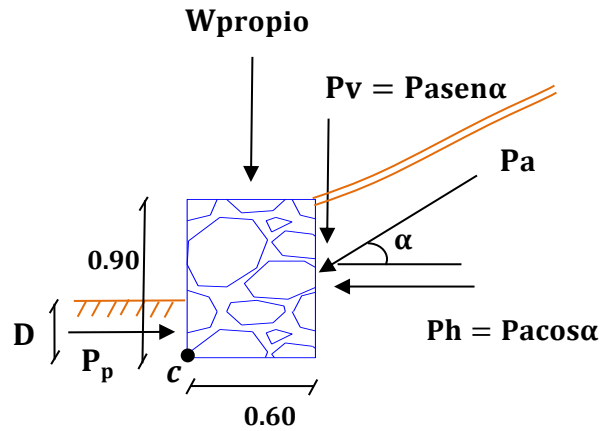
* Según Ficha Técnica:
 Para un valor de T=25.60 Toneladas de Fuerza le corresponde una cuerda de Diámetro de 3/4"

DISEÑO DE CIMIENTOS PARA RELLENO EN TALUD (HOJA DE CALCULO N° 03)

1. Cálculo de Cimentación N°1: Para una seccion de 0.90mx0.60m y una longitud de L= 15 m

* Peso Propio del Cimiento (W):
 $W_{propio} = 15 \cdot 0.90 \cdot 0.60 \cdot 23.58 = 191.00 \text{ kN/m}$
 Peso especifico del Concreto $\gamma = 23.58 \text{ kN/m}$

* Presion Activa (Pa):
 $P_a = 250 \cdot 25 = 6250 \text{ kg} = 87.50 \text{ kN/m}$
 (Peso de 350 Bolsas de 25 Kg c/u)
 Angulo en Talud (α) = 28°
 $P_v = 41.08 \text{ kN/m}$
 $P_h = 77.26 \text{ kN/m}$



* Factor de Seguridad al Volteo:

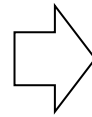
$$FS_{volteo} = \frac{\Sigma M_R}{M_o} > 2$$

Donde:

ΣM_R = Suma de momentos de las fuerzas que tienden a volcar la estructura respecto al punto C.

M_o = Suma de momentos de las fuerzas que tienden a resistir el volteo respecto al punto C.

	P (kN)	x (m)		M (kN/m)
ΣM_R	191.00	0.30	57.30	81.95
	41.08	0.60	24.65	
M_o	77.26	0.30	23.18	23.18



$$FS_{volteo} = \frac{81.95}{23.18}$$

$$FS_{volteo} = 3.54 > 2.0 \text{ OK! Cumple!}$$

* Presión Pasiva (Pp):

Donde:

$$P_p = \frac{1}{2} K_p \gamma_2 D^2 + 2c_2 \sqrt{K_p} D$$

P_p = Presión pasiva del suelo (kN/m)

K_p = Coeficiente de la presión pasiva

γ_2 = Peso especifico del Suelo bajo el cimiento (kN/m³)

c_2, ϕ_2 = Cohesión y ángulo de fricción del suelo (kN/m), (°)

D = Profundidad al fondo de la base del cimiento (m)

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi_2}{2} \right) = 3.00$$

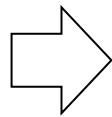
* Reemplazamos en la formula de Pp:

$$\gamma_2 = 21$$

$$\phi_2 = 30^\circ$$

$$c_2 = 120$$

$$D = 0.30$$



$$P_p = 127.54 \text{ (kN/m)}$$

* Factor de Seguridad al Desplazamiento:

$$FS_{deslizamiento} = \frac{(\Sigma V) \tan(k_1 \phi_2) + B k_2 c_2 + P_p}{P_a \cos \alpha} > 1.5$$

Donde:

ΣV = Suma de Fuerzas Verticales (kN)

B = Ancho de cimentación (m)

$K_1 = K_2 = 1/2 \text{ a } 2/3$

$K_1 = K_2 = 2/3$

$B = 0.60$

$$\Sigma V = W + P_v = 232.08 \text{ kN/m}$$



$$FS_{deslizamiento} = 3.37 > 1.5 \text{ OK! Cumple!}$$

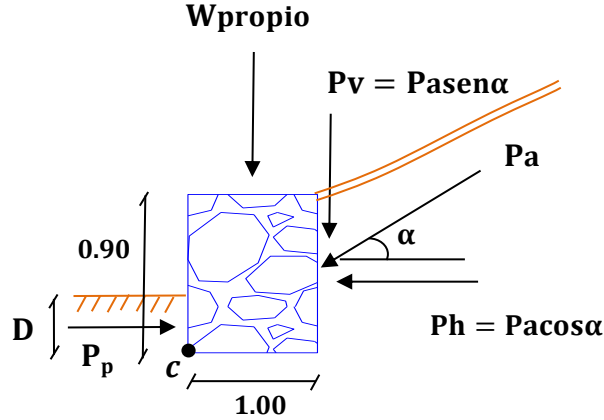
(Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica - Braja M. Das)

DISEÑO DE CIMIENTOS PARA RELLENO EN TALUD (HOJA DE CALCULO N° 03)

1. Cálculo de Cimentación N°2: Para una seccion de 0.90mx1.00m y una longitud de L= 21 m

* Peso Propio del Cimiento (W):
 $W_{propio} = 21 \cdot 0.90 \cdot 1.00 \cdot 23.58 = 445.66 \text{ kN/m}$
 Peso especifico del Concreto $\gamma = 23.58 \text{ kN/m}$

* Presion Activa (Pa):
 $P_a = 750 \cdot 25 = 18,750 \text{ kg} = 275.00 \text{ kN/m}$
 (Peso de 1100 Bolsas de 25 Kg c/u)
 Angulo en Talud (α) = 28 °
 $P_v = 129.10 \text{ kN/m}$
 $P_h = 242.81 \text{ kN/m}$



* Factor de Seguridad al Volteo:

Donde:

ΣM_R = Suma de momentos de la fuerzas que tienden a volcar la estructura respecto al punto C.

M_o = Suma de momentos de la fuerzas que tienden a resistir el volteo respecto al punto C.

$$FS_{volteo} = \frac{\Sigma M_R}{M_o} > 2$$

	P (kN)	x (m)		M (kN/m)
ΣM_R	445.66	0.50	222.83	351.94
	129.10	1.00	129.10	
M_o	242.81	0.30	72.84	72.84



$$FS_{volteo} = \frac{351.94}{72.84}$$

$$FS_{volteo} = 4.83 > 2.0 \text{ OK! Cumple!}$$

* Presión Pasiva (Pp):

Donde:

P_p = Presión pasiva del suelo (kN/m)

K_p = Coeficiente de la presión pasiva

γ_2 = Peso especifico del Suelo bajo el cimiento (kN/m³)

c_2, ϕ_2 = Cohesión y ángulo de fricción del suelo (kN/m),(°)

D = Profundidad al fondo de la base del cimiento (m)

$$P_p = \frac{1}{2} K_p \gamma_2 D^2 + 2c_2 \sqrt{K_p} D$$

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi_2}{2} \right) = 3.00$$

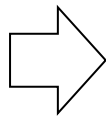
* Reemplazamos en la formula de Pp:

$$\gamma_2 = 21$$

$$\phi_2 = 30^\circ$$

$$c_2 = 120$$

$$D = 0.40$$



$$P_p = 171.32 \text{ (kN/m)}$$

* Factor de Seguridad al Desplazamiento:

$$FS_{deslizamiento} = \frac{(\Sigma V) \tan(k_1 \phi_2) + B k_2 c_2 + P_p}{P_a \cos \alpha} > 1.5$$

Donde:

ΣV = Suma de Fuerzas Verticales (kN)

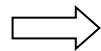
B = Ancho de cimentación (m)

$K_1 = K_2 = 1/2 \text{ a } 2/3$

$K_1 = K_2 = 2/3$

$B = 1.00$

$$\Sigma V = W + P_v = 574.77 \text{ kN/m}$$



$$FS_{deslizamiento} = 1.90 > 1.5 \text{ OK! Cumple!}$$

(Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica - Braja M. Das)

Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg - Cama de Apoyo

Cantera : Chancadora Rurac Lado : Izq.
 Material : Cama de apoyo M-2
 Muestreo : Produccion
 Acceso : 300.0 m
 Fecha : 6 de agosto de 2012

Realizado Por : G.O.A.
 Revizado Por : C.A.C.E.
 Ing. Resp. : G.T.H.
 Codigo : LAB-831-F1
 Version 0/01-08-11

Análisis Granulométria de los Suelos (ASTM D-422)

Datos de ensayo

Peso Inicial de Muestra : 21575 gr. **H. Natural (ASTM D-2216)**
 Peso de Grava : 13982 gr. P.M.H. = 875.8 gr.
 Peso de Arena : 7593 gr. P.M.S. = 854.8 gr.
 Peso Fraccion Arena : 854.8 gr. % W = 2.5 %

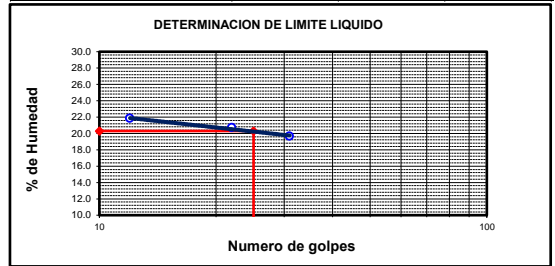
Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especific. Técnicas
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100	0.0			
1"	25.400	0.0		100.0	100
3/4"	19.050	1166.0	5.4	94.6	75 - 100
1/2"	12.700	5636.0	26.1	68.5	55 - 80
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No4	4.760	7180.0	33.3	64.8	30 - 50
10	2.000				
20	0.840				
40	0.420	585.9	24.1	88.9	5 - 20
100	0.149				
200	0.074	160.4	6.6	95.5	0 - 15
pasa	108.5	4.5	100.0		

Límite Líquido ASTM D-4318

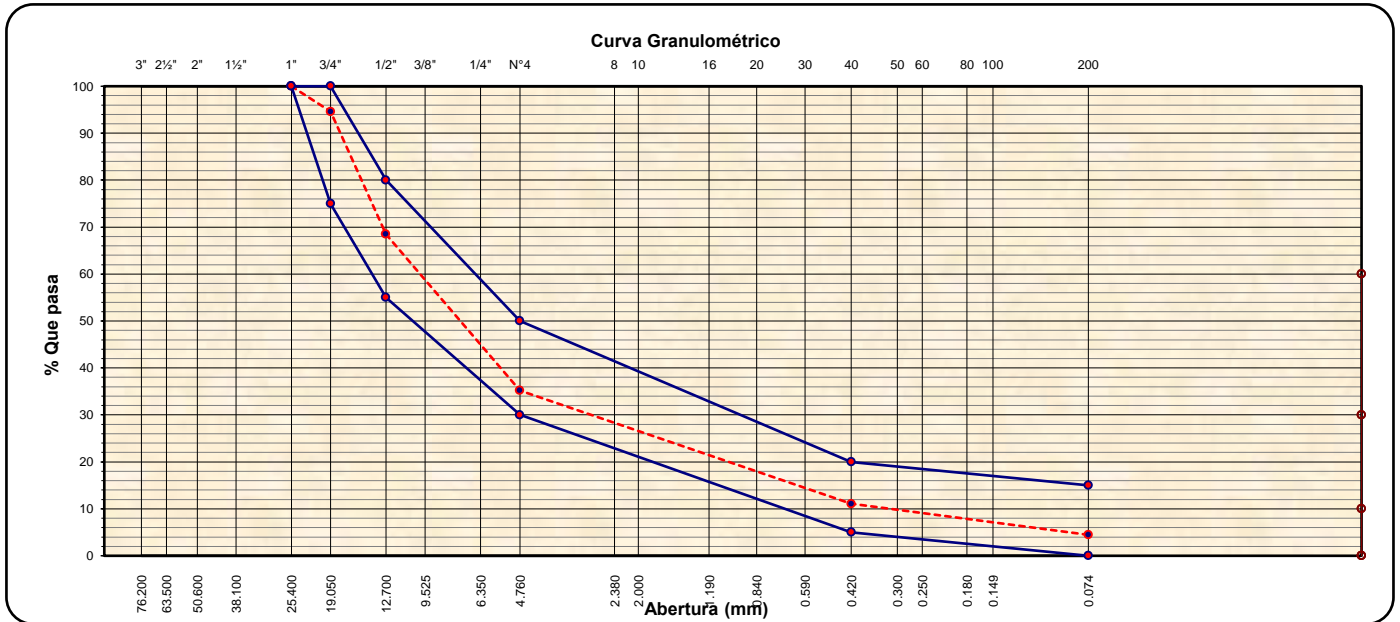
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	12	22	31
Recipiente Nº	10	11	12
R + Suelo Hum.	43.89	38.73	44.10
R + Suelo Seco	40.25	34.98	40.70
Peso Recip.	23.57	16.85	23.38
Peso Agua	3.64	3.75	3.40
Peso S. Seco	16.68	18.13	17.32
% de Humedad	21.82	20.68	19.63

Límite Plástico ASTM D-4318

Ensayo	--	--	--
Recipiente Nº			
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco		NP	
Peso Recip.			
Peso Agua			
Peso S. Seco			
% de Humedad			



Clasificación SUCS: **GP** L.L : **20.3**
 Clasificación AASHTO: **A-1-a (0)** I. P. **NP**



:Realizado por
 Nombre/Función:
-CONALVIAS/QC
 :Firma

:Revisado por
 Nombre/Función: Carlos A. Coaquira Esquicha
 Laboralista-CONALVIAS/QC
 :Firma

Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg - Grava de Drenaje

Cantera : Chancadora Rurac Lado : Izq.
 Material : Grava para drenaje
 Muestreo : Produccion (Mañana)
 Acceso : 300.0 m
 Fecha : 17 de julio de 2012

Realizado Por : J.C.R.S.
 Revizado Por : C.A.C.E.
 Ing. Resp. : G.T.H.
 Codigo : LAB-858-F1
 Version 0/01-07-12

Análisis Granulometría de los Suelos (ASTM D-422)

Datos de ensayo

Peso Inicial de Muestra : 30689.0 gr. **H. Natural (ASTM D-2216)**
 Peso de Grava : 19761.0 gr. P.M.H. = 756.6 gr.
 Peso de Arena : 10928.0 gr. P.M.S. = 726.8 gr.
 Peso Fraccion Arena : 1214.0 gr. % W = 4.1 %

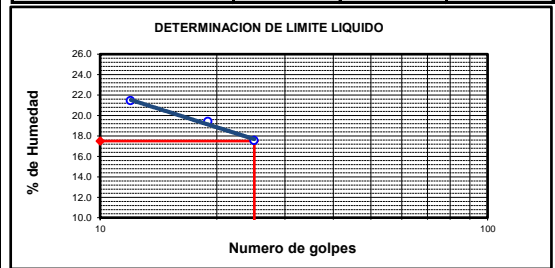
Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especific. Técnicas
4"	101.200				
3"	76.200				100
2 1/2"	63.500				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100	9.2	9.2	90.8	80 - 100
1"	25.400	15.7	24.9	75.1	60 - 100
3/4"	19.050				
1/2"	12.700	20.4	45.2	54.8	30 - 85
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No4	4.760	19.2	64.4	35.6	15 - 40
10	2.000				
20	0.840				
40	0.420	24.7	89.1	10.9	0 - 15
100	0.149				
200	0.074	6.8	95.9	4.1	0 - 5
pasa	138.3	4.1	100.0		

Límite Líquido ASTM D-4318

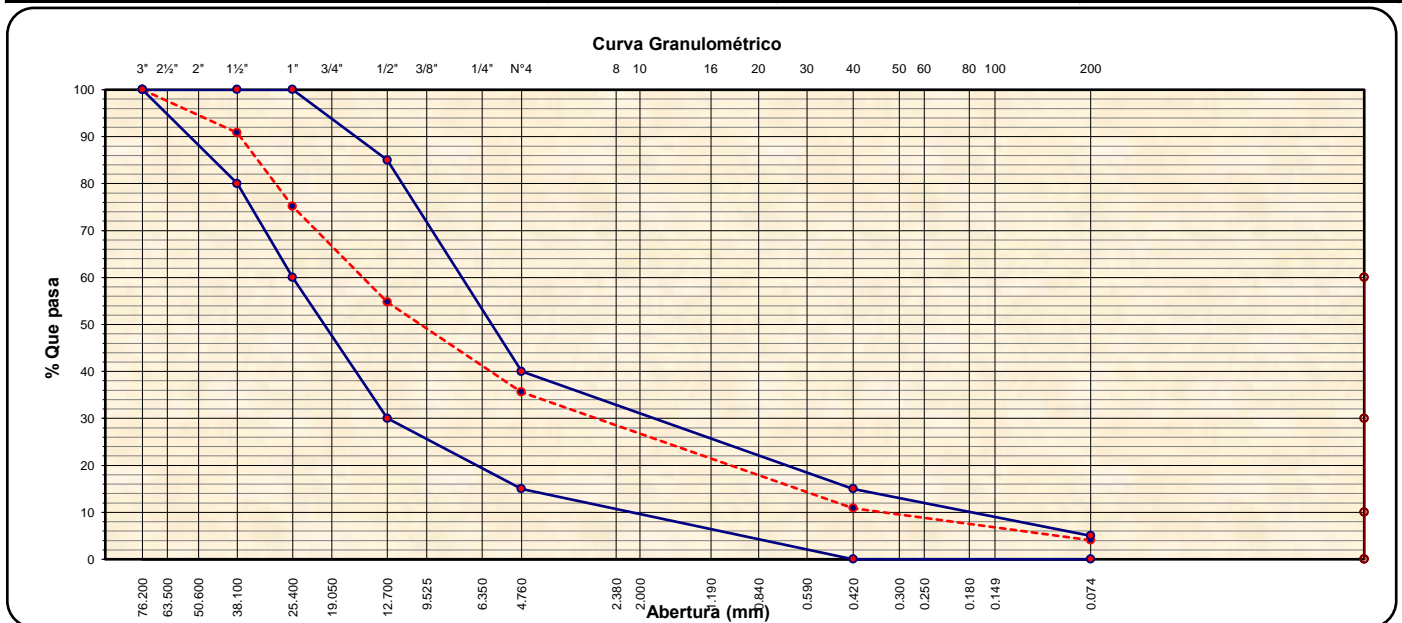
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	25	19	12
Recipiente Nº	11	9	7
R + Suelo Hum.	33.00	31.30	32.40
R + Suelo Seco	30.60	28.8	29.40
Peso Recip.	16.90	15.90	15.40
Peso Agua	2.40	2.50	3.00
Peso S. Seco	13.70	12.90	14.00
% de Humedad	17.52	19.38	21.43

Límite Plástico ASTM D-4318

Ensayo	1	2
Recipiente Nº		
R + Suelo Hum.		
R + Suelo Seco		NP
Peso Recip.		
Peso Agua		
Peso S. Seco		
% de Humedad		



Clasificación SUCS: **GP** L.L : **17.5**
 Clasificación AASHTO: **A-1-a (0)** I. P. **NP**



:Realizado por
 Nombre/Función:
-CONALVIAS/QC
 :Firma

:Revisado por
 Nombre/Función: Carlos A. Coaquira Esquicha
 Laboratorista-CONALVIAS/QC
 :Firma

Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg - Relleno estructural

Cantera : Acopio corte de talud Lado Nor este
Lado : Izq. Area de soil liner
Material : Relleno Estructural
Muestreo : Acopio
Acceso : Area de Soil Liner
Fecha : 24 de enero de 2013
Fecha de muestreo : 23 de enero de 2013
Identificación: RE- 240113-23G

Realizado por : E.J.S.
Revizado por : G.T.H.
Ing. Resp. : G.T.H.
Codigo : LAB-858-F1
Version 0/01-07-12

Análisis Granulométria de los Suelos (ASTM D-422)

Datos de ensayo

Peso Inicial de Muestra : 20392.0 g **H. Natural (ASTM D-2216)**
Peso de Grava : 11429.0 g P.M.H. = 1070.8 g
Peso de Arena : 8963.0 g P.M.S. = 951.3 g
Peso Fraccion Arena : 788.5 g % W = 12.6 %

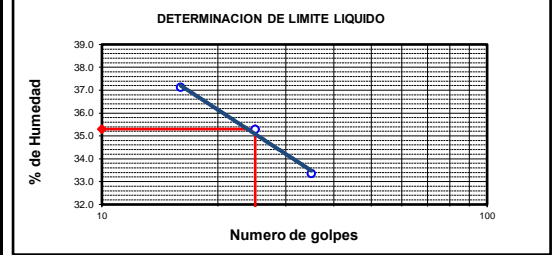
Malla		Peso (g)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especific. Técnicas	
Tamiz	mm.						
6"	152.400	0				100	
4"	101.200	0.0			100.0		
3"	76.200	0.0			100.0	90	100
2 1/2"	63.500	872.0	4.3	4.3	95.7		
2"	50.600	418.0	2.0	6.3	93.7		
1 1/2"	38.100	716.0	3.5	9.8	90.2	70	- 100
1"	25.400	989.0	4.8	14.7	85.3	0	- 0
3/4"	19.050	1050.0	5.1	19.8	80.2		
1/2"	12.700	2865.0	14.0	33.9	66.1	40	- 75
3/8"	9.525	790.0	3.9	37.8	62.2		
1/4"	6.350	0.0		37.8	62.2		
No4	4.760	3729.0	18.3	56.0	44.0	25	- 55
10	2.000	0.0		56.0	44.0		
20	0.840	0.0		56.0	44.0		
40	0.420	344.6	19.2	75.3	24.7	10	- 40
100	0.149	0.0		75.3	24.7		
200	0.074	132.7	7.4	82.7	17.3	5	- 20
pasa		311.2	17.3	100.0			

Límite Líquido ASTM D-4318

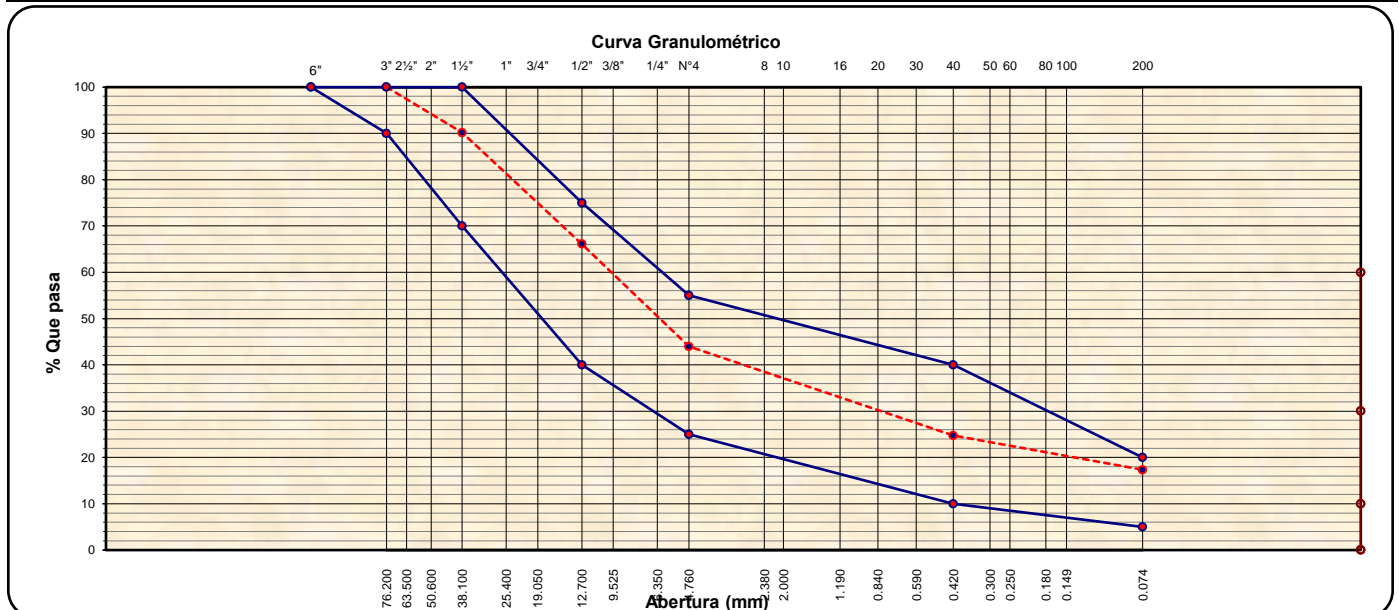
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	16	25	35
Recipiente Nº	13	16	18
R + Suelo Hum. (g)	63.24	70.11	60.39
R + Suelo Seco (g)	51.21	58.07	51.36
Peso Recip. (g)	18.80	23.95	24.29
Peso Agua (g)	12.03	12.04	9.03
Peso S. Seco (g)	32.41	34.12	27.07
% de Humedad	37.12	35.29	33.36

Límite Plástico ASTM D-4318

Ensayo	1	2	
Recipiente Nº	6	16	
R + Suelo Hum. (g)	12.21	13.74	
R + Suelo Seco (g)	11.68	12.99	
Peso Recip. tapa (g)	9.09	9.13	
Peso Agua (g)	0.53	0.75	
Peso S. Seco (g)	2.59	3.86	
% de Humedad	20.46	19.43	



Clasificación SUCS: GC-GM	L.L.: 35.3	Densidad Máx.: 2.007	L.P.: 19.9
Clasificación AASHTO: A-1-b (0)	I. P.: 15.4	H. Óptima: 12.7	



:Realizado por
Nombre/Función: Elder Julca Silva
Laborat. -CONALVIAS/QC
:Firma

:Revisado por
Nombre/Función: GUIULFO TAFUR HIDALGO
JEFE DE CALIDAD - CONALVIAS/QC
:Firma

Análisis Mecánico por Tamizado y Límites de Atterberg - Mat. Baja Permeabilidad

Cantera : Acopio de Arcilla MBM (Área de soil liner)
 Material : Baja permeabilidad (Arcilla)
 Muestreo : Área de trabajo sobre la Banqueta Int.
 Acceso : Banqueta inferior PAD Fase 6
 Fecha : 13 de enero de 2013
 Fecha de muestreo : 12 de enero de 2013
 Identificación: BP-130113-18G

Realizado por : C.S.LL.
 Revizado por : A.C.A
 Ing. Resp. : A.C.A
 Codigo : LAB-831-F1
Version 0/01-08-11

Análisis Granulométrica de los Suelos (ASTM D-422)

Datos de ensayo

Peso Inicial de Muestra : 3567.2 g **H. Natural (ASTM D-2216)**
 Peso de Grava : 632.1 g P.M.H. = 1453.6 g
 Peso de Arena : 2935.1 g P.M.S. = 1220.7 g
 Peso Fraccion Arena : 2849.1 g % W = 19.1 %

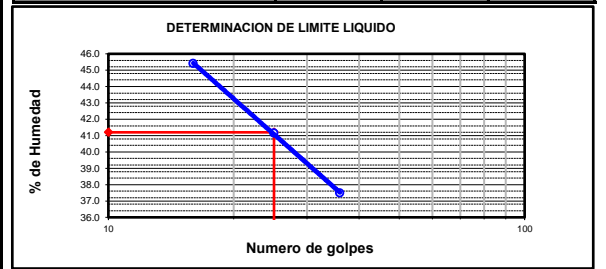
Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especific.	
Tamiz	mm.	(g)	Parcial	Acum.	Pasa	Técnicas
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600				100.0	100
1 1/2"	38.100				100.0	
1"	25.400	54.3	1.5	1.5	98.5	
3/4"	19.050	305.7	8.6	10.1	89.9	
1/2"	12.700	112.7	3.2	13.3	86.7	70 - 100
3/8"	9.525	80.1	2.2	15.5	84.5	
1/4"	6.350					
No4	4.760	79.3	2.2	17.7	82.3	60 - 95
10	2.000	200.3	5.8	23.5	76.5	
20	0.840	205.8	5.9	29.4	70.6	-
40	0.420	246.8	7.1	36.6	63.4	45 - 75
100	0.149	348.9	10.1	46.7	53.3	
200	0.074	100.8	2.9	49.6	50.4	35 - 60
pasa		1746.5	50.4	100.0		

Límite Líquido ASTM D-4318

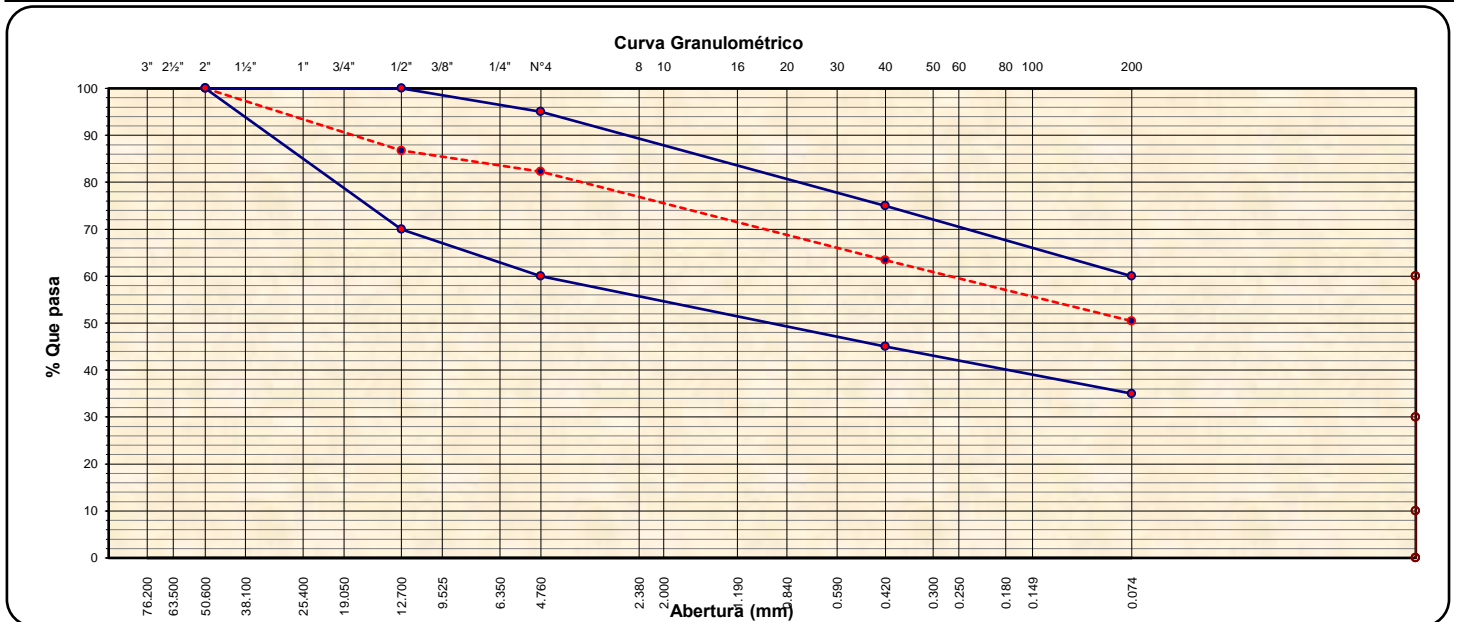
Ensayo	1	2	3
Nº de Golpes	16	25	36
Recipiente Nº	10	12	13
R + Suelo Hum. (g)	43.65	42.76	39.78
R + Suelo Seco (g)	37.38	37.11	34.06
Peso Recip. (g)	23.57	23.38	18.80
Peso Agua (g)	6.27	5.65	5.72
Peso S. Seco (g)	13.81	13.73	15.26
% de Humedad	45.40	41.15	37.48

Límite Plástico ASTM D-4318

Ensayo	1	2
Recipiente Nº	7	2
R + Suelo Hum. (g)	28.15	29.12
R + Suelo Seco (g)	25.87	27.13
Peso Recip. (g) (tapa)	15.35	17.98
Peso Agua (g)	2.28	1.99
Peso S. Seco (g)	10.52	9.15
% de Humedad	21.67	21.75



Clasificación SUCS: CL	L.L : 41.2	Densidad Máx. 1.810	L.P. : 21.7
Clasificación AASHTO: A-7-6 (6)	I. P. 19.5	H. Óptima 17.4	



:Realizado por
 Nombre/Función: Celestino Santisteban Llontop
 Laborat. -CONALVIAS/QC
 :Firma

:Revisado por
 Nombre/Función: Alan Castillo A. JEFE DE CALIDAD - CONALVIAS/QC
 :Firma

DENSIDAD IN SITU METODO CONO DE ARENA (ASTM D-1556)

Prog. (Km) :	Km. 0+047 - 0+067 + 11.0 m (Cruce Cuncashca)	Realizado por:	E.J.S.
Estructura :	Relleno sobre tubería de alcantarilla	Revizado por:	A.C.A.
Cantera :	Acopio Botadero 4255 MBM	Lado: ----	Ing. Resp. : A.C.A.
Material :	Relleno Estructural	Codigo :	LAB-858-F10
Fecha :	20 de febrero del 2013		Version 1/10-03-12

DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR

Máxima Densidad Seca:	2.053	g/cm ³	Fecha Proctor en Lab.:	13-ene.-13
Óptimo contenido de humedad:	11.1	%	Densidad de Arena:	1.350

Identificación:		ZACC-200213	1 C	2 C				
Coordenada Norte	N	8952394.452	8952394.452					
Coordenada Este	E	214449.797	214449.797					
Cota	(m.s.n.m)	4202.206	4202.506					
Espesor		0.30 m	0.30 m					
Capa		2°	3°					
Número de Prueba		2	3					
01	Peso Inicial Arena + Frasco (g)	7986	7935					
02	Peso Arena que Queda + Frasco (g)	3823	3769					
03	Peso Arena de Cono (g)	1706	1706					
04	Peso de Arena en Hueco (g) (1-2-3)	2457	2460					
05	Densidad de Arena (g)	1.350	1.350					
06	Volumen del Hoyo (cm ³) (4/5)	1820	1822					
07	Peso de Muestra Húmeda (g)	4098	4075					
08	Dens. de Muestra Húmeda (g/cm ³) (7/6)	2.252	2.236					
09	Dens. de Muestra Seca (g/cm ³) 8/(1+HN/100)	1.982	1.977					
Grado de Compactación								
10	Max. Densidad (Proctor) (g/cm ³)	2.053	2.053					
11	Humedad Óptima %	11.1	11.1					
12	Grado de Compactación % (09/10*100)	96.5%	96.3%					
13	Grado de Compactación % Especificaciones Mín.	95.0 %	95.0 %					
Contenido de Humedad								
12	% de Humedad	13.6	13.1					

OBSERVACIONES: La 1ra capa se libero visualmente en coordinacion con Minera Barrick

:Realizado por
Nombre/Función: Elder Julca Silva Laboratorista. -CONALVIAS/QC
:Firma

:Revisado por
Nombre/Función: Alan Castillo Arévalo Jefe de Calidad-..CONALVIAS/QC
:Firma

DENSIDAD IN SITU (Método Nuclear) ASTM D-2922

Prog. (Km.):	Km 0+155-0+210 banqueta auxiliar de anclaje	Realizado por:	E.J.S
Estructura:	Relleno	Revizado por:	G.T.H.
Cantera:	Excedente de corte L/Nor Este	Ing. Resp.:	G.T.H.
Material:	Relleno Estructural	Codigo:	LAB-858-F4
		Version 0/01-07-12	

DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN - ESTANDAR

Máxima Densidad Seca:	2007	kg/cm ³	Fecha Proctor en Lab.:	03/12/2012
Óptima Contenido de Humedad:	12.7	%	Densímetro marca:	Troloxler 3440

Identificación:	33 DN		34 DN		35 DN		36 DN		37 DN	
ENSAYO N°	1A	1B								
Fecha	27/01/2013		29/01/2013		29/01/2013		30/01/2013		30/01/2013	
Progresiva	---		---		---		---		---	
Coordenada N	8952793.992		8952793.992		8952793.992		8952793.992		8952793.992	
Coordenada E	214843.35		214843.35		214843.35		214843.35		214844.35	
Cota (m.s.n.m)	4179.179		4179.48		4179.781		4180.081		4180.379	
Capa	10		11		12		13		14	
Espesor	0.30 m		0.30 m		0.30 m		0.30 m		0.30 m	
Profundidad de la fuente (mm)	300		300		300		300		300	
Valor "K" de corrección para humedad de horno	11.89		11.89		11.89		11.89		11.89	
Density Count (DC)	275	292	265	267	282	263	298	294	296	304
Moisture Count (MC)	200	207	210	207	209	202	198	202	179	184
Density Standard Count	2154	2154	2175	2175	2115	2115	2123	2123	2123	2123
Moisture Standard Count	707	707	701	701	708	708	703	703	703	703
Densidad Húmeda WD (kg/cm ³)	2247	2216	2258	2254	2226	2262	2198	2205	2203	2189
Densidad Seca DD (kg/cm ³)	1978	1937	1974	1974	1942	1988	1930	1933	1962	1941
Humedad (%)	13.6	14.4	14.4	14.2	14.6	13.8	13.9	14.1	12.3	12.8
Compact. con densímetro (%)	98.6%	96.5%	98.3%	98.3%	96.8%	99.0%	95.2%	95.3%	97.7%	96.7%
Diferencia de humedad CHO (%)	0.9	1.7	1.7	1.5	1.9	1.1	1.2	1.4	-0.4	0.1
Humedad del horno (%)			14.1	14.1					12.5	12.5
Compact. Corregida (kg/cm ³)			98.6%	98.4%					97.6%	96.9%
Compact. con cono (%)										
Especificación Mínima (%)	95.0%	95.0%	95.0%	95.0%	95.0%	95.0%	95.0%	95.0%	95.0%	95.0%
Evaluación (PASA O FALLA)	PASA	PASA	PASA	PASA	PASA	PASA	PASA	PASA	PASA	PASA

OBSERVACIONES: Variación aceptable de humedad: -2 y +4 del OCH

:Realizado por
Nombre/Función: Elder R. Julca Silva Laboratorista...-CONALVIAS/QC.....
:Firma

:Revisado por
Nombre/Función: Guiulfo Tafur Hidalgo Jefe Calidad-CONALVIAS/QC.....
:Firma

ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR (ASTM D-698)

Realizado Por : E.J.S. Codigo : LAB-858-F2
Revizado Por : G.T.H. Version 0/1-07-12
Ing. Resp. : G.T.H.

Datos de Muestra :

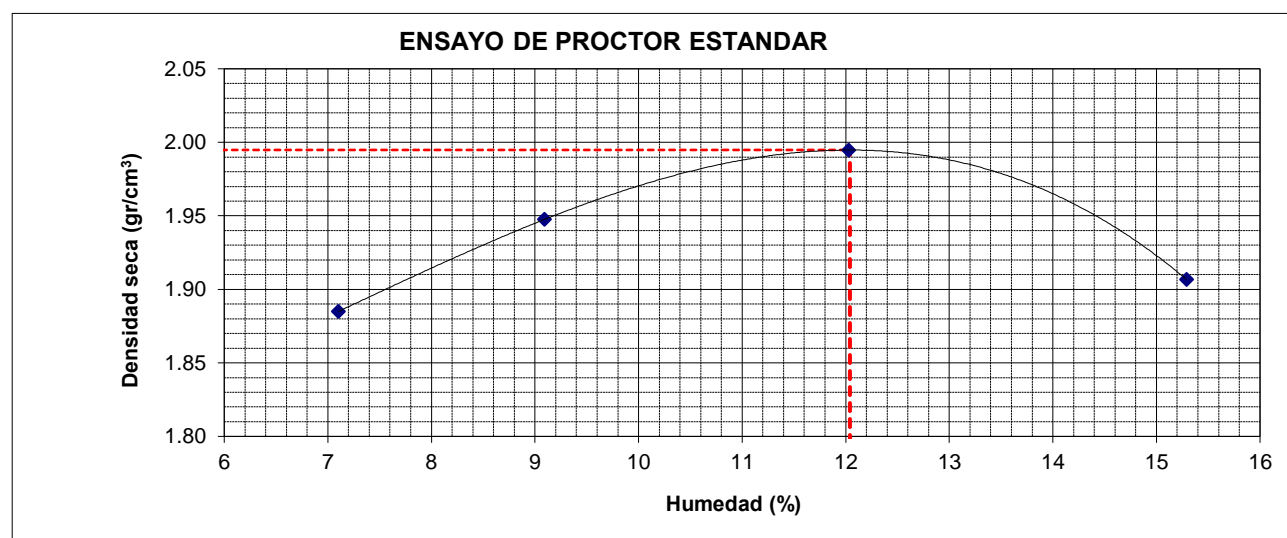
Cantera: Acopio plataforma 4255 MBM Lado: --- Muestreo : Acopio
Material : Relleno Estructural Progresiva: --
Fecha : 12-feb.-13 Estructura: --
Identificación: RE-120213-24P

Compactación Método "C"

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	3	3	3	3
Numero de golpes	56	56	56	56
Peso suelo + molde (g)	10590	10814	11047	10970
Peso molde (g)	6314	6314	6314	6314
Peso suelo compactado (g)	4276	4500	4733	4656
Volumen del molde (cm ³)	2118	2118	2118	2118
Densidad humeda (g/cm ³)	2.019	2.125	2.235	2.198

Humedad (%)

Tara N°				
Tara + suelo húmedo (g)	627.3	665.9	790.1	729.9
Tara + suelo seco (g)	585.7	610.4	705.3	633.1
Peso de agua (g)	41.60	55.50	84.83	96.80
Peso de tara (g)				
Peso de suelo seco (g)	585.70	610.40	705.30	633.10
Humedad (%)	7.1	9.1	12.0	15.3
Densidad Seca (g/cm ³)	1.885	1.948	1.995	1.907
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	: 1.995	Grav. Esp. Bulk (g/cm³)	2.344	
Óptimo Contenido de Humedad (%)	: 12.0	W (%) > 3/4"	7.0	



Máx. Densidad Seca Corregida (g/cm³)	2.053
Opt. Cont. de Humedad corregido (%)	11.1

Revisado por:

Nombre/Función: Guiulfo Tafur Hidalgo
JEFE DE CALIDAD CONALVIAS/QC

Firma:

Fotografías de trabajos realizados en Movimientos de Tierras; como perfilado, escarificado, acarreo de desmontes a botadero, entre otros.



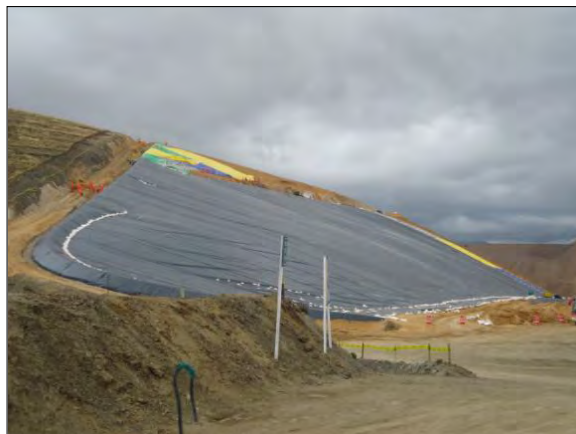
Fotografías de trabajos realizados en Colocación de Subdrenes; como excavación de zanjas, colocación de material de drenaje y conexión de tuberías.

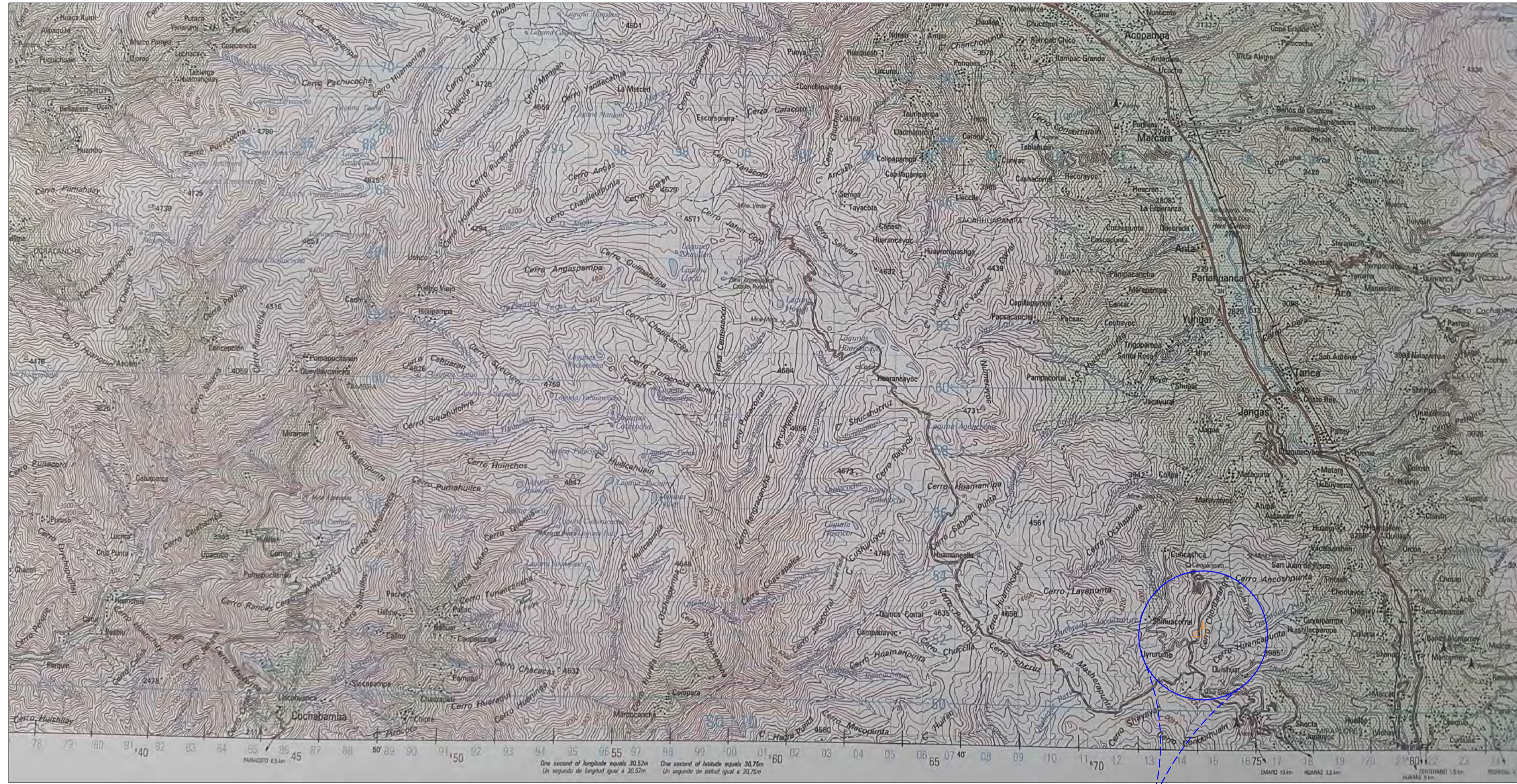


Fotografías de trabajos realizados para la conformación del suelo de baja permeabilidad; como uniformizar la superficie, compactación final de la base que servirá para la colocación de la Geomembrana.



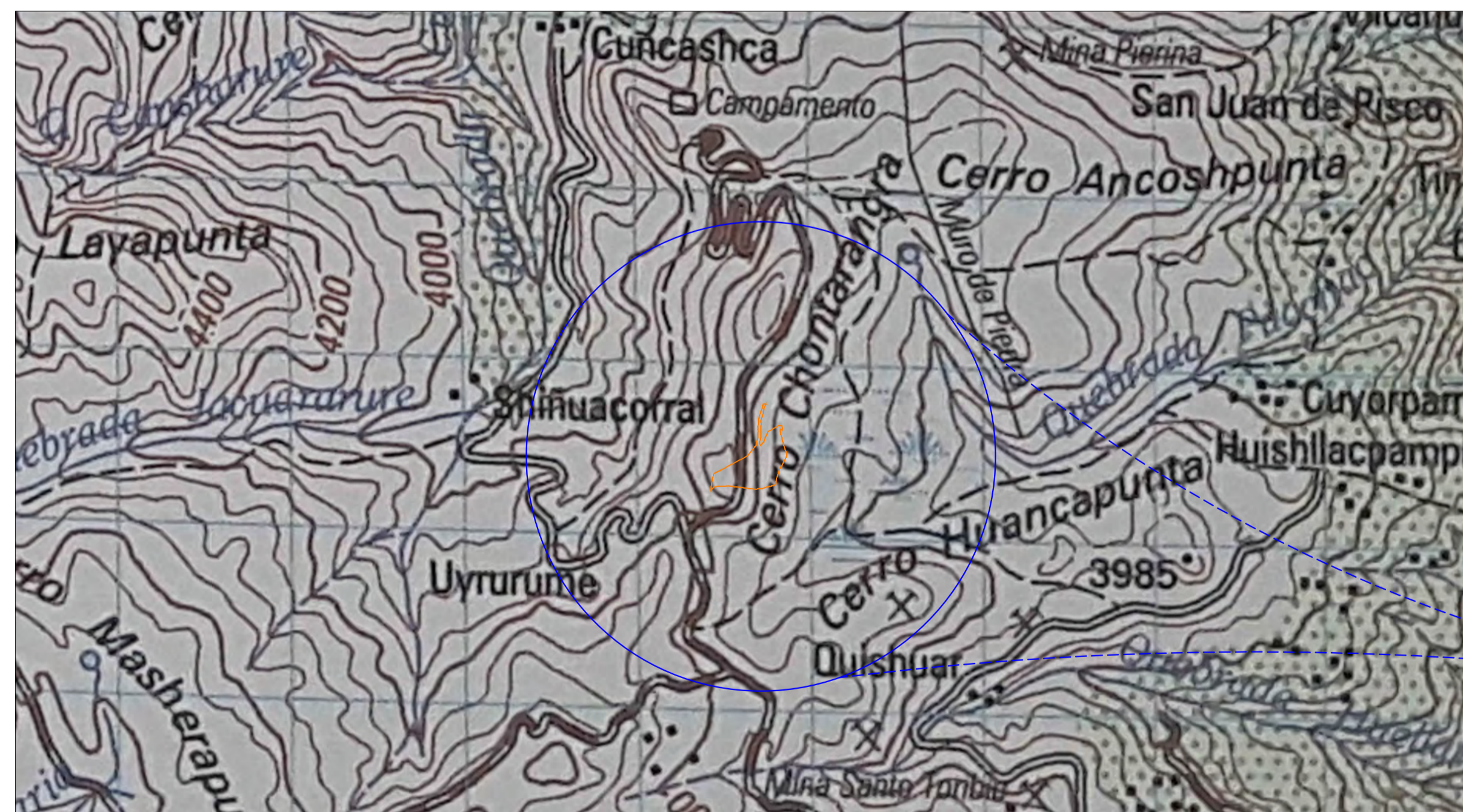
Fotografías de trabajos realizados en la instalación de los Geosintéticos; trabajos como excavación de zanjas, colocación de GCL e instalación de geomembranas.





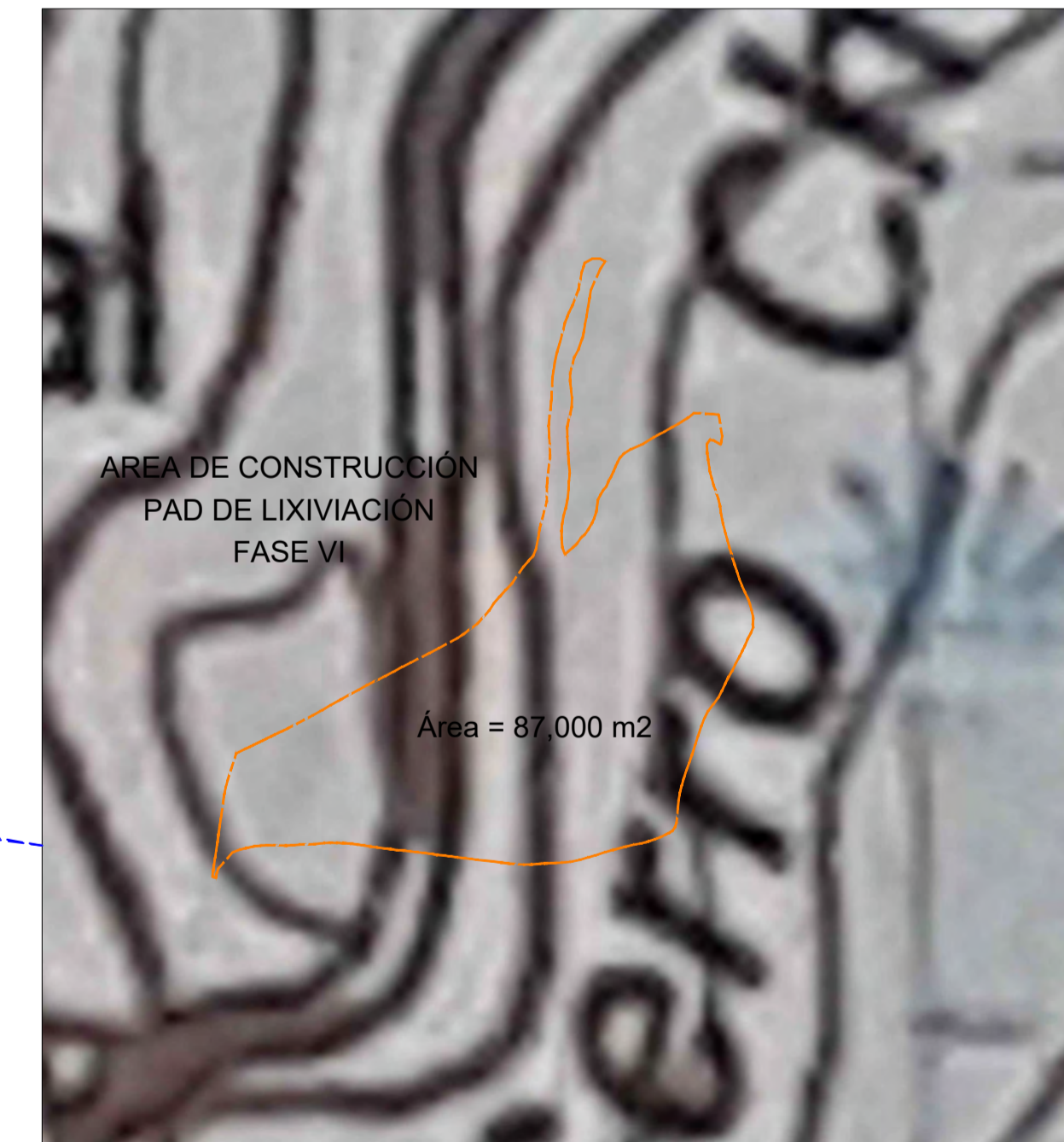
VISTA DE PLANO ZONA 19-H
ESC: 1/100,000

UBICACIÓN DEL PROYECTO



UBICACIÓN DENTRO DE LA MINA PIERINA
ESC: 1/25000

UBICACIÓN DEL PROYECTO



AREA DE CONSTRUCCIÓN
PAD DE LIXIVIACIÓN
FASE VI

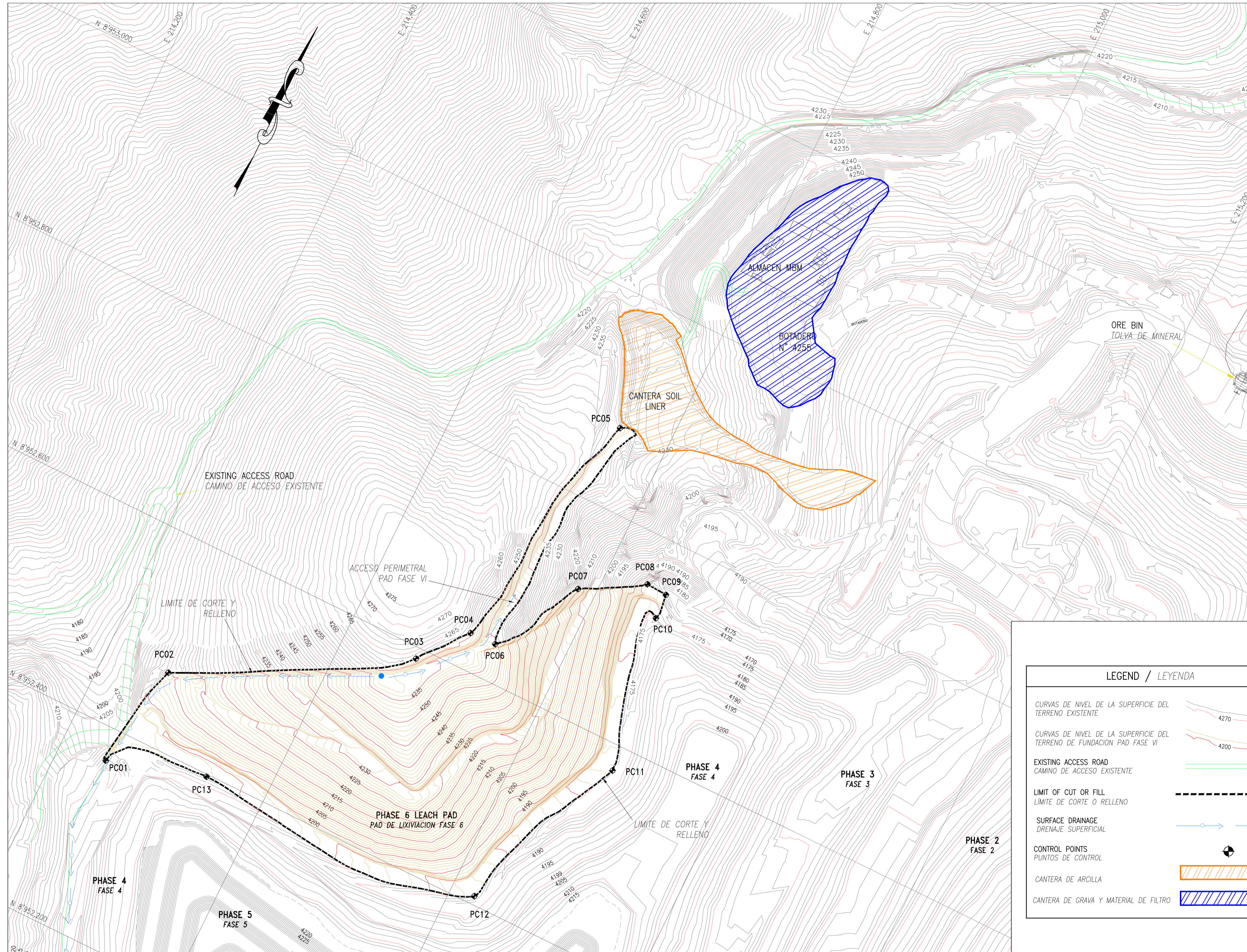
Área = 87,000 m2

AREA DEL PAD DE LIXIVIACIÓN
ESC: 1/5000

NOTAS:

1. PLANO DE UBICACIÓN DEL PROYECTO REFERENCIADO CON CARTAS DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN); CARTA 19-H CARHUAS
2. LOS PLANOS DIBUJADOS DE AQUI EN ADELANTE SE REFERENCIAN DE ACUERDO A ESTA INFORMACIÓN BRINDADA POR EL IGN

REV N°:	FECHA:	DESCRIPCIÓN	INFORME DE SUFICIENCIA PROFESIONAL 2014						
	DICIEMBRE-2014	ESCANEO DE UBICACIÓN DEL PROYECTO - ZONA 19 H - IGN	ESPECIALISTA:						UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
		REFERENCIA: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL	REVISADO POR:						DRAWING N° (DIBUJO N°)
			DIBUJADO POR: BACHILLER PETER GUERRERO						P-01
									VISTAS UBICACIÓN DEL PROYECTO



LOCATION MAP
MAPA DE LOCALIZACIÓN
 NOT TO SCALE
 SIN ESCALA

LEGEND / LEYENDA	
CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE	
CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO DE FUNDACION PAD FASE VI	
EXISTING ACCESS ROAD CAMINO DE ACCESO EXISTENTE	
LIMIT OF CUT OR FILL LIMITE DE CORTE O RELLENO	
SURFACE DRAINAGE DRENAJE SUPERFICIAL	
CONTROL POINTS PUNTOS DE CONTROL	
CANTERA DE ARCILLA	
CANTERA DE GRAVA Y MATERIAL DE FILTRO	

COORDINATES TABLE CUADRO DE COORDENADAS		
CONTROL POINTS/ PUNTOS DE CONTROL	NORTH/NORTE	EAST/ESTE
PC01	8952368.907	214446.129
PC02	8952471.673	214462.984
PC03	8952589.318	214671.727
PC04	8952634.705	214708.225
PC05	8952876.062	214750.599
PC06	8952635.724	214734.264
PC07	8952718.661	214782.793
PC08	8952752.289	214840.768
PC09	8952750.953	214861.341
PC10	8952726.442	214862.570
PC11	8952575.826	214889.824
PC12	8952408.157	214823.438
PC13	8952397.796	214540.492

- NOTAS:**
- LOS DESPERDICIOS DEBIDO A LA EXCAVACIONES, FUERON APILADOS EN EL BOTADERO.
 - PLANO REFERENCIADO DEL PLANO P-01.
 - LOS VOLUMENES DE TOP SOIL FUERON COLOCADOS EN EL BOTADERO TS26



PLANTA
 ESC. 1/2000

REV N°	FECHA:	DESCRIPCION
A	03/12/09	ISSUED FOR REVIEW (EMITIDO PARA REVISION)
0	23/12/09	ISSUED FOR CONSTRUCTION (EMITIDO PARA CONSTRUCCION)
01	28/02/13	AS BUILT (POST-CONSTRUCTION)

APROBADO POR:	
ESPECIALISTA:	CONALVIAS
REVISADO POR:	MINERA BARRICK MISQUICHILCA
DIBUJADO POR:	

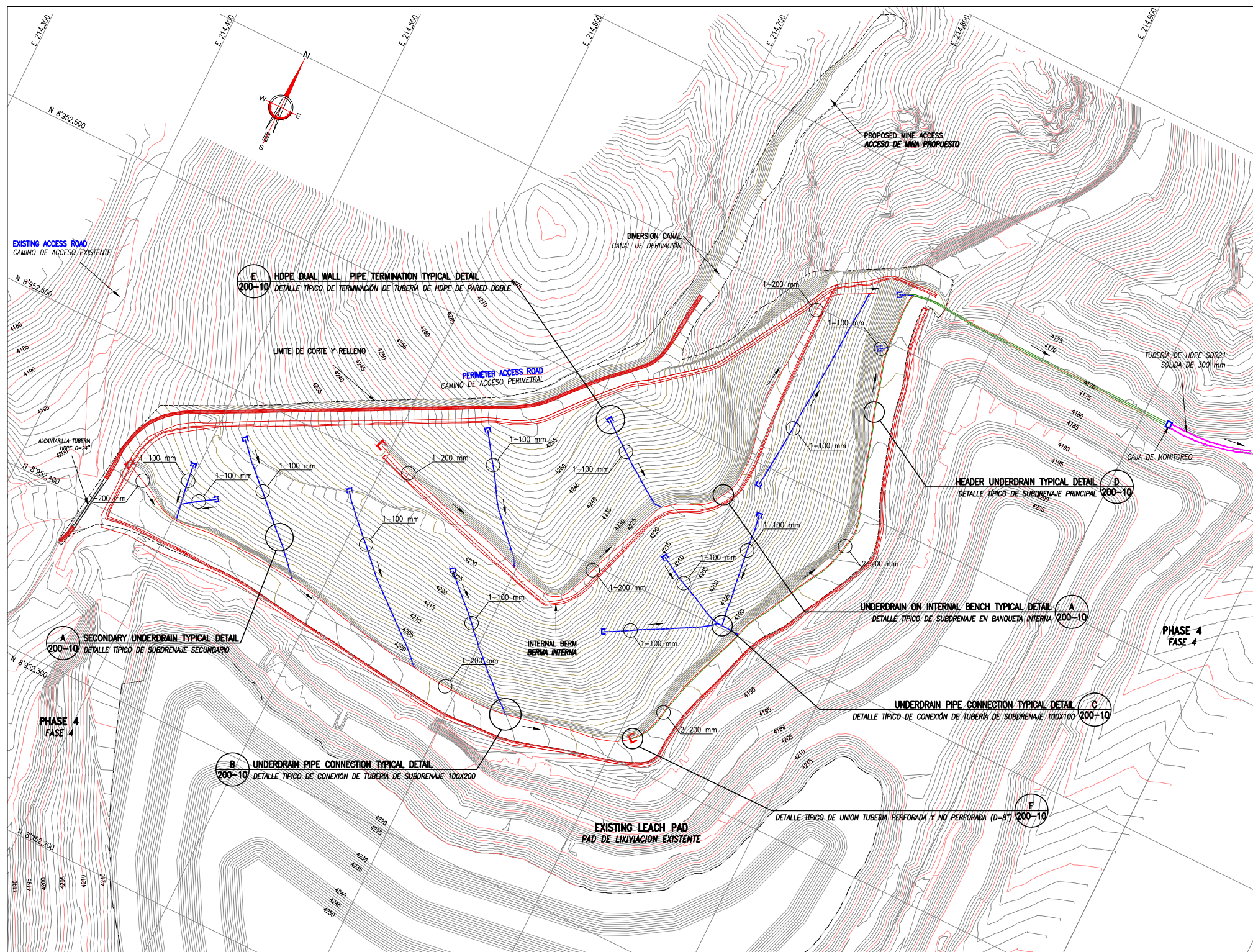


MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.
 PIERINA GOLD MINE
 PHASE 6 LEACH PAD

PLANO DE UBICACION DEL PAD DE LIXIVIACION EN MINERA

DRAWING N°
(DIBUJO N°)

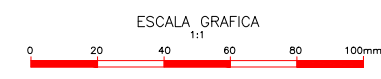
P-200



LEGEND / LEYENDA	
EXISTING GROUND SURFACE CONTOURS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE	4200
FOUNDATION SURFACE CONTOURS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE CIMENTACION	4220
DIRECCION DE FLUJO	
LIMIT OF CUT OR FILL LIMITE DE CORTE O RELLENO	
EXISTING ACCESS ROAD CAMINO DE ACCESO EXISTENTE	
EXISTING LEACH PAD LIMIT LIMITE DE PAD DE LIXIVIACION EXISTENTE	
200 mm HDPE PERFORATED DUAL WALL PIPE FOR MAIN UNDERDRAIN TUBERIA DE HDPE PERFORADA PARED DOBLE DE 200 mm PARA SUBDRENAJE PRINCIPAL	
100 mm HDPE PERFORATED DUAL WALL PIPE FOR LATERAL UNDERDRAIN TUBERIA DE HDPE PERFORADA PARED DOBLE DE 100 mm PARA SUBDRENAJE LATERAL	
200 mm HDPE NON-PERFORATED DUAL WALL PIPE FOR MAIN UNDERDRAIN TUBERIA DE HDPE NO PERFORADA PARED DOBLE DE 200 mm PARA SUBDRENAJE PRINCIPAL	
300 mm HDPE SDR21 SOLID PIPE FOR UNDERDRAIN CONDUCTION TUBERIA DE HDPE SDR21 SÓLIDA DE 300 mm PARA CONDUCCIÓN DE SUBDRENAJE	

NOTAS:

1. EL SISTEMA DE SUBDRENAJE A SIDO EJECUTADO EN BASE A LA SUPERFICIE DE FUNDACION REAL LOCALIZANDOSE PUNTOS DE INFILTRACION DE AGUAS SUBTERRANEAS, LAS CUALES FUERON APROBADAS POR LOS INGENIEROS DE COA.
2. LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



PLANTA
ESC. 1/1250

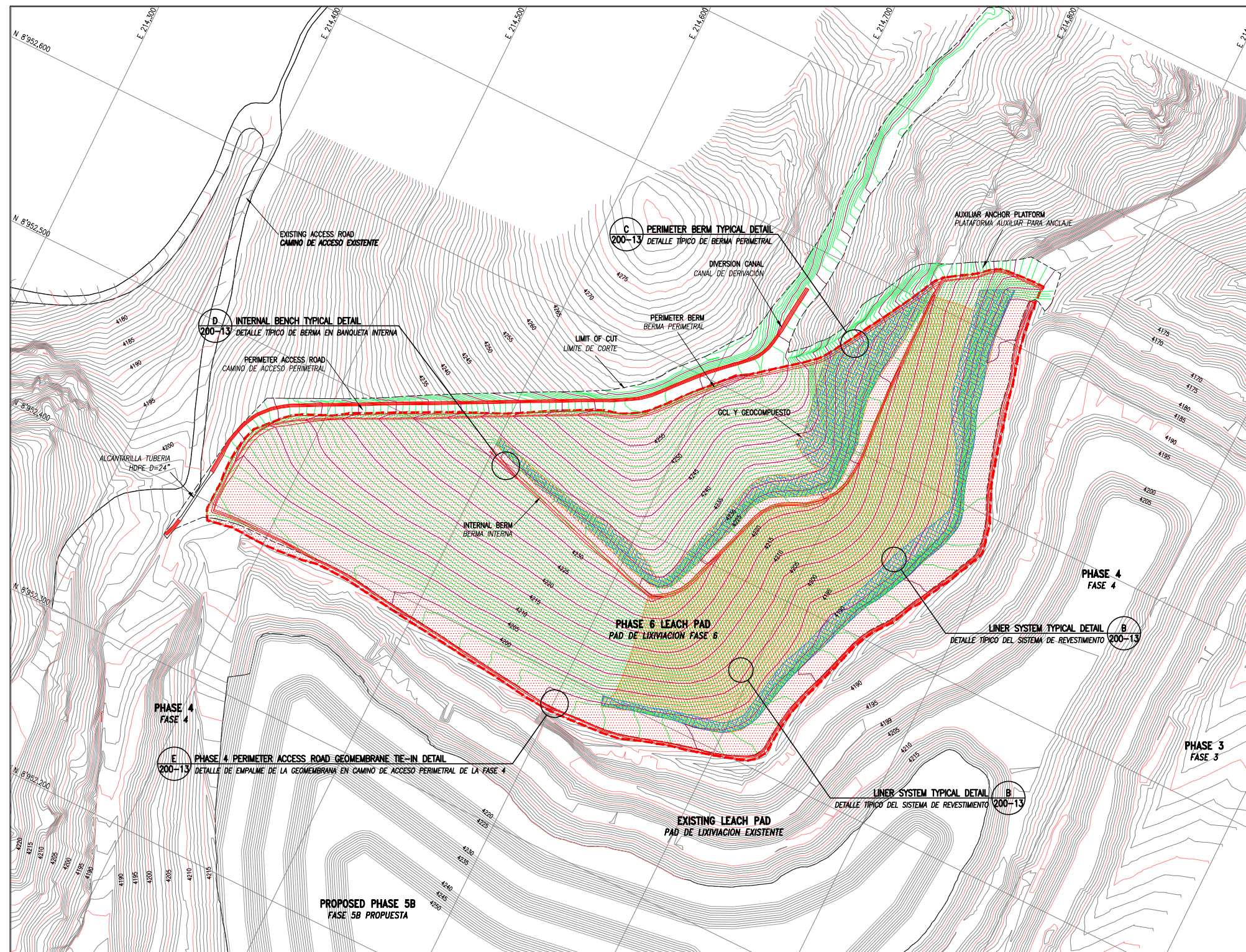
REV N°	FECHA:	DESCRIPCION	APROBADO POR:	ING. LUIS BENITES PACHECO
A	03/12/09	ISSUED FOR REVIEW (EMITIDO PARA REVISION)	ESPECIALISTA:	CONALVIAS
0	23/12/09	ISSUED FOR CONSTRUCTION (EMITIDO PARA CONSTRUCCION)	REVISADO POR:	MINERA BARRICK MISQUICHILCA
01	28/02/13	CONSTRUCTION (CONSTRUCCION)	DIBUJADO POR:	PETER GUERRERO



MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.
PIERINA GOLD MINE
PHASE 6 LEACH PAD
SISTEMA DE SUBDRENAJE

DRAWING N°
(DIBUJO N°)
200-03

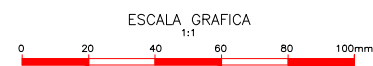




LEGEND / LEYENDA	
EXISTING GROUND SURFACE CONTOURS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE	4200
LEACH PAD GRADED SURFACE CONTOURS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE NIVELADA DEL PAD DE LIXIVIACION	4200
LIMIT OF CUT OR FILL LIMITE DE CORTE O RELLENO	
EXISTING ACCESS ROAD CAMINO DE ACCESO EXISTENTE	
EXISTING LEACH PAD LIMIT LIMITE DE PAD DE LIXIVIACION EXISTENTE	
GEOMEMBRANE LINER LIMIT LIMITE DE REVESTIMIENTO CON GEOMEMBRANA	
GCL LINER LIMIT LIMITE DE REVESTIMIENTO CON GCL	
GEOCOMPOSITE LINER LIMIT LIMITE DE REVESTIMIENTO CON GEOCOMPUESTO	

NOTAS:

1. LAS ESCALAS SE MOSTRARAN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.



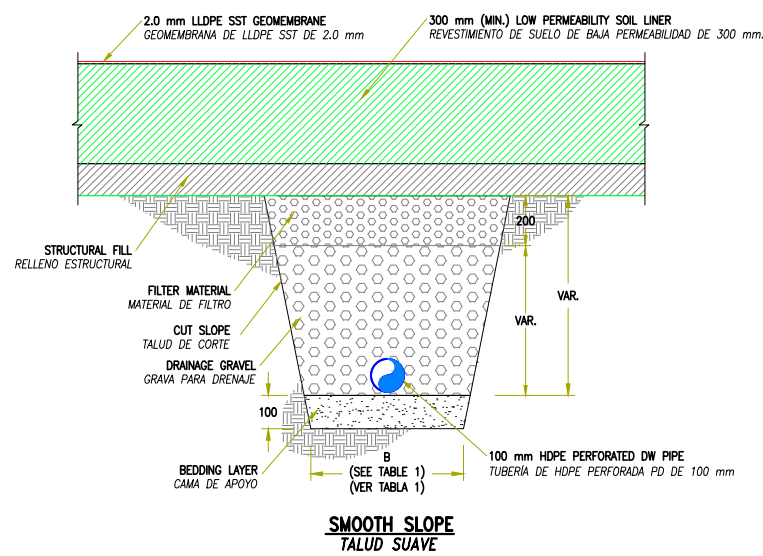
PLANTA
ESC. 1/1250

REV N°	FECHA:	DESCRIPCION	APROBADO POR:	ING. LUIS BENITES PACHECO
A	03/12/09	ISSUED FOR REVIEW (EMITIDO PARA REVISION)	ESPECIALISTA:	CONALVIAS
0	23/12/09	ISSUED FOR CONSTRUCTION (EMITIDO PARA CONSTRUCCION)	REVISADO POR:	MINERA BARRICK MISQUICHILCA
01	28/02/13	CONSTRUCTION (CONSTRUCCION)	DIBUJADO POR:	PETER GUERRERO

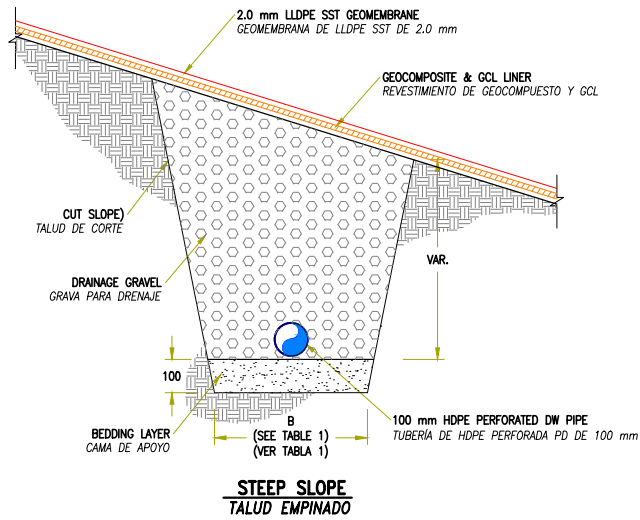


MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.
PIERINA GOLD MINE
PHASE 6 LEACH PAD
SISTEMA DE REVESTIMIENTO

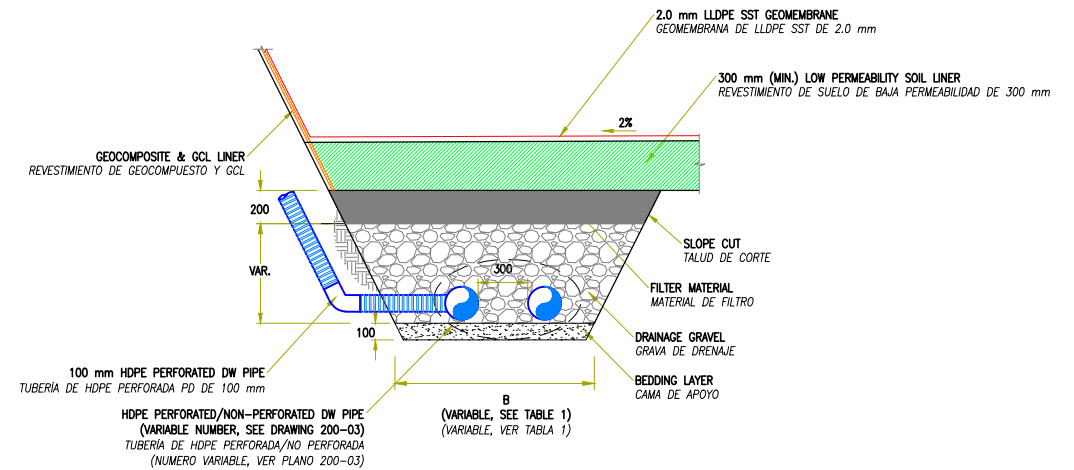
DRAWING N°
(DIBUJO N°)
200-06



A SECONDARY UNDERDRAIN TYPICAL DETAIL
200-3 DETALLE TÍPICO DE SUBDRENAJE SECUNDARIO SCALE: 1/10

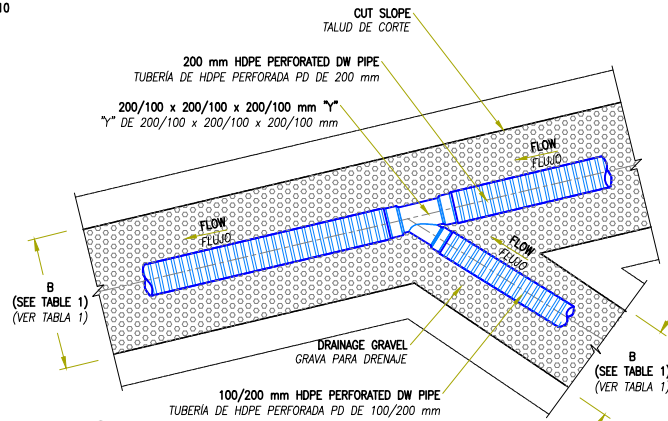


B SECONDARY UNDERDRAIN TYPICAL DETAIL
200-3 DETALLE TÍPICO DE SUBDRENAJE SECUNDARIO SCALE: 1/10

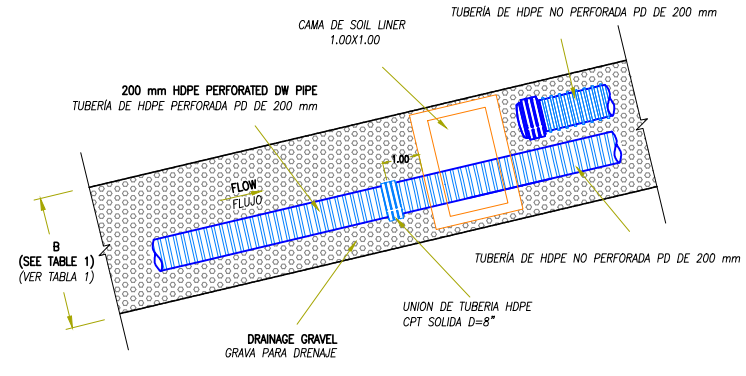


D HEADER UNDERDRAIN TYPICAL DETAIL
200-10 & 200-3 DETALLE TÍPICO DE SUBDRENAJE PRINCIPAL SCALE: 1/20

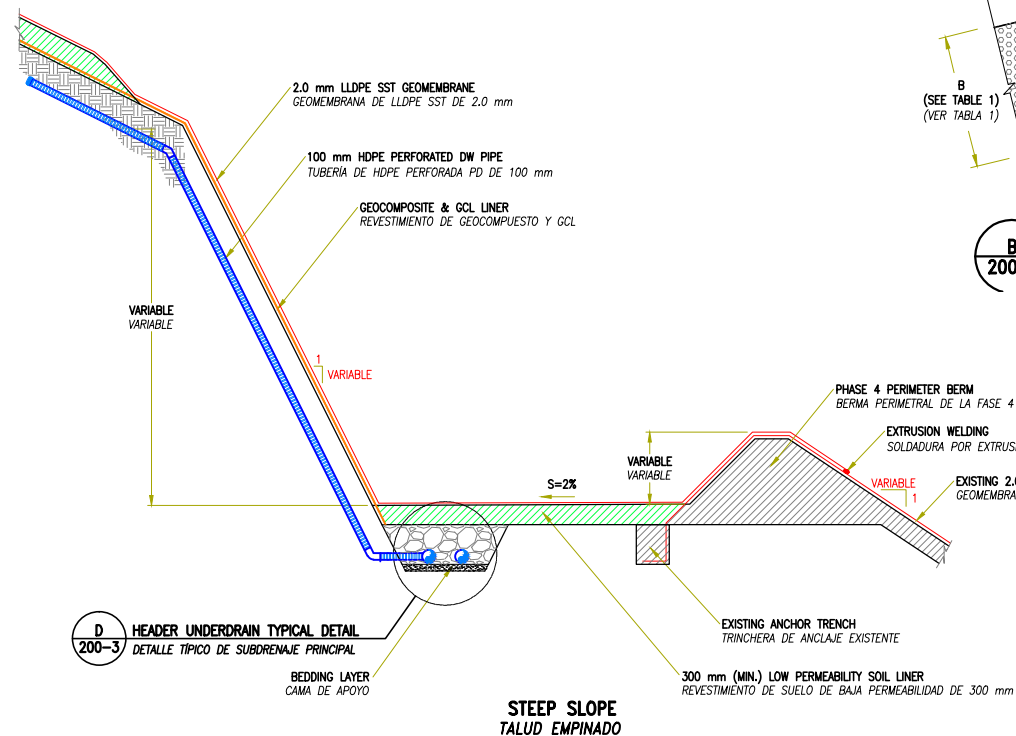
SITUACIÓN/ESTRUCTURA	TUBERÍA DE HDPE PERFORADA PD DE 200 mm		
	ANCHO/ANCHO BASE (mm)	DIÁM. (mm)	PROFUNDIDAD (mm)
LECHO PISO	1-100	800	800
PISO DE LUBRIFICACIÓN	1-200	800	800
	2-200	1200	800



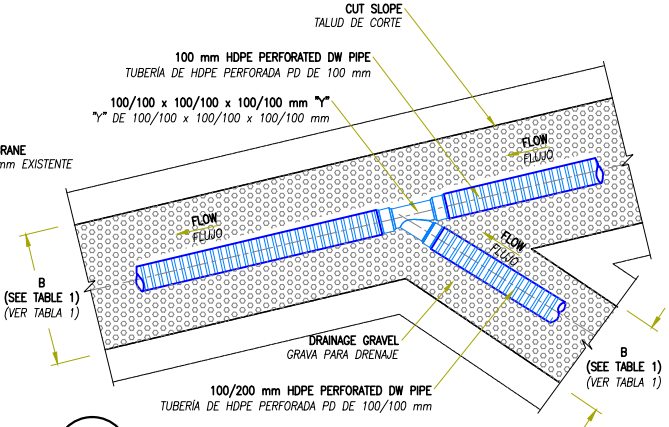
B UNDERDRAIN PIPE CONNECTION TYPICAL DETAIL
200-1 DETALLE TÍPICO DE CONEXIÓN DE TUBERÍAS DE SUBDRENAJE 100X200 SCALE: 1/20



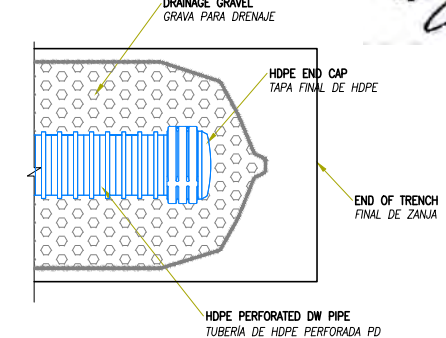
F DETALLE TÍPICO DE UNIÓN TUBERÍA PERFORADA CON NO PERFORADA
200-03 SCALE: 1/20



D HEADER UNDERDRAIN TYPICAL DETAIL
200-3 DETALLE TÍPICO DE SUBDRENAJE PRINCIPAL



C UNDERDRAIN PIPE CONNECTION TYPICAL DETAIL
200-3 DETALLE TÍPICO DE CONEXIÓN DE TUBERÍAS DE SUBDRENAJE 100X100 SCALE: 1/20



E HDPE DUAL WALL PIPE TERMINATION TYPICAL DETAIL
200-3 DETALLE TÍPICO DE TERMINACIÓN DE TUBERÍA DE HDPE DE PARED DOBLE SCALE: 1/10

Conalvias
Ing. Luis Benites Pacheco
C.R. 57447

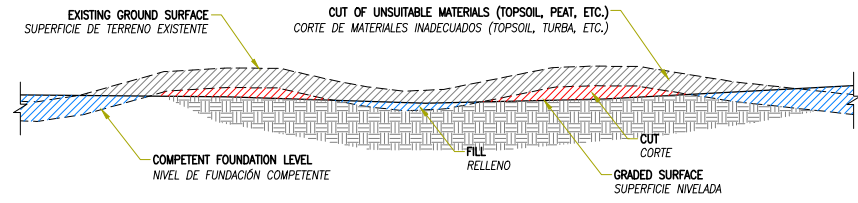
REV. N°	FECHA	DESCRIPCIÓN	APROBADO POR:	ING. LUIS BENITES PACHECO
A	03/12/09	ISSUED FOR REVIEW (EMITIDO PARA REVISIÓN)	ESPECIALISTA:	CONALVIAS
0	23/12/09	ISSUED FOR CONSTRUCTION (EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN)	REVISADO POR:	MINERA BARRICK MISQUICHILCA
01	28/02/13	CONSTRUCTION (CONSTRUCCIÓN)	DIBUJADO POR:	PETER GUERRERO

Conalvias
Construcciones

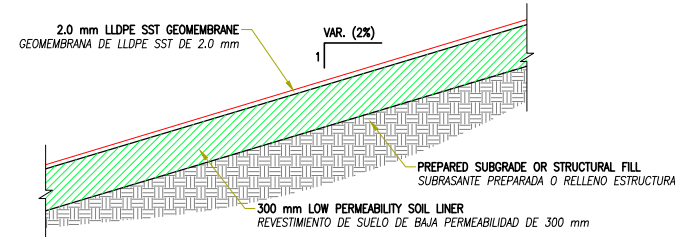
BARRICK
Minería Responsable

MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.
PIERINA GOLD MINE
PHASE 6 LEACH PAD
DETALLES DE SUBDRENAJE

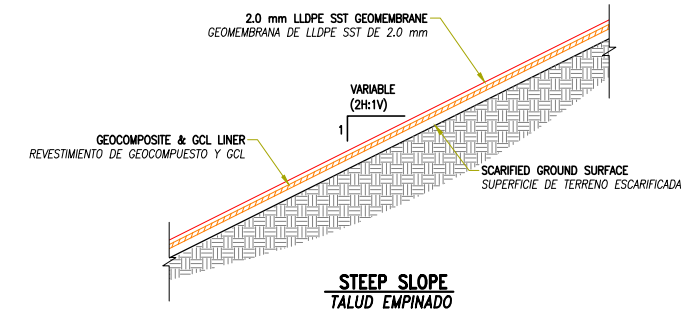
DRAWING N°
(DIBUJO N°)
200-10



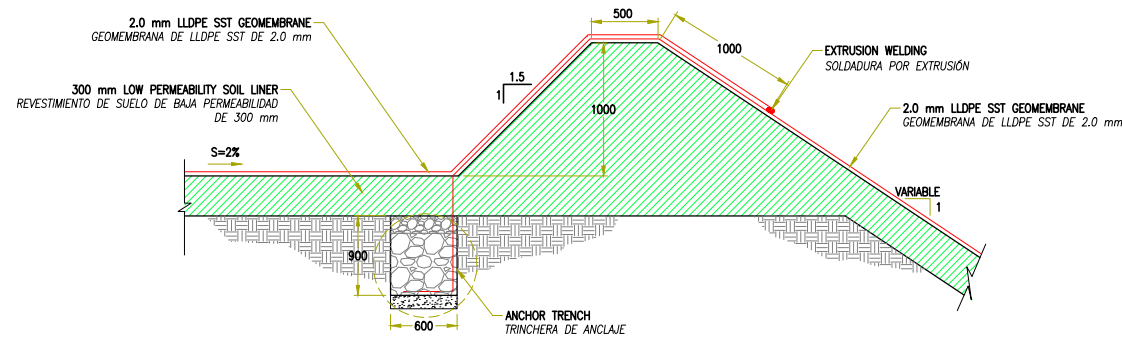
A GRADING TYPICAL DETAIL
200-04 DETALLE TÍPICO DE NIVELACIÓN SCALE: 1/25



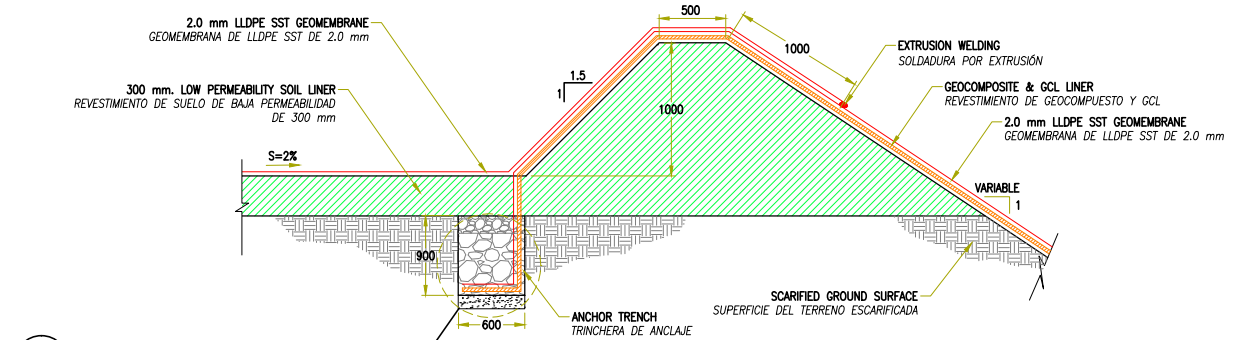
B SMOOTH SLOPE
TALUD SUAVE



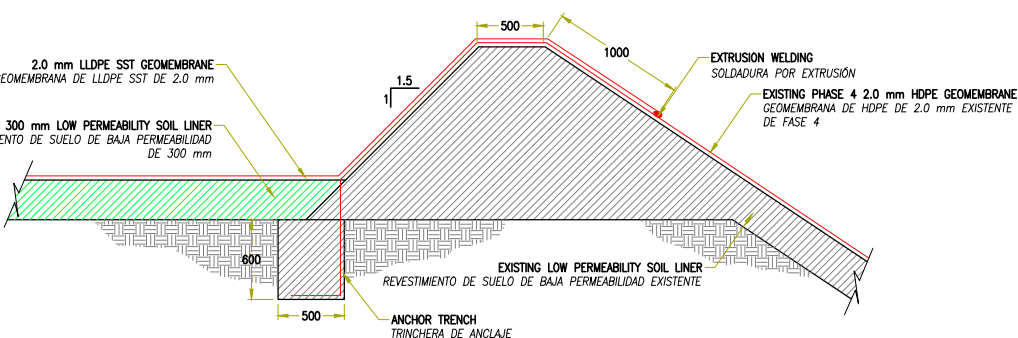
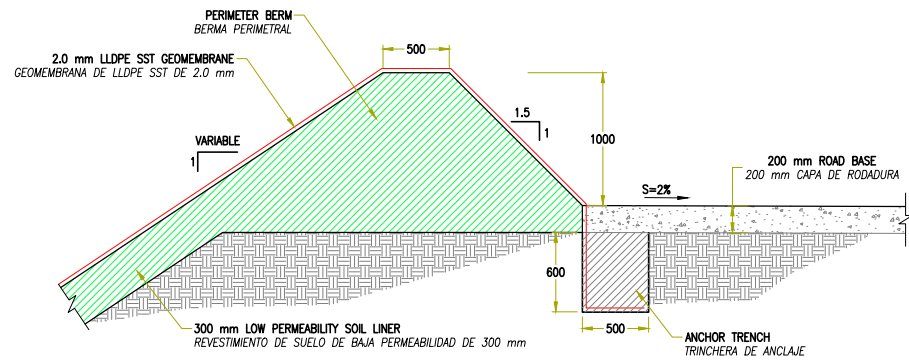
B LINER SYSTEM TYPICAL DETAIL
200-06 DETALLE TÍPICO DEL SISTEMA DE REVESTIMIENTO SCALE: 1/25



C PERIMETER BERM TYPICAL DETAIL
200-06 DETALLE TÍPICO DE BERMA PERIMETRAL SCALE: 1/25



D INTERNAL BENCH BERM TYPICAL DETAIL
200-06 DETALLE TÍPICO DE LA BERMA EN BANQUETA INTERMEDIA SCALE: 1/25



E PHASE 4 PERIMETER ACCESS ROAD GEOMEMBRANE TIE-IN DETAIL
200-06 DETALLE DE EMPALME DE LA GEOMEMBRANA EN CAMINO DE ACCESO PERIMETRAL DE LA FASE 4 SCALE: 1/25



REV N°	FECHA	DESCRIPCION	APROBADO POR:	ING. LUIS BENITES PACHECO
A	03/12/09	ISSUED FOR REVIEW (EMITIDO PARA REVISION)	ESPECIALISTA:	CONALVIAS
0	23/12/09	ISSUED FOR CONSTRUCTION (EMITIDO PARA CONSTRUCCION)	REVISADO POR:	MINERA BARRICK MISQUICHILCA
01	28/02/13	CONSTRUCTION (CONSTRUCCION)	DIBUJADO POR:	PETER GUERRERO

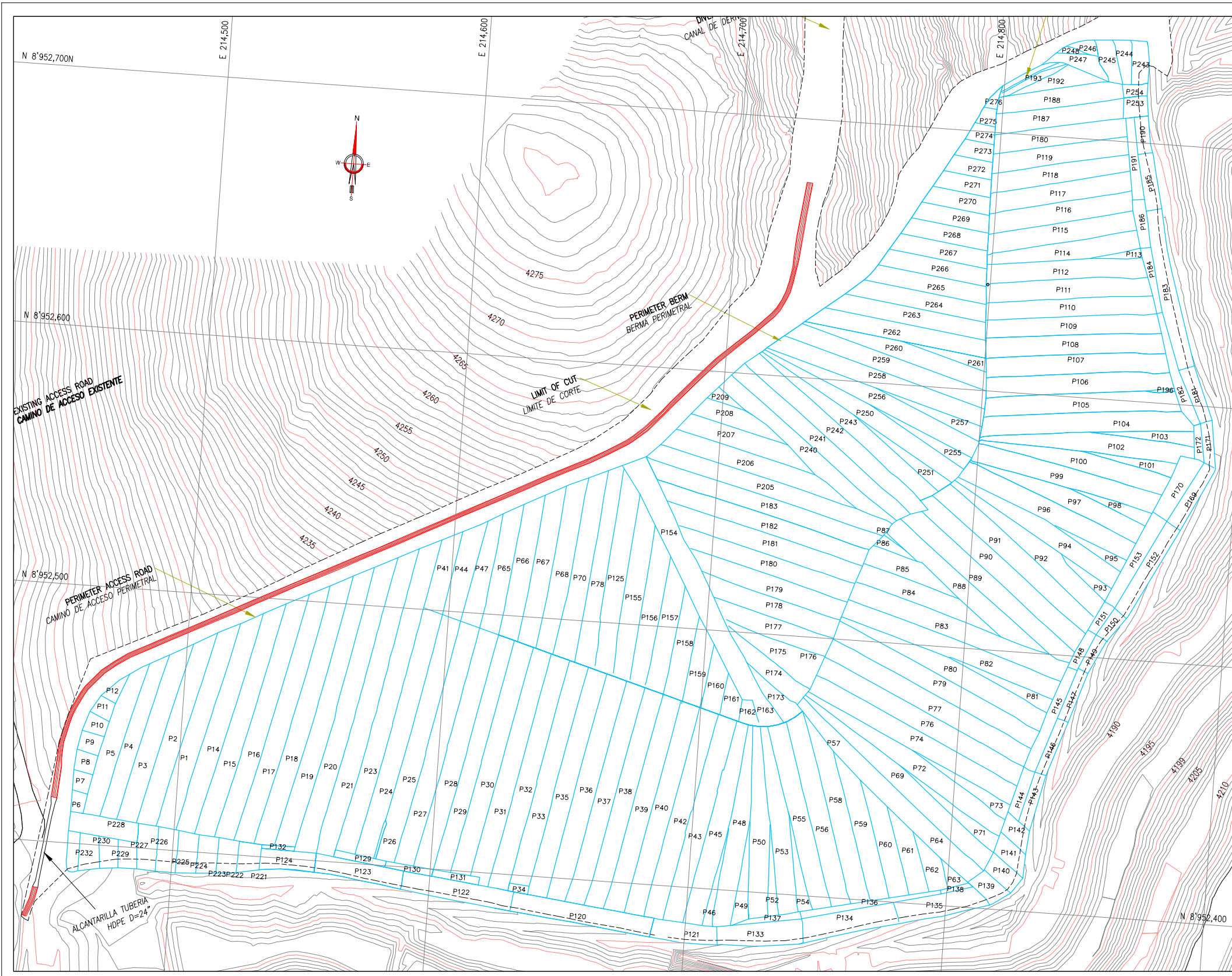


MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.
 PIERINA GOLD MINE
 PHASE 6 LEACH PAD

DETALLES DE NIVELACION Y REVESTIMIENTO

DRAWING N°
 (DIBUJO N°)

200-13



LEGEND / LEYENDA	
EXISTING GROUND SURFACE CONTOURS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE	4200
LEACH PAD GRADED SURFACE CONTOURS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE NIVELADA DEL PAD DE LIXIVIACION	4200
DESIGN LINE LINEA DE DISEÑO	
LIMIT OF CUT OR FILL LÍMITE DE CORTE O RELLENO	
EXISTING ACCESS ROAD CAMINO DE ACCESO EXISTENTE	
LÍMITE DE PLEGUES DE GEOMEMBRANA	
ALCANTARILLA D=24"	

NOTAS:
1. LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN FORMATO A1.

Conalvias
Ingeniería y Construcción
Ing. Luis Benites Pacheco
CIP 657447



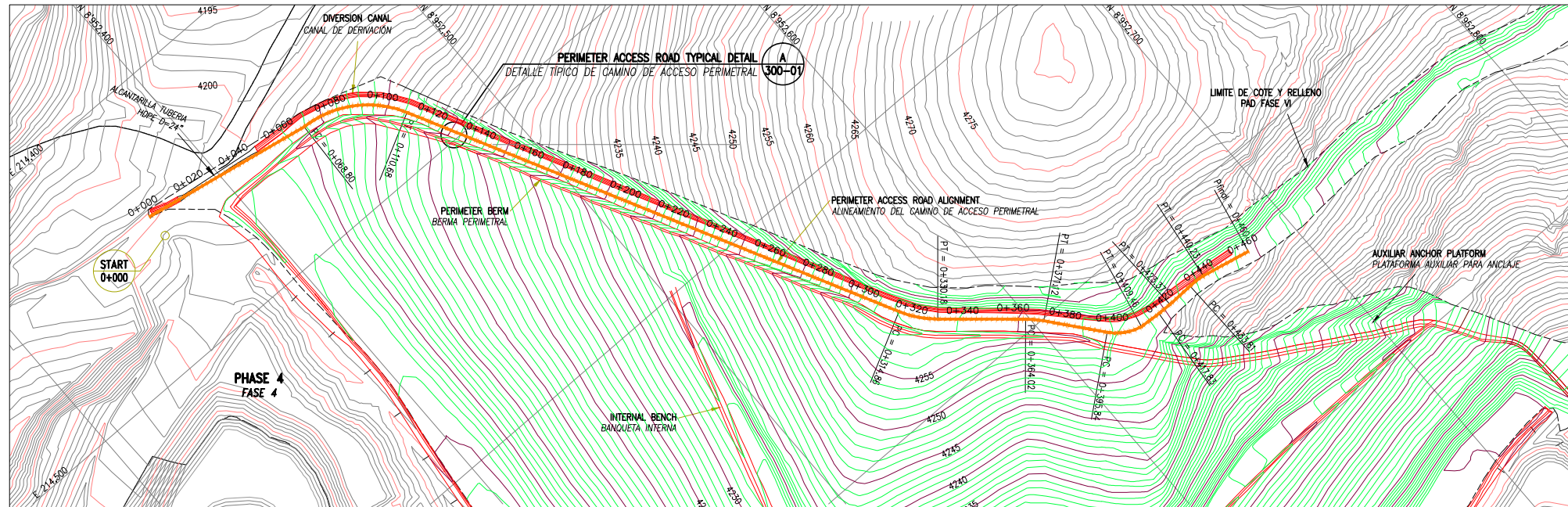
PLANTA
ESC. 1/750

REV N°	FECHA:	DESCRIPCION	APROBADO POR:	ING. LUIS BENITES PACHECO
A	03/12/09	ISSUED FOR REVIEW (EMITIDO PARA REVISION)	ESPECIALISTA:	CONALVIAS
0	23/12/09	ISSUED FOR CONSTRUCTION (EMITIDO PARA CONSTRUCCION)	REVISADO POR:	MINERA BARRICK MISQUICHILCA
01	28/02/13	CONSTRUCTION (CONSTRUCCION)	DIBUJADO POR:	PETER GUERRERO



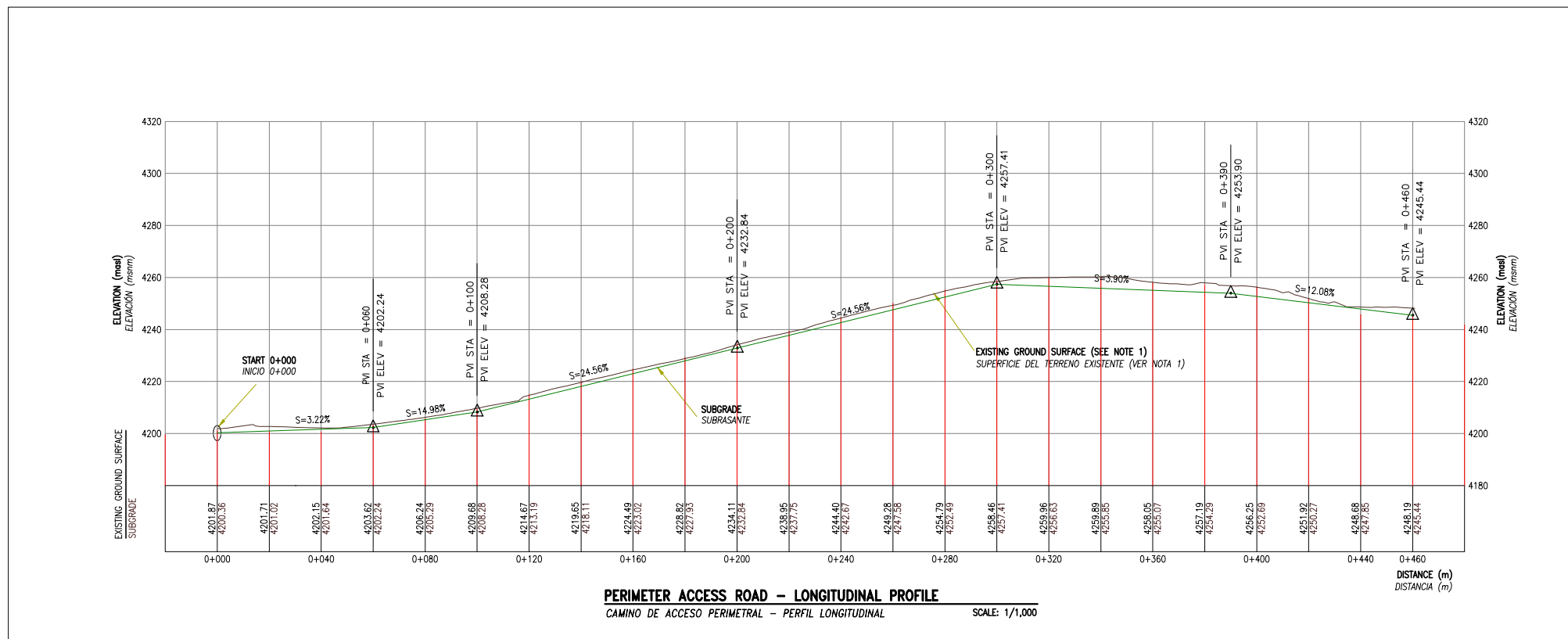
MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.
PIERINA GOLD MINE
PHASE 6 LEACH PAD
INSTALACION DE GEOMEMBRANA

DRAWING N°
(DIBUJO N°)
200-14

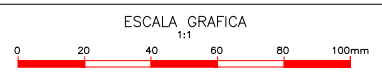


LEGEND / LEYENDA	
EXISTING GROUND SURFACE CONTOURS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE	
LEACH PAD GRADED SURFACE CONTOURS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE NIVELADA DEL PAD	
LIMIT OF CUT OR FILL LIMITE DE CORTE O RELLENO	
EXISTING ACCESS ROAD CAMINO DE ACCESO EXISTENTE	
PERIMETER ACCESS ROAD ALIGNMENT EJE DEL ALINEAMIENTO DEL CAMINO DE ACCESO PERIMETRAL	
EXISTING GROUND SURFACE SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE	

PLANTA
ESC. 1/1000



PERIMETER ACCESS ROAD - LONGITUDINAL PROFILE
CAMINO DE ACCESO PERIMETRAL - PERFIL LONGITUDINAL
SCALE: 1/1,000



NOTAS:

1. LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION REPRESENTAN LA CARA INFERIOR DE LA CAPA DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD (SOIL LINER) PARA LAS INSTALACIONES REVESTIDAS CON GEOMEMBRANA, LA CAPA INFERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA PARA LOS ACCESOS Y LA CARA INFERIOR DE LA CAPA DE PROTECCION CONTRA EROSION PARA LOS CANALES DE DERIVACION.



REV N°:	FECHA:	DESCRIPCION	APROBADO POR:	ING. LUIS BENITES PACHECO		MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A. PIERINA GOLD MINE PHASE 6 LEACH PAD CAMINO DE ACCESO PERIMETRAL Y CANAL DE DERIVACION	DRAWING N° (DIBUJO N°)
A	03/12/09	ISSUED FOR REVIEW (EMITIDO PARA REVISION)	ESPECIALISTA:	CONALVIAS			300-01
0	23/12/09	ISSUED FOR CONSTRUCTION (EMITIDO PARA CONSTRUCCION)	REVISADO POR:	MINERA BARRICK MISQUICHILCA			
01	28/02/13	CONSTRUCTION (CONSTRUCCION)	DIBUJADO POR:	PETER GUERRERO			

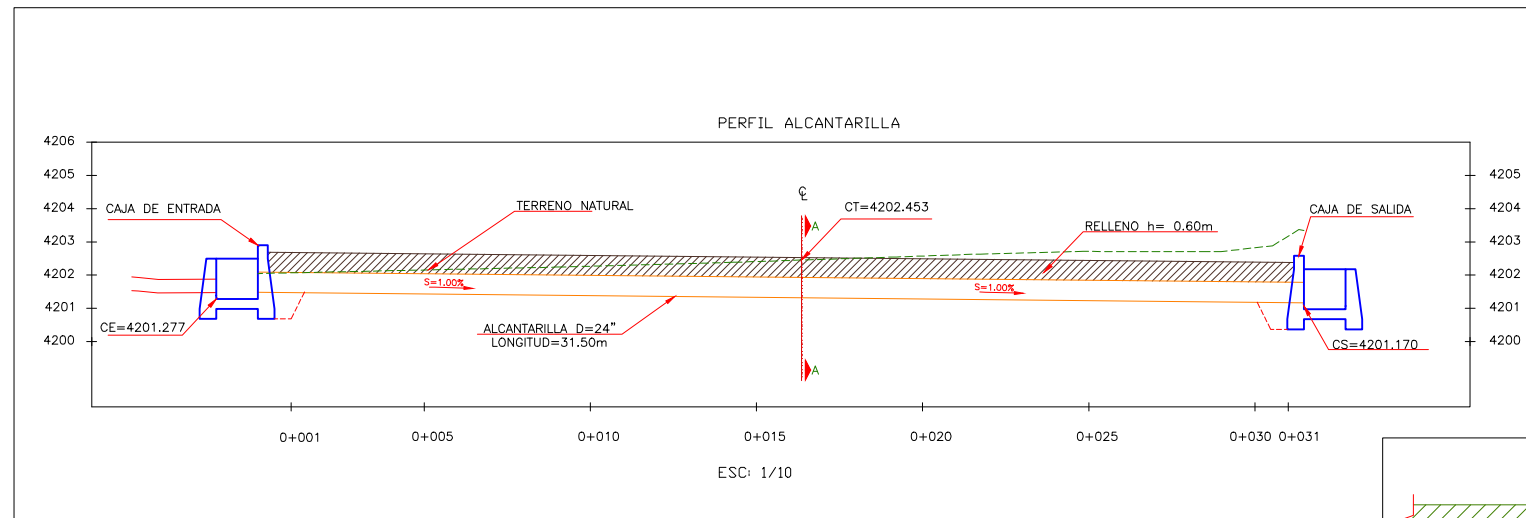
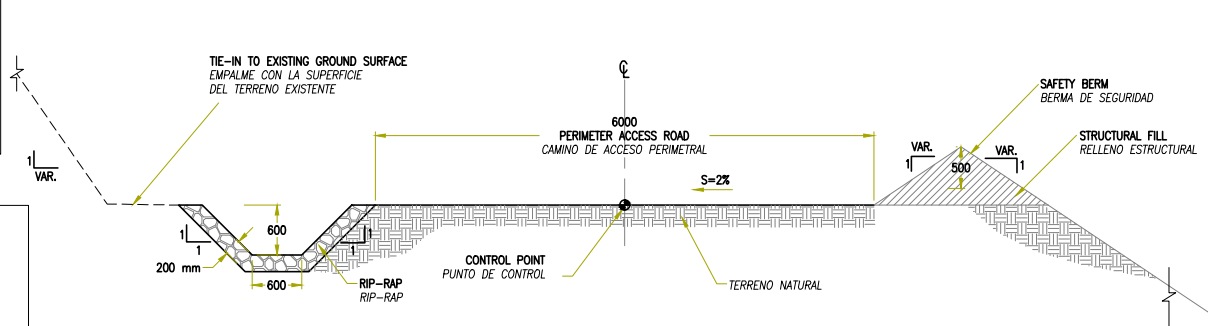
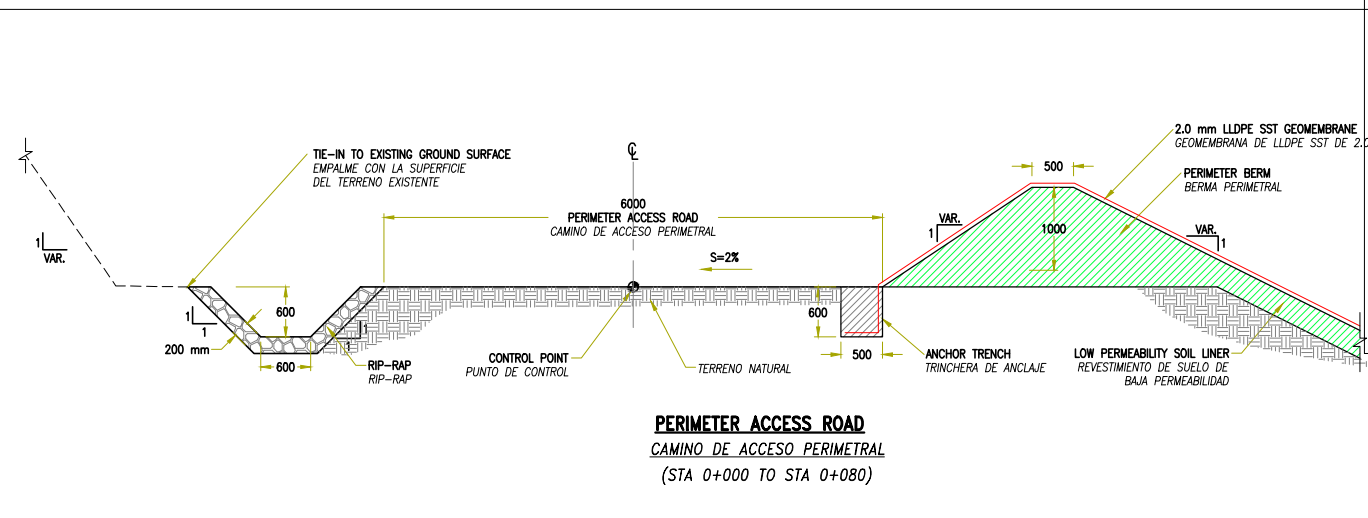
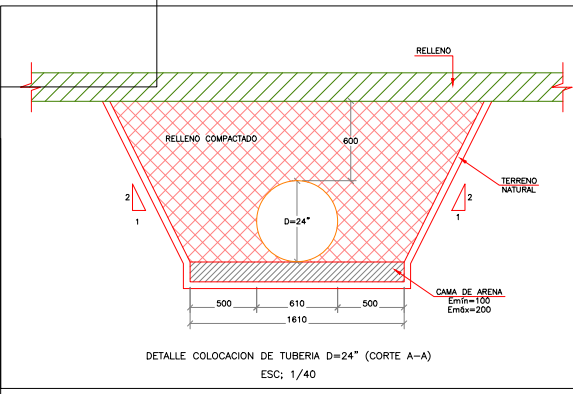
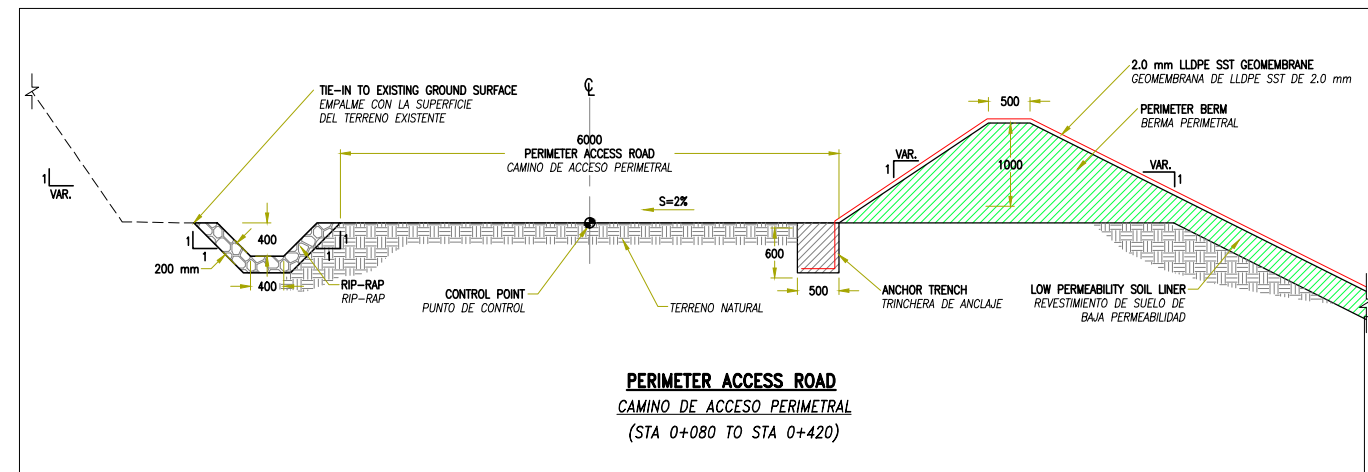


TABLE N°1/TABLE N°1
PERIMETER ACCESS ROAD/CAMINO DE ACCESO PERIMETRAL
HORIZONTAL CONTROL TABLE/TABLA DE CONTROL HORIZONTAL

DESC.	STATION	CURVE DATA	NORTH	EAST
START	0+000.00		8952369.110	214445.651
IN ALC	0+460.00		8952382.080	214448.085
		LONG: 31.00		
FIN ALC	0+460.00		8952416.982	214454.658
PI	0+091.89		8952459.789	214459.471
PC	0+068.80		8952436.724	214458.348
RP		CURVE: 1	8952434.779	214498.301
PT	0+110.68	ANGLE: 59°59'52" TYPE: RIGHT RADIO: 40.00	8952470.351	214480.008
PI	0+322.61		8952567.275	214668.477
PC	0+314.86		8952563.728	214661.578
RP		CURVE: 2	8952599.299	214643.285
PT	0+330.18	ANGLE: 21°57'09" TYPE: LEFT RADIO: 40.00	8952573.144	214673.549
PI	0+367.58		8952601.438	214698.001
PC	0+364.02		8952598.710	214695.712
RP		CURVE: 3	8952572.589	214725.937
PT	0+371.12	ANGLE: 10°10'17" TYPE: RIGHT RADIO: 40.00	8952603.678	214700.767
PI	0+402.93		8952623.695	214725.492
PC	0+395.84		8952603.678	214700.767
RP		CURVE: 4	8952634.779	214707.398
PT	0+409.46	ANGLE: 39°01'36" TYPE: LEFT RADIO: 20.00	8952630.628	214726.963
PI	0+420.61		8952641.744	214727.721
PC	0+417.83		8952654.949	214727.335
RP		CURVE: 5	8952642.921	214668.898
PT	0+423.37	ANGLE: 02°17'35" TYPE: LEFT RADIO: 58.80	8952661.352	214727.679
PI	0+437.03		8952658.165	214727.232
PC	0+433.81		8952654.949	214727.335
RP		CURVE: 6	8952656.146	214764.776
PT	0+440.23	ANGLE: 39°01'36" TYPE: RIGHT RADIO: 37.40	8952661.352	214727.679
PFIN	0+460.00	LONG: 20.00	8952680.667	214731.886



A
300-01 & 300-05 PERIMETER ACCESS ROAD TYPICAL DETAIL
 DETALLE TÍPICO DE CAMINO DE ACCESO PERIMETRAL SCALE: 1/40



REV N°	FECHA:	DESCRIPCION	APROBADO POR:	ING. LUIS BENITES PACHECO
A	03/12/09	ISSUED FOR REVIEW (EMITIDO PARA REVISION)	ESPECIALISTA:	CONALVIAS
0	23/12/09	ISSUED FOR CONSTRUCTION (EMITIDO PARA CONSTRUCCION)	REVISADO POR:	MINERA BARRICK MISQUICHILCA
01	28/02/13	CONSTRUCTION (CONSTRUCCION)	DIBUJADO POR:	PETER GUERRERO



MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A.
 PIERINA GOLD MINE
 PHASE 6 LEACH PAD
 DETALLES CAMINO ACCESO PERIMETRAL Y
 CANAL DE DERIVACION

DRAWING N°
 (DIBUJO N°)
300-04