

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



**PLANEAMIENTO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PAD 1 FASE III EN LA
MINA CERRO VERDE**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

MARIELA IRMA TOMAS LOAYZA

Lima – Perú

2015

Dedicatoria:

Ésta presente investigación está dedicado al esfuerzo de mis padres, Juan Tomas e Irma Loayza, los cuales me han brindado el apoyo e impulso necesario para seguir adelante en todo momento.

INDICE

	Pág.
RESUMEN.....	2
LISTA DE CUADROS.....	3
LISTA DE FIGURAS.....	4
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
CAPITULO I: ANTECEDENTES	
1.1 OBJETIVOS.....	9
1.2 UBICACIÓN Y CONDICIONES DEL LUGAR.....	9
1.3 ESTADO DEL TERRENO ANTES DE LA CONSTRUCCION.....	11
1.4 ACCESOS EXISTENTES.....	13
1.5 ACTIVIDADES PLANIFICADAS.....	14
CAPITULO II: ALCANCES TÉCNICOS DEL PAD 1 FASE III	
2.1 POZA DE LIXIVIACION.....	15
2.2 POZA DE PROCESOS.....	35
2.3 CAMINO PERIMETRAL.....	43
2.4 CAMINO DE DESVÍO.....	46
2.5 DIQUES DE RETENCIÓN.....	48
2.6 DME (DEPÓSITO DE MATERIAL EXCEDENTE).....	51
CAPITULO III: PLANEAMIENTO DE CONSTRUCCIÓN	
3.1 PLANEAMIENTO COMO PROCESO CONSTRUCTIVO.....	54
3.2 ETAPAS DE LA PLANIFICACION.....	64
CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
1.1 CONCLUSIONES.....	91
1.2 RECOMENDACIONES.....	91
BIBLIOGRAFIA.....	92
ANEXOS.....	93

RESUMEN

El planeamiento constructivo del PAD 1 Fase III ha sido elaborado detalladamente teniendo en cuenta un trabajo calificado de investigación, plasmando los resultados en el cronograma de ejecución y corroborando la ejecución de la obra mediante el ciclograma.

Los alcances del proyecto son los estudios de topografía, estudios geotécnicos, geológicos y diseño civil, que son dados en el capítulo II.

La topografía es el relieve que representa la zona caracterizándose por taludes con elevada pendiente, los materiales a emplear son: El soil liner (material de baja permeabilidad, el cual debe cumplir con las especificaciones técnicas diseñadas), el over liner (material de sobre revestimiento, será clasificado según las especificaciones técnicas) y el sistema de impermeabilización abarca los revestimientos del suelo con el uso de los geosintéticos (geomembrana, geotextil, GCL, geocompuestos, etc.).

El planeamiento será ejecutado con un frente de trabajo iniciando en el margen derecho, esto debido a la topografía, teniendo en cuenta la menor pendiente existente adaptable para construir los accesos provisionales internos. El frente iniciará los trabajos en el siguiente orden:

- El camino de desvío.
- Camino perimetral.
- El pad de lixiviación.
- Los diques de contención.
- La poza de procesos.
- El depósito de material excedente (DME).
- Obras de arte, entre otros.

El tiempo de ejecución será plasmado según cronograma de un año de ejecución, dependiendo de los recursos, la cantidad a abastecer (Metrados), y la cantidad de cuadrillas asignadas por actividad.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 - Cuadro de distancias.....	66
Cuadro 2 - WBS o EDT – Etapas tecnológicas.....	72
Cuadro 3 - Cuadro de Rendimientos.....	73
Cuadro 4 - Volúmenes de Trabajo.....	74
Cuadro 5 - Planeamiento del Camino de Desvío por día útil.....	80
Cuadro 6 - Planeamiento del Camino Perimetral por día útil.....	81
Cuadro 7 - Planeamiento de la poza de lixiviación por día útil.....	82
Cuadro 8 - Planeamiento del dique 1 por día útil.....	84
Cuadro 9 - Planeamiento del dique 2 por día útil.....	85
Cuadro 10 - Planeamiento del dique 3 por día útil.....	85
Cuadro 11 - Planeamiento de la poza de procesos por día útil.....	86
Cuadro 12 - Planeamiento de las obras de drenaje.....	88
Cuadro 13 - Planeamiento de obras complementarias.....	88
Cuadro 14 - Ciclograma (Sectores del pad).....	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ubicación del Pad 1 Fase III.....	09
Figura 2 - Pila de Lixiviación (Proceso del ROM).	10
Figura 3 - Área del PAD 1 Fase III.....	11
Figura 4 - Zona de la poza de procesos.....	12
Figura 5 - Área del Botadero.....	12
Figura 6 - Ubicación de la cantera.....	12
Figura 7 - Acceso Existente a la Obra.....	13
Figura 8 - El Pad 1 Fase III.....	14
Figura 9 - Alcances del área de trabajo.....	15
Figura 10 - Plano topográfico de la poza de lixiviación (vista en planta).....	17
Figura 11 - Perfiles topográficos del terreno.....	18
Figura 12 - Perfiles topográficos del terreno.....	19
Figura 13 - Perfiles topográficos del terreno.....	20
Figura 14 - Perfiles topográficos del terreno.....	21
Figura 15 - Perfiles topográficos del terreno.....	22
Figura 16 - Sistema de sub drenaje (Vista en planta).....	24
Figura 17 - Detalle del sistema de sub drenaje en laderas.....	24
Figura 18 - Detalle del sistema de sub drenaje en banquetas.....	25
Figura 19 - Sistema de revestimiento con geosintéticos.....	27
Figura 20 - Zona de revestimiento (Vista en planta).....	28
Figura 21 - Sistema de sobre revestimiento (Over liner tipo 1 y 2).....	30
Figura 22 - Sistema de colección de la solución (Vista en planta).....	32
Figura 23 - Sistema de colección de la solución (Laderas).....	33
Figura 24 - Sistema de colección de la solución (Taludes).....	34
Figura 25 - Poza de Procesos (Vista en planta y perfil).....	36

Figura 26 - Poza de Procesos (Perfil del terreno).....	36
Figura 27 - Poza de Procesos (Sistema del subdrenaje – 3D).....	37
Figura 28 - Poza de Procesos (Sistema del subdrenaje).....	38
Figura 29 - Buzón de derivación de la solución hacia el Pad 1 fase II (Vista en planta y perfil).....	39
Figura 30 - Sistema del revestimiento en la poza de procesos.....	40
Figura 31 - Sistema de revestimiento en la poza de procesos (Vista en Planta).....	41
Figura 32 - Poza de colección de la solución (Vista en Planta).....	42
Figura 33 - Poza de colección de la solución (Perfil).....	43
Figura 34 - Camino perimetral (Detalle).....	44
Figura 35 - Camino perimetral (Perfil Longitudinal).....	44
Figura 36 - Camino perimetral (Vista en planta).....	45
Figura 37 - Camino de desvío (Vista en planta).....	47
Figura 38 - Camino de desvío (Vista en perfil).....	47
Figura 39 - Diques de retención (Vista en planta).....	48
Figura 40 - Diques de retención 1 y 2 (Vista en planta).....	49
Figura 41 - Dique de retención 3 (Vista en planta).....	50
Figura 42 - Dique de retención (Vista de Perfil).....	50
Figura 43 - Depósito de material excedente (Vista en planta).....	51
Figura 44 - Depósito de material excedente (Perfiles).....	52
Figura 45 - Depósito de material excedente (Detalle de cunetas).....	53
Figura 46 - Movilización e instalación de obras provisionales.....	54
Figura 47 - Trazo y replanteo.....	55
Figura 48 - Corte del terreno.....	55
Figura 49 - Excavación de banquetas.....	56
Figura 50 - Equipos comunes.....	57

Figura 51 - Empleo del rodillo liso.....	57
Figura 52 - Material de relleno en diques.....	58
Figura 53 - Excavación de zanjas.....	58
Figura 54 - Sistema de revestimiento.....	59
Figura 55 - Revestimiento en diques.....	60
Figura 56 - Sistema de sub drenaje.....	60
Figura 57 - Sistema de revestimiento.....	61
Figura 58 - Colocación de los geosintéticos.....	61
Figura 59 - Relleno de las zanjas de anclaje.....	62
Figura 60 - Sellado de la geomembrana por extrusión.....	62
Figura 61 - Sistema de colección de la solución (En laderas).....	63
Figura 62 - Sistema de colección de la solución (En taludes).....	63
Figura 63 - Cronograma Resumen.....	64
Figura 64 - Accesos Existentes (Lima a Obra).....	65
Figura 65 - Accesos Existentes (Arequipa – Obra).....	65
Figura 66 - Alcances del proyecto.....	67
Figura 67 - Alcances del proyecto (División de frentes).....	68
Figura 68 - Alcances del proyecto (Unidades de producción).....	69
Figura 69 - Organigrama.....	70

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

(DME).....	Depósito de material en exceso
(GCL).....	Geosintético revestido de arcilla
(PAD).....	Packet Assembler Disassembler
(ROM).....	Run of mine
(SMCV).....	Sociedad Minera Cerro Verde

INTRODUCCIÓN

Actualmente el Perú depende de los diversos usos derivados que se realiza al cobre, especialmente cuando es tratado o procesado para producir para la energía eléctrica, siendo algunos ejemplos: la iluminación, la calefacción, las comunicaciones, el suministro de agua y el transporte. El procesamiento de los derivados del cobre hace que nuestros hogares, escuelas y negocios tengan luminosidad, temperaturas ambientales, cómodas, y la durabilidad de las conexiones, sean altas.

Es así como se denota la importancia de las construcciones de los Pad's de lixiviación, pues son aquí donde se obtiene el cobre con altos grados de pureza. El alcance de este documento incluye información técnica (lineamientos) acerca de la topografía, estudios de suelos, estudios de drenaje, proceso de instalación de las tuberías (sistemas de drenaje) y sistemas de impermeabilización (geosintéticos).

Estos lineamientos se centran en los avances técnicos actuales y las actividades necesarias para proteger el medio ambiente. En este aspecto, el almacenamiento de las soluciones de lixiviación y la estabilidad de las pilas son factores importantes mientras que algunas consideraciones operativas y de diseño metalúrgico tienen una importancia secundaria, por ejemplo, se prioriza los asuntos referentes al diseño de las pozas para evitar algún derrame o contaminación mineralógica al suelo, pues este aspecto abarca temas de impacto ambiental que está netamente prohibido realizar en el País. Por el contrario, la selección del cobre de acuerdo al grado de concentración que posee por acción del cianuro, ha sido considerada de importancia secundaria en el desarrollo de estos lineamientos.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

1.1 OBJETIVOS

El objetivo de la construcción del Pad 1 Fase III, es dar continuidad a las operaciones de lixiviación en la Mina Cerro Verde, debido a la máxima capacidad que alcanzará los PAD 1 Fase 1 y 2 en el primer trimestre del 2014, para ello se plasma un planeamiento estratégico donde se manifiesta restricciones y alcances previos, optimizando recursos y reduciendo costos en dicha construcción.

1.2 UBICACIÓN Y CONDICIONES DEL LUGAR

La Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. con siglas SMCV es una compañía subsidiaria de la empresa Freeport – Mc MoRan, empresa de recursos naturales con sede en Estados Unidos, es una de las empresas mineras más destacables a nivel mundial.

Actualmente, la mina Cerro Verde opera la extracción de cobre a tajo abierto ubicada en el sur del Perú, en el distrito de Uchumayo, departamento y región de Arequipa. Geográficamente, la mina está ubicada aproximadamente a 1000km al Sur de Lima y 30 km al Sudoeste de Arequipa. El área de influencia del proyecto comprende altitudes que varían entre 2,700 a 2,900msnm aproximadamente, siendo el periodo de lluvias entre los meses de enero hasta marzo y las temperaturas promedios anuales oscilan entre 3.7°C en invierno y 24.7°C en verano.



Figura N° 01.- Ubicación del Pad 1 Fase III.

(Fuente: Aplicación del Google Earth)

En la mina Cerro Verde, se extrae las reservas mineras constituidas por sulfuros secundarios y óxidos, provenientes de los tajos Cerro Verde, Santa Rosa y Cerro Negro; siendo la obtención de cobre, uno de los procesos más destacados empleando la tecnología de lixiviación en pilas y dividiéndose en dos tipos de mineral lixiviado; por un lado el denominado de Alta Ley, al cual se le reduce el tamaño de partícula para poder incrementar su aprovechamiento; y por otro lado el denominado “Run of Mine” (ROM por sus siglas en inglés), el cual es el proceso que se realiza al tamaño innato adquirido por la voladura en mina, siendo transportado a la pila por medio de camiones mineros, conformando celdas de operación para proceder a su lixiviación. Para el caso del PAD 1 Fase III, el proceso de extracción aplicado para este caso, es el ROM.

Según los estudios realizados por la SMCV, el PAD 1 – Fase III permitirá dar continuidad a las operaciones de lixiviación en la mina Cerro Verde, teniendo en cuenta que la producción o periodo de vida de los PADs 1 Fase 1 y Fase 2, alcanzarán su máxima capacidad de almacenamiento el primer trimestre del año 2014. Se destaca que la producción estimada del mineral ROM, en el PAD 1 – Fase III es de 60,9 millones de toneladas para el período 2015 - 2021, manteniendo con ello la continuidad del almacenamiento de ROM para el proceso de lixiviación.



Figura N° 02.- Pila de Lixiviación (Proceso del ROM).
(Fuente: Imagen obtenida de la página web de la empresa Yanacocha)

1.3 ESTADO DEL TERRENO ANTES DE LA CONSTRUCCION

Como se puede visualizar en las siguientes figuras, el área de terreno adaptado para la obra del Pad 1 Fase III era de uso vegetal, mostrando como superficie la capa del top soil y las áreas verdes.



Figura N° 03.- Área del PAD 1 Fase III
(Fuente: Imágenes obtenidas por fuente de la SMCV)



Figura N° 04.- Zona de la poza de procesos
(Fuente: Imágenes obtenidas por SMCV)



Figura N° 05.- Área del botadero (DME)
(Fuente: Imágenes obtenidas por SMCV)

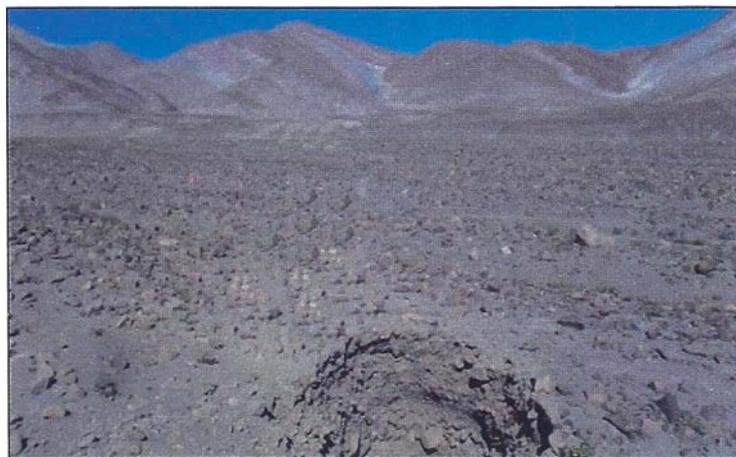


Figura N° 06.- Ubicación de la cantera
(Fuente: Imágenes obtenidas por SMCV)

1.4 ACCESOS

El acceso principal al Pad 1 Fase III es mediante la panamericana sur, ubicándose a 1100 kilómetros de Lima y a 30 Kilómetros desde la ciudad de Arequipa.

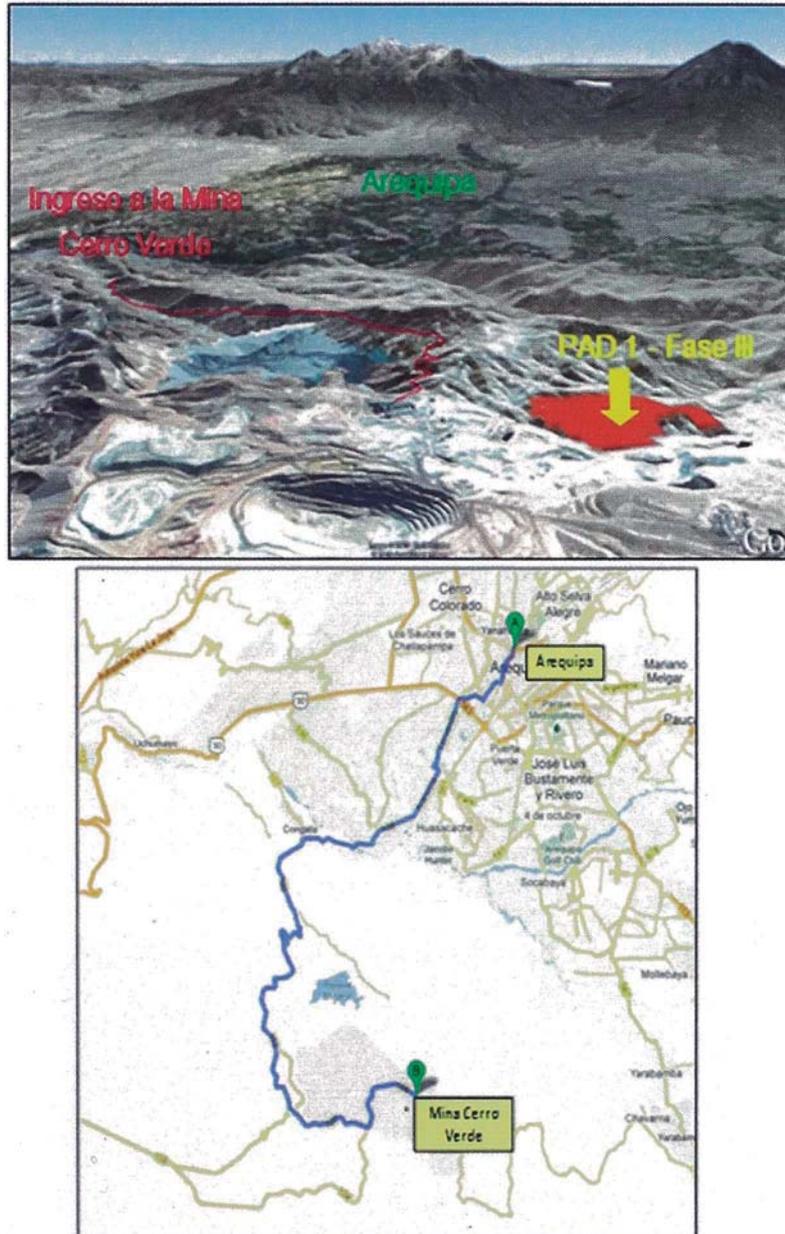


Figura N° 07.- Acceso existente a la obra.
(Fuente: Aplicación del Google Maps)

1.5 ACTIVIDADES A PROGRAMAR

Las principales actividades que serán estudiadas para la planificación según cronograma de ejecución y tienen como enfoque principal, son los siguientes:

- Camino perimetral y de desvío:
 - Plataformado.- Corte y relleno masivo.
 - Relleno con material de baja permeabilidad en bermas.
 - Capa de rodadura $e=200\text{mm}$.
 - Obras de arte (Canales).

- Pad o poza de lixiviación y poza de procesos:
 - Plataformado.- Corte y relleno masivo.
 - Sistema de Subdrenaje.
 - Sistema de Revestimiento y Sobre-revestimiento.
 - Sistema de colección de la solución (Sistema Mecánico).

- Diques de contención:
 - Plataformado.- Corte y relleno masivo.
 - Sistema de Revestimiento.- Geomembrana y geocompuesto.

- Depósito de material excedente (DME):
 - Plataformado.- Reacomodo del material suelto en forma escalonada.



Figura N° 08.- El Pad 1 Fase III
(Fuente: Imagen obtenida por la SMCV)

CAPÍTULO II: ALCANCES TÉCNICOS DEL PAD 1 FASE III

El Pad 1 Fase III abarca un área de 64.5 hectáreas de terreno, considerando la poza de procesos, el camino perimetral, los tres diques, el camino de desvío, el área de campamentos, el depósito de material excedente (DME), el campamento y talleres.

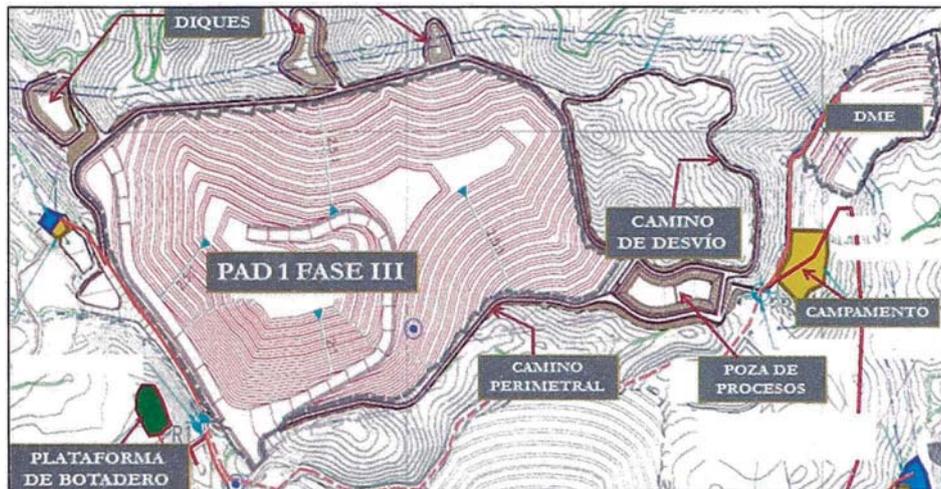


Figura N° 09.- Alcances del área de trabajo.

(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

2.1. PAD DE LIXIVACION

Como ya se mencionó anteriormente, la poza de lixiviación incluye principalmente los siguientes componentes: Plataformado, sistema de subdrenaje para la evacuación de las aguas subterráneas; sistema compuesto de revestimiento con GCL, geocompuesto, y geomembrana; sistema de sobre-revestimiento o protección de la geomembrana (Over liner tipo 1 y 2); sistema de colección de solución; camino perimetral y de desvío, sistema de drenaje superficial y las instalaciones auxiliares y complementarias que se presentan en los planos y/o se describen en este capítulo.

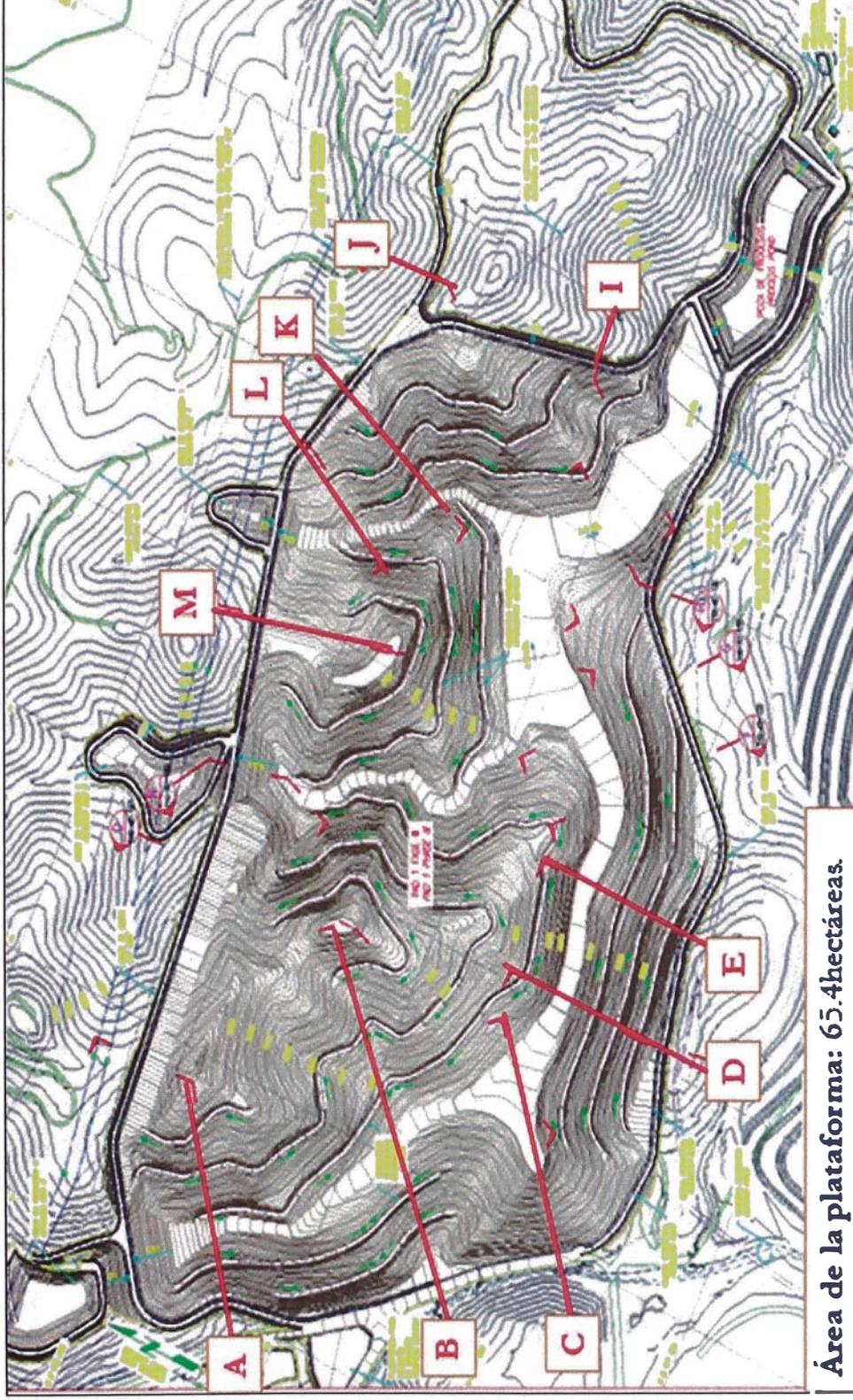
A. PLATAFORMADO

El proyecto comienza con la limpieza y desbroce en toda el área del terreno, áreas donde se encuentran materiales no adecuados para la cimentación, que fueron excavadas hasta encontrar una cimentación adecuada, capaz de soportar las cargas impuestas por el pad de lixiviación, o hasta los niveles indicados en los planos.

En promedio y sólo para efectos referenciales, la profundidad media de excavación en el PAD (hasta el nivel de cimentación) es de aproximadamente 2m, encontrándose en la quebrada la mayor profundidad y en los taludes la menor profundidad de excavación. Los depósitos aluviales, residuales y coluviales serán limpiados en la superficie para alcanzar una compacidad ó consistencia adecuada como proceso constructivo, sin embargo estas actividades no son plasmadas en el cronograma de ejecución, ni en la planificación debido a estar incluido en la partida general del plataformado. El material utilizable, procedente de las excavaciones será procesado (acopiado / combinado) en las cantidades necesarias para su procesamiento y posterior uso; el excedente de la excavación o del procesamiento de los materiales será dispuesto en el DME y/o en la Plataforma Oeste (también empleado como botadero).

La poza de lixiviación está conformada por terrenos con altos relieves, en la mayoría del terreno abarca una pendiente de 1:2, siendo el trabajo por realizar la conformación de banquetas en toda la superficie según los planos de topografía.

Como proceso constructivo, el material a usar en todos los rellenos se obtiene de las actividades de excavación como es el caso de acopios temporales, combinación de agregados, zarandeos, humectación, procesamientos, retiro/selección de materiales, disposición de excedentes, etc. Por lo que la actividad a programar será excavación masiva y relleno masivo con material propio.



Área de la plataforma: 65.4hectáreas.

Figura N° 10.- Plano topográfico de la poza de lixiviación. – Vista en planta

(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

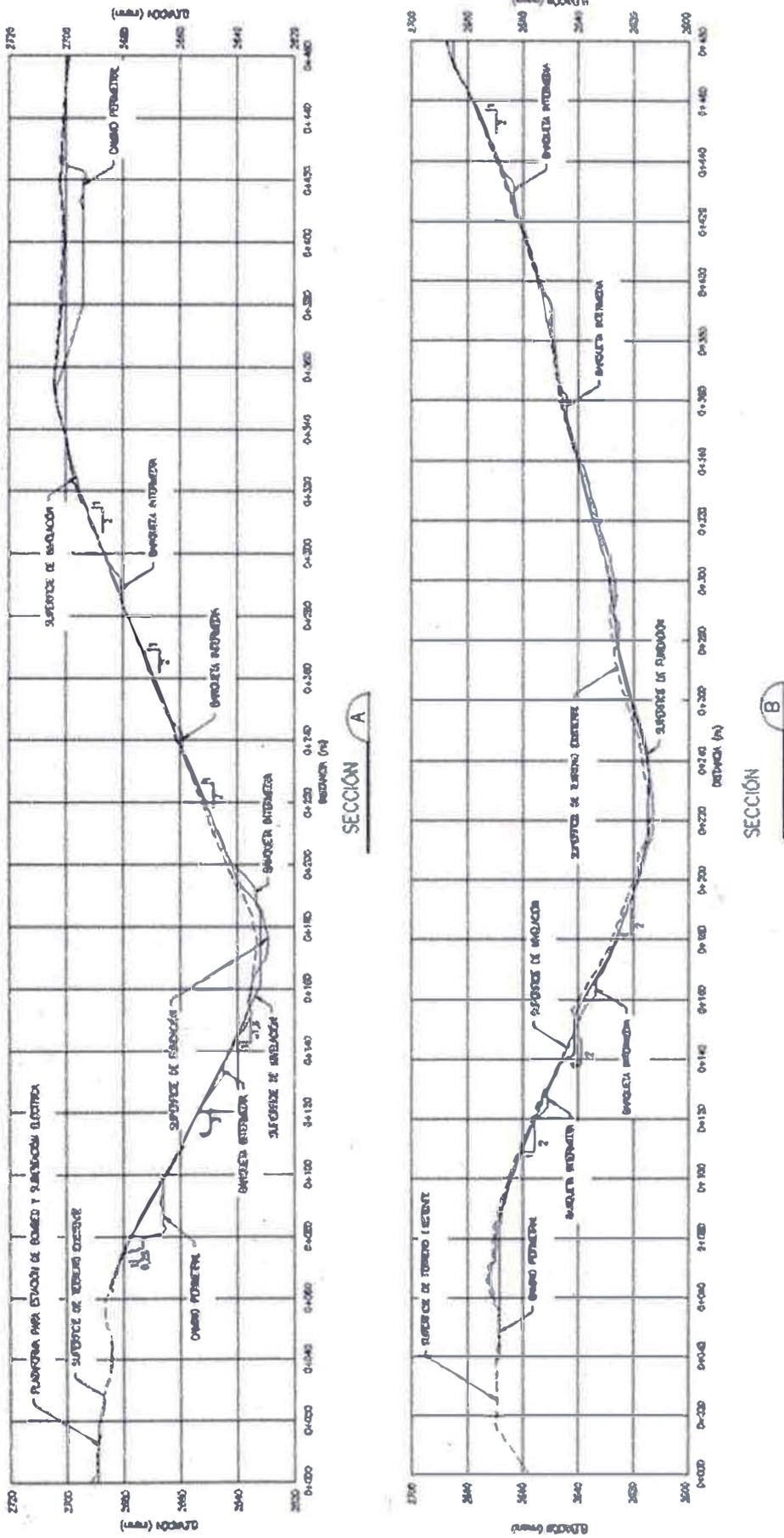


Figura N° 11.- Perfiles topográficos del terreno.
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

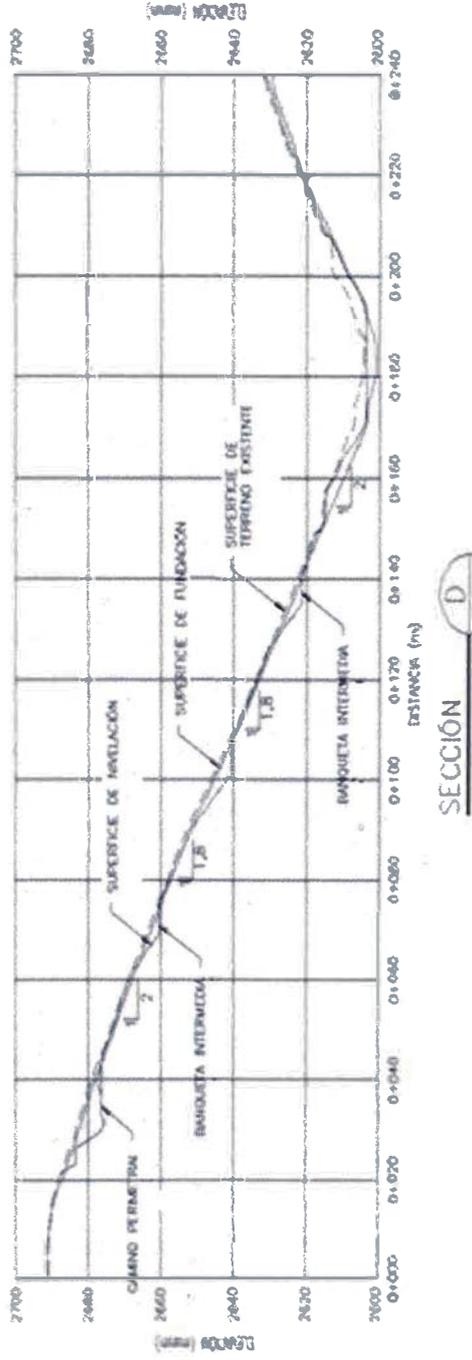
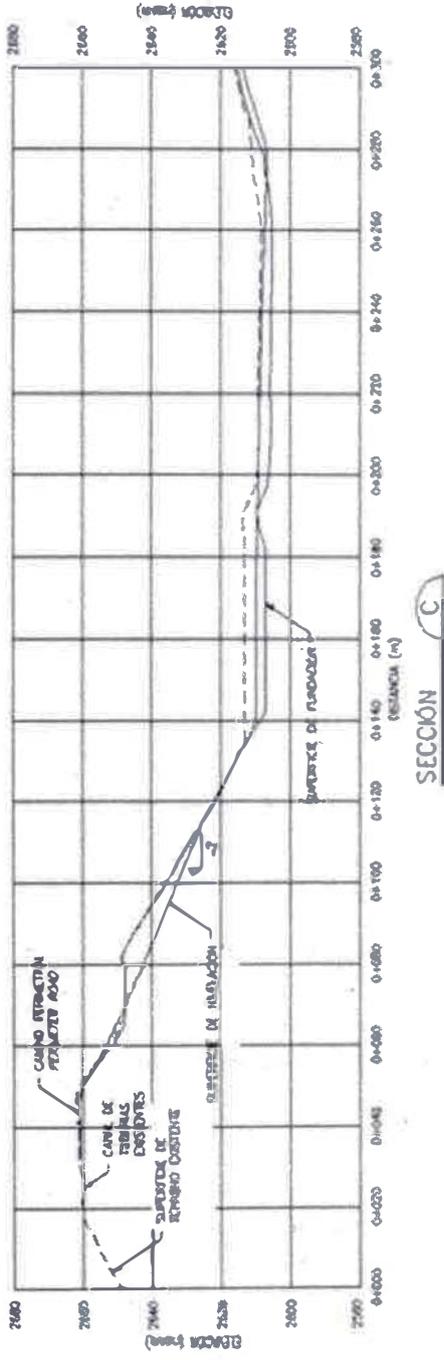


Figura N° 12.- Perfiles topográficos del terreno.
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

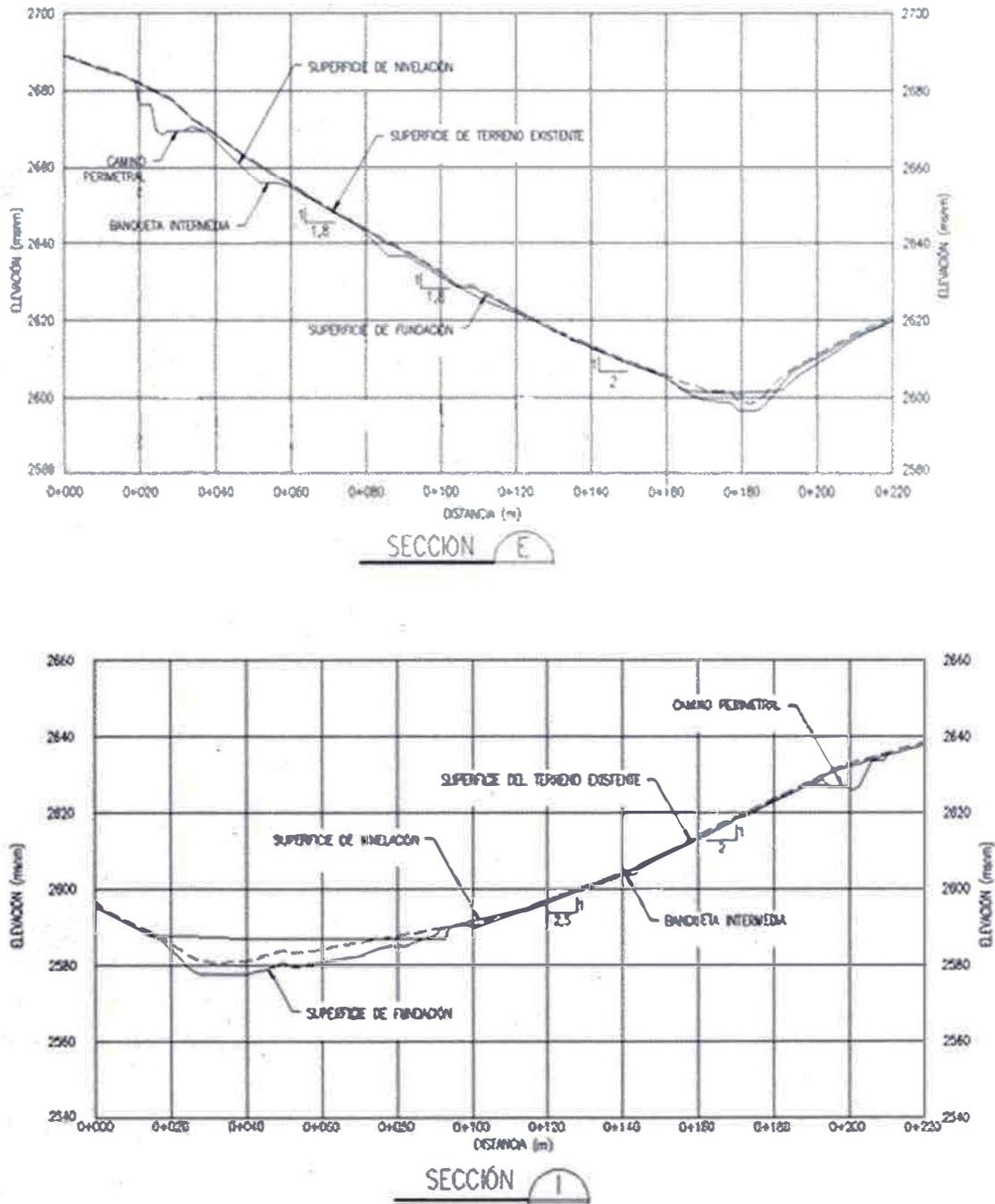


Figura N° 13.- Perfiles topográficos del terreno.
 (Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

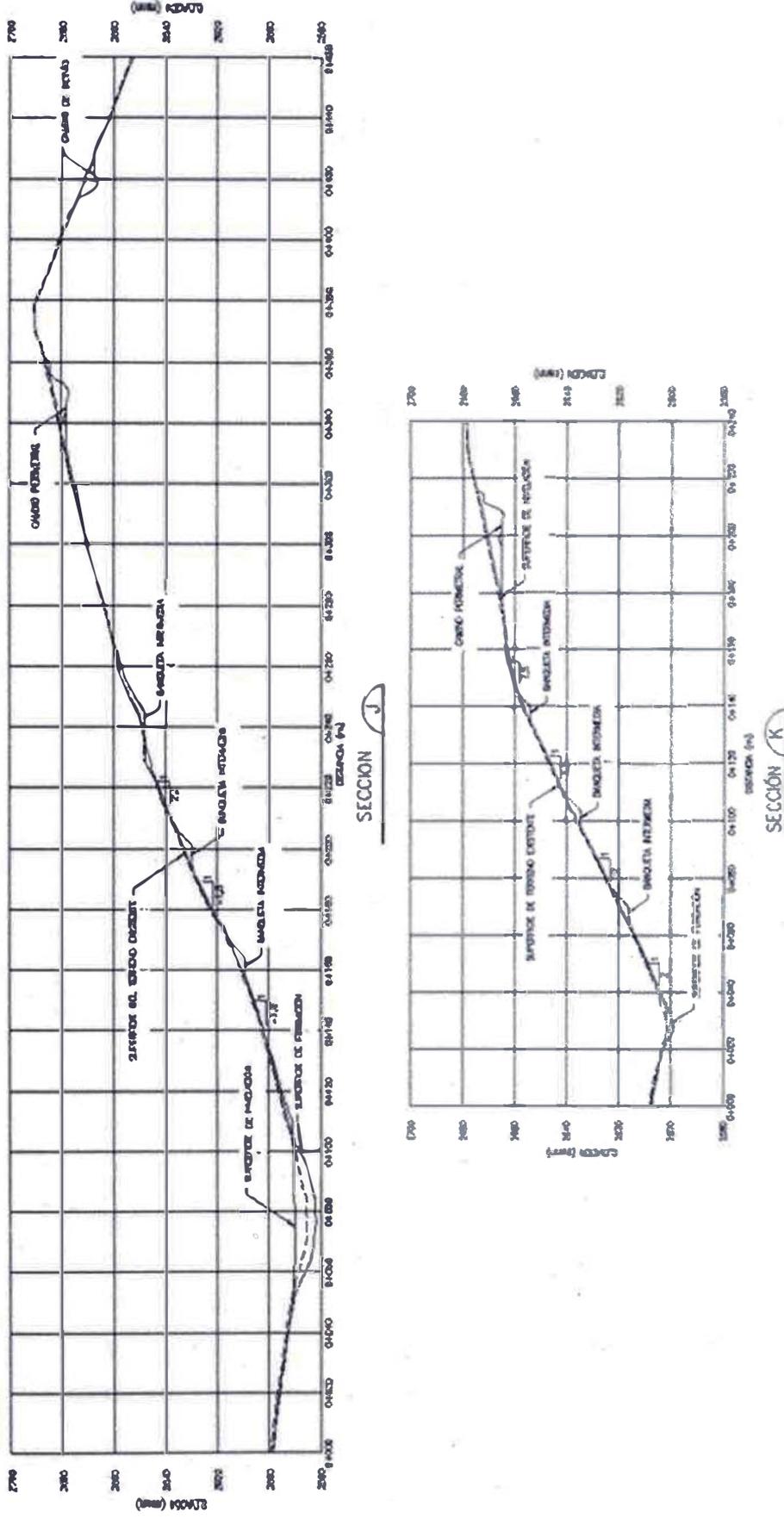


Figura N° 14.- Perfiles topográficos del terreno.
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

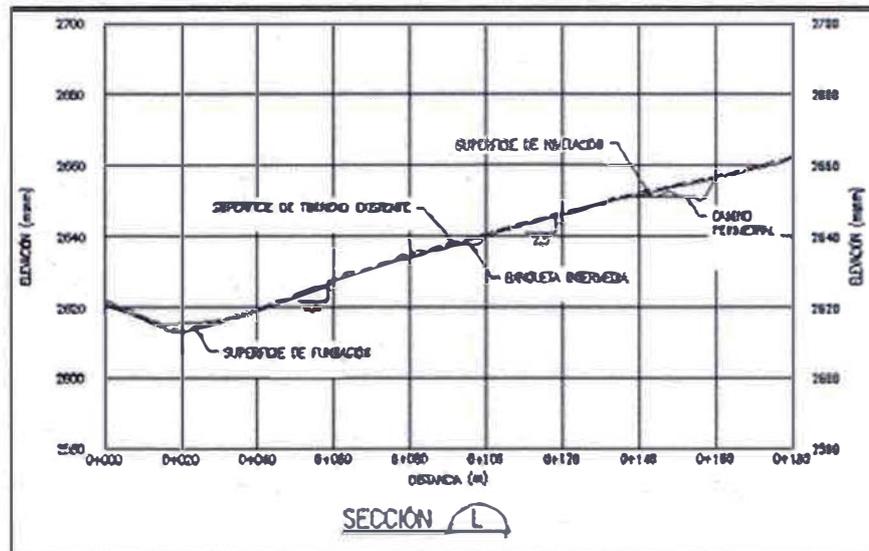


Figura N° 15.- Perfiles topográficos del terreno.
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

B. REMOCIÓN DE MATERIALES INADECUADOS.

La remoción de materiales inadecuados se inicia con la limpieza de terreno, disposición de suelos clasificados como material superficial, capa de suelo suelto arenoso, material orgánico, material con bolonería u de otro tipo que no pueda ser procesado y empleado como material de relleno.

Debido a la naturaleza del área se encontrarán bolones mayores a 2m³, los cuales se redujeron a un menor tamaño con la ayuda de equipo mecánico (compresora, martillos neumáticos, etc.) o voladura. Se realizarán los métodos de construcción adecuados de tal forma que se minimice la sobre excavación originada por la incrustación de la bolonería en dichas zonas.

Teniendo en cuenta el nivel freático en diversas zonas de trabajo, se realizará como proceso constructivo, zanjas de drenaje y el bombeo del agua para evitar inundaciones en los trabajos de plataformado, sin embargo estas actividades serán conformadas dentro de las obras provisionales según el cronograma de ejecución.

C. SISTEMA DE SUBDRENAJE

El Pad 1 Fase III posee un sistema de subdrenaje de modo de captar los posibles flujos de aguas subterráneas por debajo del pad. El sistema también actúa como un sistema de colección de fugas en caso de producirse alguna fuga a través del sistema de revestimiento del pad.

El sistema de subdrenaje consiste en instalaciones de tuberías CPT perforadas de HDPE de pared doble (exterior corrugada e interior liso) de 450, 300 y 100mm de diámetro y no perforadas cuando sólo se requiera conducción. Las tuberías son colocadas dentro de una zanja y rellenas con grava para facilitar el drenaje. Estas tuberías se colocan en zanjas de 600 mm de profundidad (mínimo) y ancho variable en función al diámetro de la tubería, que son rellenas con grava para drenaje.

El sistema de subdrenaje descarga los flujos de aguas subterráneas en un buzón de subdrenaje a partir de donde el agua es bombeada hacia el Pad 1 fase I y II.

Asimismo, la red de tuberías en la cabecera de quebrada (de chancado hidro) con la finalidad de captar la mayor cantidad de flujo posible. Este sistema de captación de flujos aguas arriba de la quebrada es conducido por una tubería no perforada y también llega a un buzón, donde el agua es monitoreada y derivada hacia el Pad 1 fase I y II.



Figura N° 16.- Sistema de sub drenaje (Vista en planta).
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

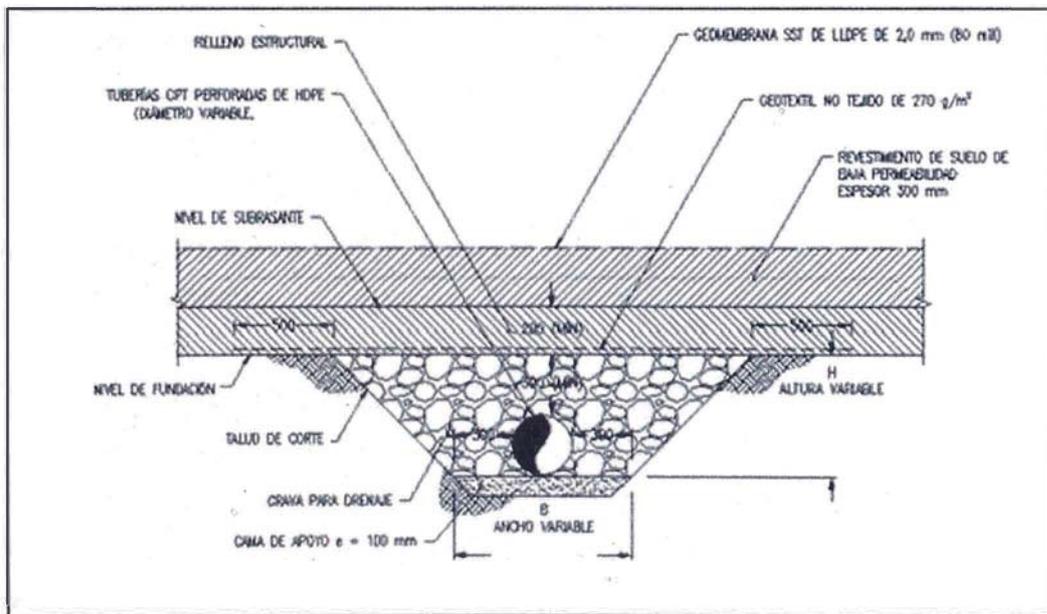


Figura N° 17.- Detalle del sistema de sub drenaje en laderas.
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

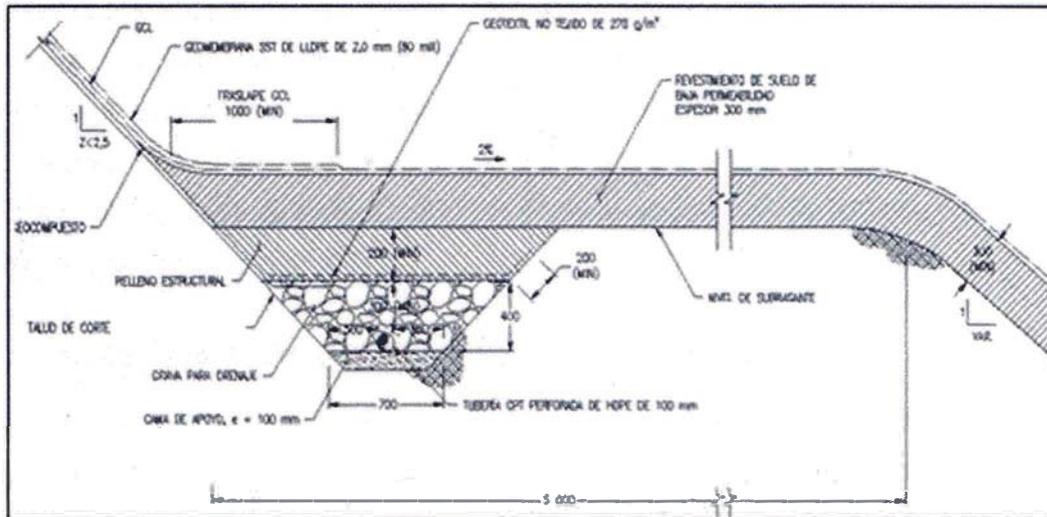


Figura N° 18.- Detalle del sistema de sub drenaje en banquetas.

(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

D. SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN

➤ Suelo de Baja Permeabilidad (Soil Liner)

Como parte del proceso constructivo, el sistema de impermeabilización prevé posterior a la nivelación (corte y relleno estructural o masivo), la colocación de una capa de 300mm de suelo de baja permeabilidad (Soil Liner). Asimismo, en los 100mm superiores de esta capa no se debe presentar gravas angulosas de tamaño mayor a 25mm, que puedan dañar la geomembrana colocada sobre esta capa. El suelo de baja permeabilidad debe acondicionarse a una humedad que variará en un rango de -2% y +2%; y es compactado al 95% de densidad relativa de próctor estándar.

Debido a que no existen fuentes de préstamo de materiales arcillosos en áreas cercanas al asiento minero, el material a utilizarse como suelo de baja permeabilidad consistirá en ripios o mineral lixiviado provenientes del Pad 4A. Dicho material cumple con los requerimientos técnicos necesarios para ser utilizados como suelo de baja permeabilidad.

Se ha observado que el contenido de humedad natural es mayor al óptimo contenido de humedad por lo que se realizará el secado del material antes de ser compactado.

Este material es colocado sólo en aquellas zonas con taludes accesibles para el equipo de construcción, considerándose como límites taludes iguales o más tendidos que 2,5H:1V y en las bermas perimetrales, salvo en los diques de retención donde se coloca hasta en taludes de 2H:1V; en el resto del área; es decir, en taludes mayores a 2,5H:1V se usa revestimiento geosintético de arcilla denominado GCL.

➤ **Revestimiento Geosintéticos de Arcilla (GCL)**

En aquellas zonas donde el talud del terreno natural sea mayor a 2,5H:1V se coloca revestimiento geosintético de arcilla (GCL). Este material se ancla en una trinchera de anclaje y se coloca desplegando el rollo en el talud. Para proteger el GCL de posibles punzonamientos producidos, generalmente en zonas rocosas, se coloca debajo de éste, un geocompuesto (geonet entre dos capas de geotextil) según planos.

➤ **Revestimiento de Geomembrana**

Con el fin de contener las soluciones de lixiviación dentro de la instalación, se coloca sobre el suelo de baja permeabilidad un sistema de revestimiento simple con geomembrana de polietileno de baja densidad lineal (LLDPE) texturada por un solo lado (SST) de 2 mm de espesor. La instalación de la geomembrana de LLDPE se efectúa manteniendo la cara texturada en contacto con el suelo de baja permeabilidad / GCL, a fin de mejorar la resistencia al corte de esta interface.

Como proceso constructivo, la geomembrana es colocada de tal manera que todas las costuras sean ejecutadas en dirección de la pendiente. En taludes con una inclinación mayor de 10:1 (H:V) los paneles son colocados en forma perpendicular a las curvas de nivel. Adicionalmente, todas las costuras horizontales están separadas por un mínimo de un panel sin costura horizontal y no se permitirán costuras horizontales en taludes con una inclinación mayor de 6:1 (H:V).

Para proteger a la geomembrana de las cargas impuestas por la pila, se realiza la colocación de un geotextil no tejido de 270 gr/m² sobre la geomembrana en aquellas zonas con alturas de apilamiento mayores a 120 m.

Como proceso constructivo es necesario mencionar durante la etapa de construcción la importancia de proporcionar anclajes temporales y permanentes a la geomembrana. El anclaje temporal consiste en sacos de arena u otro material de lastre a fin de brindar sujeción a la geomembrana, evitándose de esta manera, desplazamientos significativos durante las operaciones de despliegue y soldadura propios de las actividades de construcción. En terreno se define cada cuánto se colocará los anclajes temporales, se puede colocar como mínimo un saco cada 3 m en los taludes. Los anclajes permanentes están conformados por zanjas en las cuales se coloca los extremos de la capa de geomembrana para fijarse al terreno, empleando rellenos compactados.

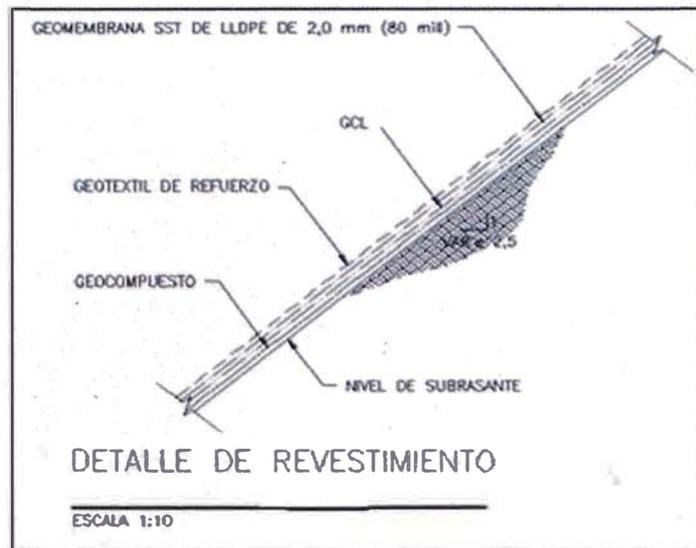
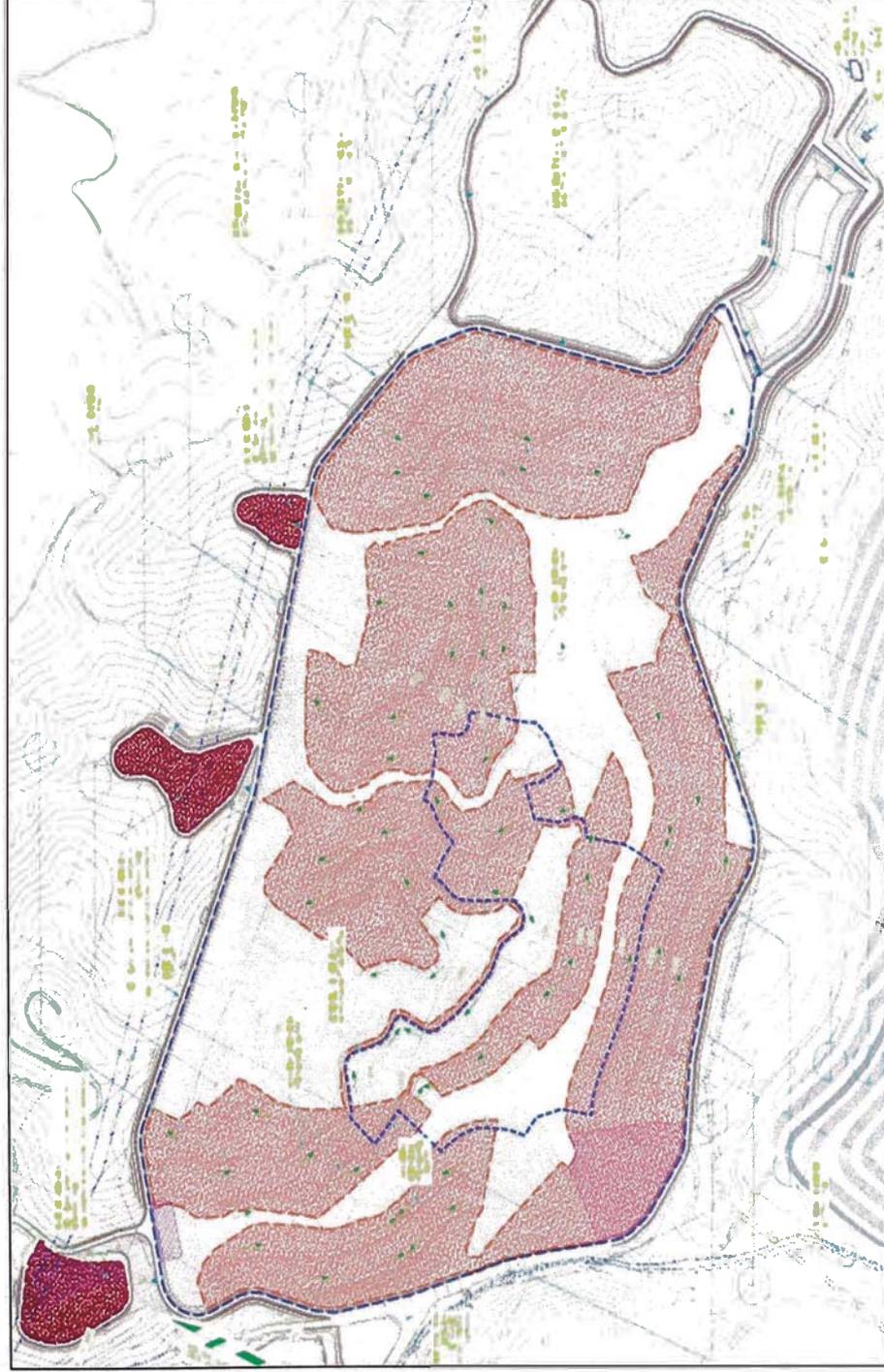


Figura N° 19.- Sistema de revestimiento con geosintéticos.
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)



LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE INFLUENCIA DEL P.A.O.
	LIMITE DE CORRE O RELLENO
	LÍNEA DE DISEÑO
	CAMINO EXISTENTE
	LÍNEA ELÉCTRICA PROTECTORA
	LÍNEA ELÉCTRICA Y FIBRA ÓPTICA EXISTENTE
	FIBRA ÓPTICA
	TUBOS EXISTENTES
	GEOTEXTIL DE REFUERZO (270g/m ²)
	GEOMEMBRANA SST DE LLOPE DE 2.0 mm (80 ml/d)
	GEOMEMBRANA LISA DE HDPE DE 1.5 mm (80 ml/d)
	ACL. & GEODRUMENTO
	LAINA DE PROTECCIÓN
	ÁREA ARROZADERA
	SENTIDO DEL FLUJO

Figura N° 20.- Zona de revestimiento (Vista en planta)
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

E. MATERIAL DE SOBRE REVESTIMIENTO (OVER LINER)

En el Pad de lixiviación se utiliza dos tipos de materiales de sobre revestimiento, llamado también Overliner, considerando un material de sobre revestimiento permeable “Overliner Tipo 1”, que es colocado en el fondo de las quebradas del Pad, cuya finalidad es facilitar la colección de la solución, actuando como un elemento de drenaje a la vez de protección y un sobre revestimiento de protección “Overliner Tipo 2”, en toda el área restante del Pad (taludes), cuya finalidad es proteger el sistema de revestimiento de posibles daños ocasionados por el sistema de transporte y esparcido del mineral. El tamaño máximo del material de sobre-revestimiento no debe ser mayor a 1,5 pulgadas. Asimismo, se ha previsto la instalación de geocompuesto para la protección de los taludes donde se construye la rampa inicial de carguío.

En las zonas bajas del Pad (fondo de la quebrada), se coloca una capa de 1,000mm de espesor de sobre-revestimiento que sirve como protección y drenaje (grava para drenaje), el material de drenaje proviene de la **cantera de San José**, por lo que se procesa por zarandeo antes de la colocación.

En el resto del área del Pad se coloca 500mm de sobre revestimiento sólo de protección de la geomembrana, el cual está conformado por el mineral lixiviado del **PAD 4A**, debido a que posee características granulométricas apropiadas. Este material es colocado y extendido sólo en taludes iguales o más tendidos que 3H:1V.

Asimismo, como parte de la construcción se ha previsto la instalación de un geocompuesto para la protección de los taludes, el mismo que será colocado en los sectores donde se construirá la rampa inicial de carguío.

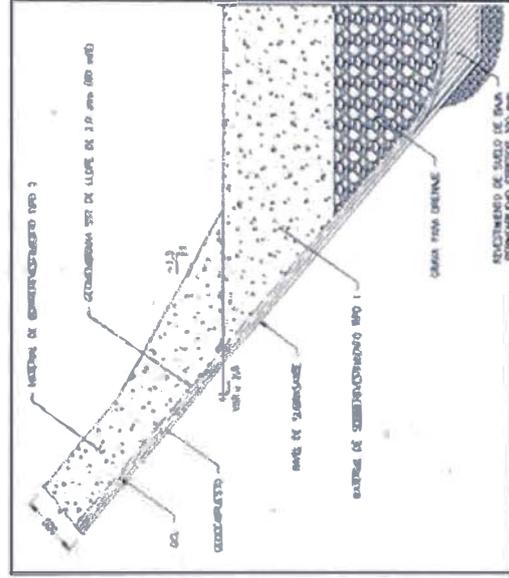
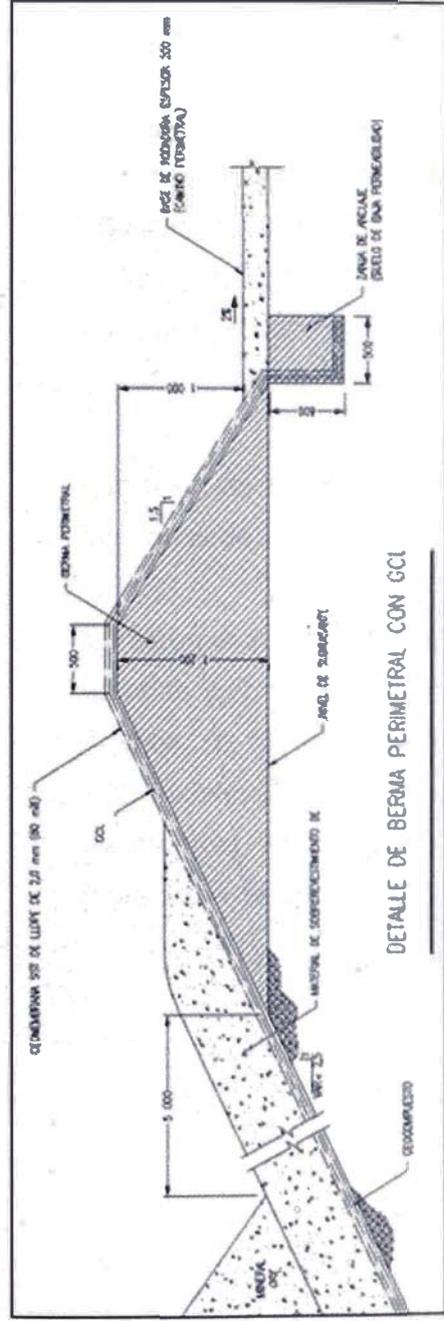


Figura N° 21.- Sistema de sobre revestimiento (Over liner tipo 1 y 2)

(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

F. SISTEMA DE COLECCIÓN DE LA SOLUCIÓN

El propósito del sistema de colección de solución es proporcionar una captación y evacuación relativamente rápida de la solución lixiviada y de la infiltración del agua de tormentas. Las pendientes definidas en el plano de nivelación permiten dirigir la solución por gravedad.

La solución lixiviada es colectada por el sistema de colección de solución consistente en tuberías CPT perforadas de HDPE de 100 mm de diámetro, de 300 mm de diámetro, las cuales reportan la solución a tuberías principales de 450 mm de diámetro. Las tuberías principales están ubicadas en las quebradas y son de tipo CPT perforadas de polietileno de alta densidad (HDPE), exterior corrugado y pared interior lisa.

Las tuberías de colección laterales de 100 mm de diámetro son colocadas a intervalos de 10m. A fin de reducir la carga en el sistema de revestimiento.

En algunas zonas de la plataforma donde el apilamiento es mayor a 120 m, las tuberías principales están ubicadas en trincheras rellenas con grava de drenaje, de tal manera de proporcionarles confinamiento y reducir su deflexión ante las elevadas cargas de la pila, reduciendo con ello el riesgo de colapso de las tuberías. Asimismo, se utilizan coplas partidas de doble ancho que evita la separación de las tuberías.



Figura N° 22.- Sistema de colección de la solución (Vista en planta).
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

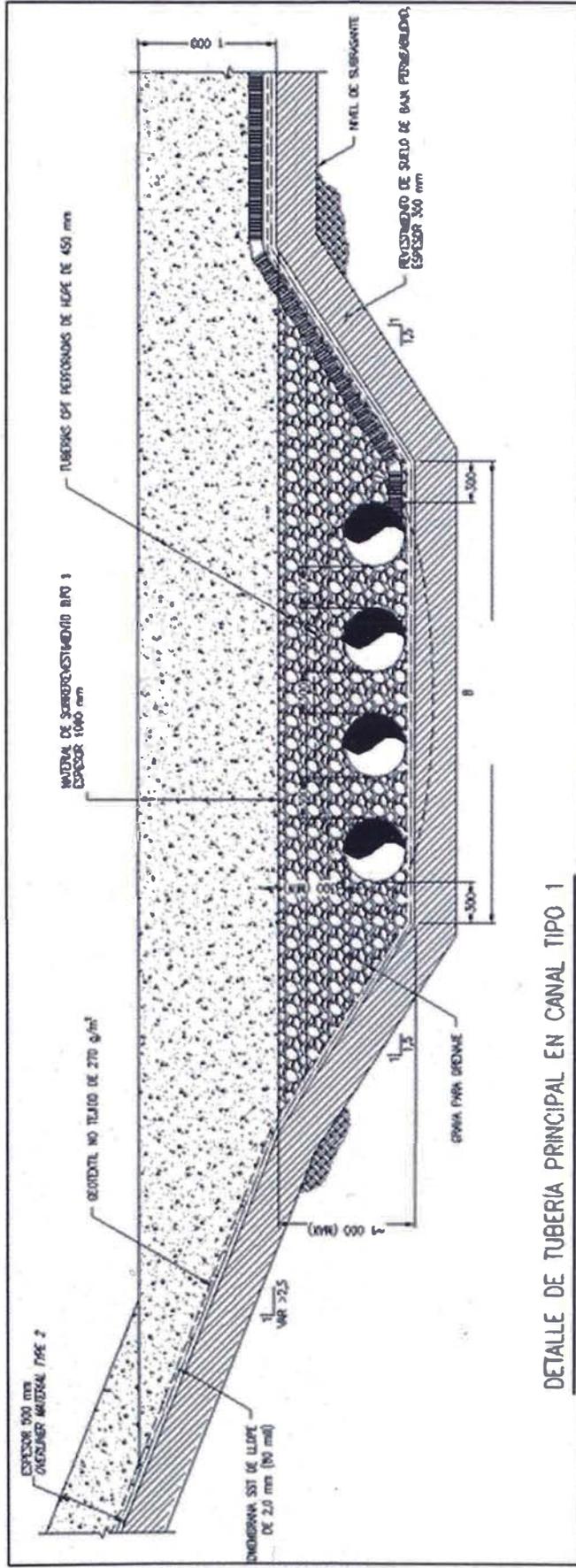
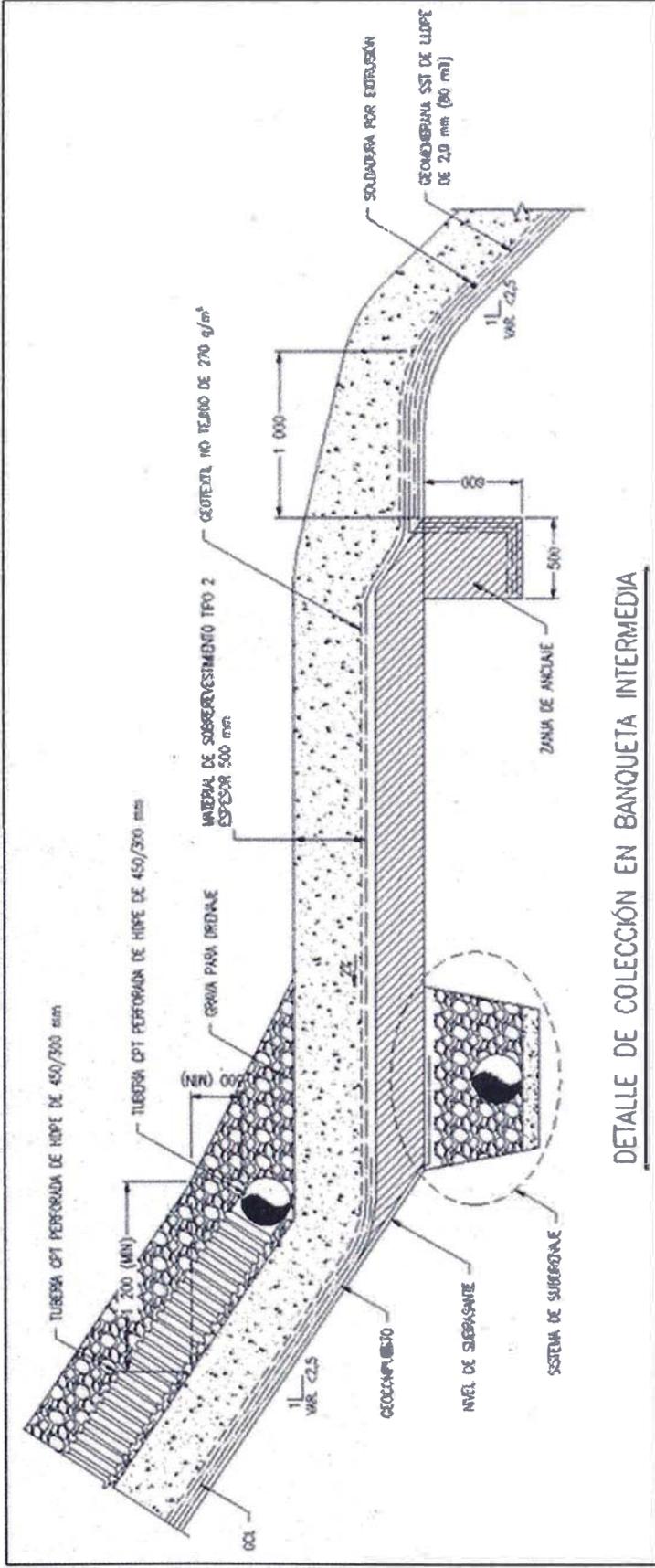


Figura N° 23.- Sistema de colección de la solución (Laderas).
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)



DETALLE DE COLECCIÓN EN BANQUETA INTERMEDIA

Figura N° 24.- Sistema de colección de la solución (Taludes).
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

2.2. POZA DE PROCESOS

La nueva poza de procesos es diseñada para una capacidad aproximada de 90 000 m³. La nueva poza de procesos incluye principalmente los siguientes componentes: Sistema de sub-drenaje; sistema compuesto de revestimiento; caminos perimetrales, sistema de drenaje superficial, etc.

La nueva poza de procesos está ubicada inmediatamente aguas abajo del pie del PAD 1 Fase III. Dadas las condiciones de la zona, la poza está caracterizada por la intensidad relativamente baja de precipitaciones, no se ha previsto la construcción de una poza adicional de grandes eventos, los flujos adicionales de lluvias son manejados en conjunto por las 2 pozas (Pad 1 Fase II y Fase III).

La nueva poza de procesos ha sido diseñada para almacenar los flujos provenientes del PAD 1 Fase III que considera los volúmenes operativos de fluctuaciones y los flujos de eventos de tormentas.

El nivel máximo de operaciones de la nueva poza es de 2,580.50msnm con un borde libre total de 1m y una berma de seguridad de 500mm de altura, la cual es colocada a lo largo del perímetro de la poza.

A. PLATAFORMADO

Los trabajos en la poza de procesos consisten en la excavación de suelos inadecuados de cobertura natural, los cuales se encuentran dentro de la huella de diseño de la poza de procesos. Posteriormente se ejecuta la nivelación general mediante el corte y colocación de relleno estructural, con la finalidad de alcanzar los niveles finales de la poza. La poza de procesos tiene taludes internos de 2H:1V. El fondo de la poza tiene 1% de pendiente dirigida al pozo de detección de fugas y un desnivel de 1m en el fondo para disminuir la cantidad de volumen operativo.

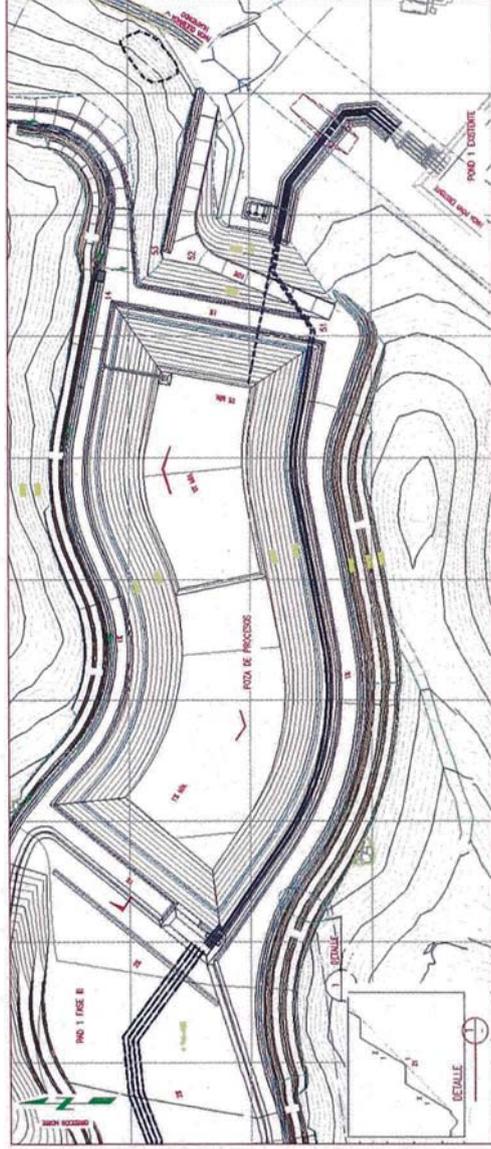


Figura N° 25.- Poza de Procesos (Vista en planta y perfil)

(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

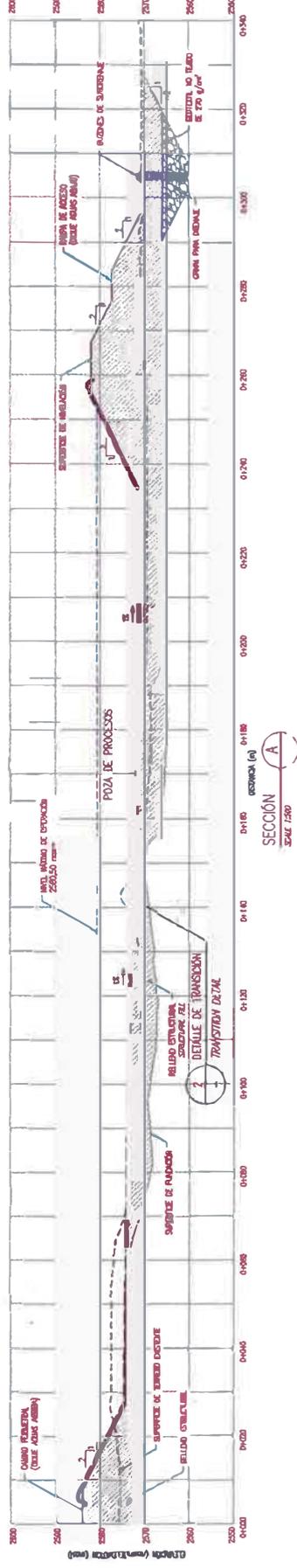
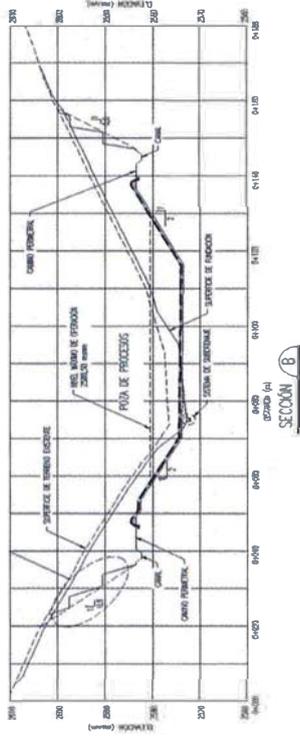


Figura N° 26.- Poza de Procesos (Perfil del terreno).

(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

B. SISTEMA DE SUBDRENAJE

El sistema de subdrenaje de la poza de procesos consiste en un arreglo de tuberías CPT perforadas de HDPE de 100 y 300 mm de diámetro, las cuales tienen una pendiente mínima de 2%.

Estas tuberías se colocan dentro de una trinchera, la cual es rellena con grava para drenaje. La grava, proviene de la **cantera San José**. En el caso de encontrarse afloramientos de agua durante la construcción, es necesaria la instalación de subdrenes secundarios adicionales a los considerados en el diseño.

Este sistema de subdrenaje tiene como finalidad, captar los flujos de agua subterránea que se originan dentro de los límites de la cimentación de la zona de la nueva poza de procesos, para derivarlos por debajo del sistema de revestimiento hacia un buzón de subdrenaje donde el agua es monitoreada y en caso detectarse la presencia de cualquier elemento no permitido, es bombeada hacia el Pad 1 fase I y II.



Figura N° 27.- Poza de Procesos (Sistema de subdrenaje).
(Fuente: Propia)

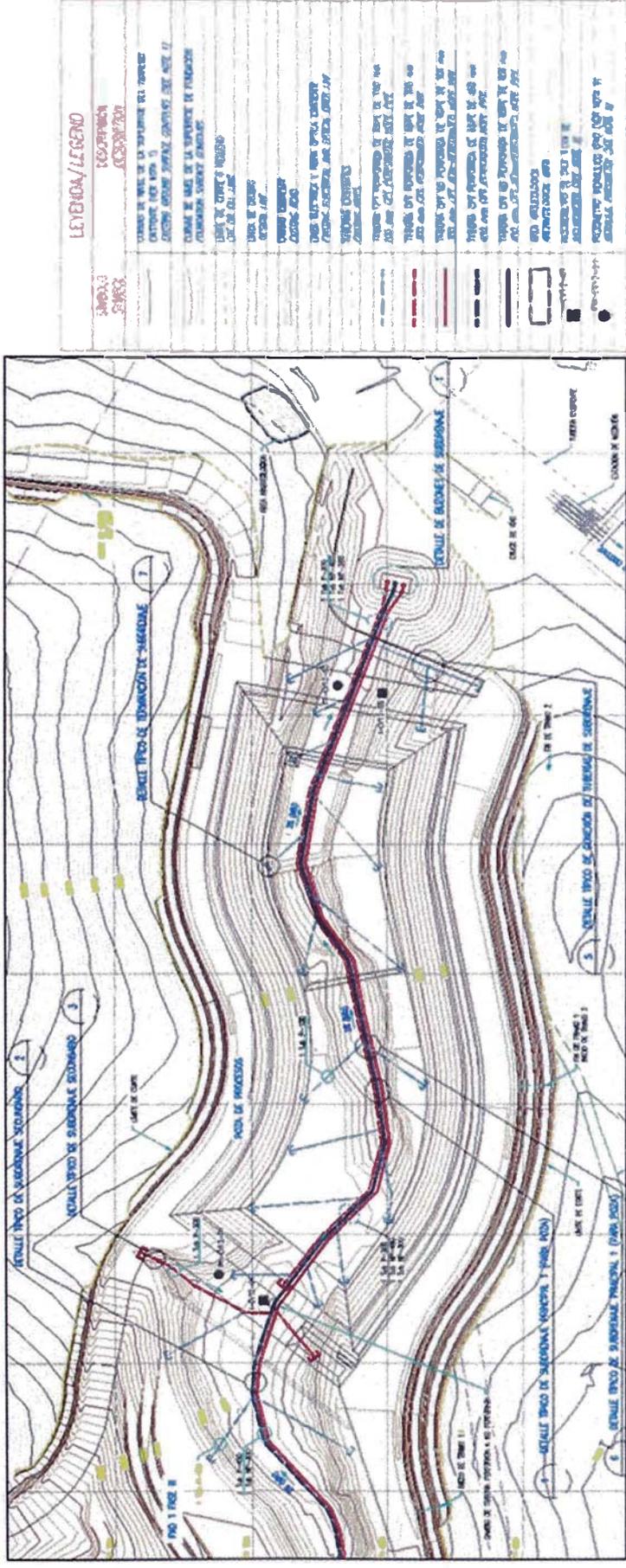
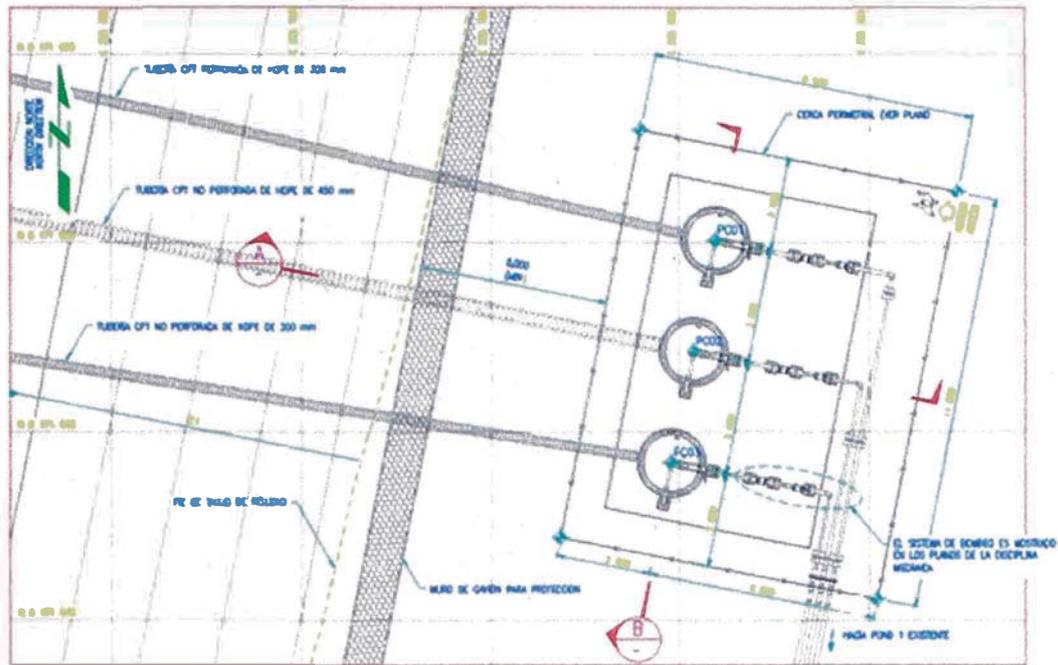
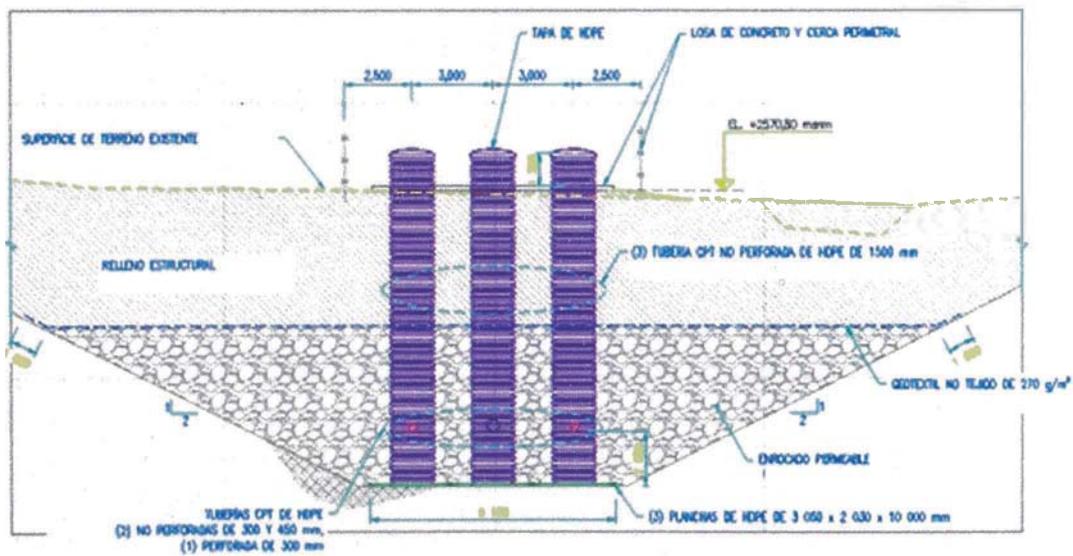


Figura N° 28.- Poza de Procesos (Sistema de subdrenaje).
(Fuente: Propia)



BUZONES PARA SUBDRENAJE - PLANTA



SECCIÓN

Figura N° 29.- Buzón de derivación de la solución hacia el Pad 1 fase – II (Vista en planta y perfil).

(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

C. SISTEMA DE REVESTIMIENTO

El revestimiento en la poza de procesos, consiste en la habilitación de una capa de suelo de baja permeabilidad de 300 mm de espesor colocada en el fondo y en taludes de 2H:1V. Este material consiste en ripios o material lixiviado con una permeabilidad baja, el cual es compactado al 95% del Próctor Estándar.

Este sistema de revestimiento (suelo de baja permeabilidad) actúa como base para el sistema de doble revestimiento consistente en una geomembrana HDPE lisa de 1,5 mm, un sistema de colección y recuperación de fugas (geonet), un revestimiento primario de geomembrana de HDPE lisa de 1,5mm. El geonet es instalado entre las dos geomembranas y es conectado al pozo de detección de fugas.

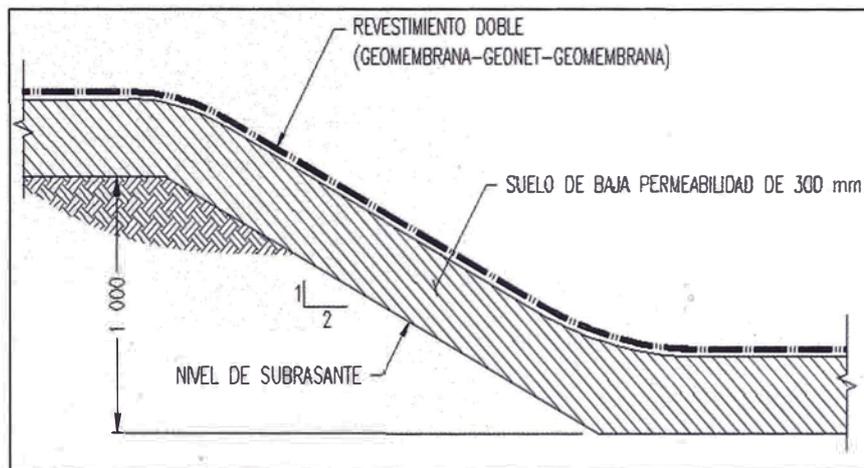
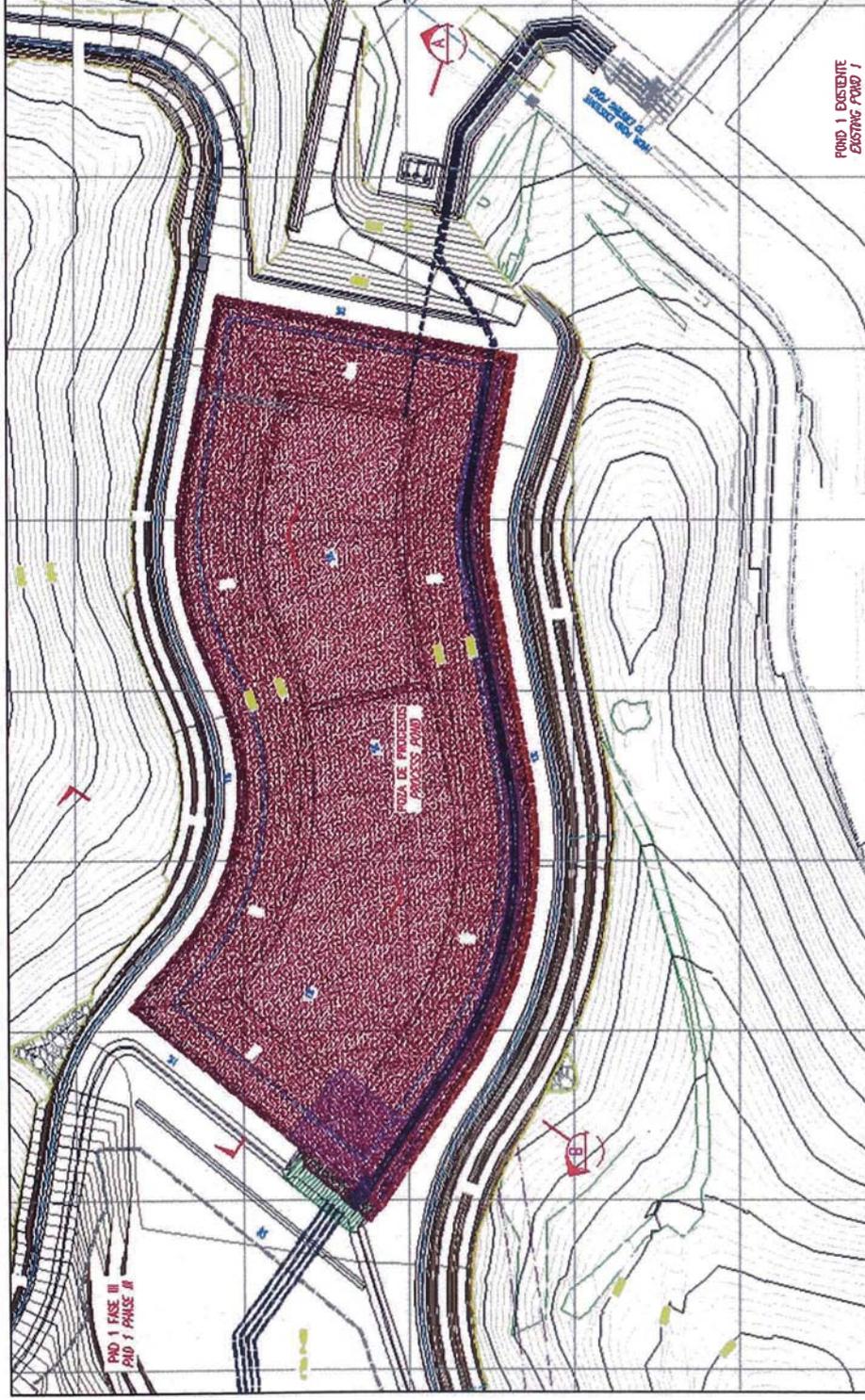


Figura N° 30.- Sistema del revestimiento en la poza de procesos.

(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde adaptado a un esquema propio)



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CORRIS DE LIMB DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE
	CORRIS DE MAR DE LA SUPERFICIE DE INGENIERIA DEL PAD, POZA DE PROCESOS, DACE Y CANALES
	LIMITE DE CORTE O RELIEVO
	CANAL EXISTENTE
	LINA ELÉCTRICA Y LINA ÓPTICA EXISTENTE
	REVESTIMIENTO EXISTENTE
	REVESTIMIENTO DOBLE - POZA (CONCRETO-GRANULADO-CONCRETO)
	PLANCHA DE HOPE DE 50 mm
	LAMA DE PROTECCIÓN (CONCRETO-GRANULADO-GRANULADO) LINA DE HOPE DE 15 mm
	TUBERIA OPT PERFORADA DE HOPE DE 600 mm
	TUBERIA DE HOPE SORTEA 4" (100 mm) - (ENTRADA)
	TUBERIA DE HOPE SORTEA 4" (100 mm) - (SALIDA)
	TUBERIA OPT NO PERFORADA DE HOPE DE 300 mm
	ALCANTARILLA
	CANAL DE DERRAMA Y DIRECCION DEL FLUJO
	CANAL DE DERRAMA EXISTENTE

Figura N° 31.- Sistema de revestimiento en la poza de procesos (Vista en Planta).
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

D. POZA DE COLECCIÓN DE SOLUCIÓN

El sistema de colección del pad descarga los flujos de solución en una poza de colección ubicada inmediatamente después de la plataforma del pad. Esta poza sirve para evacuar y dirigir los flujos colectados en el pad hacia el Pad 1 fase II o hacia la poza de procesos. El flujo es conducido mediante (04) tuberías sólidas de HDPE SDR 15,5 de 24" (600 mm) y son controladas mediante válvulas. Para evacuar el flujo de solución y el flujo de tormentas se considera 2 tuberías hacia la poza de procesos y dos tuberías hacia el Pad 1 fase II. La poza de colección es revestida con geomembrana SST de LLDPE de 2,00mm, además tiene una plancha de HDPE de 5,0 mm para protección contra la erosión. Asimismo, esta poza tiene un vertedero para evacuar los flujos en eventos de tormenta hacia la poza de procesos.

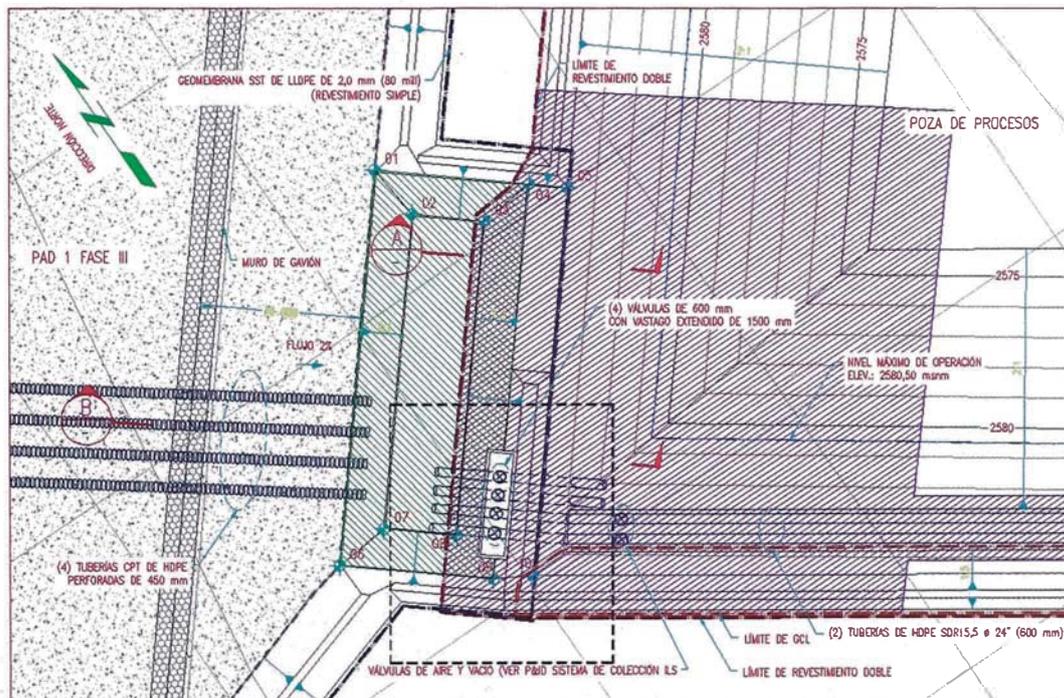


Figura N° 32.- Poza de colección de la solución (Vista en Planta).

(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

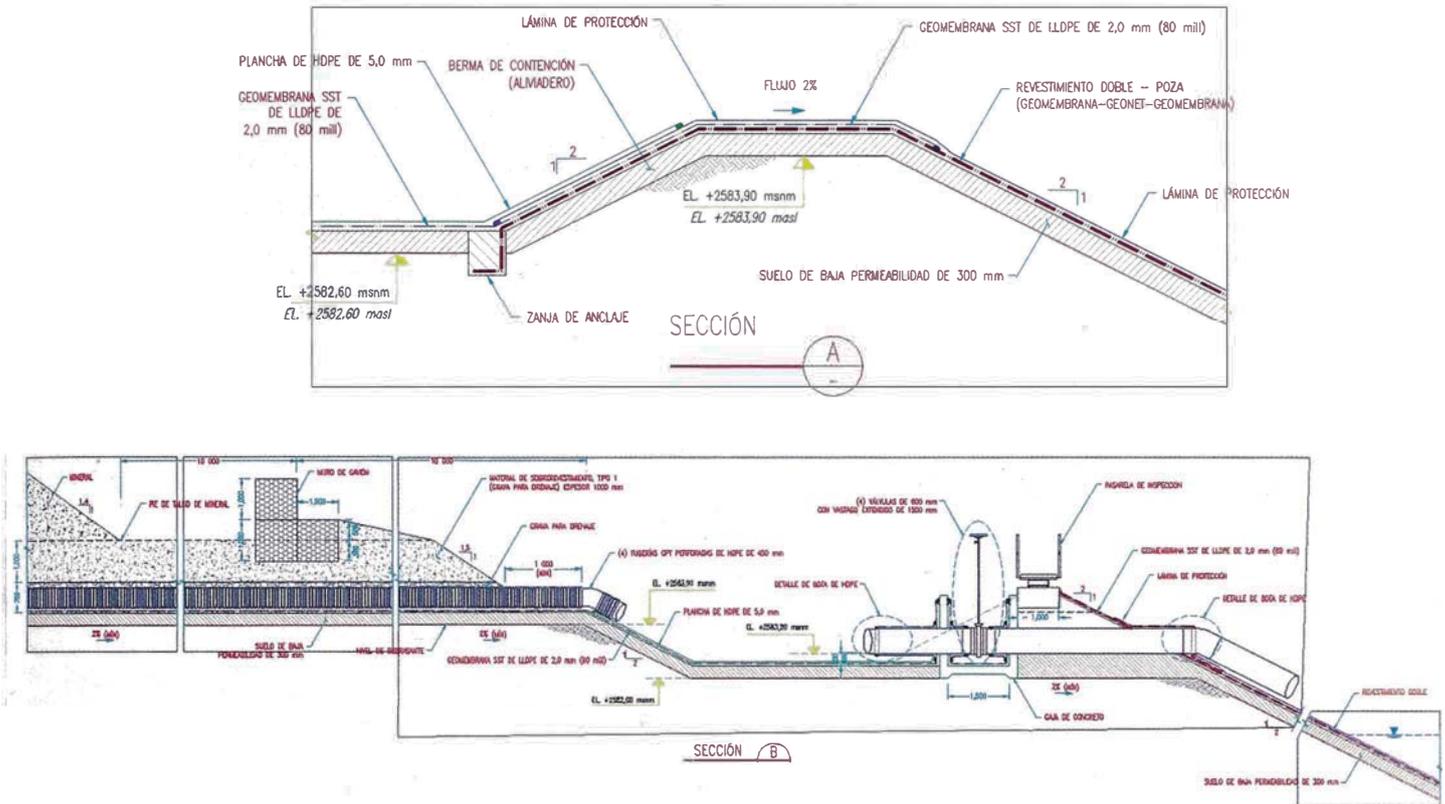


Figura N° 33.- Poza de colección de la solución (Perfil).
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

2.3 CAMINO PERIMETRAL

El camino perimetral presenta una longitud de 3410m y es empleado para las inspecciones rutinarias del Pad; el ancho de este acceso permite la circulación de vehículos ligeros y eventuales equipos de mantenimiento. El camino perimetral incluye un sistema de drenaje superficial, consistente en canales de derivación e infraestructura de captación, cruce, conducción y derivación (alcantarillas, cabezales, etc.), así mismo, cuenta con bermas perimetrales que brinda la seguridad necesaria para el tránsito. En un solo tramo del camino perimetral no fue posible mantener los criterios de pendiente máxima, debido a lo cual este tramo fue considerado únicamente como acceso peatonal para fines de despliegue de la geomembrana e inspección de rutina. Por lo anterior y para mantener la continuidad del acceso vehicular a lo largo del pad y poza, se ha realizado la construcción de un camino de desvío (que también cuenta con sus obras de drenaje y bermas) que une el camino perimetral del PAD con el extremo este de la poza de procesos.

El ancho del camino perimetral es como mínimo de 4.5 m y la capa de rodadura es de 200mm de espesor; el camino tiene un bombeo de 2% con dirección al canal de drenaje adyacente. Por razones de seguridad, además de la berma que limita el acceso con el Pad y la Poza de Procesos, se ha considerado la instalación de postes de protección de 700 mm de altura libre, entre el acceso y el canal, estos postes son colocados cada 2m en todo el tramo del canal.

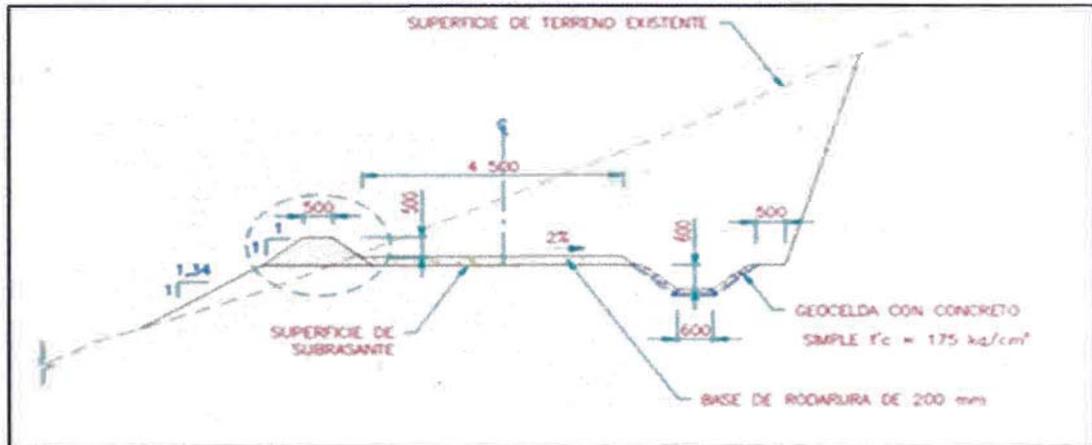


Figura N° 34.- Camino perimetral (Detalle)
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

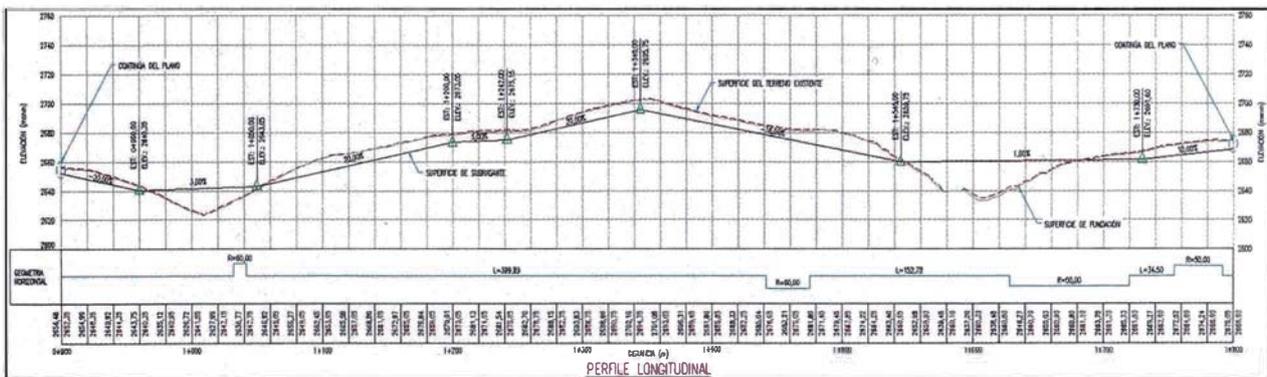


Figura N° 35.- Camino Perimetral (Perfil Longitudinal).
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

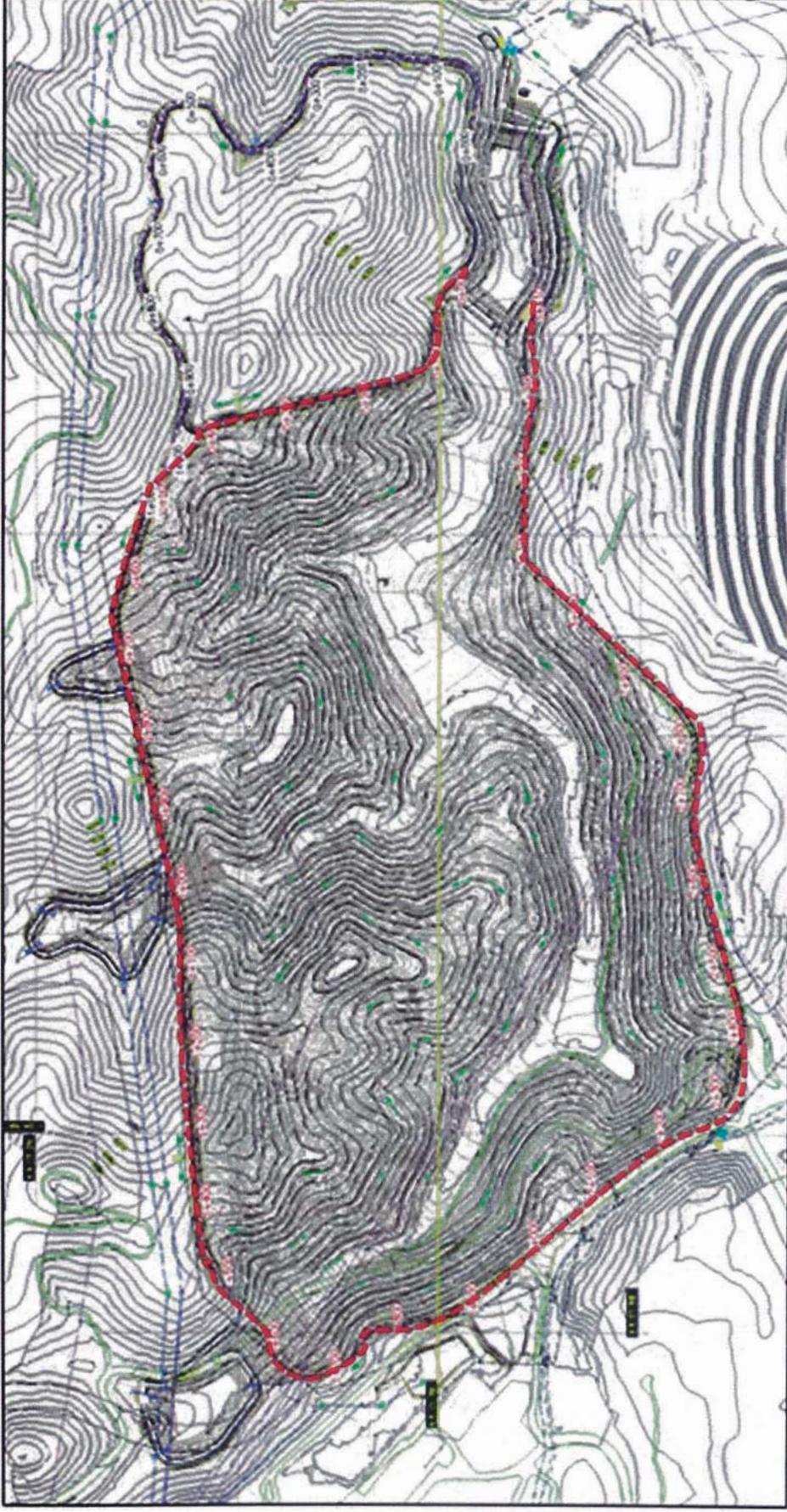


Figura N° 36.- Camino Perimetral (Vista en planta)
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

2.4 CAMINO DE DESVÍO

Para mantener la continuidad del acceso vehicular a lo largo del pad y poza, se ha realizado un camino de desvío que tiene una longitud de 1,060 m y que une el camino perimetral del pad en su progresiva 0+480 con la parte baja con el extremo este de la poza de procesos.

El camino de desvío tiene 4,5 m de ancho, con una berma de seguridad de 0,5m de altura a lo largo del mismo en las zonas de relleno. La pendiente máxima prevista es de 12%, con un radio mínimo de curvatura de 25 m, peralte de 2 m y un canal de derivación.

Los trabajos de plataformado para el camino de desvío consisten en la excavación de suelos inadecuados de cobertura natural. Esta excavación tiene como límite a la huella del diseño del camino (hombro de corte o pie de relleno según sea el caso). Adicionalmente existe una remoción de limpieza y desbroce de suelos inadecuados de cobertura natural exteriores a la huella de diseño hasta los límites de la limpieza y desbroce. Posteriormente, se ejecuta la conformación del camino mediante el corte y colocación de relleno estructural, con la finalidad de alcanzar los niveles finales del camino.

El camino perimetral y el camino de desvío cuenta con un plan de mantenimiento periódico que asegure su buen funcionamiento durante la operación. La capa de rodadura de 200 mm de espesor de los caminos tiene una ligera inclinación transversal (aproximadamente 2%) con dirección al canal de derivación adyacente.

Como se visualiza en el siguiente gráfico, para planificar la longitud perimetral que abarca la poza de procesos, se incluirá el volumen de trabajo en dicha partida siendo necesario realizar este trazo para poder construir en dicha área de trabajo, siendo la longitud del nuevo trazo de 1560m.

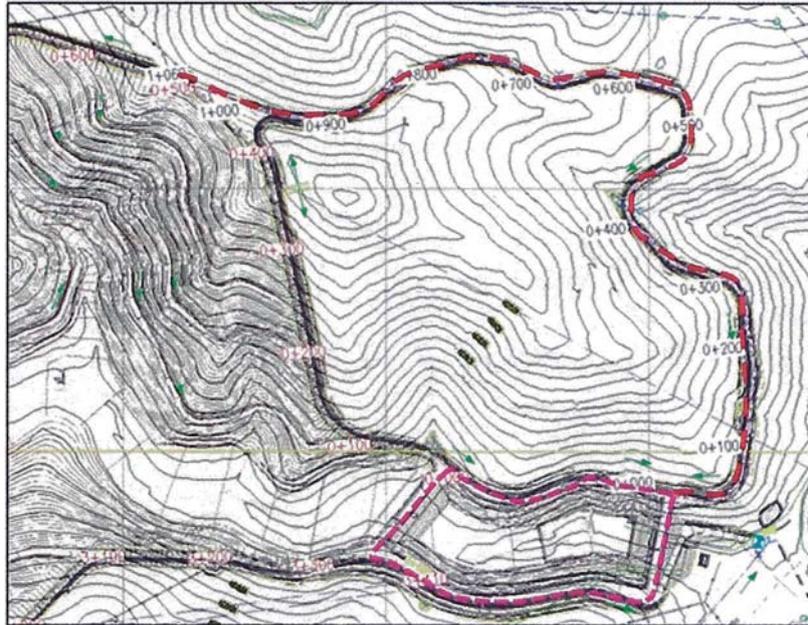


Figura N° 37.- Camino de desvío (Vista en planta).
 (Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

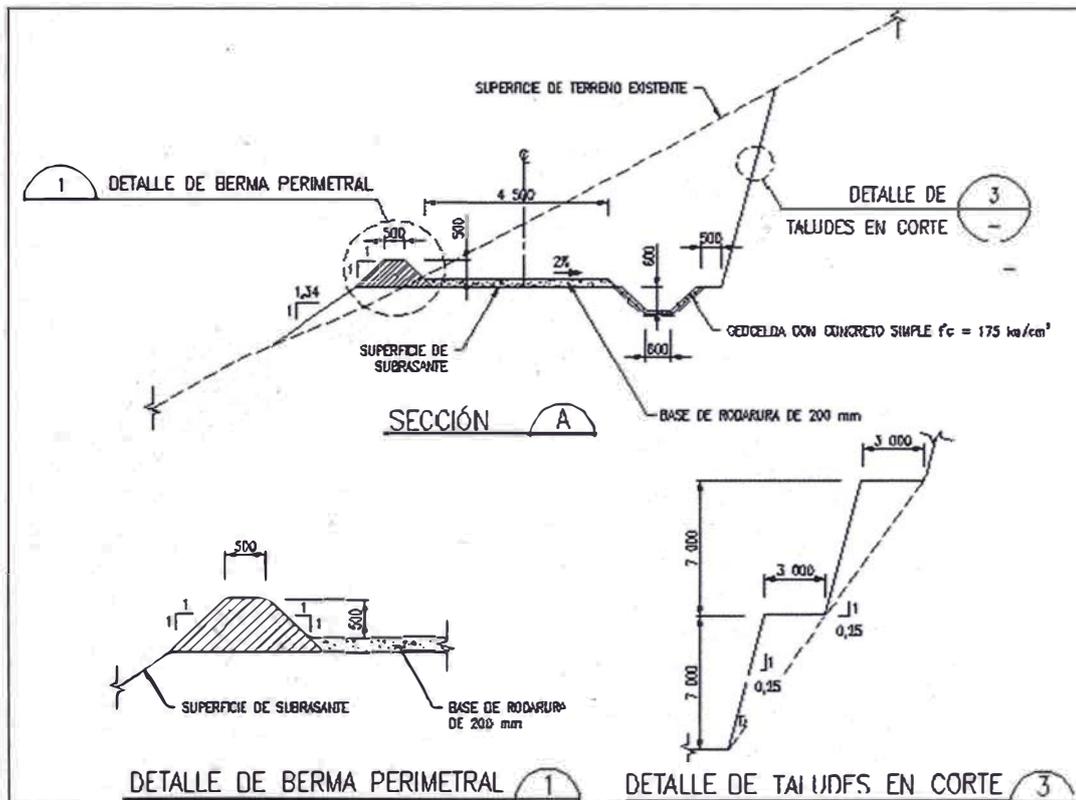


Figura N° 38.- Camino de desvío (Vista en perfil)
 (Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde).

2.5 DIQUES DE RETENCIÓN

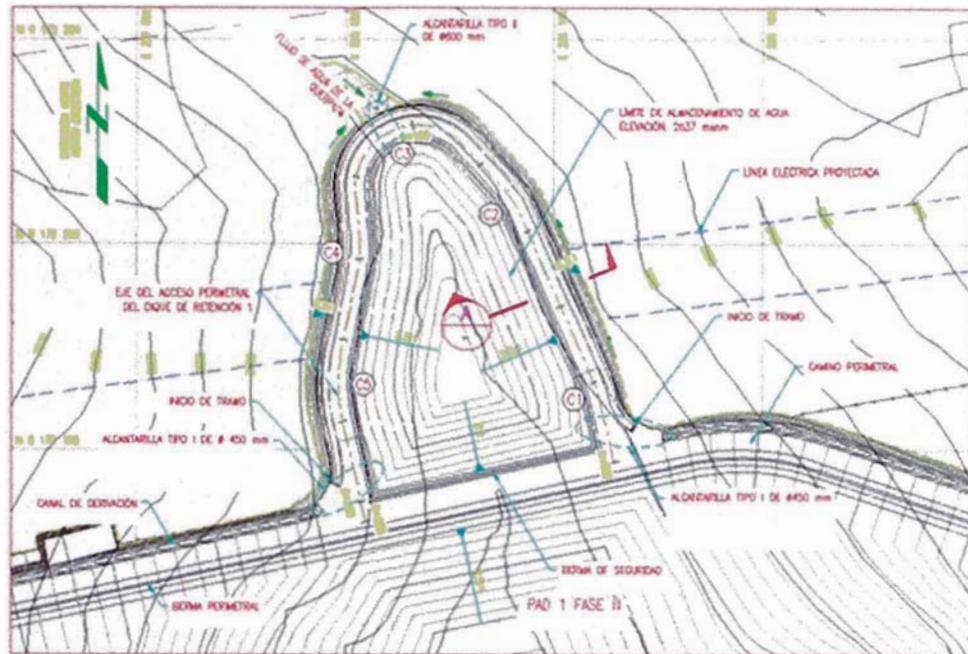
Debido a las restricciones del proyecto, con la presencia de líneas eléctricas y la proximidad del botadero de desmonte, la configuración del perímetro del PAD 1 Fase III fue desarrollado atravesando e impactando pequeñas quebradas, en las cuales se produce la acumulación de agua de escorrentía durante eventos de lluvia en la zona.

El relleno para la construcción del camino perimetral del pad genera en estas quebradas 3 diques de retención. Estos 3 diques se ubican aproximadamente en las siguientes progresivas del camino perimetral: 0+720, 1+020 y 1+600, y tienen alturas máximas de 10,0, 20,0 y 27,0 m, respectivamente. Para la construcción de estos diques se empleó relleno masivo hasta el nivel de subrasante y finalmente se realizó un perfilado de los taludes para eliminar el material suelto. Las pozas tendrán taludes internos de 2H:1V como talud mínimo y son revestidos con suelo de baja permeabilidad.

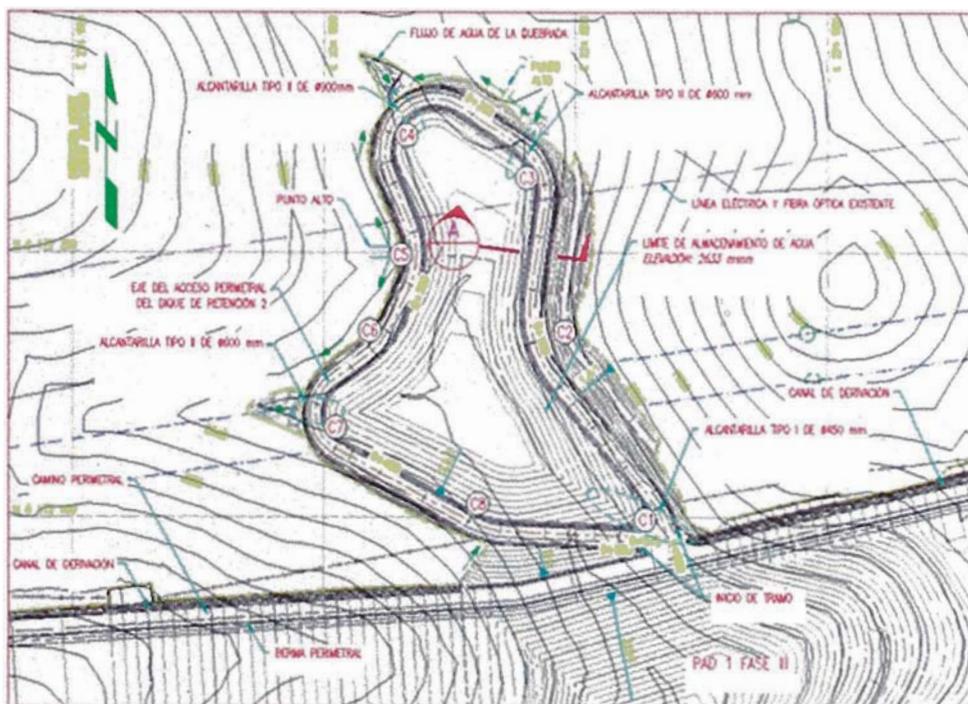
Por lo general, la escorrentía superficial de las pequeñas quebradas, así como del mismo acceso perimetral de los diques de retención es drenada con cunetas de derivación y alcantarillas hacia las pozas de retención de agua. Estos aportes de flujo de agua y las descargas de los canales de derivación desde los puntos más altos hacia los más bajos, donde se ubican estas quebradas.



Figura N° 39.- Diques de retención (Vista en planta)
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

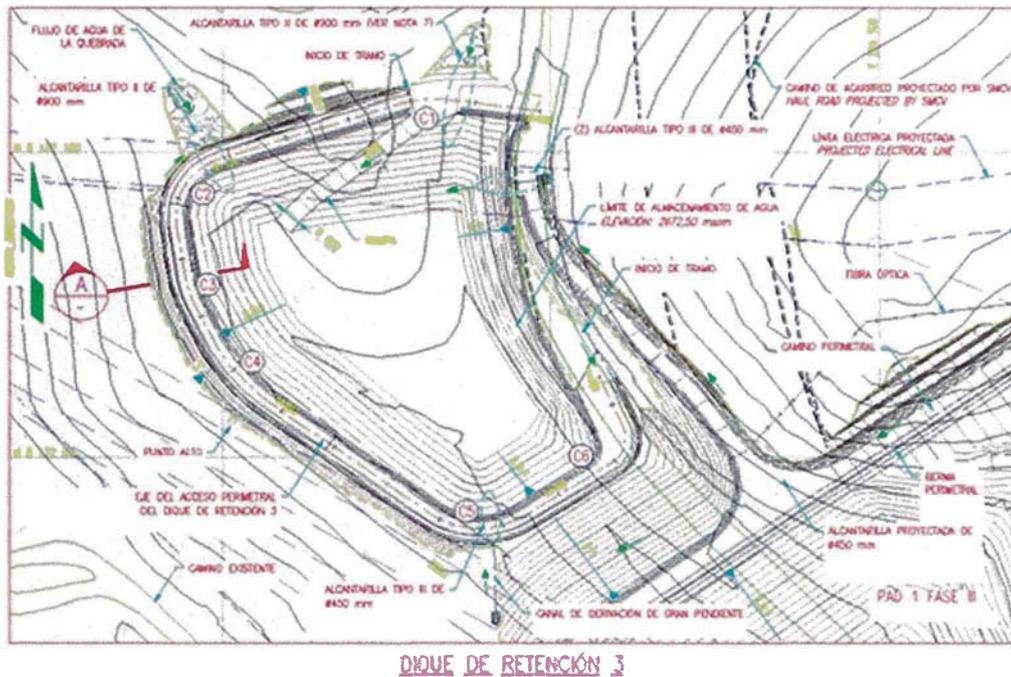


DIQUE DE RETENCIÓN 1



DIQUE DE RETENCIÓN 2

Figura N° 40.- Diques de retención 1 y 2 (Vista en planta).
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)



DIQUE DE RETENCIÓN 3

Figura N° 41.- Dique de retención 3 (Vista en planta).
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

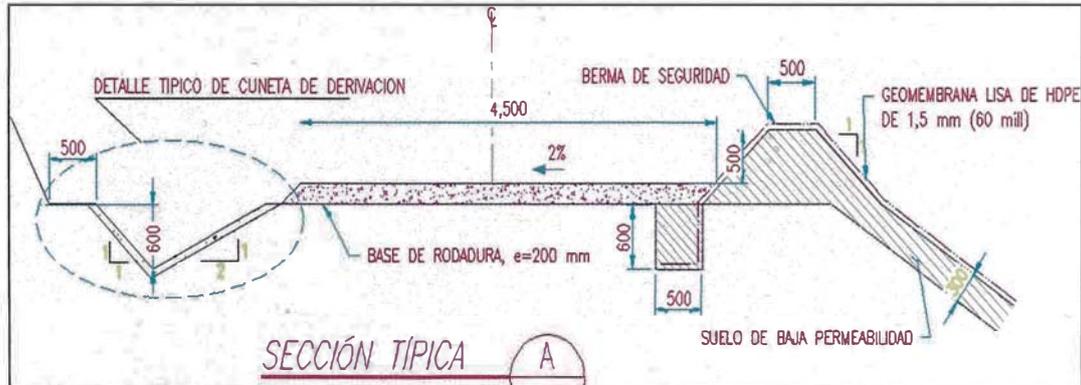


Figura N° 42.- Dique de retención (Vista de Perfil).
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

2.6 DME (DEPOSITO DE MATERIAL EXCEDENTE)

La construcción de las instalaciones del Pad 1 Fase III contempla la disposición del material excedente de construcción en un depósito ubicado aguas abajo del Pad 1 fase II. El depósito tiene una capacidad aproximada de 910,000m³ basada en bolonería y materiales arenosos sueltos que ocupan un área aproximada de 54, 200 m².

Aquí solo se colocara el material en forma escalonada como muestra la siguiente figura, siendo esta etapa no incluida en el planeamiento debido a ser solo parte secundaria de la obra, pues no es requisito de operar la obra.

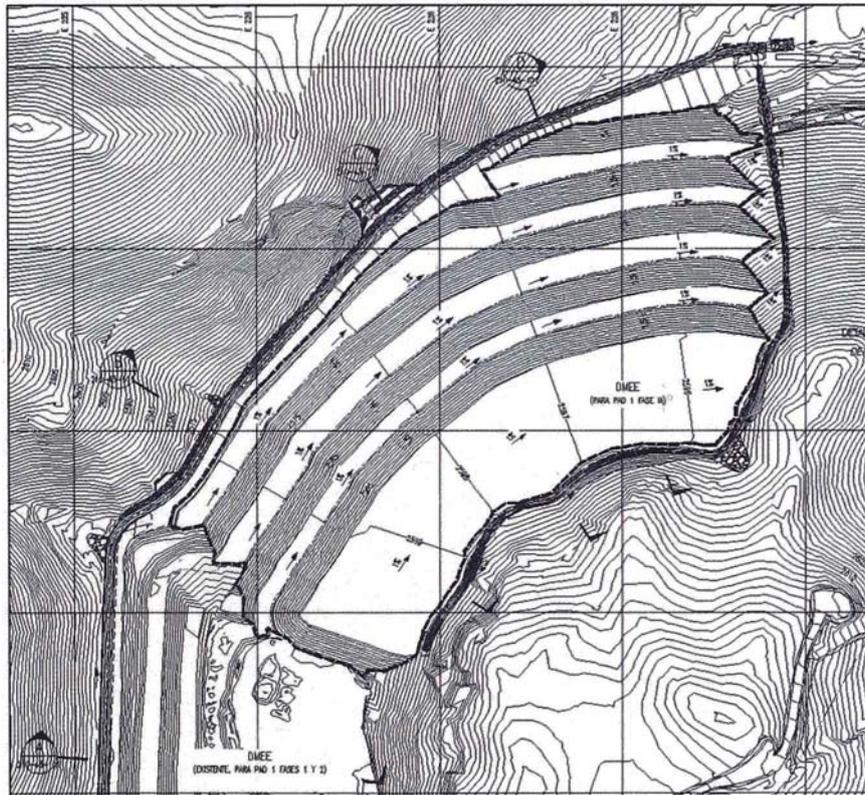


Figura N° 43.- Depósito de material excedente (Vista en planta).

(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

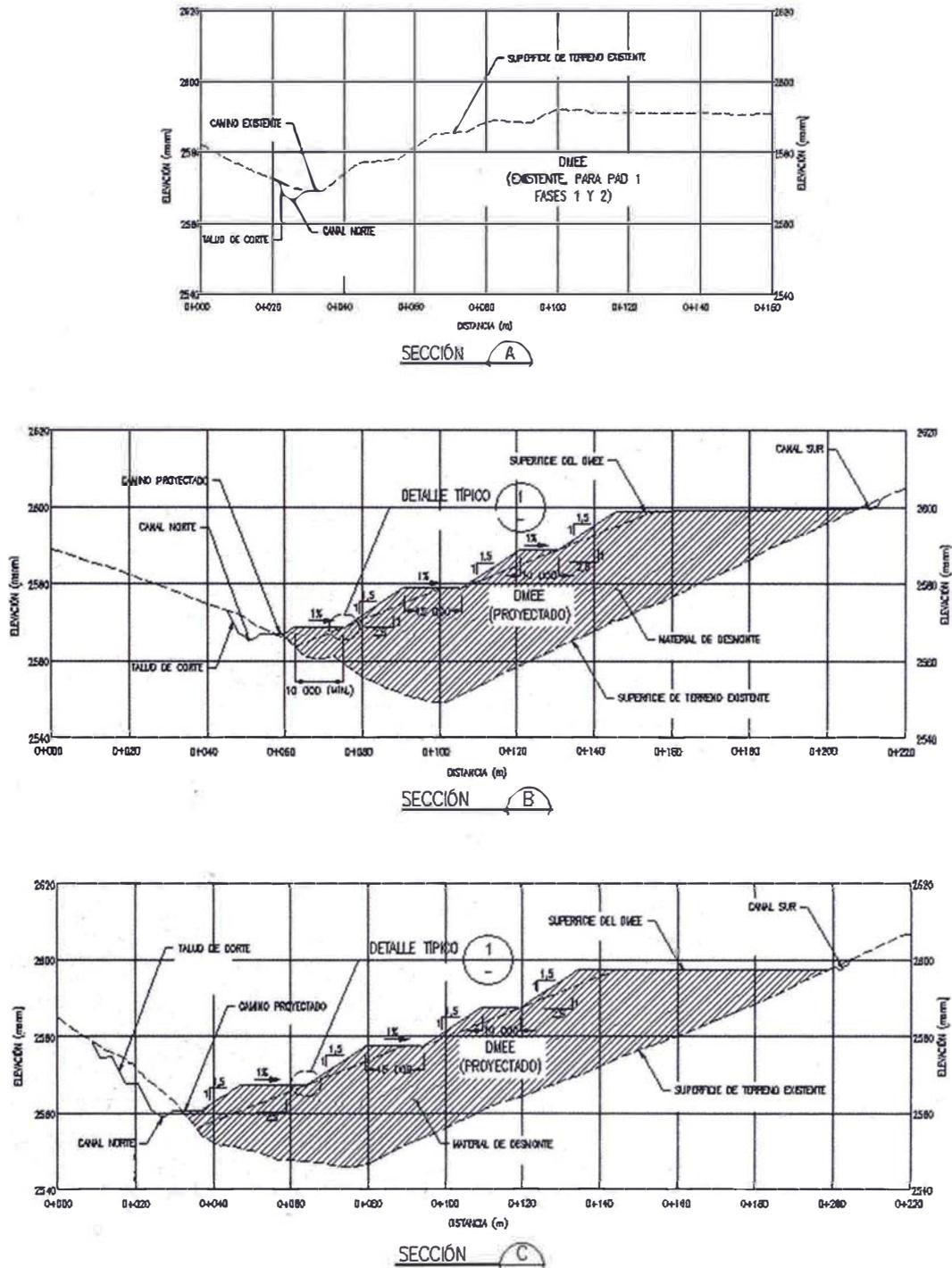


Figura N° 44.- Depósito de material excedente (Perfiles)
 (Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

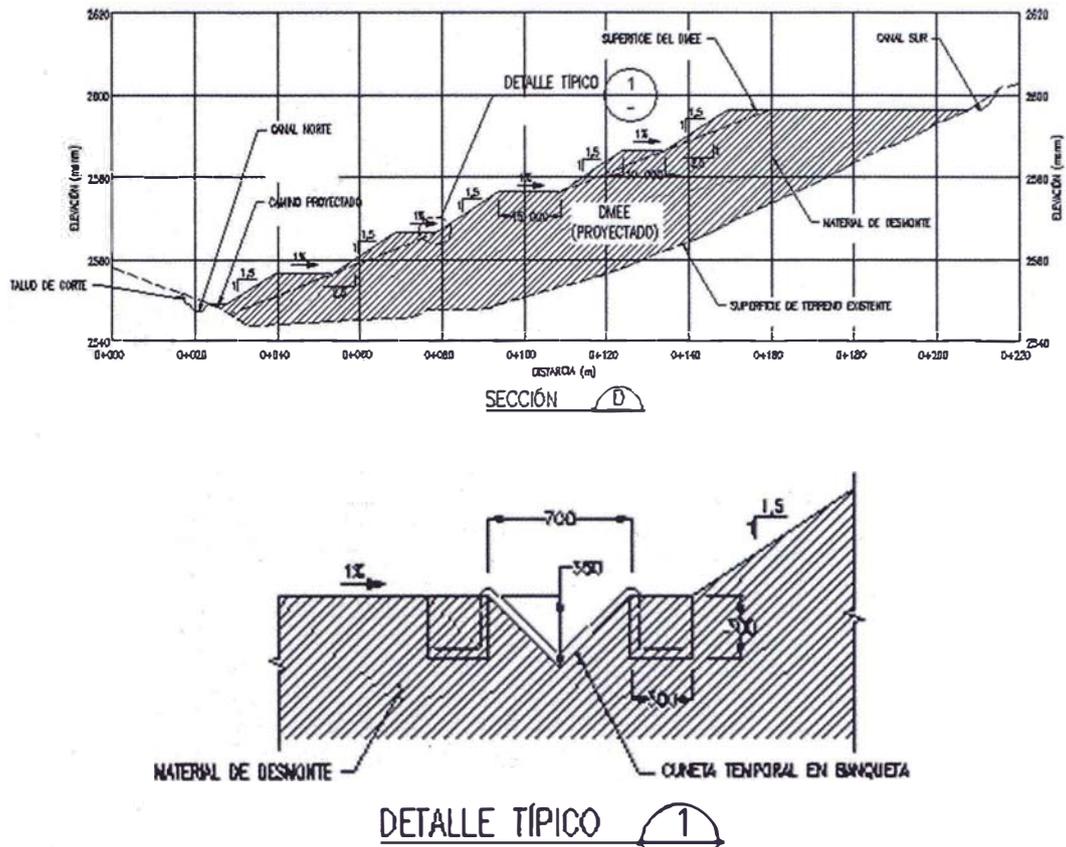


Figura N° 45.- Depósito de material excedente (Detalle de cunetas)
(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde)

2.7 MISCELÁNEOS

El área de construcción incluye ciertas obras de menor envergadura sin embargo como todas las partidas se requieren el espacio, tiempo y norma tecnológica para su respectiva programación, es por ello que en este ítem se menciona a los siguientes:

- Muro gavión
- Colocación de alcantarillas
- Colocación de buzones
- Instalaciones mecánicas (válvulas, casetas, etc.)
- Carpintería metálica (pasarelas, accesorios, etc.)

CAPÍTULO III: PLANEAMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

La planificación de una obra de construcción es el conjunto de actividades tendentes a simular la realización de un trabajo, ordenándolo de la manera más económica posible y previendo todas las acciones para la ejecución del mismo.

3.1. PLANEAMIENTO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

Teniendo como conocimiento lo señalado en el capítulo anterior, en este capítulo se realiza la planificación del Pad 1 Fase III considerando una secuencia constructiva en forma seriada y en cadena.

El Pad es realizado por un frente iniciando las labores con los accesos internos de la obra, los cuales comienzan al margen derecho cercanos a la poza de procesos, esto debido a la baja pendiente del terreno y facilidades del trazo. El frente o la cuadrilla de equipos seguirá trabajando como primer entregable, el camino perimetral incluyendo el camino de desvío cuyo objetivo es tener la plataforma del terreno accesible para iniciar los trabajos seguidamente la poza de lixiviación Pad 1 Fase III. Posteriormente a ello, se continúan los trabajos con la ejecución de los diques de retención, la poza de procesos y los trabajos en el depósito de material excedente (DME).

El proceso a detalle es el siguiente:

- Como primera actividad, se tiene la movilización e instalación de oficinas y talleres, siguiendo del trazo y replanteo.



Figura N° 46.- Movilización e instalación de obras provisionales.
(Fuente: Imágenes brindadas de la empresa JJC Contratistas Generales)

- Seguidamente se procede con el trazo y replanteo del terreno para luego iniciar con la limpieza y desbroce.



Figura N° 47.- Trazo y replanteo

(Fuente: Propia)

- Se inicia las actividades de plataformado, las cuales comenzarán con la Limpieza y desbroce de la zona de trabajo, para lo cual se contará con un tractor D6 y una excavadora sobre orugas 268HP, añadiendo a ello el personal calificado. Luego se procede a realizar los trabajos de corte en material inadecuado y roca ripeable empleando un tractor D8 y una excavadora sobre orugas 268HP.



Figura N° 48.- Corte del terreno.

(Fuente: Propia)

- Paralelamente se transporta el material excedente de la excavación al botadero indicado (DME y plataforma oeste, considerando que no se realizó ninguna labor en la plataforma debido a que se obtiene el depósito totalmente plataformado).
- Conforme se avanza la excavación del material ripeable, se realiza la construcción de las banquetas de corte requeridas según planos.



Figura N° 49.- Excavación de banquetas.
(Fuente: Propia)

- Para la poza de procesos y diques se utilizó la misma metodología de trabajo empleado en la construcción del PAD, la cual se realizó desde aguas arriba de la poza hacia aguas abajo, para las actividades de desbroce y corte de material ripeable.
- Para las zonas de dique, los volúmenes de corte extraídos, producto de las excavaciones, fueron transportados hacia las zonas de relleno en volquete, estas zonas se encuentran a una distancia máxima de 1.5 km. Cabe resaltar que en las zonas de relleno, previamente se ha realizado un escarificado, nivelación y compactación de la zona de fundación del dique de altura 0.50m utilizando como equipo un tractor con ripper, una motoniveladora, un rodillo liso vibratorio y cisterna de agua. Los rellenos se ejecutaron dejando sobre anchos a ambos lados de 1.5m.
- Las maquinarias más comunes empleadas para el plataformado son: el cargador, la excavadora, el tractor, los volquetes como se aprecian en la siguiente figura:

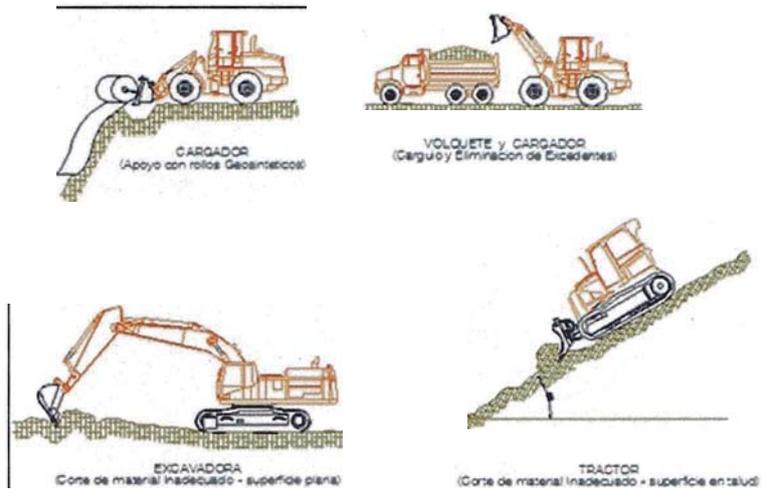


Figura N° 50.- Equipos comunes.

(Fuente: Imágenes obtenida en la web google)

- En forma paralela a los trabajos de excavación de material inadecuado, roca ripeable y fija, se realizó las actividades de relleno masivo. El material empleado para la ejecución de estos rellenos se obtuvo del excedente de corte, el cual se procesó (zarandeo) con la finalidad de cumplir con las especificaciones técnicas solicitadas. Continuamente al relleno masivo también se procedió a colocar el relleno con roca en zonas requeridas según plano.

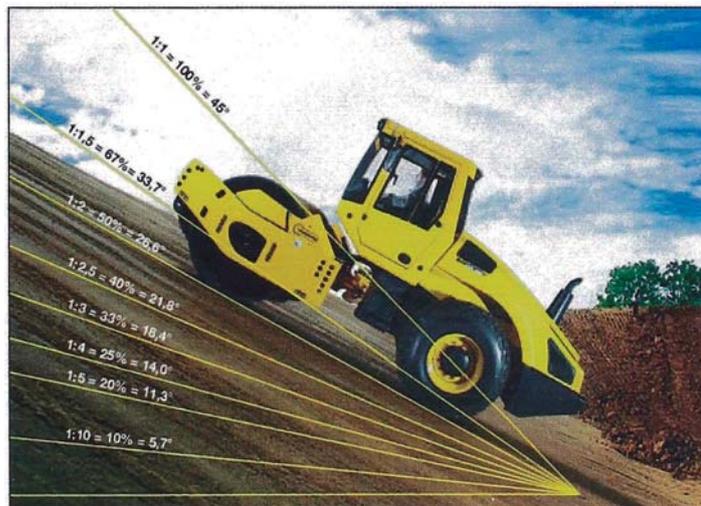


Figura N° 51.- Empleo del rodillo liso.

(Fuente: Imágenes obtenida en la web google)



Figura N° 52.- Material de relleno en diques.

(Fuente: Propia)

- Una vez que los equipos llegaron al nivel de superficie del PAD, se procedió a ejecutar las obras de subdrenaje, las cuales incluyen la excavación de zanja, colocación de la cama de apoyo, e instalaciones de tuberías CPT de diámetros (100mm, 300mm, y 450mm), seguidamente la colocación de la grava de drenaje y la colocación del geotextil no tejido de 270g/m².

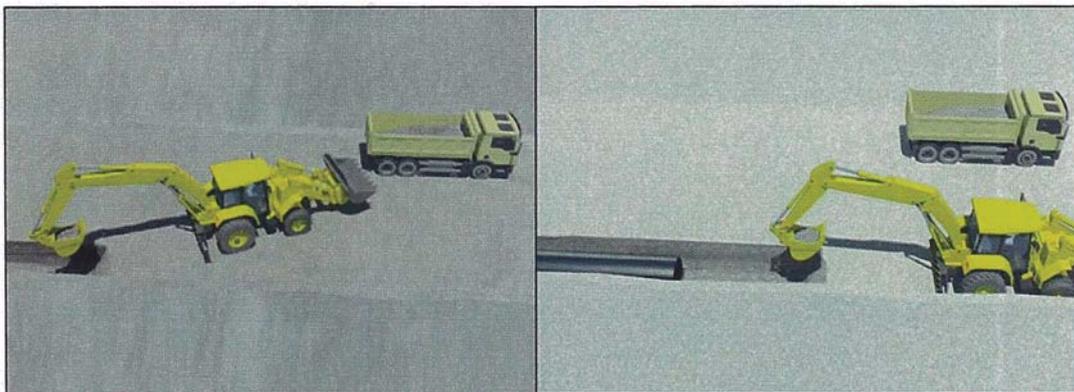


Figura N° 53.- Excavación de zanjas.

(Fuente: Propia)

- En el caso del pad, una vez avanzada la excavación de zanja para el anclaje de los geosintéticos, se procede con la instalación del geotextil no tejido, el cual para ello, se empleó el uso del cargador frontal 211 HP y la cuadrilla especializada para dicha instalación, contando con un rendimiento de 2400m²/ día.



Figura N° 54.- Sistema de revestimiento.

(Fuente: Propia)

- En el caso de la poza de procesos, se procede con la colocación del geocompuesto: dos capas de geomembrana de 1.5mm y en medio el geonet, el cual para ello, se empleó el uso del cargador frontal 211 HP, contando con un rendimiento de 2400m²/ día.
- Es necesario conocer la intensidad del viento o la velocidad pad este mismo para la colocación de los geosintéticos, esto debido a que este es un factor definido para el periodo de colocación o postergación de la actividad.
- En el caso de los diques, únicamente se impermeabilizó con geomembrana de 1.5mm, el cual para ello, se empleó el uso del cargador frontal 211 HP y la cuadrilla especializada para dicha instalación, contando con un rendimiento de 2400m²/ día.



Figura N° 55.- Revestimiento en diques.
(Fuente: Propia)

- Luego de tener avanzada un porcentaje de la zona de trabajo del pad con el geotextil y conociendo lo especificado por los planos se procede a realizar la colocación del relleno estructural en una capa mínima de 200mm, continuando con la instalación del material de baja permeabilidad de 300mm de espesor.

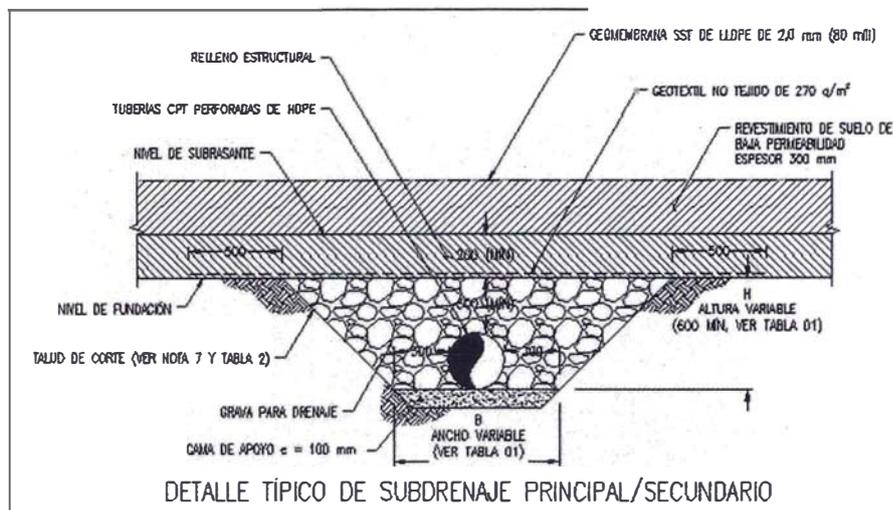


Figura N° 56.- Sistema de sub drenaje.
(Fuente: Planos brindados por la SMCV)

- Obtenido la colocación del suelo de baja permeabilidad o llamado también soil liner, se procede a colocar los geosintéticos, como son: el geocompuesto, el GCL, y la geomembrana respectivamente, con un rendimiento de 4000m²/día y considerando para la instalación un cargador frontal 211HP.

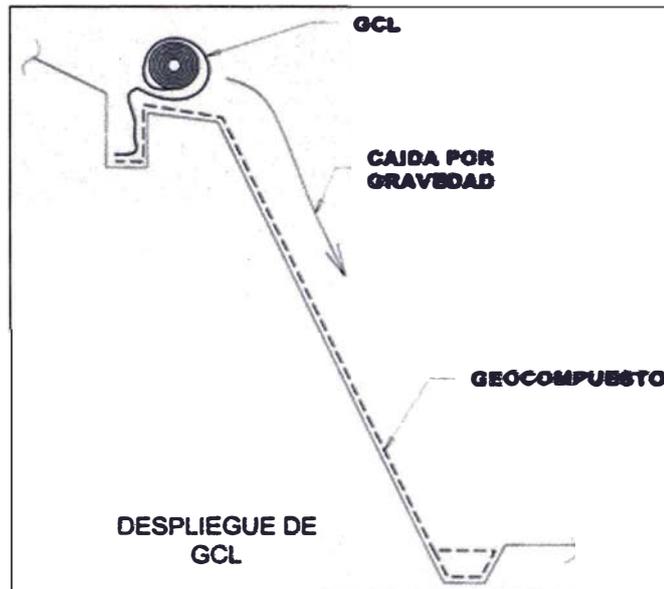


Figura N° 57.- Sistema de revestimiento.
(Fuente: Esquema propio)



Figura N° 58.- Colocación de los geosintéticos.
(Fuente: Esquemas propios en 3D)

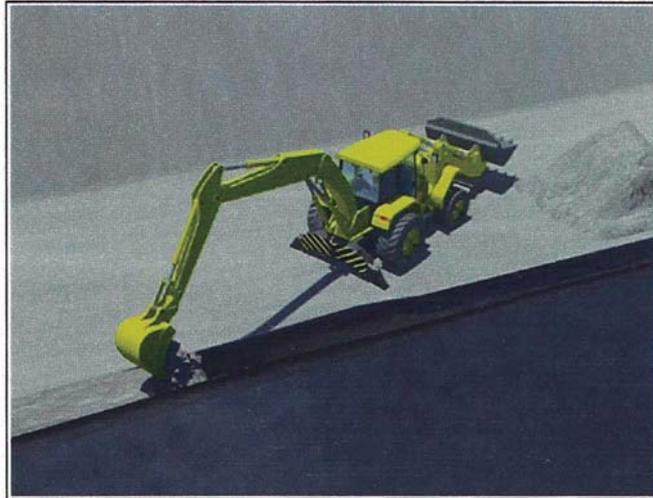


Figura N° 59.- Relleno de las zanjas de anclaje.
(Fuente: Esquemas propios en 3D)

- Para la unión de la geomembrana se utilizó el método de extrusión, para lo cual los soldadores tendrá la debida seguridad para ejecutar el presente trabajo.



Figura N° 60.- Sellado de la geomembrana por extrusión.
(Fuente: Imágenes brindadas por la empresa SIGSA)

- Después de colocar los geosintéticos mencionados, se procedió a colocar las tuberías perforadas CPT de 100, 300 y 450mm como proceso de colección de la solución y a ello se prosigue con la grava de drenaje, y la instalación del material de sobre revestimiento tipo 1 y 2 (tipo 1 para las zonas de laderas y tipo 2 para zonas de los taludes) como se muestra:

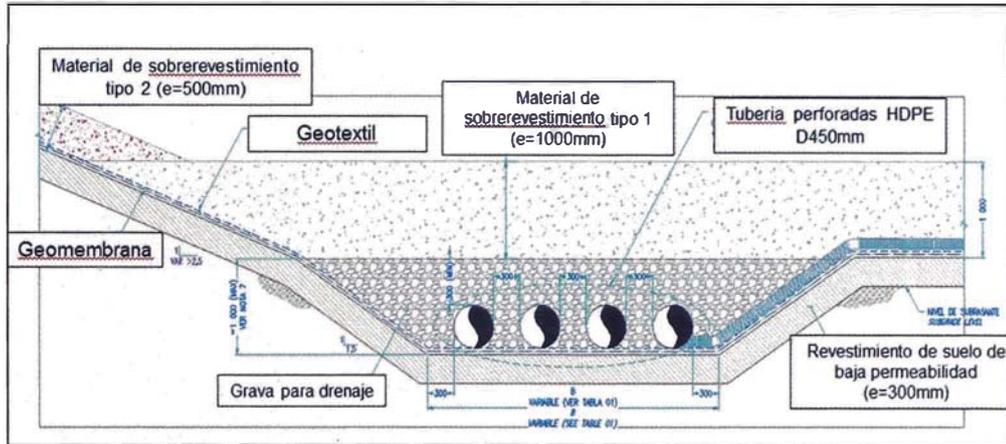


Figura N° 61.- Sistema de colección de la solución (En laderas).

(Fuente: Planos brindados por la SMCV)

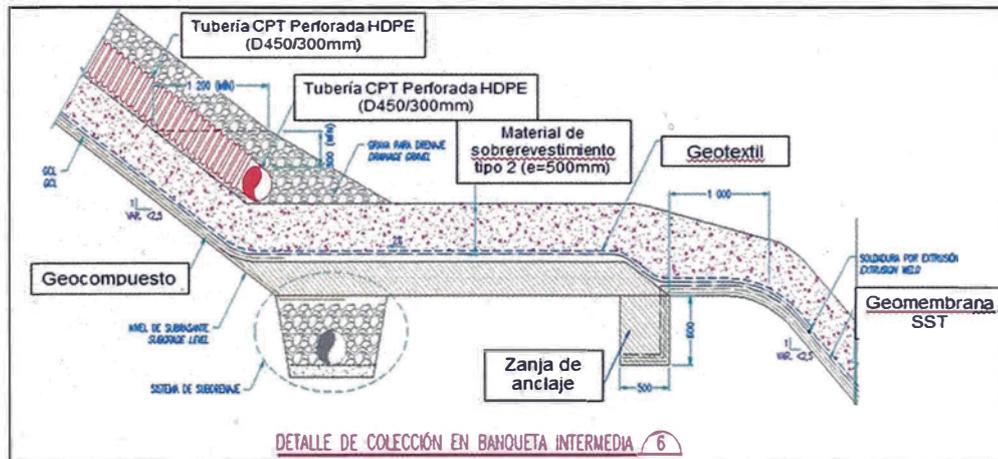


Figura N° 62.- Sistema de colección de la solución (En taludes).

(Fuente: Planos brindados por la SMCV)

3.2. ETAPAS DE LA PLANIFICACION

Para diseñar la cadena de construcción se toma como base inicial el cronograma de ejecución tentativo que nos sirve para identificar el tiempo necesario distribuido por cada entregable que conforma la cadena objeto, evaluando así ciertos parámetros involucrados en los procedimientos constructivos, mayor eficiencia y minorizar pérdidas económicas (costos). El planeamiento inicial es representado por el siguiente esquema secuencial:

1. Camino de desvío.- Es necesario para lograr el acceso provisional de las maquinarias hacia el camino de desvío y hacia el botadero cercano.
2. Camino perimetral.- Como mayor cantidad de volumen de trabajo se procede a efectuar esta zona como requerimiento al ingreso del pad.
3. Pad o poza de lixiviación.- Teniendo la facilidad de los accesos, el ingreso al pad es de mayor factibilidad.
4. Diques 1, 2 y 3 respectivamente.- Etapa tecnológica evaluada después del pad debido a la menor distancia que poseen a la plataforma oeste y al DME respectivamente.
5. La poza de procesos.- Como penúltimo ítem debido a las prioridades que poseen las etapas tecnológicas anteriores.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
Movilizacion y Obras provisionales	█											
Camino de desvío		█										
Camino Perimetral		█	█									
Pad de lixiviación		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
Dique 1			█	█	█							
Dique 2				█	█	█						
Dique 3					█	█	█					
Poza de Procesos		█	█	█	█	█	█	█				
Obras de drenaje			█	█	█							
Miscelaneos (Gaviones, Geoceldas, etc.)			█	█	█							
Desmovilización												█

Figura N° 63.- Cronograma Resumen

(Fuente: Propia).

Analizando como primer aspecto factible, tenemos los caminos de accesos hacia la obra e internos:

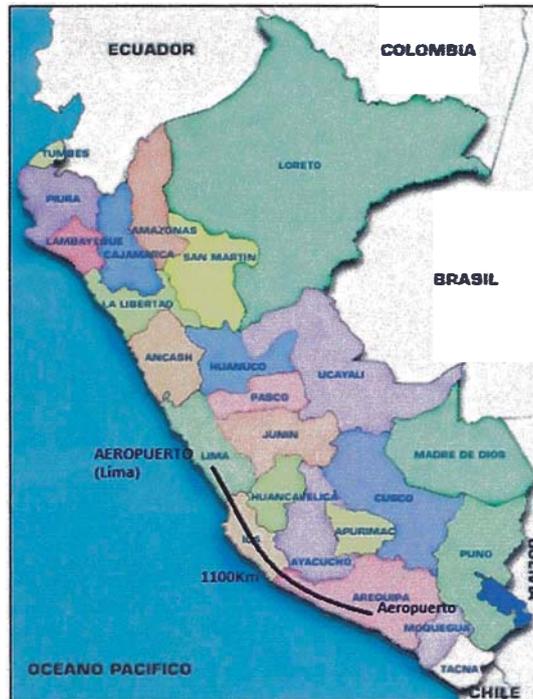


Figura N° 64.- Accesos Existentes (Lima a Obra).
(Fuente: Propia)

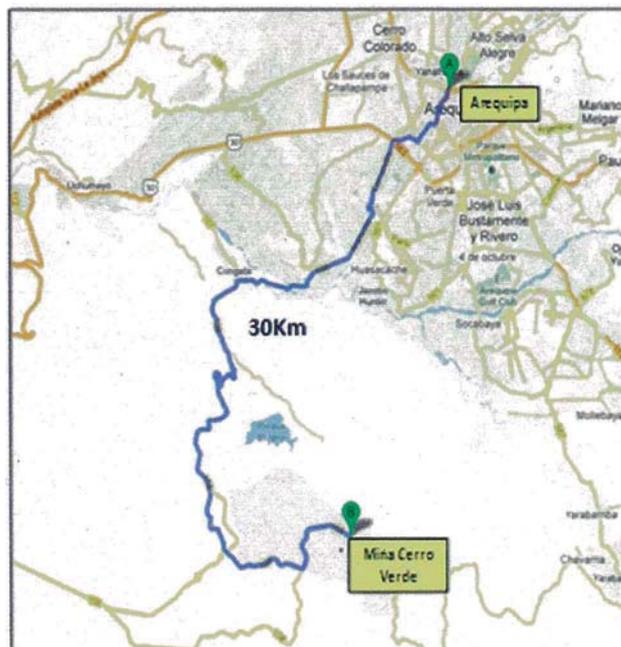


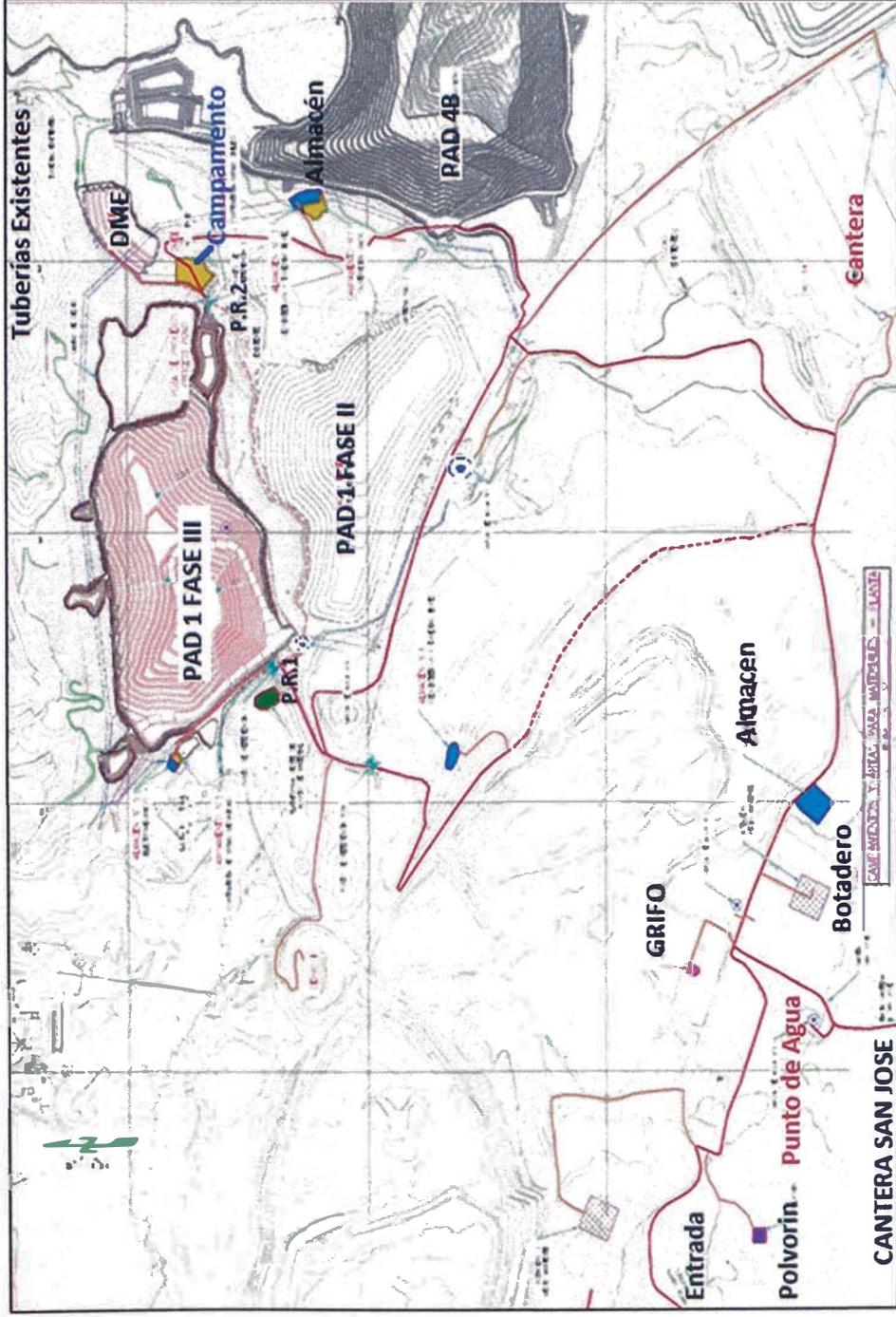
Figura N° 65.- Accesos Existentes (Arequipa - Obra)
(Fuente: Aplicación del Google Maps)

Como accesos internos se tienen las siguientes distancias a evaluar:

Cuadro N° 01.- Cuadro de distancias.

CUADRO DE DISTANCIAS PAD1 FASE III		
DESDE	HACIA	DISTANCA FINAL
PR-01	DMEE PAD 1-FASE III (AL INICIO DEL DMEE)	5.6 km
	PLATAFORMA OESTE DE ACOPIO DE MATERIAL (AL INICIO DE PLATAFORMA)	0<1 km
	CANTERA PAD 4A (AL INICIO DE CANTERA)	4.7 km
	CANTERA PAD-3 (AL INICIO DE CANTERA)	3.5 km
	GARZA N°1 (AGUA INDUSTRIAL)	3.3 km
	GARITA TINAJONES	9.9 km
	CANTERA SAN JOSE	7.9 km
	ALMACEN N°1	6.6 km
	ALMACEN N°4	2.0 km
	CAMPAMENTO N°1	4.2 km
	BOTADERO	6.5 km
	GRIFO MINA	8.5 km
	POLVORIN	8.5 km
	PR-02	DMEE PAD 1-FASE III (AL INICIO DEL DMEE)
PLATAFORMA OESTE DE ACOPIO DE MATERIAL (AL INICIO DE PLATAFORMA)		4.5 km
CANTERA PAD 4A (AL INICIO DE CANTERA)		4.6 km
CANTERA PAD-3 (AL INICIO DE CANTERA)		2.5 km
GARZA N°1 (AGUA INDUSTRIAL)		3.1 km
GARITA TINAJONES		8.9 km
CANTERA SAN JOSE		7.8 km
ALMACEN N°1		6.3 km
ALMACEN N°4		6.0 km
CAMPAMENTO N°1		2.4 km
CAMPAMENTO N°5		0<1 km
BOTADERO MEDIO AMB. 1 (TUBERIAS Y GEOSINTETICOS)		6.4 km
GRIFO MINA		6.3 km
BOTADERO MEDIO AMB. 2 (CONCRETO)		10.0 km
POLVORIN	7.2 km	
PR-ROM	PR-01	1.0 km
PR-ROM	PR-02	5.0 km
PR-01	PR-02 (RUTA PRINCIPAL)	4.5 km
PR-01	PR-02 (RUTA SECUNDARIA ALTERNATIVA)	2.0 km

(Fuente: Propia).



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
[Linea roja]	CURVA DE NIV. DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO EXISTENTE
[Linea roja con puntos]	CURVA DE NIV. DE LA SUPERFICIE DE INTERSECCION DEL PAD. PARA DE PROYECTOS DAME Y CURVAS
[Linea roja con puntos]	CURVA DE NIV. DE LA SUPERFICIE DE APUNTADO
[Linea roja con puntos]	LIMITE DE CORTA O RELLENO
[Linea roja con puntos]	CANAL EXISTENTE
[Linea roja con puntos]	UNDA ELECTRICA Y SIGNA OPTICA EXISTENTE
[Linea roja con puntos]	UNDA DE DESLIZO
[Linea roja con puntos]	REDES EXISTENTES
[Linea roja con puntos]	PIE DE APUNTADO
[Linea roja con puntos]	PERIMETRO DEL PAD 1 FASES I Y II (ACTUALIZADO EN OBTENCION)
[Cuadrado azul]	ALMACENES
[Cuadrado amarillo]	CAMPAMENTOS
[Triangulo azul]	PUNTO DE INTERSECCION
[Circulo azul]	CANAL DE AGUA
[Linea roja]	ALTA PRESION
[Linea roja]	ALTA TENSION
[Linea roja]	ALTA PRESION - ALTERNATA
[Linea roja]	ALTA TENSION - ALTERNATA
[Cuadrado con puntos]	ESPACIO MEDIO MEDIO

Figura N° 66.- Alcances del proyecto.

(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde adaptado como Propia).

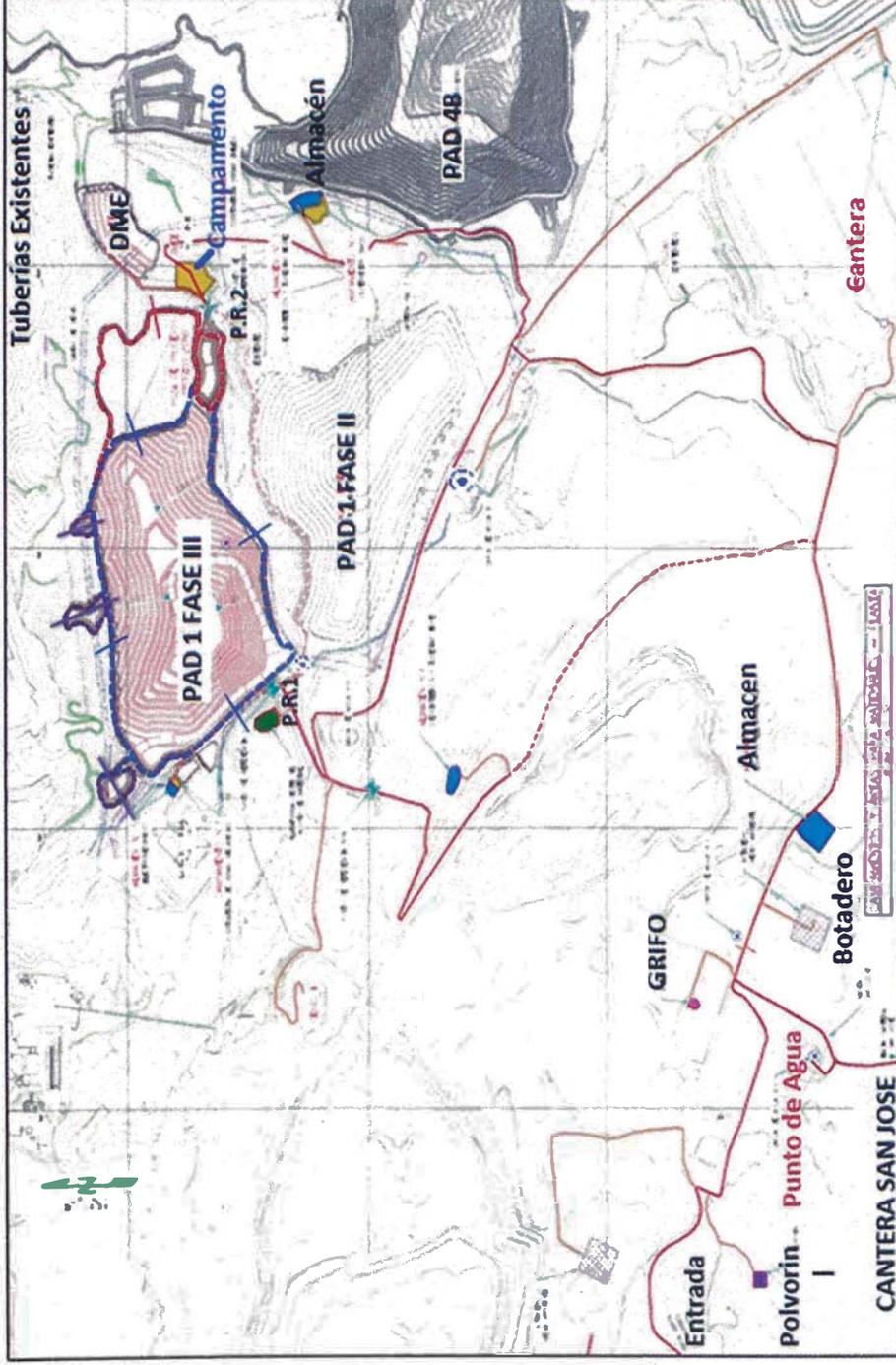


Figura N° 67.- Alcances del proyecto (División de frentes).

(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde adaptado a Propia).

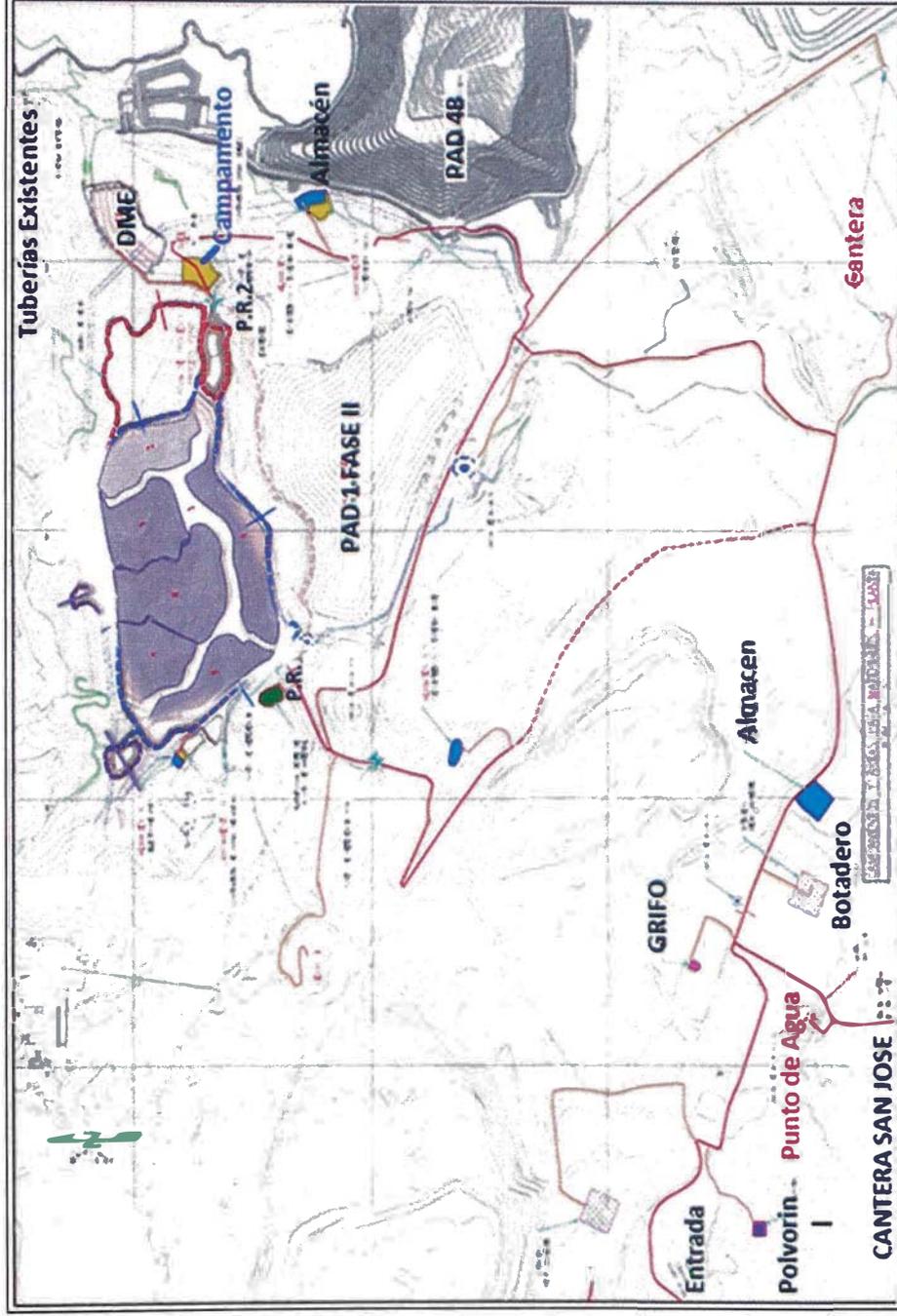


Figura N° 68.- Alcances del proyecto (Unidades de producción).

(Fuente: Planos obtenidos de la empresa Cerro Verde adaptado a Propia).

El contenido de una planificación es el siguiente:

- Organigrama.
- WBS o EDT
- Cronograma de trabajo
- Histogramas.

A. ORGANIGRAMA

El Pad 1 Fase III presenta como organigrama al lugar y responsabilidad de trabajo que cada área manifiesta. A esto se incluyen las funciones y línea de mando que describimos a continuación:

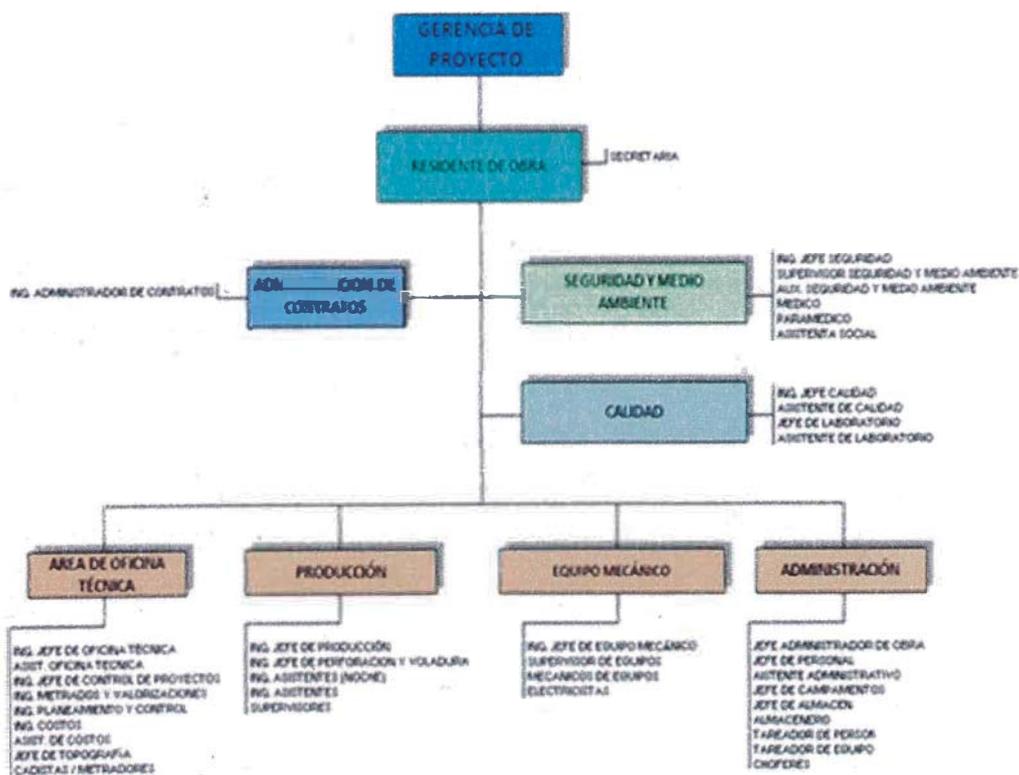


Figura N° 69.- Organigrama.

(Fuente: Esquema propio).

B. WBS ó EDT

La herramienta más apropiada utilizada en el planeamiento es el WBS (Work Breakdown Structure) ó EDT (Estructura de Descomposición del Trabajo). Esta metodología nos permite definir los sectores de trabajo, las etapas tecnológicas o entregables, las tareas o actividades, también nos permite optimizar el uso de software de gestión de proyectos como el Primavera P6 y el Ms Project, para ello se emplea el uso del programa WBS Chart Pro como se denota a continuación.

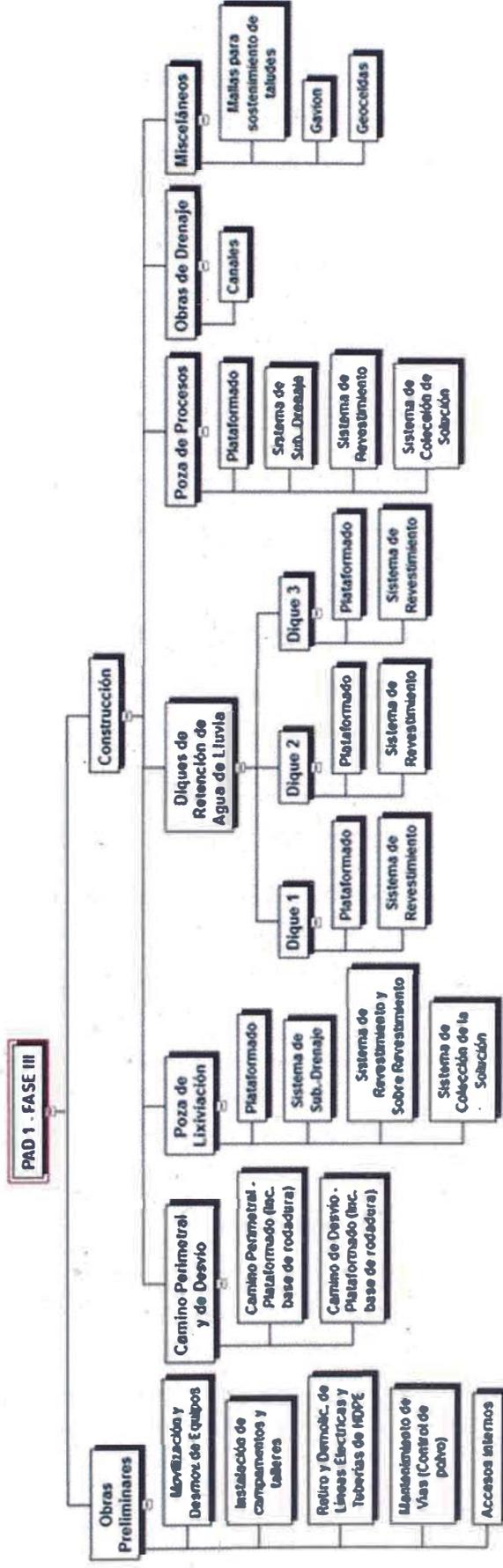
Siendo el frente quienes desarrollan las siguientes etapas tecnológicas:

- El camino perimetral.
- El camino de desvío.
- La poza de lixiviación.
- Los diques de retención.
- La poza de procesos.

Las actividades de trabajo son:

- Plataformado (Limpieza, excavación y relleno masivo).
- Sistema de Subdrenaje (Excavaciones, Instalación de Tuberías HDPE, grava de drenaje).
- Sistema de Revestimiento y Sobre Revestimiento (Instalación de Geosintéticos, colocación del Over liner tipo 1 y 2).
- Sistema de Colección de Solución (Instalación del Sistema Mecánico).
- Obras de Arte (Construcción de canales, pozas, alcantarillas, etc.)

Cuadro N° 02.- WBS o EDT – Etapas tecnológicas.



(Fuente: Esquema propio empleando el software WBS Chart Pro).

C. RENDIMIENTOS

Considerando los aspectos climatológicos (temperatura) que presenta la ubicación de la obra, se mencionan algunos rendimientos asumidos para la elaboración del cronograma. Siendo estos obtenidos en la experiencia laboral en la construcción del proyecto.

Cuadro N° 03.- Cuadro de Rendimientos.

Actividades	Maquinaria	Rendimiento	Unidad
Limpieza y desbroce de terreno.	Tractor D6 + Excavadora sobre oruga 268HP	600	m3/día
Corte de material inadecuado y ripeable.	Tractor D8 + Excavadora sobre oruga 268HP	800	m3/día
Excavación que requiere voladura.	Rock Drill + Tractor D8	500	m3/día
Relleno masivo.	Motoniveladora DE 135-155 HP + Rodillo 0.8-1.1Tn	1200	m3/día
Relleno con roca	Motoniveladora DE 135-155 HP + Rodillo 0.8-1.1Tn	1200	m3/día
Relleno para diques	Motoniveladora DE 135-155 HP + Rodillo 0.8-1.1Tn	1200	m3/día
Relleno estructural	Motoniveladora DE 135-155 HP + Rodillo 0.8-1.1Tn	1200	m3/día
Colocación del suelo de baja permeabilidad	Tractor D8 + Motoniveladora DE 135-155 HP + Rodillo 0.8-1.1Tn	200	m3/día
Colocación del suelo de baja permeabilidad en bermas	Tractor D8 + Motoniveladora DE 135-155 HP + Rodillo 0.8-1.1Tn	200	m3/día
Colocación de grava de sub drenaje	Retroexcavadora 92HP + Plancha compactadora 8HP	100	m3/día
Bermas en camino perimetral y de desvío	Motoniveladora DE 135-155 HP + Rodillo 0.8-1.1Tn + Compactador 83HP	200	m3/día
Base de Rodadura	Motoniveladora DE 135-155 HP + Rodillo 0.8-1.1Tn + Compactador 83HP	200	m3/día
Instalación de Tubería CPT Perforada y no perforada de HDPE 450mm	Odómetro	100	m/día
Instalación de Tubería CPT Perforada y no perforada de HDPE 300mm	Odómetro	180	m/día
Instalación de Tubería CPT Perforada y no perforada de HDPE 100mm	Odómetro	300	m/día
Instalaciones de geosintéticos	Cargador Frontal 211 HP	4000	m2/día
Instalación del Geotextil No Tejido de 200 g/m2	Cargador Frontal 211 HP	4000	m2/día
Excavación y Relleno para zanjas de anclaje.	Plancha Compactadora	60	m3/día
Canal trapezoidal – Cuneta triangular	Camión con Grúa Hiab de 12 Ton	30	m/día

(Fuente: Propia).

D. VOLUMENES DE TRABAJO

Los volúmenes de trabajo han sido obtenidos mediante usos y cálculos de programas como el Autocad Civil, donde se obtienen los volúmenes del terreno a excavar y rellenar, asimismo también se obtienen la cantidad de líneas de tuberías a colocar y las áreas a cubrir con el sistema de revestimiento.

Cuadro N° 04.- Volúmenes de Trabajo

DESCRIPCION	UND	VOLUMEN DE TRABAJO
CONSTRUCCION		
CAMINO PERIMETRAL (3410m)		
Corte de material inadecuado - roca ripeable	m3	36,239.85
Excavación en roca fija - requiere voladura	m3	13,898.88
Relleno masivo (en capas de 600mm)	m3	45,871.00
Bermas perimetrales - Suelo de baja permeabilidad	m3	10,249.00
Base de rodadura e=200mm	m3	9,839.00
CAMINO DE DESVÍO (1560m)		-
Corte de material inadecuado - roca ripeable	m3	11,833.00
Excavación de roca fija - requiere voladura	m3	8,520.00
Relleno masivo (en capas de 600mm)	m3	7,580.00
Bermas perimetrales - Suelo de baja permeabilidad	m3	2,863.00
Base de rodadura e=200mm	m3	5,058.00
PAD 1 FASE III		
PAD DE LIXIVIACION N°1		
PLATAFORMA		
Limpieza y desbroce	m3	13,206.63
Corte de material inadecuado - roca ripeable	m3	13,329.84
Excavación en roca fija - requiere voladura	m3	8,440.99
Relleno masivo (en capas de 600mm)	m3	17,956.51
Relleno masivo con roca	m3	8,590.93
Relleno estructural	m3	14,454.48
Suelo de baja permeabilidad e=0.30m	m3	2,912.54
SISTEMA DE SUB DRENAJE		
Excavación de zanjas	m3	1,546.98
Colocación de la cama de apoyo	m3	279.98
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	m	441.00
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	m	348.32
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	m	1,810.14
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 450mm	m	347.25
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 300mm	m	633.32
Grava de sub drenaje	m3	1,979.56
SISTEMA DE REVESTIMIENTO		
Excavación para zanjas de anclaje	m3	441.18
Geocompuesto (geonet entre dos capas de geotextil)	m2	65,863.19
GCL	m2	61,635.71
Geomembrana lisa de HDPE de 1.5mm, (incluye láminas de protección)	m2	18,069.22
Geotextil no tejido de 270 g/m2	m2	22,404.75
Relleno para zanjas de anclaje	m3	441.18
Transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 1, e=1000mm (colocado en zonas bajas)	m3	16,918.15
Procesamiento, transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 2, e=500mm (colocado en taludes)	m3	18,529.00

SISTEMA DE COLECCIÓN DE LA SOLUCION		
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	m	1,270.21
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	m	1,520.68
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	m	1,521.57
Grava de drenaje para sistemas de colección	m3	2,236.29
PAD DE LIXIVIACION N°2		
PLATAFORMA		
Limpieza y desbroce	m3	8,940.78
Corte de material inadecuado - roca ripeable	m3	9,024.19
Excavación en roca fija - requiere voladura	m3	5,714.48
Relleno masivo (en capas de 600mm)	m3	12,156.41
Relleno masivo con roca	m3	5,815.99
Relleno estructural	m3	9,785.56
Suelo de baja permeabilidad e=0.30m	m3	1,971.77
SISTEMA DE SUB DRENAJE		
Excavación de zanjas	m3	1,047.29
Colocación de la cama de apoyo	m3	189.55
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	m	298.55
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	m	235.81
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	m	1,225.45
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 450mm	m	235.09
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 300mm	m	428.75
Grava de sub drenaje	m3	1,340.15
SISTEMA DE REVESTIMIENTO		
Excavación para zanjas de anclaje	m3	298.67
Geocompuesto (geonet entre dos capas de geotextil)	m2	44,588.82
GCL	m2	41,726.85
Geomembrana lisa de HDPE de 1.5mm, (incluye láminas de protección)	m2	12,232.71
Geotextil no tejido de 270 g/m2	m2	15,167.83
Relleno para zanjas de anclaje	m3	298.67
Transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 1, e=1000mm (colocado en zonas bajas)	m3	11,453.45
Procesamiento, transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 2, e=500mm (colocado en taludes)	m3	12,543.97
SISTEMA DE COLECCIÓN DE LA SOLUCION		
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	m	859.92
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	m	1,029.49
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	m	1,030.09
Grava de drenaje para sistemas de colección	m3	1,513.95
PAD DE LIXIVIACION N°3		
PLATAFORMA		
Limpieza y desbroce	m3	9,861.31
Corte de material inadecuado - roca ripeable	m3	9,953.31
Excavación en roca fija - requiere voladura	m3	6,302.84
Relleno masivo (en capas de 600mm)	m3	13,408.02
Relleno masivo con roca	m3	6,414.79
Relleno estructural	m3	10,793.07
Suelo de baja permeabilidad e=0.30m	m3	2,174.78
SISTEMA DE SUB DRENAJE		
Excavación de zanjas	m3	1,155.12
Colocación de la cama de apoyo	m3	209.06
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	m	329.29
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	m	260.09
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	m	1,351.62
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 450mm	m	259.29
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 300mm	m	472.89
Grava de sub drenaje	m3	1,478.13

SISTEMA DE REVESTIMIENTO		
Excavación para zanjas de anclaje	m3	329.42
Geocompuesto (geonet entre dos capas de geotextil)	m2	49,179.64
GCL	m2	46,023.00
Geomembrana lisa de HDPE de 1.5mm, (incluye láminas de protección)	m2	13,492.17
Geotextil no tejido de 270 g/m2	m2	16,729.49
Relleno para zanjas de anclaje	m3	329.42
Transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 1, e=1000mm (colocado en zonas bajas)	m3	12,632.68
Procesamiento, transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 2, e=500mm (colocado en taludes)	m3	13,835.49
SISTEMA DE COLECCIÓN DE LA SOLUCION		
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	m	948.46
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	m	1,135.48
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	m	1,136.15
Grava de drenaje para sistemas de colección	m3	1,669.82
PAD DE LIXIVIACION N°4		
PLATAFORMA		
Limpieza y desbroce	m3	10,701.47
Corte de material inadecuado - roca ripeable	m3	10,801.31
Excavación en roca fija - requiere voladura	m3	6,839.82
Relleno masivo (en capas de 600mm)	m3	14,550.35
Relleno masivo con roca	m3	6,961.32
Relleno estructural	m3	11,712.62
Suelo de baja permeabilidad e=0.30m	m3	2,360.06
SISTEMA DE SUB DRENAJE		
Excavación de zanjas	m3	1,253.53
Colocación de la cama de apoyo	m3	226.87
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	m	357.34
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	m	282.25
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	m	1,466.78
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 450mm	m	281.38
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 300mm	m	513.18
Grava de sub drenaje	m3	1,604.06
SISTEMA DE REVESTIMIENTO		
Excavación para zanjas de anclaje	m3	357.49
Geocompuesto (geonet entre dos capas de geotextil)	m2	53,369.64
GCL	m2	49,944.06
Geomembrana lisa de HDPE de 1.5mm, (incluye láminas de protección)	m2	14,641.68
Geotextil no tejido de 270 g/m2	m2	18,154.81
Relleno para zanjas de anclaje	m3	357.49
Transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 1, e=1000mm (colocado en zonas bajas)	m3	13,708.96
Procesamiento, transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 2, e=500mm (colocado en taludes)	m3	15,014.24
SISTEMA DE COLECCIÓN DE LA SOLUCION		
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	m	1,029.27
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	m	1,232.22
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	m	1,232.95
Grava de drenaje para sistemas de colección	m3	1,812.09
PAD DE LIXIVIACION N°5		
PLATAFORMA		
Limpieza y desbroce	m3	14,626.82
Corte de material inadecuado - roca ripeable	m3	14,763.28
Excavación en roca fija - requiere voladura	m3	9,348.70
Relleno masivo (en capas de 600mm)	m3	19,887.49
Relleno masivo con roca	m3	9,514.76
Relleno estructural	m3	16,008.86
Suelo de baja permeabilidad e=0.30m	m3	3,225.75

SISTEMA DE SUB DRENAJE		
Excavación de zanjas	m3	1,713.33
Colocación de la cama de apoyo	m3	310.09
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	m	488.42
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	m	385.78
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	m	2,004.80
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 450mm	m	384.59
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 300mm	m	701.42
Grava de sub drenaje	m3	2,192.44
SISTEMA DE REVESTIMIENTO		
Excavación para zanjas de anclaje	m3	488.62
Geocompuesto (geonet entre dos capas de geotextil)	m2	72,945.85
GCL	m2	68,263.77
Geomembrana lisa de HDPE de 1.5mm, (incluye láminas de protección)	m2	20,012.31
Geotextil no tejido de 270 g/m2	m2	24,814.07
Relleno para zanjas de anclaje	m3	488.62
Transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 1, e=1000mm (colocado en zonas bajas)	m3	18,737.46
Procesamiento, transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 2, e=500mm (colocado en taludes)	m3	20,521.53
SISTEMA DE COLECCIÓN DE LA SOLUCION		
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	m	1,406.81
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	m	1,684.20
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	m	1,685.19
Grava de drenaje para sistemas de colección	m3	2,476.77
PAD DE LIXIVIACION N°6		
PLATAFORMA		
Limpieza y desbroce	m3	8,855.81
Corte de material inadecuado - roca ripeable	m3	8,938.44
Excavación en roca fija - requiere voladura	m3	5,660.18
Relleno masivo (en capas de 600mm)	m3	12,040.89
Relleno masivo con roca	m3	5,760.72
Relleno estructural	m3	9,692.57
Suelo de baja permeabilidad e=0.30m	m3	1,953.03
SISTEMA DE SUB DRENAJE		
Excavación de zanjas	m3	1,037.34
Colocación de la cama de apoyo	m3	187.75
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	m	295.71
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	m	233.57
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	m	1,213.81
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 450mm	m	232.85
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 300mm	m	424.68
Grava de sub drenaje	m3	1,327.41
SISTEMA DE REVESTIMIENTO		
Excavación para zanjas de anclaje	m3	295.83
Geocompuesto (geonet entre dos capas de geotextil)	m2	44,165.10
GCL	m2	41,330.33
Geomembrana lisa de HDPE de 1.5mm, (incluye láminas de protección)	m2	12,116.46
Geotextil no tejido de 270 g/m2	m2	15,023.69
Relleno para zanjas de anclaje	m3	295.83
Transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 1, e=1000mm (colocado en zonas bajas)	m3	11,344.61
Procesamiento, transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 2, e=500mm (colocado en taludes)	m3	12,424.77
SISTEMA DE COLECCIÓN DE LA SOLUCION		
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	m	851.75
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	m	1,019.70
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	m	1,020.30
Grava de drenaje para sistemas de colección	m3	1,499.56

PAD DE LIXIVIACION N°7		
PLATAFORMA		
Limpieza y desbroce	m3	7,627.19
Corte de material inadecuado - roca ripeable	m3	7,698.34
Excavación en roca fija - requiere voladura	m3	4,874.90
Relleno masivo (en capas de 600mm)	m3	10,370.37
Relleno masivo con roca	m3	4,961.49
Relleno estructural	m3	8,347.85
Suelo de baja permeabilidad e=0.30m	m3	1,682.07
SISTEMA DE SUB DRENAJE		
Excavación de zanjas	m3	893.42
Colocación de la cama de apoyo	m3	161.70
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	m	254.69
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	m	201.17
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	m	1,045.41
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 450mm	m	200.55
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 300mm	m	365.76
Grava de sub drenaje	m3	1,143.25
SISTEMA DE REVESTIMIENTO		
Excavación para zanjas de anclaje	m3	254.79
Geocompuesto (geonet entre dos capas de geotextil)	m2	38,037.77
GCL	m2	35,596.29
Geomembrana lisa de HDPE de 1.5mm, (incluye láminas de protección)	m2	10,435.46
Geotextil no tejido de 270 g/m2	m2	12,939.35
Relleno para zanjas de anclaje	m3	254.79
Transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 1, e=1000mm (colocado en zonas bajas)	m3	9,770.69
Procesamiento, transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 2, e=500mm (colocado en taludes)	m3	10,701.00
SISTEMA DE COLECCIÓN DE LA SOLUCION		
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	m	733.58
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	m	878.23
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	m	878.75
Grava de drenaje para sistemas de colección	m3	1,291.52
DIQUE 1		
PLATAFORMADO		
Corte de material inadecuado - roca ripeable	m3	8,951.19
Excavación en roca fija - requiere voladura	m3	6,809.57
Relleno masivo (en capas de 600mm)	m3	24,110.60
Relleno masivo en diques de retencion	m3	25,797.24
SISTEMA DE REVESTIMIENTO		
Excavación y relleno para zanjas de anclaje	m3	937.72
Geomembrana lisa de HDPE de 1.5mm	m2	11,913.90
DIQUE 2		
PLATAFORMA		
Corte de material inadecuado - roca ripeable	m3	10,896.31
Excavación en roca fija - requiere voladura	m3	8,106.31
Relleno masivo (en capas de 600mm)	m3	13,855.80
Relleno masivo en diques de retencion	m3	35,457.75
SISTEMA DE REVESTIMIENTO		
Excavación y relleno para zanjas de anclaje	m3	650.61
Geomembrana lisa de HDPE de 1.5mm	m2	9,732.33
DIQUE 3		
PLATAFORMA		
Corte de material inadecuado - roca ripeable	m3	10,490.93
Excavación en roca fija - requiere voladura	m3	5,455.03
Relleno masivo (en capas de 600mm)	m3	12,304.56
Relleno masivo en diques de retencion	m3	58,953.01

SISTEMA DE REVESTIMIENTO		-
Excavación y relleno para zanjas de anclaje	m3	709.68
Geomembrana lisa de HDPE de 1.5mm	m2	10,833.77
POZA DE PROCESOS		-
PLATAFORMADO		-
Limpieza y desbroce	m3	7,746.97
Corte de material inadecuado - roca ripeable	m3	28,411.89
Excavación en roca fija - requiere voladura	m3	10,443.66
Relleno masivo (en capas de 600mm)	m3	29,830.77
Relleno masivo con roca	m3	20,683.19
Relleno estructural	m3	15,055.54
Suelo de baja permeabilidad e=0.30m	m3	5,150.00
SISTEMA DE SUBDRENAJE		-
Excavación de zanjas	m3	726.00
Colocación de la cama de apoyo	m3	477.00
Instalación de tuberías CPT perforada de HDPE 300mm	m	630.00
Instalación de tuberías CPT perforada de HDPE 100mm	m	750.00
Instalación de buzones de subdrenaje de 1500mm	m	36.00
Grava para sub drenaje	m3	726.00
SISTEMA DE REVESTIMIENTO		-
Excavación y relleno para zanjas de andaje	m3	648.00
Lámina de protección	m2	25,255.00
Geocompuesto (geomembrana - geonet - geomembrana)	m2	53,724.00
SISTEMA DE COLECCIÓN DE LA SOLUCION		-
Tubería de HDPE sólida SDR 600mm	m	1,678.00
OBRAS DE DRENAJE		-
Canal triangular 2:1 & 1:1 0.60 geocelda 0.75cm	m	6,099.00
DEÓSITO DE MATERIAL EXCEDENTE		-
Canales		-
Trapezoidal 1:1 0.40 x 0.40 - geocelda 10cm	m	820.00
Trapezoidal 1:1 0.60 x 0.60 - geocelda 10cm	m	490.00
Cunetas		-
Cuneta Triangular 1:1 0.35 x 0.70 - geomembrana HDPE 1mm	m	1,400.00
Cuneta Triangular 1:1 0.50 x 1.00 - geocelda 10cm	m	415.00
MISCELANEOS		-
Malla para sostenimiento de taludes	m	10,900.00
Muro gavión (Altura 1m) 5000x1000x1000mm	und	68.00
Geocelda en talud aguas abajo de la poza	m2	1,078.00

(Fuente: Fuente obtenida por la SMCV).

Conociendo los volúmenes de trabajo, se evalúan las programaciones por cada unidad de producción, siendo 1 año el plazo estipulado por la sociedad minera Cerro Verde, la fecha de inicio es dada el mes de febrero por lo que se asume una movilización de 60 días calendario y la desmovilización de 30 días calendario, quedando como plazo para la construcción lo siguiente:

$$T_{co} = T_{co} + T_{spt} = 60 + mk + 30 = 300 \text{ días útiles}$$

$$mk = 210 \rightarrow m = 210 / k = 210 \text{ días útiles}$$

- 1) **Camino de desvío:** Longitud a trabajar 1560m lo cual según cronograma inicial tentativo, contamos con 2 meses de trabajo (40 días útiles), siendo el avance por día: 39m/día.

Cuadro N° 05.- Planeamiento del Camino de Desvío por día útil.

DESCRIPCION	VOLUMEN DE TRABAJO	REND.	Factor Cuadrilla	TURNOS	DURACION	U.P.	Días por U.P.
CAMINO DE DESVÍO							
Corte de material inadecuado - roca ripeable	11833.m3	800.m3/d	2.00	1.00	7.00	1.00	7.00
Excavación en roca fija - requiere voladura	8520.m3	500.m3/d	2.00	1.00	9.00	1.00	9.00
Relleno masivo (en capas de 600mm)	7580.m3	1200.m3/d	2.00	1.00	3.00	1.00	3.00
Bermas perimetrales - Suelo de baja permeabilidad	2863.m3	200.m3/d	2.00	1.00	7.00	1.00	7.00
Base de rodadura e=200mm	5058.m3	200.m3/d	2.00	1.00	13.00	1.00	13.00

Duración de trabajo por una unidad de producción:

Descripción	VOLUMEN DE TRABAJO	REND.	Factor Cuadrilla	Turnos	Duración (días x U.P.)
CAMINO DE DESVÍO					
Corte de material inadecuado - roca ripeable	296.m3	800.m3/d	2.00	1.00	0.20
Excavación en roca fija - requiere voladura	213.m3	500.m3/d	2.00	1.00	0.20
Relleno masivo (en capas de 600mm)	190.m3	1200.m3/d	2.00	1.00	0.10
Bermas perimetrales - Suelo de baja permeabilidad	72.m3	200.m3/d	2.00	1.00	0.20
Base de rodadura e=200mm	126.m3	200.m3/d	2.00	1.00	0.30

Siendo el cronograma el siguiente:

N°	Proceso (Cadena Particular)	U.P.	3	6	8	9	14	15	16	17	18	19	24	25	26	27	35	
1.2	CONSTRUCCION																	
1.2.1	CAMINO DE DESVÍO (1060m)																	
1.2.1.1	Corte de material inadecuado - roca ripeable	7.00	1k	1k	...	1k	1k											
1.2.1.2	Excavación en roca fija - requiere voladura	9.00			1k	1k	1k	1k	...	1k								
1.2.1.3	Relleno masivo (en capas de 600mm)	3.00								1k	1k	1k						
1.2.1.4	Bermas perimetrales - Suelo de baja permeabilidad	7.00									1k	1k	...	1k				
1.2.1.5	Base de rodadura e=200mm	13.00											1k	1k	1k	1k	...	1k

(Fuente: Propia).

Observando el cronograma se comprueba lo manifestado preliminarmente, los días obtenidos son 35 días útiles y lo señalado inicialmente son 40 días útiles, lo que nos brinda una holgura de 5 días útiles factibles para cualquier inconveniente que la obra pueda requerir.

Evaluando el espacio y tiempo disponible para el traslape entre la actividad de corte de material inadecuado laborando en 5 días de jornada y el corte que requiere voladura, se obtienen los siguientes cálculos:

- ✓ En 8 días útiles: Se excava 11833m3/d para una longitud de 1560m.

- ✓ En 5 días útiles: Se excava 7396m³/d lo que resulta una longitud de 975m (tramo avanzado)

Como se observa el espacio ya realizado de 7396m³/d es realmente factible para proceder con la siguiente actividad de trabajo. De igual manera para el caso del traslape de actividades entre la base de rodadura y las bermas laterales:

- ✓ En 7 días útiles: Se excava 2863m³/d para una longitud de 1560m.
- ✓ En 5 días útiles: Se excava 2045m³/d lo que resulta una longitud de 1115m (tramo avanzado), espacio disponible para ejecutar la siguiente actividad.

2) Camino Perimetral: Cuya longitud es 3410m lo cual según cronograma preliminar contamos con 3 meses de trabajo (60 días útiles), siendo la unidad de producción un promedio de 57m/día.

Cuadro N° 06.- Planeamiento del Camino Perimetral por día útil.

DESCRIPCION	VOLUMEN DE TRABAJO	REND.	Factor Cuadrilla	TURNOS	DURACION	U.P.	Dias por U.P.
CAMINO PERIMETRAL							
Corte de material inadecuado - roca ripeable	36240.m ³	800.m ³ /d	4.00	1.00	11.00	1.00	11.00
Excavación en roca fija - requiere voladura	13899.m ³	500.m ³ /d	4.00	1.00	7.00	1.00	7.00
Relleno masivo (en capas de 600mm)	45871.m ³	1200.m ³ /d	4.00	1.00	10.00	1.00	10.00
Bermas perimetrales - Suelo de baja permeabilidad	10249.m ³	200.m ³ /d	4.00	1.00	13.00	1.00	13.00
Base de rodadura e=200mm	9839.m ³	200.m ³ /d	3.00	1.00	16.00	1.00	16.00

Duración de trabajo por una unidad de producción:

Descripción	VOLUMEN DE TRABAJO	REND.	Factor Cuadrilla	Turnos	Duración (días x U.P.)
CAMINO PERIMETRAL					
Corte de material inadecuado - roca ripeable	604.m ³	800.m ³ /d	4.00	1.00	0.20
Excavación en roca fija - requiere voladura	232.m ³	500.m ³ /d	4.00	1.00	0.10
Relleno masivo (en capas de 600mm)	765.m ³	1200.m ³ /d	4.00	1.00	0.20
Bermas perimetrales - Suelo de baja permeabilidad	171.m ³	200.m ³ /d	4.00	1.00	0.20
Base de rodadura e=200mm	164.m ³	200.m ³ /d	3.00	1.00	0.30

Siendo el cronograma el siguiente:

N°	Proceso (Cadena Particular)	U.P.	2	...	8	9	...	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	...	27	...	37	38	39	...	51
1.2	CONSTRUCCION																									
1.2.2	CAMINO PERIMETRAL (3410m)																									
1.2.2.1	Corte de material inadecuado - roca ripeable	11.00			1k	1k	...	1k	1k	1k	1k															
1.2.2.2	Excavación de roca fija - requiere voladura	7.00						1k																		
1.2.2.3	Relleno masivo (en capas de 600mm)	10.00								1k	...	1k														
1.2.2.4	Bermas perimetrales - Suelo de baja permea	13.00																1k	1k	1k	...	1k				
1.2.2.5	Base de rodadura e=200mm	16.00																				1k	1k	1k	...	1k

(Fuente: Propia).

3) **Poza de Lixiviación:** Área a trabajar 107,640.00m² lo cual según cronograma contamos con 10 meses de trabajo (200 días útiles), siendo la unidad de producción 539m²/día. Sin embargo para el cálculo de las duraciones de cada actividad por unidad de producción resulta altamente complicado, pues es en esta zona donde no se tiene la uniformidad del terreno para tener un avance rítmico con las actividades, lo que dificulta el análisis por día de producción, sin embargo evaluando por tiempo disponible total, se plantea lo siguiente:

Cuadro N° 07.- Planeamiento de la poza de lixiviación por día útil.

DESCRIPCIÓN	VOLUMEN DE TRABAJO	ND.	Factor Cuadrilla	RNOS	DURACION	U.P.	Dias por U.P.
POZA DE LIXIVIACION							
PLATAFORMADO							
Limpieza y desbroce	73820.m3	600.m3/d	6.00	1.00	21.00	1.00	21.00
Corte de material inadecuado - roca ripeable	74509.m3	800.m3/d	5.00	1.00	19.00	1.00	19.00
Excavación en roca fija - requiere voladura	47182.m3	500.m3/d	5.00	1.00	19.00	1.00	19.00
Relleno masivo (en capas de 600mm)	100370.m3	1200.m3/d	6.00	1.00	14.00	1.00	14.00
Relleno masivo con roca	48020.m3	1200.m3/d	6.00	1.00	7.00	1.00	7.00
Relleno estructural	80795.m3	1200.m3/d	6.00	1.00	11.00	1.00	11.00
Suelo de baja permeabilidad e=0.30m	16280.m3	200.m3/d	4.00	1.00	20.00	1.00	20.00
SISTEMA DE SUB DRENAJE							
Excavación de zanjas	8647.m3	60.m3/d	6.00	1.00	24.00	1.00	24.00
Colocación de la cama de apoyo	1565.m3	100.m3/d	2.00	1.00	8.00	1.00	8.00
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	2465.m	100m/d	4.00	1.00	6.00	1.00	6.00
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	1947.m	180m/d	4.00	1.00	3.00	1.00	3.00
Instalación de tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	10118.m	300m/d	4.00	1.00	8.00	1.00	8.00
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 450mm	1941.m	100m/d	4.00	1.00	5.00	1.00	5.00
Instalación de tubería y accesorios CPT no perforada de HDPE 300mm	3540.m	180m/d	4.00	1.00	5.00	1.00	5.00
Grava de sub drenaje	11065.m3	100.m3/d	7.00	1.00	16.00	1.00	16.00
SISTEMA DE REVESTIMIENTO							
Excavación para zanjas de anclaje	2466.m3	60.m3/d	4.00	1.00	10.00	1.00	10.00
Geocompuesto (geonet entre dos capas de geotextil)	368150.m2	4000.m2/d	6.00	1.00	15.00	1.00	15.00
GCL	344520.m2	4000.m2/d	6.00	1.00	14.00	1.00	14.00
Geomembrana lisa de HDPE de 1.5mm, (incluye láminas de protección)	101000.m2	4000.m2/d	6.00	1.00	4.00	1.00	4.00
Geotextil no tejido de 270 g/m2	125234.m2	2500.m2/d	6.00	1.00	8.00	1.00	8.00
Relleno para zanjas de anclaje	2466.m3	60.m3/d	4.00	1.00	10.00	1.00	10.00
Transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 1, e=1000mm (colocado en zonas bajas)	94566.m3	1000.m3/d	6.00	1.00	16.00	1.00	16.00
Procesamiento, transporte y colocación de sobre revestimiento tipo 2, e= 500mm (colocado en taludes)	103570.m3	800.m3/d	6.00	1.00	22.00	1.00	22.00
SISTEMA DE COLECCIÓN DE LA SOLUCION							
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 450mm	7100.m	100m/d	6.00	1.00	12.00	1.00	12.00
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 300mm	8500.m	180m/d	6.00	1.00	8.00	1.00	8.00
Instalación tubería y accesorios CPT perforada de HDPE 100mm	8505.m	300m/d	6.00	1.00	5.00	1.00	5.00
Grava de drenaje para sistemas de colección	12500.m3	100.m3/d	8.00	1.00	16.00	1.00	16.00

8) Obras de drenaje: Estas obras comprenden los canales y cunetas que están ubicadas en el recorrido del camino perimetral y de desvío, siendo detallado en el capítulo II donde se aprecia un corte del terreno, para esta actividad la única restricción que podemos poseer es debido al proceso constructivo, es iniciar las labores después de la colocación de las bermas perimetrales con suelo de baja permeabilidad.

Cuadro N° 12.- Planeamiento de las obras de drenaje.

DESCRIPCION	VOLUMEN DE TRABAJO	REND.	Factor Cuadrilla	TORNOS	DURACION	U.P.	Días por U.P.
OBRAS DE DRENAJE							
Canales							
Canal triangular 2:1 & 1:1 0.60 geocelda 0.75cm	6099.m	60.m/d	3.00	1.00	34.00	1.00	34.00
DEPÓSITO DE MATERIAL EXCEDENTE							
Canales							
Trapezoidal 1:1 0.40 x 0.40 - geocelda 10cm	820.m	30.m/d	3.00	1.00	9.00	1.00	9.00
Trapezoidal 1:1 0.60 x 0.60 - geocelda 10cm	490.m	30.m/d	3.00	1.00	5.00	1.00	5.00
Cunetas							
Cuneta Triangular 1:1 0.35 x 0.70 - geomembrana HDPE 1mm	1400.m	30.m/d	3.00	1.00	16.00	1.00	16.00
Cuneta Triangular 1:1 0.50 x 1.00 - geocelda 10cm	415.m	30.m/d	3.00	1.00	5.00	1.00	5.00

N°	Proceso (Cadena Particular)	U.P.	1	2	3	...	30	31	32	...	63	64	65	66	...	72	73	74	75	76	77	78	79	80	...	93	94	95	96	97	98			
1.2.7	OBRAS DE DRENAJE	-																																
1.2.7.1	Canales	-																																
1.2.7.1.1	Canal triangular 2:1 & 1:1 0.60 geocelda 0.75cm	34.00					1k	1k	1k	...	1k																							
1.2.8	DEPÓSITO DE MATERIAL EXCEDENTE	-																																
1.2.8.1	Canales	-																																
1.2.8.1.1	Trapezoidal 1:1 0.40 x 0.40 - geocelda 10cm	9.00										1k	1k	1k	...	1k																		
1.2.8.1.2	Trapezoidal 1:1 0.60 x 0.60 - geocelda 10cm	5.00															1k	1k	1k	1k	1k													
1.2.8.2	Cunetas	-																																
1.2.8.2.1	Cuneta Triangular 1:1 0.35 x 0.70 - geomembrana HDPE 1mm	16.00																									1k	1k	1k	...	1k			
1.2.8.2.2	Cuneta Triangular 1:1 0.50 x 1.00 - geocelda 10cm	5.00																													1k	1k	1k	1k

(Fuente: Propia).

9) Misceláneos: Aquí abarcamos algunas actividades que son complementarias a ejecutar como parte de la obra, siendo estos: el muro gavión, la malla de sostenimiento para los taludes y las geoceldas.

Cuadro N° 13.- Planeamiento de obras complementarias.

DESCRIPCION	VOLUMEN DE TRABAJO	REND.	Factor Cuadrilla	TORNOS	DURACION	U.P.	Días por U.P.
MISCELANEOS							
Malla para sostenimiento de taludes	10900.m2	40.m2/d	6.00	1.00	45.00	1.00	45.00
Muro gavión (Altura 1m) 5000x1000x1000mm	68.und	10.und/d	1.00	1.00	7.00	1.00	7.00
Geocelda en talud aguas abajo de la poza	1078.m2	500.m2/d	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00

(Fuente: Propia).

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- Es necesario detallar la importancia que ejerce un planeamiento estratégico para elaborar un proyecto de menor o gran envergadura, logrando de este modo optimizar los recursos como son los costos, el tiempo, la mano de obra, etc.
- La programación del proyecto está elaborada por unidades de producción, el cual es un método programado por día útil (1k), logrando así evitar pérdidas de costos en base a excesos de recursos.
- El método de la cadena es posible ejecutarlo en otros proyectos de similar análisis, tanto en un proyecto lineal (en carreteras), como en uno no lineal (pozas de lixiviación).

RECOMENDACIONES:

- Es necesario el uso del ciclograma, para corroborar la ejecución correcta del cronograma, evitando de este modo cualquier discordancia en la duración de las actividades.
- La importancia de ejecutar un ciclograma es realizar la correcta ejecución de las actividades, visualizando así que los trazos de las líneas no se crucen o una actividad no se anticipen actividades predecesoras a una sucesora.
- Una vez obtenido el cronograma de ejecución del proyecto, se procede a obtener las informaciones dependientes como es la curva de avance de la obra y el histograma de equipos a emplear.

BIBLIOGRAFIA

- Manrique Martínez, José A. “Manejo de Pilas de Lixiviación de Oro en Minera Yanacocha S.R.L”. Tesis para optar el Título Profesional. Facultad de Ingeniería de Minas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, 2011.
- Ministerio de Energía y Minas - MINEM. “Manual de Procesos Mineros”. Lima, 2011.
- Nuñovero Rebaza Carlos D. “Diseño y Construcción de PAD de Lixiviación en Pilas”. Tesis para optar el Título Profesional. Facultad de Ingeniería de Geológica Minera y Metalúrgica. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, 2000.
- Pacheco Silva Juan C. “Proceso Constructivo de PAD”. Tesis para optar el Título Profesional. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad de Navarra. España, 2011.
- Vector Perú S.A.C. “PAD de Lixiviación N°14”. Informe de Diseño. Lima, 2004.