

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ**

**METODO Y PLANEAMIENTO DE LA CONSTRUCCION DE UNA
PLATAFORMA DE LIXIVIACION EN UN PROYECTO MINERO**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta el bachiller:

Keddy Martin Briones Salazar

ASESOR: Ivan Enrique Bragagnini Rodriguez

Lima, Diciembre de 2016

DEDICATORIA



A Dios; a mis padres: Fabiola y Martin; a mis hermanos:
Luigi y Fabiana; y a la memoria de mi abuela: Lorenza.

AGRADECIMIENTOS

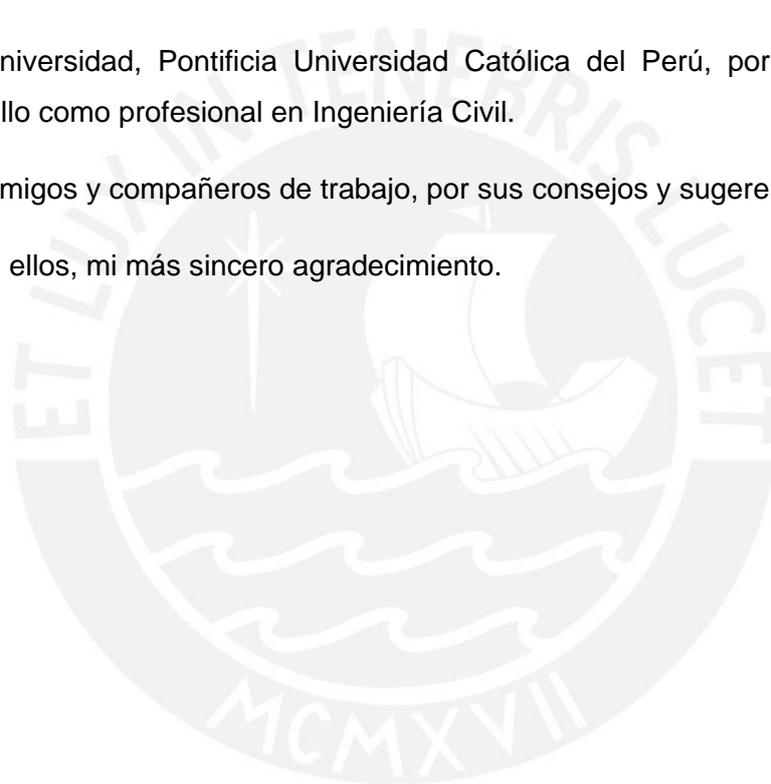
Agradezco a mi asesor de tesis, Ivan Bragagnini, por su supervisión académica, correcciones y sugerencias, que sin ello no hubiera sido posible el satisfactorio desarrollo y culminación de esta tesis.

A mis padres, por su constante interés y empeño en mi crecimiento académico, profesional y personal. A mis hermanos, por sus palabras alentadoras y por ser pequeños, pero grandes amigos. En general, a mi familia por el apoyo incondicional durante la elaboración de esta tesis.

A mi universidad, Pontificia Universidad Católica del Perú, por contribuir en mi desarrollo como profesional en Ingeniería Civil.

A mis amigos y compañeros de trabajo, por sus consejos y sugerencias.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento.



RESUMEN

El proyecto minero que circunscribe esta investigación es el proyecto Tantahuatay, el cual se localiza en el departamento de Cajamarca, Perú. En los últimos años, el proyecto atraviesa su fase de explotación mediante el método de operación de tajo abierto. Las actividades de operaciones en mina contemplan la extracción del mineral, disposición de desmonte de mina, lixiviación del mineral y procesamiento del mismo. Para garantizar el continuo desarrollo de las operaciones mineras, es fundamental la construcción o ampliación de las plataformas de lixiviación.

Actualmente, el proyecto enfrenta un problema de área insuficiente de plataformas de lixiviación construidas, es por ello que se necesita ampliar el área para alcanzar los objetivos de procesamiento de mineral que la mina tiene proyectado para el periodo 2016 - 2017. En esa línea, la compañía minera ha iniciado la construcción de una plataforma de lixiviación, cuyo objetivo consiste en satisfacer la necesidad de área de plataformas de lixiviación y no afectar al normal desarrollo de las operaciones en mina.

En líneas generales, la construcción de la plataforma de lixiviación, en las fases denominadas 3 y 3A, será el eje fundamental para el desarrollo de la presente tesis. La misma que se basará y sustentará en la documentación técnica y económica del proyecto, de igual modo la investigación se fundamentará en la experiencia adquirida durante la etapa de licitación y construcción del proyecto.

En el desarrollo de la presente tesis, se describirá el proyecto propuesto por la compañía minera y bajo los lineamientos del proyecto se planteará el método constructivo para la ejecución de la obra. Asimismo, se elaborará un cronograma de construcción, de tal manera que se pueda definir el tiempo de ejecución de la obra. Además, se realizará el análisis de costo de las partidas con mayor incidencia, a fin de determinar el presupuesto del proyecto.

Finalmente, a partir de la construcción de un proyecto se obtienen parámetros económicos y de plazo que son útiles para la construcción de proyectos similares en el futuro. Bajo esta premisa, se determinará ratios de costo y plazo para la construcción de una plataforma de lixiviación, en base a los resultados cronograma y presupuesto del proyecto.

ABSTRACT

The mining project which encompasses this research is the Tantauatay Project which is located in Cajamarca, Peru. In recent years, the project has passed through its exploitation phase in which is applied the open pit method of operation. The operation activity in mine involves mineral extraction, mine stripping elimination, mineral lixiviation and mineral processing. To ensure the continuous development of mine operations, it is fundamental the construction or enlargement of lixiviation platforms.

Nowadays, the project faces a problem regarding insufficient area of constructed lixiviation platforms, thus it is necessary to expand that area in order to accomplish the mineral processing objectives that the mining company has planned for the 2016-2017 period. In this context, the mining corporation has initiated the construction of a lixiviation platform whose objective is to satisfy the need of lixiviation platform area and to not hamper the ordinary development of mining operations.

Overall, the construction of the lixiviation platform – phase 3 and phase 3A – will be the main focus to develop this thesis. This investigation will be based on the technical and economic information from the project. Furthermore, this research will be built on the experience acquired between the bidding phase and the construction phase.

Through this thesis development, it will describe the proposed project from the mining corporation and – under the guidelines of the project – it will establish a construction method for the execution of works. Additionally, it will elaborate a construction schedule in order to define the time required to complete all the construction phase. Also, it will make a cost analysis of main activities for the purpose of determining the project budget.

Finally, as a result from the construction of projects, professionals obtain economic and time parameters which are useful for the construction of similar projects in the future. Under this premise, it will conclude in cost and lead-time ratios for the construction of the lixiviation platform, all this based on the results of the project budget and schedule.

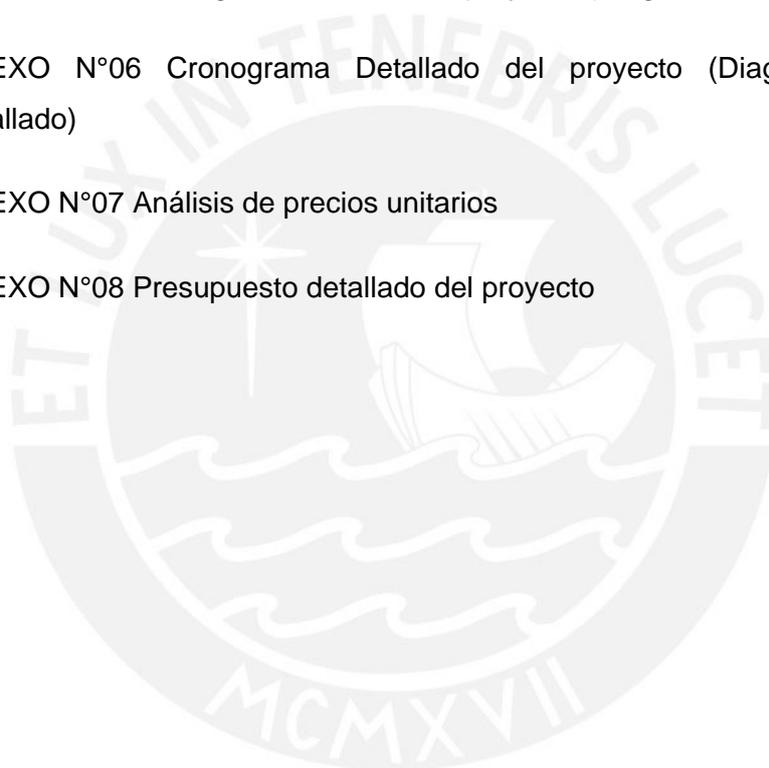
INDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	III
ABSTRACT.....	IV
INDICE GENERAL.....	V
INDICE DE ANEXOS.....	VII
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS Y ALCANCES	3
2.1. OBJETIVO GENERAL	3
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
2.3. ALCANCE	3
2.4. HIPOTESIS	4
3. DESCRIPCION DEL PROYECTO	5
3.1. MEMORIA DESCRIPTIVA	5
3.1.1. UBICACIÓN	5
3.1.2. TOPOGRAFIA.....	6
3.1.3. CLIMA Y METEREOLOGIA.....	6
3.1.4. GEOLOGIA	7
3.1.5. DESCRIPCION DETALLADA DEL PROYECTO.....	7
3.2. METRADOS.....	12
3.3. ESPECIFICACIONES TECNICAS.....	14
4. METODO CONSTRUCTIVO DEL PROYECTO	26
4.1. ALCANCE	26
4.2. RESUMEN DEL PLAN DE EJECUCION.....	29
4.3. DESCRIPCION DETALLADA DEL PLAN DE EJECUCION PROPUESTO.....	36
4.3.1. EXCAVACIONES DE TOPSOIL Y MATERIAL INADECUADO	36
4.3.2. RELLENOS CON MATERIAL ESTRUCTURAL	41
4.3.3. RELLENOS CON MATERIAL DE BAJA PERMEABILIDAD	43
4.3.4. COLOCACION DE GEOMEMBRANA	49
4.3.5. COLOCACION DE TUBERIA DE COLECCIÓN Y OVERLINER	54
4.3.6. CANAL DE CORONACIÓN	57
5. PLANEAMIENTO GENERAL	59
5.1. FUNDAMENTOS Y CONSIDERACIONES PREMILIMARES	59

5.2.	DEFINICION DE ACTIVIDADES	62
5.3.	SECUENCIAMIENTO DE ACTIVIDADES	64
5.4.	ESTIMACION DE RECURSOS DE LAS ACTIVIDADES	69
5.5.	ESTIMACION DE DURACION DE LAS ACTIVIDADES	72
5.6.	DESARROLLO DEL CRONOGRAMA.....	75
6.	PRESUPUESTO	78
6.1.	DETERMINACION DEL COSTO DIRECTO.....	78
6.2.	PRESUPUESTO GENERAL.....	80
6.3.	PRESUPUESTO POR PARTIDAS	82
6.4.	PRESUPUESTO POR CONCEPTOS	83
6.5.	PRESUPUESTO POR RECURSOS	84
7.	CRONOGRAMA MENSUAL DE COSTO Y RECURSOS	85
7.1.	CRONOGRAMA MENSUAL DE COSTO	85
7.2.	CRONOGRAMA DE MATERIALES.....	86
7.3.	CRONOGRAMA DE MANO DE OBRA.....	87
7.4.	CRONOGRAMA DE EQUIPOS	88
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
8.1.	CONCLUSIONES	89
8.2.	RECOMENDACIONES.....	91
	BIBLIOGRAFIA	93

INDICE DE ANEXOS

1. ANEXO N°01 Planos del proyecto
2. ANEXO N°02 Lista completa de metrados del proyecto
3. ANEXO N°03 Planos del método constructivo del proyecto
4. ANEXO N°04 Tabla completa de relaciones lógicas de las actividades del proyecto (Diagrama de Red)
5. ANEXO N°05 Cronograma General del proyecto (Diagrama de Gantt general)
6. ANEXO N°06 Cronograma Detallado del proyecto (Diagrama de Gantt detallado)
7. ANEXO N°07 Análisis de precios unitarios
8. ANEXO N°08 Presupuesto detallado del proyecto



1. INTRODUCCION

El proyecto Tantahuatay se localiza en la Comunidad Campesina El Tingo, distrito de Hualgayoc, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. Su extensión se estima en un área de 890 hectáreas y su extracción se concentra en minerales tales como oro y plata. Actualmente, el proyecto se encuentra en etapa de explotación y sus operaciones mineras se vienen ejecutando a una altitud que fluctúa entre los 3,750 a 4,050 msnm. Las operaciones mineras contemplan la extracción del mineral, disposición del desmonte de mina, lixiviación del mineral, entre otros. Para la continua operación de la mina se requiere de la construcción y/o frecuente ampliación de cada uno de los siguientes componentes: depósitos de desmonte de mina, depósitos de material inadecuado, depósitos de suelo orgánico, plataformas de lixiviación y plantas de procesamiento.

Las plataformas de lixiviación son estructuras que principalmente involucran trabajos de movimiento de tierras especiales, tales como excavaciones (en suelo orgánico y en material inadecuado); y rellenos (de material estructural, de material de baja permeabilidad y sobreevestimiento). La lixiviación de un mineral es un proceso hidrometalúrgico de extracción sólido - líquido por disolución que consiste en pasar una solución diluida de cianuro de sodio (NaCN) a través de una pila de mineral procedente del tajo de explotación. El cianuro disolverá las partículas de oro y de plata contenidas en el mineral acumulado en la plataforma, con la finalidad de obtener una solución enriquecida de lixiviación que será almacenada en una poza de almacenamiento y, después, será transportada a una planta de procesamiento.

El área aproximada de plataformas construidas es 14 hectáreas, la misma que necesita ser ampliada para alcanzar los objetivos de procesamiento de mineral para el periodo 2016 - 2017. En ese sentido, la compañía minera ha iniciado la construcción de una plataforma de lixiviación, en fases denominadas fase 3 (6.8 hectáreas) y fase 3A (13.8 hectáreas), con la finalidad de aplacar la necesidad de área de plataformas de lixiviación y no perjudicar al normal desarrollo de las operaciones en mina.

A lo largo del desarrollo de los siguientes capítulos se describirá el proyecto propuesto por la compañía minera y, bajo las particularidades del mismo, se elaborará el método constructivo para la ejecución de la obra, de la misma manera se efectuará el análisis de costos de las partidas más incidentes, lo que resultará en

el presupuesto general del proyecto. Además, se determinará ratios de costo y plazo para la construcción de una plataforma de lixiviación, en base a los resultados del cronograma y presupuesto del proyecto.

El desarrollo de la presente tesis se compone en ocho (8) capítulos:

1. Introducción. En el primer capítulo presentarán los aspectos generales de la investigación, asimismo, se introducirán las ideas centrales para llevar a cabo el desarrollo del cuerpo del estudio y cumplir los objetivos planteados.
2. Objetivos y Alcances. En este apartado se definirán los objetivos que guiarán el desarrollo del trabajo, igualmente se delimitará el alcance de la investigación y se planteará la hipótesis del estudio, la misma que será puesta a prueba a lo largo del desarrollo del trabajo.
3. Descripción del Proyecto. En este capítulo se describirán las características generales del proyecto tanto características de ubicación como meteorológicas, de la misma manera, se detallarán las mediciones principales del proyecto y las especificaciones técnicas de las actividades más importantes de la obra.
4. Método Construcción del Proyecto. El capítulo en mención desarrollará el alcance y condicionantes de la metodología constructiva, además describirá a detalle cada una de las actividades que componen el plan de ejecución del proyecto.
5. Planeamiento General. El presente apartado se centrará en analizar y delimitar los aspectos a considerar en la planificación de este proyecto y en base a ello elaborar el cronograma de Gantt de la obra.
6. Presupuesto. En este capítulo se desarrollará el análisis de costos del proyecto, particularmente se analizarán las partidas más importantes para el proyecto, en consecuencia, se generará el presupuesto general de la obra.
7. Cronograma Mensual de Costo y Recursos. En este apartado se elaborarán y presentarán los cronogramas mensuales de costo, horas hombre, horas máquina y materiales, los mismos que estarán sincronizados con el cronograma de Gantt del proyecto.
8. Conclusiones y Recomendaciones. En el último capítulo se presentarán las principales conclusiones de la investigación, ello tras un previo análisis de resultados de costo - plazo del proyecto. Después, se presentarán las recomendaciones acordes a las conclusiones del estudio.

2. OBJETIVOS Y ALCANCES

2.1. OBJETIVO GENERAL

Describir la metodología de construcción para la construcción de la plataforma de lixiviación, fase 3 y fase 3A, del proyecto Tantauatay, elaborar el cronograma y presupuesto general del proyecto.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar e identificar cuáles son los procesos de la metodología constructiva del proyecto.
- Elaborar el cronograma Gantt de ejecución de obra, asimismo, determinar el costo directo y el presupuesto general del proyecto.
- Definir los cronogramas mensuales valorizados, de mano de obra, de equipos y de materiales.
- Estimar y reportar que parámetros o ratios económicos se pueden conocer de la construcción del proyecto en estudio.

2.3. ALCANCE

Primero, se describirá la memoria descriptiva, mediciones principales y especificaciones técnicas del proyecto. Segundo, se describirá el método constructivo propuesto para la ejecución del proyecto. Sobre la base de la metodología constructiva se analizará e identificará los procesos constructivos involucrados en el proyecto.

Tercero, se describirán las definiciones preliminares, criterios adoptados y programación de actividades de tal manera que se llegue a concretar la elaboración del cronograma Gantt. Cuarto, se desarrollará el análisis de costos de las partidas más incidentes y se obtendrá el presupuesto general del proyecto.

Quinto, se determinará los cronogramas mensuales: de costo y recursos, en base al cronograma del proyecto.

2.4. HIPOTESIS

- De aplicarse el método constructivo de la plataforma de lixiviación desarrollado en esta investigación, se podría cumplir con el objetivo de la construcción en tiempo y costo.
- De aplicarse la metodología constructiva propuesta en el desarrollo del diagrama de Gantt, se podría cumplir con culminar la ejecución de la obra dentro del plazo contractual de 8 meses.



3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

3.1.1. UBICACIÓN

El proyecto Tantahuatay, está ubicado en la comunidad campesina El tingo, en el distrito de Hualgayoc, departamento de Cajamarca. El área del proyecto se localiza a una altitud que oscila entre los 3750 y 4050 msnm.



Figura 1. Ubicación del área del proyecto (Knight Piésold Consultores, 2012)

El área de influencia (sombreada de rojo en la figura 2) abarca zonas altas de la microcuenca Puente de la Hierba, la cual corresponde a la parte alta del río Tingo. Este es tributario del río Llaucano y este último corresponde a la cuenca hidrográfica del océano Atlántico.

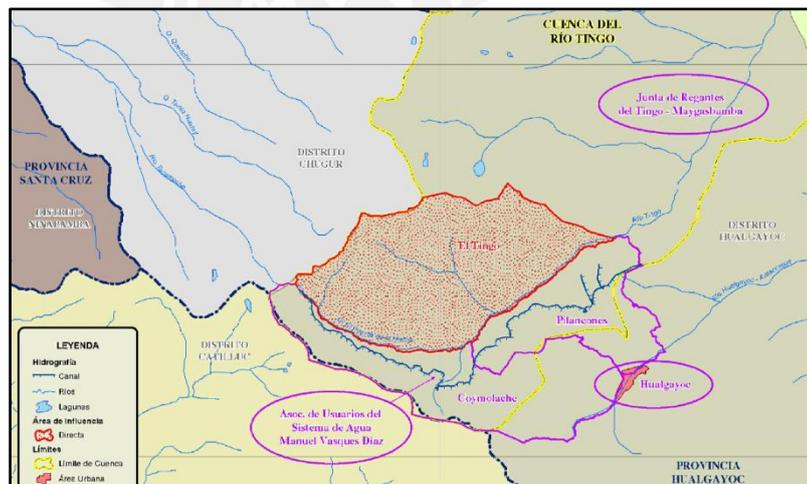


Figura 2. Área de influencia del proyecto (Knight Piésold Consultores, 2012)

3.1.2. TOPOGRAFIA

En general, la topografía del área del proyecto es accidentada en la zona donde ubicara el tajo de explotación y plana en la zona donde se establecen las instalaciones del proyecto.

La geomorfología de la zona de estudio del proyecto está compuesta por cuatro unidades principales: Montañoso, Colinas, Laderas y Valles glaciares – aluviales.

3.1.3. CLIMA Y METERELOGIA

La temperatura del proyecto proviene de la información de dos estaciones meteorológicas ubicadas en Hualgayoc y Carolina. En ambas subestaciones la temperatura media anual registrada fluctúa entre 7,2°C y 8,4°C. La temperatura mínima promedio (2,9°C) que se registró en el mes de julio y la máxima promedio (12,3 °C) en el mes de noviembre.

La precipitación se basa en los datos recogidos de la estación regional de Hualgayoc debido a que presenta los resultados pluviométricos más representativos por ser la que geográficamente se ubica más cerca al área del proyecto. Para esta estación se tiene una precipitación anual promedio de 1336,0 mm. La máxima precipitación anual registrada asciende a 1658,2 mm y la mínima es de 948,5 mm.

En términos porcentuales la precipitación mensual de Hualgayoc se concluye que durante el año, el 80% de la precipitación ocurre entre los meses de octubre y abril, mientras que el 20% restante se presenta entre los meses de mayo y septiembre.

La humedad relativa de la zona es alta y en promedio se conserva por encima del 80% aumentando durante los meses que se tiene más presencia de precipitaciones.

3.1.4. GEOLOGIA

En general, la composición geológica del área del proyecto y sus alrededores corresponden a rocas sedimentarias, principalmente calcáreas de edad cretácica. Particularmente, en algunas zonas del área del proyecto, existen afloramientos constituidos primordialmente por rocas piroclásticas del Grupo Calipuy y Volcánicos Huambo del terciario. En un menor porcentaje se presenta afloramientos de rocas calcáreas de la formación Pulluicana del Cretáceo. Además, se presentan depósitos detríticos glaciares, aluviales y bofedales del cuaternario, localizados principalmente en quebradas y en el pie de laderas inferiores.

3.1.5. DESCRIPCION DETALLADA DEL PROYECTO

El proyecto, en el pasado, identifico el yacimiento Tantahuatay, el cual se encuentra en etapa de explotación por el sistema de tajo abierto. A grandes rasgos se estima que los recursos minables son los siguientes:

Tabla 1

Recursos minables (Knight Piésold Consultores, 2012)

Descripción	Valor
Mineral total	10,5 millones TM
Ley promedio de oro	0.658 g/TM
Ley promedio de la plata	7.429 g/TM
Total onzas de oro	190 mil onzas
Total de onzas de plata	375 mil onzas
Relación de desbroce (desmonte: mineral)	0.61/1

En la etapa de construcción se estableció el arreglo general del área del proyecto (figura 3), el cual incluye tanto las zonas de operaciones mineras como el área de las instalaciones.

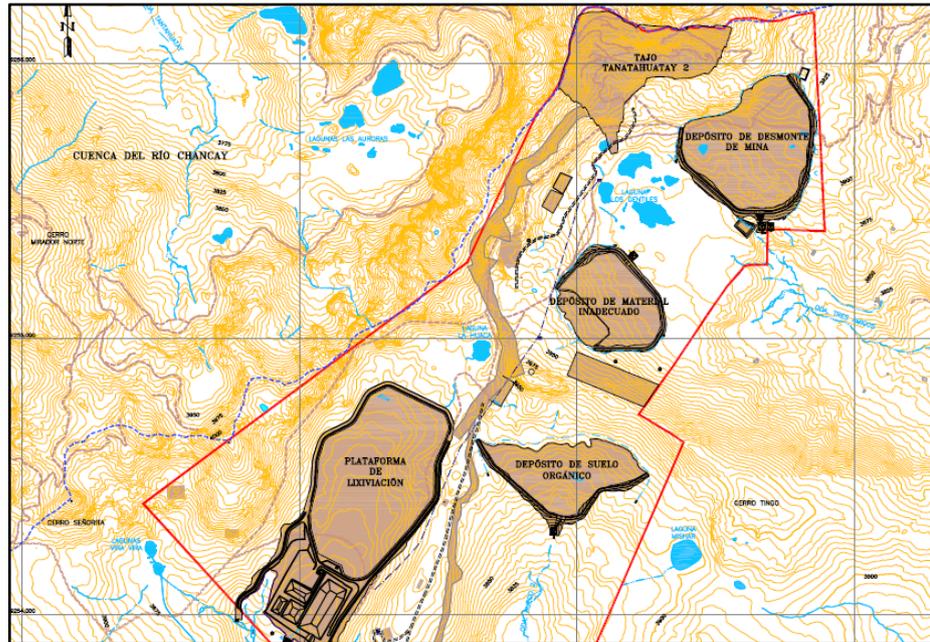


Figura 3. Arreglo general del área del proyecto (Knight Piésold Consultores, 2012)

Establecido y construido los componentes del proyecto se inició con las operaciones en mina: la extracción del material desde el tajo Tantahuatay 2, la disposición y/o eliminación del desmonte de mina en su respectivo depósito, la lixiviación del mineral y, así como, el procesamiento de la solución en la planta de procesamiento. Sin embargo, la compañía minera frecuentemente tiene que ampliar y/o construir los componentes necesarios para el normal desenvolvimiento de las operaciones mineras dentro del área del proyecto. Específicamente, las actividades de construcción y/o ampliación se concentran en la habilitación de depósito de mina, ampliación depósito de material inadecuado, construcción de depósito de suelo orgánico, ampliación de plataformas de lixiviación y mantenimiento o ampliación de plantas de procesamiento.

La construcción y/o ampliación de las plataformas de lixiviación es crucial para el uniforme desarrollo de las operaciones en mina, debido a que la operación de procesamiento de mineral depende directamente del suministro de la solución proveniente de las tuberías de la plataforma de lixiviación. El material procedente de la extracción del mineral es acumulado en una plataforma de lixiviación que cuenta con un sistema de riego por goteo y por aspersion de solución lixivante. La percolación de la solución a través del mineral acumulado en la plataforma, lixiviará

soluciones de oro y plata que luego serán transportados por tuberías de colección hasta las plantas de procesamiento de minerales.

En el presente año el proyecto enfrenta un problema de área insuficiente de plataformas de lixiviación construidas por lo que la compañía minera ha iniciado la construcción de la plataforma de lixiviación fase 3 y 3A, de tal forma que se mitigue la necesidad de área de plataformas de lixiviación y, principalmente, no afectar el continuo desarrollo de las operaciones en mina. En la siguiente figura se puede observar las anteriores fases 1 y 2 (figura 4), además del área destinada para las fases 3 y 3A.

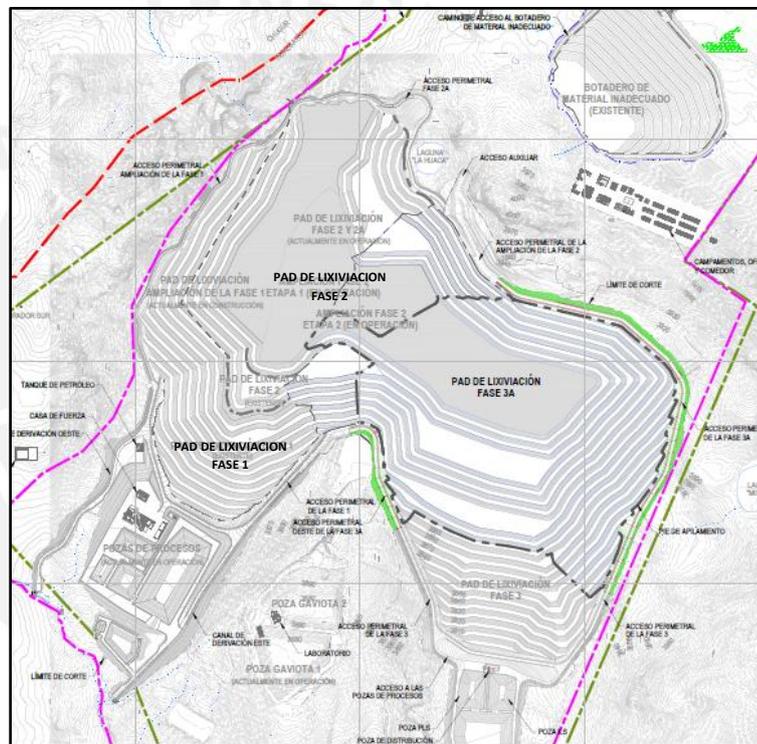


Figura 4. Vista del área de construcción de la fase 1 y 2, previamente construidas, del área de la fase 3 y 3A, en proceso de construcción. (Knight Piésold Consultores, 2012)

La construcción de la plataforma de lixiviación fase 3 de 6.8 ha y fase 3A de 13.8 ha, que en conjunto suman un total de 20.6 ha, son definidos específicamente en la figura 5. En sombreado de color azul se puede observar el área destinada a construcción de la fase 3 y en sombreado color rojo se percibe el área destinada a la construcción de la fase 3A.

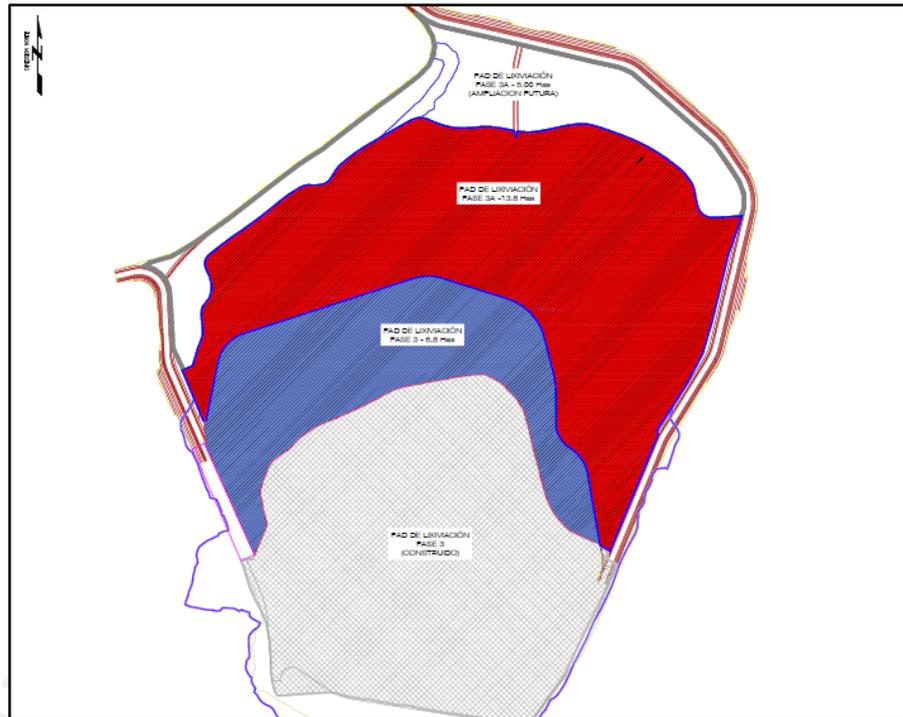


Figura 5. Área de construcción de la plataforma de lixiviación fase 3 y 3A.
(Bases de licitación, 2016)

El proyecto de construcción de la fase 3 y 3A de la plataforma de lixiviación deberá contemplar las siguientes actividades de construcción: nivelación de la plataforma, sistema de subdrenaje, sistema de revestimiento y sistema de colección de solución.

La plataforma de lixiviación o, también llamada pad de lixiviación, operará siguiendo el método estándar de lixiviación en bancos de mineral. En la fase 3, el área aproximada de la configuración del pad es de 20.3 ha, las cuales actualmente se tiene construido 13.5 ha; por lo que, en la construcción del proyecto se considerarán los 6.8 ha faltantes. Por otro lado, en la fase 3A, el área aproximada de la configuración del pad es de 18.8 ha; para lo cual en el presente proyecto se contemplarán la construcción de 13.8 ha en un etapa inicial.

Con la finalidad de coleccionar y conducir el agua subterránea que fluye por debajo del pad de lixiviación, se instalará un sistema de subdrenaje. El subdrenaje será construido mediante tuberías perforadas de HDPE (High Density Polyethylene, por sus siglas en ingles) de pared doble dentro de una trinchera rellena con grava de drenaje y una tapa con geotextil no

tejido de 270 g/m². El sistema de subdrenaje ha sido diseñado para coleccionar los flujos de agua subterránea dentro de los límites de la plataforma.

El sistema de revestimiento está conformado por una capa de geomembrana texturada de LDPE (Linear Low Density Polyethylene, por sus siglas en inglés) de 2,0 mm de espesor, instalada por encima de una base de suelo de baja permeabilidad de 300 mm de espesor. Para proteger la geomembrana contra el punzonamiento y rasgaduras, se instalará cobertura de material de sobre revestimiento de 500 mm de espesor.

El sistema de colección de solución de la fase 3 y fase 3A del pad de lixiviación se realizará de acuerdo con los sistemas convencionales de lixiviación en pilas, consistente en la instalación de tuberías laterales perforadas de HDPE de pared doble de 100 y 300 mm de diámetro y para las tuberías de colección principal perforadas de HDPE de pared doble de 300mm y 450 mm de diámetro dependiendo de la magnitud del área de aporte.

Para mayor ilustración del proyecto, ver el Anexo N° 01 que contiene los planos generales y específicos del proyecto.

3.2. METRADOS

Los metrados corresponden a las mediciones del proyecto de licitación. En la tabla 2 se muestran los metrados más incidentes del proyecto, para revisar la lista completa de metrados ver el anexo N° 02.

Tabla 2

Metrados del proyecto. (Bases de licitación, 2016)

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT
02	PAD DE LIXIVIACION FASE 3 - (6.8 ha)		
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
02.01.01	EXCAVACIONES		
02.01.01.01	Corte de material inadecuado	m3	43,108.80
02.01.01.04	Eliminación de material excedente d<=6.3 Km	m3	20,053.73
02.01.01.05	Eliminación de material excedente d<=4.5 Km	m3	20,053.73
02.01.02	RELLENOS		
02.01.02.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en pad de lixiviación	m3	34,699.42
02.01.02.03	Transporte, colocación y compactación de suelo de baja permeabilidad en pad de lixiviación (e=0.30 m)	m3	19,891.78
02.02	SISTEMA DE SUBDRENAJE		
02.02.01	Excavación de trincheras de subdrenaje	m3	1,959.77
02.02.02	Colocación y compactación de relleno en trinchera de subdrenaje con material propio	m3	4,380.98
02.02.03	Transporte y colocación de grava en sistema de subdrenaje	m3	1,749.37
02.02.04	Geotextil no tejido de 270 g/m2	m2	3,899.26
02.02.05	Tubería de HDPE no perforada de pared doble de 300 mm	m	100.25
02.02.06	Tubería de HDPE perforada de pared doble de 300 mm	m	842.25
02.02.07	Tubería de HDPE perforada de pared doble de 100 mm	m	865.03
02.03	SISTEMA DE REVESTIMIENTO		
02.03.03	Geomembrana LLDPE SST de 2.0 mm en pad de lixiviación	m2	71,166.87
02.03.05	Procesamiento, transporte y colocación de material de sobrerestimiento en pad de lixiviación (e=0.50 m)	m3	33,152.97
02.03.06	Procesamiento, transporte y colocación de OVER LINER para drenaje en tuberías de colección de solución	m3	2,505.63
02.04	SISTEMA DE COLECCION DE SOLUCION		
02.04.01	Tubería de HDPE sólida SDR 17 de 450 mm	m	1,700.00
02.04.02	Tubería de HDPE perforada de pared doble de 300 mm	m	426.88
02.04.03	Tubería de HDPE perforada de pared doble de 100 mm	m	1,259.22
02.05	CANAL DE CORONACION		
02.05.01	EXCAVACIONES Y RELLENOS		
02.05.01.01	Excavación de canal perimetral	m3	914.40
02.05.01.02	Relleno de canal perimetral con material propio	m3	71.98
02.05.02	SISTEMA DE REVESTIMIENTO		
02.05.02.01	Suministro e instalación de estacas de acero para anclaje de geoweb	und	306.12
02.05.02.02	Geotextil no tejido de 200 g/m2	m2	851.28

02.05.02.03	Geoceldas en canales de concreto (e=0.15m)	m2	815.89
02.05.02.04	Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	116.86
02.05.02.05	Dados de Concreto f'c=210 kg/cm2 (c/u 0.002 m3)	und	1,236.00
03	PAD DE LIXIVIACION FASE 3A - (13.8 ha)		
03.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
03.01.01	EXCAVACIONES		
03.01.01.01	Corte y eliminación de material orgánico (topsoil, e=0.50 m) D<= 6.3 km	m3	116,000.00
03.01.01.02	Corte y eliminación de material orgánico (topsoil, e=0.50 m) D<= 4.5 km	m3	116,000.00
03.01.01.03	Corte de material inadecuado	m3	207,827.95
03.01.01.06	Eliminación de material excedente d<=6.3 Km (por Bravo 6 a DMO Tiwinza)	m3	105,083.99
03.01.01.07	Eliminación de material excedente d<=4.5 Km (por conejillo a DMO Tiwinza)	m3	105,083.99
03.01.02	RELLENOS		
03.01.02.01	Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en pad de lixiviación	m3	102,743.96
03.01.02.03	Transporte, colocación y compactación de suelo de baja permeabilidad en pad de lixiviación (e=0.30 m)	m3	40,366.85
03.02	SISTEMA DE SUBDRENAJE		
03.02.01	Excavación de trincheras de subdrenaje	m3	6,204.88
03.02.02	Colocación y compactación de relleno en trinchera de subdrenaje con material propio	m3	14,033.49
03.02.03	Transporte y colocación de grava en sistema de subdrenaje	m3	5,554.33
03.02.04	Geotextil no tejido de 270 g/m2	m2	6,875.25
03.02.05	Tubería de HDPE no perforada de pared doble de 300 mm	m	37.26
03.02.06	Tubería de HDPE perforada de pared doble de 300 mm	m	2,789.79
03.02.07	Tubería de HDPE perforada de pared doble de 100 mm	m	2,695.05
03.03	SISTEMA DE REVESTIMIENTO		
03.03.03	Geomembrana LLDPE SST de 2.0 mm en pad de lixiviación	m2	142,499.24
03.03.04	Procesamiento, transporte y colocación de material de sobrerestimiento en pad de lixiviación (e=0.50 m)	m3	67,278.08
03.03.05	Procesamiento, transporte y colocación de grava para drenaje en tuberías de colección de solución	m3	13,845.05
03.04	SISTEMA DE COLECCION DE SOLUCION		
03.04.01	Tubería de HDPE perforada de pared doble de 450 mm	m	466.90
03.04.02	Tubería de HDPE no perforada de pared doble de 450 mm	m	361.54
03.04.03	Tubería de HDPE perforada de pared doble de 300 mm	m	2,716.78
03.04.04	Tubería de HDPE perforada de pared doble de 100 mm	m	5,784.16
03.05	CANAL DE CORONACION		
03.05.01	EXCAVACIONES Y RELLENOS		
03.05.01.01	Excavación de canal perimetral	m3	901.91
03.05.02	SISTEMA DE REVESTIMIENTO		
03.05.02.01	Suministro e instalación de estacas de acero para anclaje de geoweb	und	1,724.63
03.05.02.02	Geotextil no tejido de 270 g/m2	m2	3,081.80
03.05.02.03	Geoceldas en canales de concreto (e=0.15m)	m2	3,081.80
03.05.02.04	Concreto fc=210 kg/cm2	m3	416.89
03.05.02.05	Dados de Concreto fc=210 kg/cm2 (c/u 0.002 m3)	und	540.00

3.3. ESPECIFICACIONES TECNICAS

Las especificaciones técnicas contemplan los requerimientos técnicos para ejecutar y completar los trabajos en la plataforma de lixiviación. En el proyecto es esencial tener un profundo conocimiento sobre las especificaciones técnicas de las actividades más incidentes del proyecto debido a que sobre la base de las mismas se demarcará el proceso constructivo de la obra, se planteará el cronograma del proyecto y se analizará los precios unitarios de las actividades del proyecto.

En los siguientes párrafos se describirán los requerimientos técnicos de las actividades más incidentes en el proyecto tales como trabajos preliminares, movimiento de tierras (excavaciones y rellenos), sistemas de subdrenaje, sistema de revestimiento y sistema de colección de solución.

- **Corte y eliminación de material orgánico (topsoil)**

La excavación de topsoil contempla que en todas las áreas que han de recibir relleno o revestimiento, o que se utilizarán como fuentes de préstamo, se deberá antes que todo, realizar la limpieza, desbroce y retiro del suelo orgánico superficial, lo cual deberá realizarse dentro del área de construcción actual tal como se indica en los planos del proyecto.

La limpieza consistirá en retirar escombros y materiales ajenos a la superficie del terreno. El desbroce consistirá en retirar toda la vegetación existente, raíces, los elementos orgánicos y nocivos. El material retirado en la limpieza y desbroce, así como el suelo orgánico extraído deberán depositarse por separado en áreas aprobadas por la compañía minera.

- **Corte en material inadecuado**

Para los propósitos de esta especificación, se definirá como material inadecuado a las arcillas y limos orgánicos descompuestos por exceso de humedad, así como otro material inadecuado que no se

defina como suelo orgánico superficial o suelo de baja permeabilidad.

Toda la turba o material inadecuado que se encuentra al interior de los límites de la obra tiene que ser retirada, tomando como referencia los límites aproximados que se indican en los planos de diseño. A fin de asegurar que se retire todo este tipo de suelo, la excavación correspondiente deberá extenderse como mínimo 2 m lateralmente y 500 mm verticalmente en materiales competentes.

▪ **Relleno estructural**

El material de relleno estructural deberá ser del lugar o importados que hayan sido previamente aprobados. Los rellenos estructurales consistirán en material de suelo y rocas que cumplan los requerimientos de granulometría descritos en estas especificaciones. Todos los materiales de relleno estructural de suelo no deberán tener materia orgánica o deletérea, deberán ser inorgánicos y cumplir con los requerimientos de la tabla 3.

Tabla 3

Especificaciones técnicas del material para relleno estructural.

(Bases de licitación, 2016)

Tamaño de Malla		% que pasa
SI	Norma EE.UU.	
200 mm	8 pulgadas	100
150 mm	6 pulgadas	100 - 100
75 mm	3 pulgadas	80 - 100
38 mm	1.5 pulgada	65 - 100
19 mm	3/4 pulgada	55 - 90
4,75 mm	# 4	45 - 80
0,45 mm	# 40	30 - 60
0,075 mm	# 200	20 - 40
Índice de Plasticidad (ASTM D4318)		ver Tabla 4.2

Esta especificación contempla el corte de las zonas altas y relleno de las zonas bajas en campo, a fin de alcanzar los niveles y dimensiones mostrados en los planos de diseño. Además, se deberá reconstruir las áreas que hayan sido alteradas previamente por otras actividades de construcción, en las que se incluyen, sin limitarse sólo

a ello, la remoción y/o re-nivelación de caminos de acceso temporales y plataformas existentes dentro del área de construcción con el fin de lograr la nivelación mostrada en los planos para el sistema de revestimiento. Previa a la colocación del relleno, se deberá completar todas las actividades de limpieza, desbroce, remoción de turba y de arcilla. Adicionalmente, las superficies aprobadas para la colocación de relleno estructural que no sean cubiertas oportunamente y que por razones del clima u otros, sufran algún daño, deberán ser retrabajadas y acondicionadas nuevamente antes de iniciar la colocación del material de relleno estructural.

Las capas de relleno estructural deberán ser colocadas en forma horizontal, de tal forma que se logre cubrir el área total (en longitud y ancho), antes de la colocación de las capas posteriores. Todo relleno de suelo deberá ser colocado en capas sueltas de 300 mm como máximo, acondicionado a un contenido de humedad en un rango entre -2% y +4% del valor óptimo y compactado a una densidad relativa del 95% según ASTM D-6981.

- **Sistema de subdrenaje**

El sistema de subdrenaje tiene la finalidad de coleccionar y transportar el agua subterránea captada por debajo de las estructuras proyectadas. Este sistema descargará los flujos hacia la poza de subdrenaje del Pad de Lixiviación, Pozas de Procesos, Poza de mayores eventos y Poza de sedimentación.

El sistema de subdrenaje está compuesto por una serie de tuberías de HDPE (High Density Polyethylene, por sus siglas en inglés) perforadas de pared doble, según se indica en los planos de construcción. Los subdrenes deberán instalarse después de realizadas las excavaciones y remoción de turba y suelos arcillosos de acuerdo con el esquema general de los planos de construcción. Asimismo, se ha previsto la colocación de subdrenes con tuberías de diámetros menores en aquellos lugares donde se detecten afloramientos de agua durante las excavaciones.

Para el sistema de subdrenaje se considera la utilización de los siguientes tipos de tuberías:

- Tubería perforada de HDPE de pared doble de 300 mm, como sistema principal de colección y evacuación del subdrenaje;
- Tubería no perforada de HDPE de pared doble de 300 mm, como sistema principal de colección y evacuación del subdrenaje;
- Tubería perforada de HDPE de pared doble de 100 mm para los colectores secundarios;

La configuración de cada subdren dependerá de su ubicación dentro del pad de lixiviación y del tipo de suelo de cimentación. Donde sea aplicable, las tuberías de subdrenaje serán instaladas dentro de una zanja la cual deberá rellenarse con grava para drenaje, la misma que deberá cumplir con las especificaciones descritas en la Tabla 4.

Tabla 4

Especificaciones técnicas del material de grava de drenaje.

(Bases de licitación, 2016)

Tamaño de Malla		% acumulado que pasa
Si	Norma EE.UU.	Grava para Drenaje
75 mm	3 pulgadas	100
38 mm	1,5 pulgadas	50 – 100
19 mm	3/4 pulgada	20 – 100
4,75 mm	#4	0 – 30
0,45 mm	#40	0 – 10
0,075 mm	# 200	0 – 5
Índice de Plasticidad (ASTM D-4318)		No plástico
Permeabilidad (ASTM D-2434)		Mayor a 1 E-1 cm/s
Índice de Carga Puntual Corregido Promedio Mínimo (Is50)*, (ASTM D-5731)		Mayor a 2,7 N/mm ²

Las tuberías de subdrenaje indicadas en estas especificaciones corresponden a tuberías de pared doble estándar, de menor rigidez y resistencia en comparación a las tuberías de primera clase, debido al menor peso por unidad de longitud que presentan. Las tuberías de subdrenaje a ser utilizadas dentro del área del pad de lixiviación serán de HDPE, perforadas de pared doble, exterior corrugada e interior lisa.

Luego de la preparación general del terreno, de la excavación de materiales no apropiados e inmediatamente antes de la construcción de los subdrenes, se deberá efectuar un levantamiento topográfico de las condiciones existentes.

Este levantamiento se usará para establecer la ubicación (por ejemplo de las líneas de flujo) y profundidad del sistema de subdrenaje. Una vez delineado el diseño final en campo, se marcará con estacas las líneas de flujo y comenzará las excavaciones de las zanjas de subdrenaje (donde sea aplicable) a la profundidad y anchos especificados.

Una vez que el terreno de cimentación haya sido aprobado por el Ingeniero de CQA (Certified Quality Auditor, por sus siglas en ingles), se realizará la excavación de las trincheras de subdrenaje a lo largo de las líneas de tuberías antes delineadas. De ser necesario, antes de colocar la grava de drenaje se deberá colocar una cama de apoyo para las tuberías.

Posteriormente se colocarán las tuberías sólidas de 100 mm y 300 mm, las cuales deberán ser colocadas de acuerdo a lo indicado en los planos de diseño, la zanja se rellenará con grava de drenaje que cumpla con los requisitos de la Tabla 4, de acuerdo a las dimensiones indicadas en los planos del proyecto.

De ser necesario, el material de grava de drenaje puede ser usado para nivelar adicionalmente y proporcionar una pendiente de 2% mínimo a la tubería. Se deberán colocar los acoples y accesorios a las tuberías que sean necesarios para una correcta instalación.

La grava de drenaje deberá ser colocada alrededor y sobre las tuberías de forma tal que no dañe la tubería hasta lograr una superficie firme sin deformación, aprobada por el Ingeniero de CQA. Este material deberá cumplir con las especificaciones indicadas en la Tabla 4.

Luego de haber colocado la grava y el material de geotextil para los subdrenajes, de ser necesario se deberá rellenar las zanjas excavadas para la instalación de los subdrenes con relleno estructural que cumpla con los requerimientos descritos en la Tabla 3.

- **Suelo de baja permeabilidad**

En forma previa o durante la instalación y compactación, el material de la capa de suelo deberá ser acondicionado y rastrillado a fin remover todas las partículas mayores de 75 mm en su dimensión máxima. La capa de suelo deberá cumplir los requerimientos descritos en la tabla 5.

Tabla 5

Especificaciones técnicas de la capa de suelo de baja permeabilidad.
(Bases de licitación, 2016)

Tamaño de Malla		% que pasa
SI	Norma EE.UU.	
75 mm	3 pulgadas	100
38 mm	1.5 pulgadas	80 - 100
25 mm	1 pulgada	75 - 100
13 mm	1/2 pulgada	65 - 95
4,75 mm	#4	50 - 80
0,45 mm	#40	30 - 60
0,075 mm	#200	20 - 45
Índice de Plasticidad (ASTM D4318)		Mayor que 10
Permeabilidad (ASTM D5084)		$< 5 \times 10^{-6}$ cm/s

No se deberá colocar o compactar la capa de suelo a temperaturas inferiores a 0 °C ni sobre terreno congelado. Para asegurarse que la superficie subrasante compactada está preparada para recibir la capa de suelo de baja permeabilidad, se deberá probarla bajo pruebas de compactación.

Los materiales existentes en el lugar deberán ser escarificados en el sentido transversal donde sea posible, acondicionados con humedad y compactados. Durante el proceso se deberá retirar (ya sea con

rastrillo, a mano o de cualquier otra forma) todas las rocas mayores a 75 mm (3") en su máxima dimensión. En taludes con fuerte pendiente los materiales podrán ser escarificados en dirección longitudinal.

Los materiales deberán disponerse en una capa, la cual deberá ser compactada al 95% de la densidad seca máxima con un contenido de humedad en un rango entre -2% y +4% del valor óptimo determinada por la norma ASTM D-6982. Si es necesaria la colocación de una segunda capa, previamente la superficie de la primera capa deberá ser escarificada a una profundidad de 50 mm para asegurar una unión completa entre las capas. La aceptación final de la capa de suelo de baja permeabilidad se basará en la capacidad del material de cumplir con la permeabilidad de laboratorio especificada.

Después de que la capa de suelo de baja permeabilidad sea colocada según las especificaciones, se deberá nivelar el terreno de modo tal que la superficie presente una pendiente positiva y deberá sellar la superficie pasando un rodillo suave. Finalmente, se realizará un levantamiento topográfico sobre la superficie de la capa de suelo de baja permeabilidad. En ningún lugar el espesor de ésta capa deberá ser inferior a 300 mm (después de compactada), para lo cual de ser necesario se realizarán calicatas en la capa conformada con la finalidad de verificar el espesor requerido.

- **Colocación de la Geomembrana**

En forma previa o durante su instalación, el revestimiento de geomembrana deberá cumplir las especificaciones indicadas en la tabla 6.

Tabla 6*Propiedades para geomembrana LLDPE SST de 2,0 mm.*

(Bases de licitación, 2016)

Propiedad	Designación del Ensayo	Requerimiento	Frecuencia de Ensayo (Mínimo)
Espesor de Lámina	ASTM D-5994	Prom. (-5%) 1,9 mm Mínimo (-15%) 1,800 mm	cada rollo
Altura aspereza	GRI GM 12	0,25 Mm	cada rollo
Densidad	ASTM D 792	0,940 g/cm ³	18,000 kg
Resistencia a la Tracción en el Punto de Fluencia (nota 1)	ASTM D-6693 Tipo IV	Mín. 29 KN/m	9 000 kg
Resistencia a la Tracción en el Punto de Rotura (nota 1)	ASTM D-6693 Tipo IV	Mín. 21 N/mm	9 000 kg
Elongación en el Punto de Fluencia (nota 1)	ASTM D-6693 Tipo IV	Mín. 12%	9 000 kg
Elongación en el Punto de Rotura (nota 1)	ASTM D-6693 Tipo IV	100%	9 000 kg
Resistencia al Desgarro	ASTM D-1004	Mín. 249 N	18 000 kg
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D-4833	Mín. 534 N	18 000 kg
Contenido de carbón	ASTM D 4218	2,0 – 3,0%	9 000 kg
Dispersión de carbón	ASTM D 5596	Categoría 1,0 – 2,0 (nota 3 y 4)	18 000 kg
Tiempo de Inducción a la Oxidación (OIT)	ASTM D-3895	100	18 000 kg
Envejecimiento en Homo a 85°C (nota 5 y 6)	ASTM D-5721 ASTM D-3895	55%	para cada formulación
OIT estándar (mín. prom.) % retenido			

La geomembrana deberá ser colocada según el plano de distribución de paneles entregado por el Instalador. Todos los paneles de revestimiento deberán estar orientados de tal manera que las costuras sean ejecutadas en dirección de la máxima pendiente. En taludes más empinados que 10:1 (H:V), los paneles serán colocados en forma perpendicular a las curvas de nivel. No se permite costuras horizontales en taludes más empinados que 6:1 (H:V). Todas las costuras horizontales deberán estar separadas por un mínimo de 1 panel sin costura horizontal. En la medida que sea posible, en taludes más empinados que 6:1 (H:V), todas las costuras transversales deberán estar localizadas en banquetas intermedias y todos los paneles deberán ser extendidos en su total longitud entre dichas banquetas. De ser necesario, el fabricante de geomembrana producirá rollos de un tamaño mayor que se desplegarán su longitud total entre las banquetas. Si las costuras transversales no pueden ser evitadas en taludes inclinados donde no existen banquetas, cada panel deberá ser cortado y soldado diagonalmente a 45 grados y localizado dentro de los 25 m del extremo del panel (traslape del panel inferior/soldadura de fusión).

El revestimiento será desplegado usando métodos y equipos que no dañen la geomembrana o el suelo de baja permeabilidad. El personal de instalación que trabaje en el revestimiento no deberá utilizar zapatos que puedan dañar la geomembrana, así como tampoco realizará otras actividades potencialmente dañinas.

Se deberá usar medios apropiados para proteger la geomembrana de ser levantada por causa del viento. Los bordes de los paneles deberán tener un lastre continuo para disminuir la posibilidad de que el viento penetre debajo de los paneles. El material usado para mantener sujeto el revestimiento no deberá causarle daño alguno.

Conforme se despliega el material de revestimiento, éste deberá ser inspeccionado visualmente y cualquier defecto deberá ser marcado para su reparación. Si se identifica una cantidad significativa de defectos, el material será retirado y remplazado. No se debe permitir el despliegue del revestimiento en periodos húmedos o de demasiado viento, en presencia de agua estancada o sobre suelo congelado.

▪ **Sistema de colección de la solución**

El sistema de colección de la solución consistirá en una red de tuberías laterales conectadas al sistema de tuberías principales, que a su vez colectarán la solución de lixiviación de la fase 3 y fase 3A. La solución colectada será transportada mediante tuberías principales conectadas al sistema de colección en forma independiente, y a través de válvulas tipo Lug, conducida hasta las pozas de colección de solución (PLS e ILS).

El sistema de colección de la solución del pad de lixiviación considera la utilización de las siguientes tuberías:

- Tubería perforada de HDPE de pared doble de 100 mm de diámetro interno, para los colectores laterales;
- Tubería perforada de HDPE de pared doble de 300 mm de diámetro interno, para el colector principal;

- Tubería perforada de HDPE de pared doble de 450 mm de diámetro interno, para el colector principal;
- Tubería sólida de HDPE SDR 17 de 450 mm de diámetro interno, para el trasvase de la solución del pad hacia el sistema de distribución, atraviesa el camino perimetral.

Antes de iniciar los trabajos se deberá confirmar que la instalación de la geomembrana y todas las reparaciones subsecuentes hayan sido realizadas y que el área ha sido aprobada para la disposición de los materiales del sistema de colección de la solución. Todos los sacos de arena usados para anclajes temporales de la geomembrana o de las tuberías colectoras deberán ser retirados.

Después de la instalación de las tuberías principales, se deberán ensamblar las tuberías colectoras laterales perforadas y disponer en forma de “espina de pescado” con drenaje positivo hacia la tubería colectoras principal, con un ángulo aproximado de 45° hacia la gradiente del talud, como se muestra en los planos.

El sistema de tuberías deberá ser anclado para así prevenir exceso de movimiento y separación de los acoples. El anclaje puede ser ejecutado en forma permanente con material de drenaje o mineral, como se describe en esta sección o en forma temporal usando sacos de arena. Todos los sacos de arena usados para anclaje temporal deberán ser removidos, posteriormente, del área de las tuberías inmediatamente antes de colocar el material de cobertura.

En ningún momento se deberá tener equipos de esparcido o transporte crucen por sobre las tuberías colectoras principales y/o laterales a menos que se compruebe, mediante un ensayo de campo, que el equipo no dañará las tuberías. El material de drenaje seleccionado será colocado en dirección hacia arriba durante el periodo más frío del día para evitar la propagación de arrugamientos o plegamientos excesivos de la geomembrana. La colocación del material de drenaje no se deberá hacer cuando la temperatura

ambiental a 150 mm sobre la geomembrana exceda los 35 °C.

▪ **Sobrevestimiento**

Los materiales de sobrevestimiento u “overliner” tendrán por finalidad proteger el sistema de revestimiento y de los posibles daños ocasionados por el sistema de transporte y esparcido del mineral en el pad de lixiviación. Asimismo, el sobrevestimiento tiene la finalidad de facilitar la colección de la solución ya que actuará también como capa de drenaje.

Los materiales de sobrevestimiento podrán consistir de mineral seleccionado o podrán provenir de una fuente de préstamo aprobada por el Ingeniero de CQA. Asimismo, deberán tener alta permeabilidad, de modo de facilitar la colección de la solución y serán colocados alrededor del sistema de colección para la protección de las tuberías y del revestimiento de geomembrana.

El material de sobrevestimiento deberá cumplir con los requerimientos indicados en la Tabla 7; Este material deberá ser colocado sobre la geomembrana y sobre las tuberías de colección de solución de acuerdo al espesor indicado en los planos.

Tabla 7

Especificaciones del material de sobrevestimiento – overliner.
(Bases de licitación, 2016)

Tamaño de Malla		% Que Pasa
SI	Norma EE.UU.	
38 mm	1,5 pulgadas	100 - 100
25 mm	1 pulgada	60 - 100
12 mm	1/2 pulgada	40 - 90
4.75 mm	#4	25 - 65
0.45 mm	#40	5 - 25
0.075 mm	#200	0 - 10
Índice de Plasticidad (ASTM D-4318)		No Plástico
Permeabilidad (ASTM D-2434)		> 1x10 ⁻¹ cm/s

Los métodos de colocación de la capa de sobrevestimiento serán determinados durante la su ejecución; sin embargo, en algunos

casos será necesaria la construcción de un relleno de prueba con la finalidad de establecer los criterios de construcción de la capa de sob revesti miento y de evaluar cualquier daño ocasionado a la geomembrana debido a las operaciones de construcción propuestas.

El material de sob revesti miento deberá ser colocado utilizando equipos de baja presión de contacto, como un tractor D6, evitando paradas y maniobras bruscas que produzcan esfuerzos que puedan deteriorar la geomembrana. Si el Ingeniero de CQA considera que el procedimiento utilizado para la colocación del sob revesti miento no es el adecuado se deberá detener todas las operaciones hasta que se apruebe un método apropiado. De ser necesario, se deberá inspeccionar el revesti miento de geomembrana en las zonas donde haya sospechas que se haya producido algún tipo de daño.



4. METODO CONSTRUCTIVO DEL PROYECTO

En la búsqueda de absolver a interrogantes relacionados a la construcción de una plataforma de lixiviación, se ha planteado la metodología general de la construcción que nos permitirá entender principalmente la estrategia general, así como, la estrategia detallada de la construcción de la plataforma de lixiviación fase 3 y fase 3A. La presentación de la metodología constructiva será objeto de este capítulo.

4.1. ALCANCE

Se describe en este apartado los trabajos y los medios que se adscribirán para la ejecución de la plataforma de lixiviación fase 3 (6.8 hectáreas) y construcción de la plataforma de lixiviación fase 3A (13.8 hectáreas).

El alcance de los trabajos básicamente consiste en la ejecución de las siguientes partidas:

- Corte y eliminación de material orgánico (topsoil, $e=0.50m$).
- Corte de material inadecuado.
- Ejecución de la red de subdrenajes.
- Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en pad de lixiviación.
- Transporte, colocación y compactación de suelo de baja permeabilidad en pad de lixiviación ($e=0.30 m$).
- Instalación de Geomembrana LLDPE SST de 2.0 mm en pad de lixiviación.
- Colocación de tuberías de colección.
- Procesamiento, transporte y colocación de material de sobreevntimiento en pad de lixiviación ($e=0.50$).
- Trabajos en los canales de coronación

Las partidas antes descritas están representadas gráficamente en la figura 6, en la misma que se ha etiquetado con números cada uno de los paquetes de partidas:

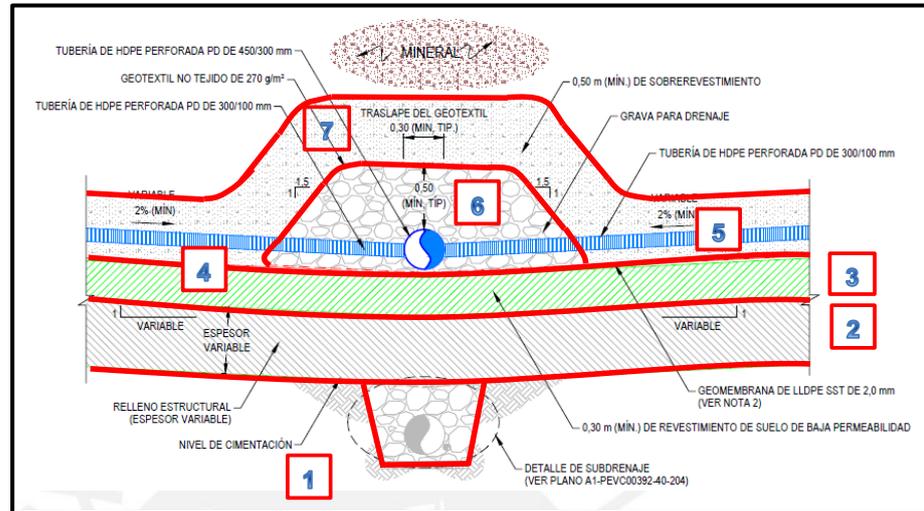


Figura 6. Sección del pad de lixiviación. (Elaboración propia)

Etiqueta 1. Corresponde a los trabajos iniciales: corte y eliminación de material orgánico, corte de material inadecuado y ejecución de la red de subdrenaje.

Etiqueta 2. Corresponde a los trabajos de colocación de relleno estructural.

Etiqueta 3. Representa los trabajos de colocación de suelo de baja permeabilidad (soil liner).

Etiqueta 4. Corresponde a los trabajos de colocación de geomembrana.

Etiqueta 5, 6 y 7. Corresponde a los trabajos de colocación de tuberías de colección y material de sobrepavimentación (over liner).

El proyecto contempla una estructura de trabajo que, en líneas generales, está compuesto por trabajos preliminares y complementarios, trabajos en el pad de lixiviación fase 3 y trabajos en el pad de lixiviación fase 3A; estos últimos a su vez, están conformados por trabajos de movimiento de tierras, sistema de subdrenaje, sistema de revestimiento, sistema de colección de solución y canal de coronación. A continuación se presenta las actividades principales para la construcción del proyecto.

1. TRABAJOS PRELIMINARES Y COMPLEMENTARIOS

- Movilización y desmovilización de equipos
- Trabajos ambientales

2. PAD DE LIXIVIACION FASE 3 - (6.8 ha)

- Movimiento de tierras
 - Excavaciones
 - Rellenos
- Sistema de subdrenaje
- Sistema de revestimiento
- Sistema de colección de solución
- Canal de coronación

3. PAD DE LIXIVIACIÓN FASE 3A- (13.8 Ha)

- Movimiento de tierras
 - Excavaciones
 - Rellenos
- Sistema de subdrenaje
- Sistema de revestimiento
- Sistema de colección de solución
- Canal de coronación

4.2. RESUMEN DEL PLAN DE EJECUCION

Para optimizar los rendimientos en la obra se plantea dividir la misma en tres frentes independientes:

- **Frente 1:** Correspondiente a los trabajos del pad 3.
- **Frente 2:** Correspondiente a los trabajos que se ejecutarán en el pad 3A.1.
- **Frente 3:** Correspondiente a los trabajos que se ejecutarán en el pad 3A.2.

Por otro lado, se dispondrá de doble turno para una serie de trabajos, de manera que se puedan garantizar las fechas previstas y contempladas en el cronograma de trabajos. Los trabajos estimados a doble turno son los siguientes:

- **Excavaciones de top soil (excavaciones de material orgánico)**
- **Excavaciones de material inadecuado**
- **Rellenos de suelo estructural**

Los trabajos de relleno con material de baja permeabilidad se podrán plantear a doble turno, si es que el material se encuentra en perfectas condiciones, es decir, sin necesidad de eliminar volúmenes importantes de bolonería durante el extendido del material. En caso de tener que seleccionar sobretamaños del material extendido, el trabajo podrá realizarse solo en turno día con la finalidad de evitar incidentes o accidentes por falta de luz en las áreas de interacciones hombre-máquina.

En cuanto a los trabajos de extendido de la geomembrana se ejecutan en el turno de día porque, en el turno nocturno, suele haber condiciones más ventosas y de menor iluminación. En esas condiciones, los equipos de movimiento de tierras podrían causar daños importantes a la geomembrana.

Los trabajos de colocación de la tubería de colección también se han previsto ejecutarlos en el turno de día. Principalmente va a estar condicionado a la disposición de los materiales ya que se requiere un aporte continuo de los mismos. De todas maneras la colocación de la tubería de colección es un trabajo que se realiza con cierta rapidez por lo

En la foto inferior (figura 10) se aprecia la disposición de silt fences para control de arrastre de sedimentaciones en el pad de lixiviación durante la fase de excavaciones y rellenos.



Figura 10. Disposición de silt fences (Elaboración propia)



Figura 11. Disposición de check dams (Elaboración propia)

En la foto superior (figura 11) se aprecia la disposición de check dams operativos en canal perimetral del pad de lixiviación y la disposición de una poza de sedimentación.

Durante el periodo de redacción y aprobación de los PMAS se habrá agilizado la movilización de maquinarias y la contratación e inducción del personal para la obra. Se debe tener en cuenta la inducción específica en obra para el personal, lo cual obliga a planificar la subida de todo el

personal a obra con una anticipación de, al menos, cuatro días previos al comienzo de sus labores en mina, además que previamente participen en la inducción de 48h. Es importante tener en cuenta que la incorporación de todo personal no calificado debe ser de las comunidades del área de influencia de la obra. Es por ello por lo que se agilizará la transmisión de las necesidades de personal de comunidades al área de responsabilidad social del cliente para que se facilite, lo antes posible, el personal que más se ajuste a las necesidades de la obra. En cuanto a la maquinaria para el proyecto, al tratarse de maquinaria de empresas de las comunidades, habrá que haber trasladado las necesidades igualmente al área de responsabilidad social del cliente para coordinar con las citadas empresas el facilitar la maquinaria que mejor cumpla con las necesidades de obra y en el plazo necesario para que el comienzo de los trabajos cumpla con las fechas esperadas.

Durante el plazo de elaboración de los planes de seguridad y medio ambiente, también, se establecerá instalaciones temporales para los trabajos, tales como la instalación de mobiliario de oficina, mobiliario en los dormitorios, entre otros. De tal manera que en la fecha de comienzo de los trabajos las instalaciones estén completamente operativas.

Una vez implementadas todas las medidas de control de sedimentos y demás actuaciones contempladas en los PMAS y, una vez aprobadas por el cliente, se podrá proceder con el comienzo de las labores de Excavaciones y Rellenos. Dentro de las citadas partidas de Excavaciones y Rellenos son de destacar las siguientes actividades:

- **Excavaciones de topsoil**
- **Excavaciones de material inadecuado.**
- **Excavaciones en zanjas para el subdrenaje.**
- **Rellenos con gravas en los subdrenajes.**
- **Rellenos con material estructural.**
- **Rellenos con material estructural en zanjas de subdrenaje**

Durante los trabajos de las excavaciones se habrá coordinado para la realización de los trabajos de subdrenajes, ya que durante las

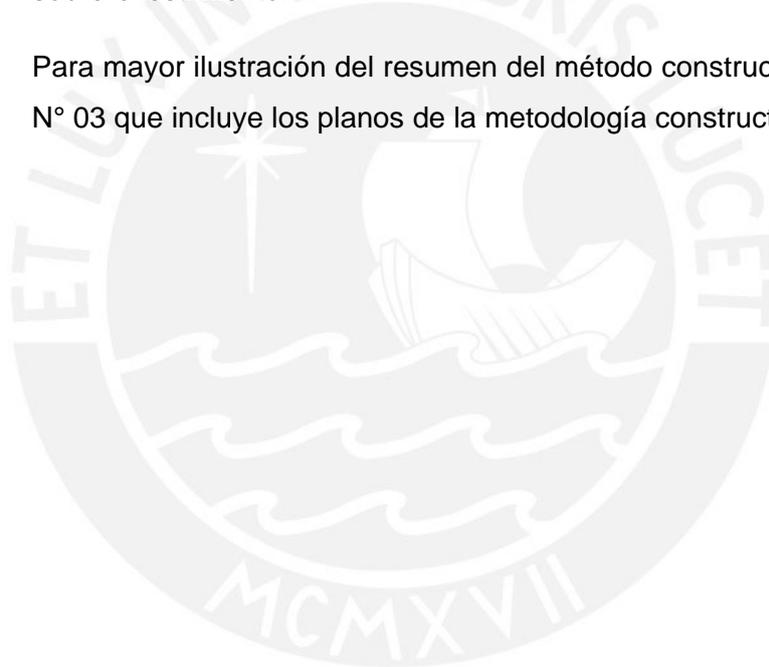
excavaciones se habrá podido detectar la aparición de “ojos de agua” y se habrá podido conectar los mismos con la red de subdrenaje.

Después de la ejecución de los trabajos de excavaciones y rellenos se comenzarán, en todos los frentes los trabajos de rellenos con material de baja permeabilidad, los cuales preceden a la colocación de la geomembrana impermeabilizante.

Una vez se avance con la colocación y liberación del material de baja permeabilidad se procederá a la colocación de la geomembrana.

Tras la colocación de la geomembrana se colocará las tuberías de colección para terminar con el relleno con el material de sobreevestimiento.

Para mayor ilustración del resumen del método constructivo, ver el Anexo N° 03 que incluye los planos de la metodología constructiva del proyecto.



4.3. DESCRIPCION DETALLADA DEL PLAN DE EJECUCION PROPUESTO

4.3.1. EXCAVACIONES DE TOPSOIL Y MATERIAL INADECUADO

La secuencia de trabajos comienza con las labores de excavaciones de topsoil y de material inadecuado en cada una de las tres áreas contempladas. Al concentrarse las excavaciones en la parte la zona de la plataforma 3A, se tiene que sobredimensionar los equipos de excavación en la citada área para garantizar que las tres zonas se ejecuten de manera coordinada y que ninguna de ellas quede retrasada con respecto a las otras.

En el siguiente plano (figura 12) se observa la distribución de equipos para las excavaciones. Como se aprecia en el área denominado 3A.1 se ha dispuesto dos equipos de excavaciones mientras que en las otras dos zonas con un equipo sirve para conseguir los rendimientos estimados:

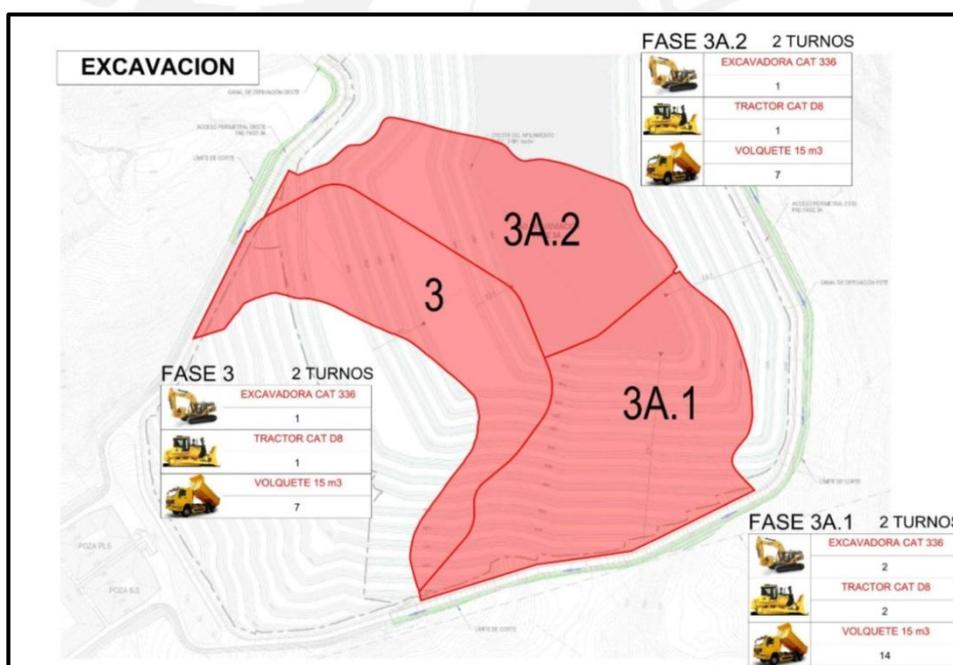


Figura 12. Distribución de equipos por sectores – Excavación (Elaboración propia)

Como vemos cada uno de los frentes de trabajo se compone de los siguientes equipos:

- Excavadora CAT 336 o similar.
- Tractor CAT D8 o similar.

- Los volquetes necesarios para la distancia de transporte considerada.

Estos medios se dispondrán a doble turno para sacar los mayores rendimientos posibles aprovechando que todo el trabajo se realice en época seca. Si fuera necesario reforzar los equipos de las excavaciones por necesidades de la obra se podría reforzar con la maquinaria que está previsto mantener en stand-by (en parada).

Con la distribución de los frentes de excavación mencionados se conseguiría avanzar todas las zonas de trabajo y que ninguna de ellas se quede retrasada.

En el plano siguiente (figura 13) se ve la secuencia de las excavaciones de la obra. En el mes 1 se realizan excavaciones en el sector 3, 3A.1 y 3A.2; en el mes 2 se ejecutan excavaciones en el sector 3A.2 y 3A.1, mientras que las excavaciones en el sector 3 ya han sido culminadas. En el mes 3 solo se realizarán actividades de excavación en el sector 3A.2.

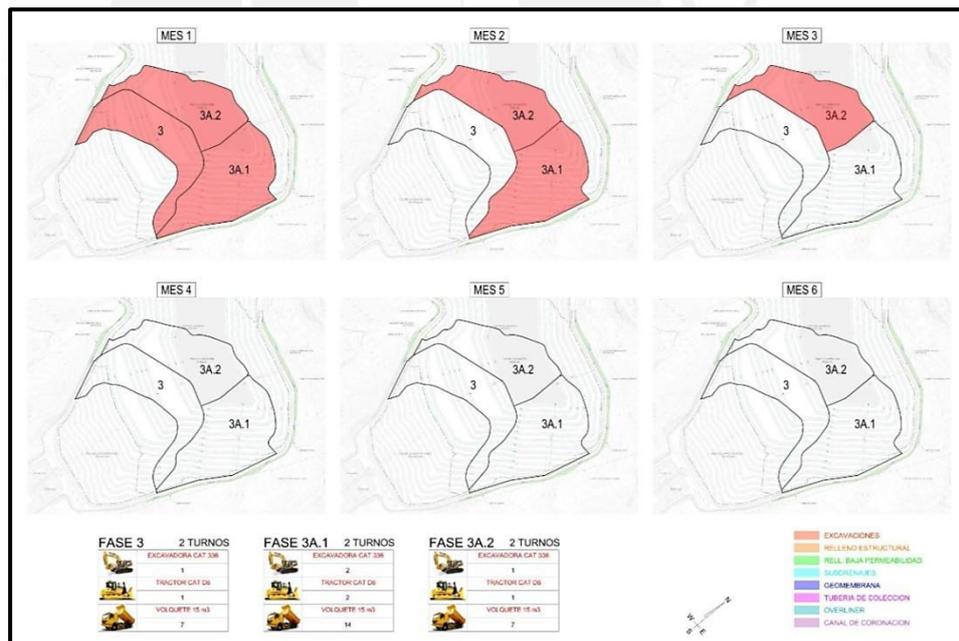
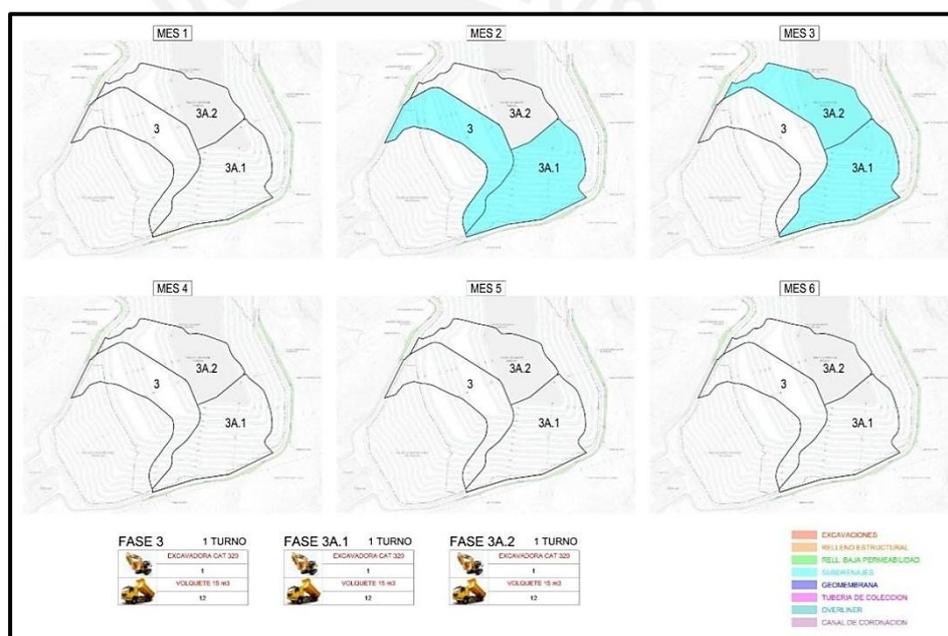


Figura 13. Secuencia de excavaciones (Elaboración propia)

Es importante recalcar que, durante los trabajos de las excavaciones aparecerán “ojos de agua”. Es por ello que será necesario ir redefiniendo la red de subdrenaje a medida que van aflorando los comentados “ojos de agua” para garantizar la evacuación de las citadas aguas y poder trabajar en

seco. Esta “redefinición” se coordinará con la compañía minera o el área de calidad para ajustarla a la realidad de la obra, de tal forma que la topografía final se refleje correctamente en los planos. A la vez se irá descubriendo las mechas de la fase anterior para ir ejecutando las correspondientes conexiones.

Es recomendable ir haciendo las conexiones de aguas abajo hacia aguas arriba para garantizar la salida de las aguas. Es por ello imprescindible que durante la fase de las excavaciones se realicen los trabajos puntuales para ir descubriendo las mechas de los subdrenajes de la fase anterior. De esta manera, a medida que se van realizando las excavaciones se puede realizar la conexión de los subdrenes con la fase anterior (figura 14).



Como se ve el trabajo en los subdrenajes se realiza de manera simultánea a las excavaciones. Se ha considerado un desfase entre el comienzo de las excavaciones y el de los subdrenajes de aproximadamente dos semanas para evitar las interacciones entre las actividades de manera que se garantice que los trabajos se ejecutan en las mejores condiciones de seguridad necesarias.

Para la ejecución de los subdrenajes se procederá inicialmente con el replanteo de los mismos; posteriormente, se realizará las excavaciones en zanja. Una vez excavada la zanja, se procede a la colocación del geotextil. A continuación, se realizará la colocación de una cama de gravas para poder asentar la tubería de los subdrenes, una vez dispuesta en su sitio, se terminará con el relleno de la zanja. Finalmente, se concluirá “envolviendo” todo el conjunto con el geotextil para evitar que el dren se contamine de finos y deje de cumplir su función de la mejor manera posible (ver figura 15).



Figura 15. Ejecución de subdrenaje (Elaboración propia)

En la imagen superior se aprecia la ejecución de un subdren en una plataforma de Lixiviación.

4.3.2. RELLENOS CON MATERIAL ESTRUCTURAL

Igualmente que las excavaciones, los trabajos de relleno con material estructural se realizarán en todos los frentes a doble turno para garantizar los rendimientos contemplados en el programa de trabajos.

Una vez terminadas las excavaciones se propondrá el visto bueno y aceptación de las mismas al cliente para cerrar las mediciones de las partidas de excavaciones y poder comenzar con los trabajos de rellenos estructurales.

Debido a que la mayor parte de las mediciones de las excavaciones se encuentra en el pad 3A, se terminará primero las excavaciones en el pad 3, ello permitirá iniciar el relleno estructural en el pad 3. Es necesario considerar que tan pronto se terminen los trabajos de excavación en una de las áreas se distribuirán los medios entre el resto de las áreas para agilizar los trabajos en éstas.

Es importante mencionar que el relleno de las zanjas de los subdrenes nos condiciona el comienzo de los rellenos con material estructural, ya que se realiza con pequeña maquinaria, por lo que los rendimientos previsibles no son muy elevados. Debido a ello, se deberán disponer los medios necesarios para garantizar que no se condicione el comienzo de los trabajos de los rellenos estructurales.

Los trabajos de relleno estructural se realizarán con tractor CAT D6 y rodillos correspondientes con la aportación de agua en caso de que sea necesario mediante cisterna de riego. Eventualmente, para el refine de la superficie final se puede usar motoniveladora.

Siguiendo la secuencia comentada anteriormente, se prevé que los rellenos se terminen primero en el pad 3. En la imagen inferior (figura 17) se observa la secuencia de trabajos de relleno estructural para cada uno de los sectores. En el mes 1 no existe actividades de relleno estructural, ya que los trabajos están concentrados completamente en excavaciones y subdrenajes. En el mes 2 se realizan trabajos de relleno estructural en los sectores 3 y 3A.1, mientras que en el sector 3A.2 aún continúan los trabajos de excavaciones y subdrenajes. En el mes 3 se ejecuta la colocación del

relleno estructural en los sectores 3A.1 (continuación del mes 2) y 3A.2, mientras que en el sector 3 ya se han culminado las actividades de relleno estructural.

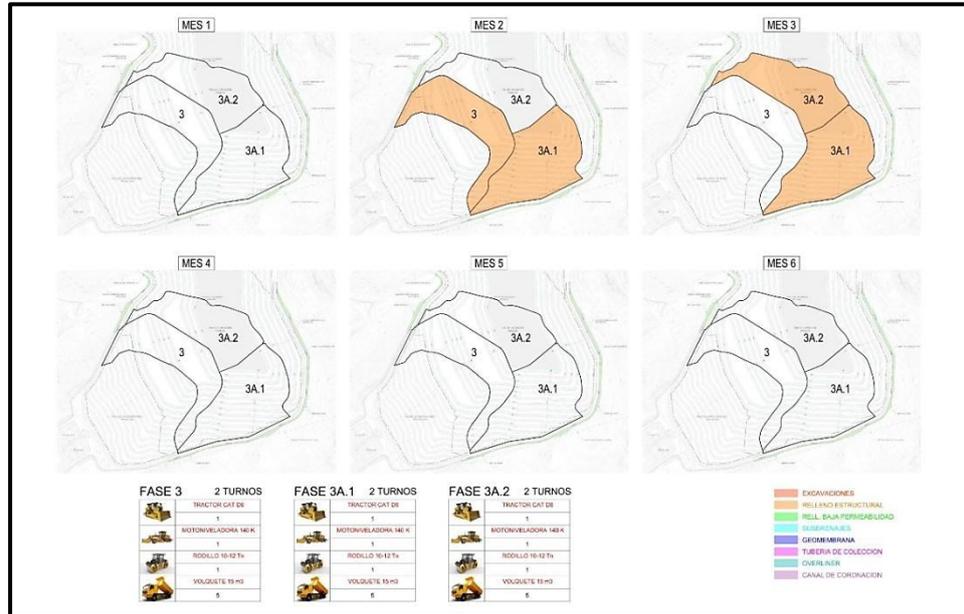


Figura 17. Secuencia de relleno estructural (Elaboración propia)

Una vez terminados los trabajos de relleno con material estructural (no se esperará a la terminación de las tres zonas sino a cada una de manera individual); se procederá al levantamiento topográfico y a la correspondiente aceptación del mismo. Tan pronto sean recibidos los citados trabajos, se comenzará con el replanteo de los rellenos con suelo de baja permeabilidad. De igual manera a como ocurría en las excavaciones, según se termine cada una de las áreas en que se ha dividido la obra, se procederá al refuerzo de las restantes con las máquinas que van terminando en sus respectivas áreas.

4.3.3. RELLENOS CON MATERIAL DE BAJA PERMEABILIDAD

El relleno con material de baja permeabilidad se ha previsto realizarlo tan sólo en el turno de día, ya que suele requerir la disposición de gran cantidad de personal en las inmediaciones de las máquinas para la retirada de sobretamaños. Ello condiciona que al haber mayor iluminación durante el día, solo en este turno se podrá garantizar las condiciones de seguridad de los trabajos.

Se comenzará con los trabajos de colocación del material de baja permeabilidad tan pronto queden liberados los rellenos de suelo estructural. Antes de comenzar los trabajos de extendido y colocación de material de baja permeabilidad se procederá a realizar un análisis del material en cantera, tanto en cuanto a humedades como de sobretamaños, de manera que se puedan determinar las medidas necesarias, si hubiera que tomar acción, para optimizar la puesta en obra.

En caso de que el material en banco tuviera un contenido de humedad sensiblemente por encima de la óptima habría que disponerlo en obra y extenderlo en la mayor superficie posible, ello para garantizar que el efecto del sol y del viento pueda secar el material.

Para evitar que una tormenta pudiera afectar al material se tendrán a disposición mantas de plástico para cubrir la superficie del material extendido, asimismo, se tomará la precaución de sellar las capas al finalizar cada jornada. Por otro lado se dejará siempre una cierta pendiente transversal de manera que el agua circule por gravedad a las zonas de menor cota y no penetre en el material, de tal manera que no modifique la humedad del mismo más que levemente en su superficie. Por todo lo anterior, es importante sincronizar los trabajos de relleno con suelo de baja permeabilidad y los trabajos de colocación de geomembrana, de manera que en paralelo a la colocación de relleno de baja permeabilidad, se pueda colocar la geomembrana y evitar cualquier afección por agentes climatológicos.

Es importante resaltar que, en el caso de que el material proveniente de la cantera presente sobretamaños, habrá que realizar la selección del mismo y retirar las piedras con tamaño por encima de las especificaciones. Para

mitigar los posibles sobretamaños se podrá usar una zaranda estática cercana al punto de colocación de la capa de material de baja permeabilidad.



Figura 18. Disposición de material de baja permeabilidad (Elaboración propia)

En la foto superior, se aprecia la disposición del material de baja permeabilidad en el pad para su secado, a la vez que se realizan los trabajos de selección y eliminación de sobretamaños. Es importante precisar que la maquinaria debe estar completamente parada y con el freno puesto mientras el personal de piso esté trabajando dentro de línea de fuego.

Como se ve en la imagen en los contactos con las fases anteriores se debería haber preparado y descubierto el material de baja permeabilidad de fases previas, así como, la geomembrana de las mismas en una superficie suficiente como para garantizar el correcto traslape entre las fases. Esto mismo habría que realizarlo para las tuberías de colección, ya que en las siguientes etapas habrá que hacer la conexión con las tuberías de las fases anteriores.



Figura 19. Disposición de material de baja permeabilidad (Elaboración propia)

En la imagen superior (figura 19) se aprecian los trabajos de selección y eliminación de piedras con personal de piso. Como se comentaba, para garantizar la seguridad en los trabajos se cuidará que las máquinas estén con los cucharones en el suelo y los motores parados y frenos dispuestos siempre que haya personal en la línea de fuego de los mismos.

Una vez se coloca en obra el material con las condiciones de granulometría, espesores (capas de 15 cm) y humedades marcados por las especificaciones se procederá a su compactación y presentación para la liberación del mismo. Es importante mencionar que sobre la capa de material de baja permeabilidad se va a colocar la geomembrana, por lo que se cuidará que en su superficie no existan piedras angulosas, las mismas que puedan punzonar la geomembrana. Para ello se realizará una última inspección de la superficie del material colocado, de tal manera que se pueda detectar esas posibles piedras y posibles daños a la geomembrana.

En la siguiente imagen (figura 20) se aprecia cómo se procede a la eliminación de las últimas piedras en la superficie de la capa de material de Baja Permeabilidad.



Figura 20. Eliminación de piedras en la superficie (Elaboración propia)

Los vacíos que las piedras retiradas dejen en la superficie se rellenarán con material de baja permeabilidad previamente cribado con una zaranda estática, de manera que se garantice la ausencia de piedras con cantos vivos.

Es importante destacar que, durante los trabajos de ejecución de los rellenos con suelo de baja permeabilidad, habrá que ir realizando las labores de conformación de las bermas y de excavación de las zanjas de anclaje. En la citada berma se colocará geomembrana y se anclará la misma a las zanjas de anclaje, por lo que, es imprescindible que las bermas se ejecuten a medida que avanzan los rellenos del suelo de baja permeabilidad.

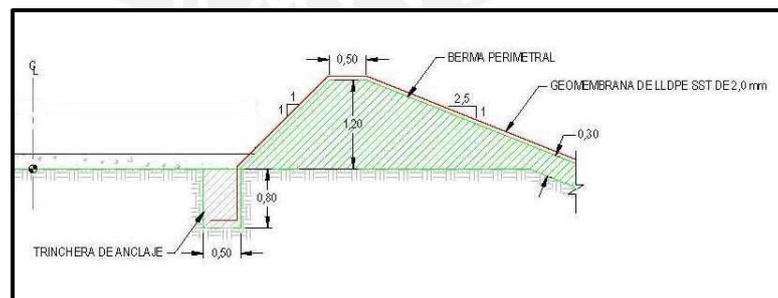


Figura 21. Sección de berma perimetral (Bases de licitación, 2016)

En la figura 22 se puede observar la cantera desde donde es extraído el material de baja permeabilidad:

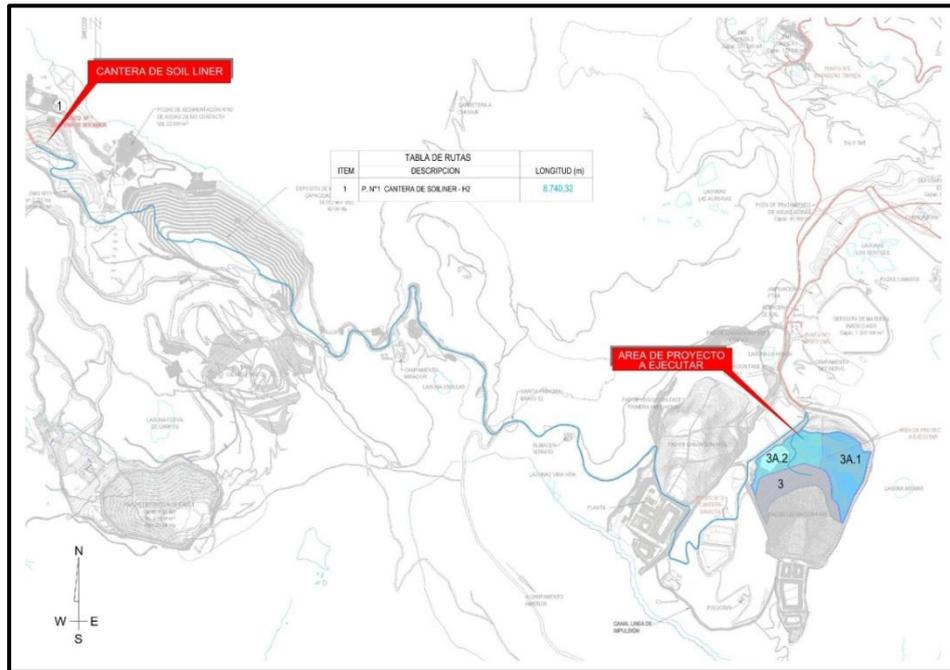


Figura 22. Cantera de material de baja permeabilidad (Elaboración propia)

En el siguiente plano (figura 23) se aprecia el cronograma de avance de los trabajos de relleno con material de baja permeabilidad y los equipos dispuestos en los diferentes frentes.

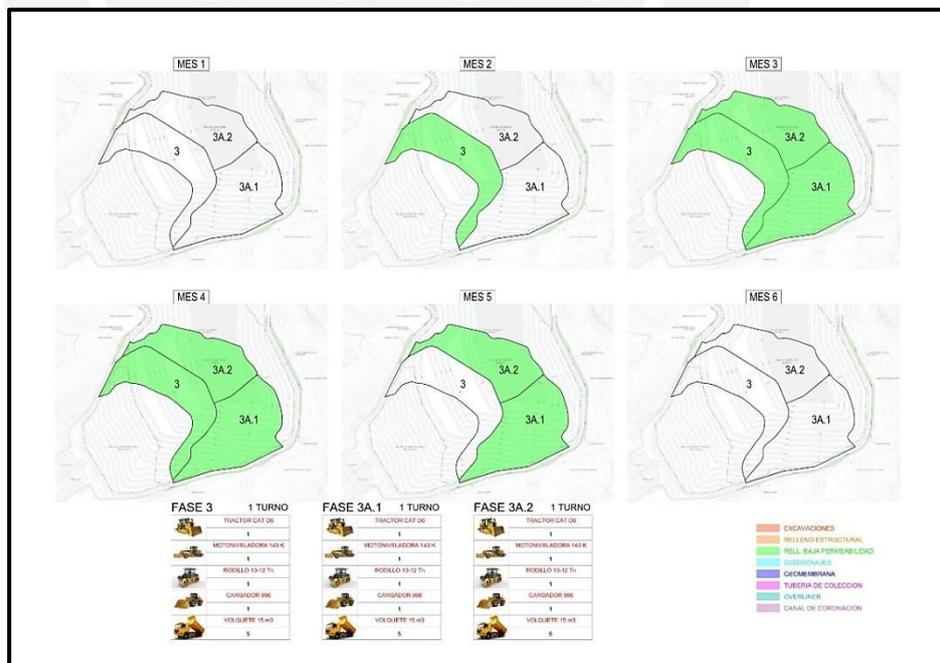


Figura 23. Cronograma de avance relleno baja permeabilidad (Elaboración propia)

Para los trabajos de rellenos con material de baja permeabilidad está previsto disponer, en cada uno de los frentes de trabajo los siguientes equipos:

- Tractor CAT D6 o similar
- Motoniveladora para los trabajos de refino en la superficie de la capa y para, con los pines poder arar la capa y favorecer la eliminación de los posibles sobretamaños.
- Los volquetes necesarios para la distancia de transporte considerada.
- Rodillo compactador.

Finalmente, llegado a este punto, se habrían terminado las labores de excavaciones y rellenos por lo que procederíamos con el inicio de los trabajos de ejecución del sistema de revestimiento.



4.3.4. COLOCACION DE GEOMEMBRANA

Como se comentó en el capítulo anterior no se debe esperar a tener gran cantidad de superficie de relleno de baja permeabilidad liberado para comenzar con la colocación de la geomembrana, sino que tan pronto se libere la superficie que garantice la colocación de la producción diaria estimada de geomembrana, se realizará la colocación de la misma.



Figura 24. Liberación capa de relleno de baja permeabilidad (Elaboración propia)

Como se aprecia en la imagen superior (figura 24), la colocación de la geomembrana se realiza después de la liberación de la capa de relleno de baja permeabilidad. Gracias a que, según el programa de trabajos, habrá momentos en los que se estén trabajando en las tres áreas de manera simultánea, ello podrá garantizar que no paremos con la colocación de la geomembrana, ya que se podrán desplazar los equipos entre todas las áreas. Si se consiguiera la liberación del material de baja permeabilidad con mayor celeridad se reforzarían los equipos de colocación de geomembrana y, de esta manera, se optimizarían los rendimientos.

Previamente al comienzo del despliegue de la geomembrana es necesario plantear un plano de despliegue, en el que se detalle la distribución de los diversos paños y cuñas de la geomembrana así como los anclajes de la misma. Este plano deberá tener la aprobación oportuna del área de control

de calidad (QC), para que se pueda comenzar la colocación. Es por lo anterior por lo que, antes incluso del comienzo de la colocación del Relleno de Baja Permeabilidad, el plano anterior debe estar preparado y aprobado.

Es importante mencionar que los trabajos de colocación de la geomembrana están muy condicionados por la velocidad del viento. Es por ello por lo que, todos los equipos de colocación dispondrán en obra de anemómetro portátil, de manera que se garantice que los trabajos no se realicen con una velocidad del viento por encima de la marcada en obra y reflejada en el correspondiente procedimiento de colocación, que deberá estar aprobado previamente al comienzo del despliegue.

Para el despliegue de la geomembrana se utilizará un cargador frontal con un accesorio que se coloca en el cucharón del mismo de manera que permite el despliegue de la geomembrana. Se debe garantizar que no habrá ningún personal de piso dentro de la línea de fuego del cargador frontal durante el despliegue. En la siguiente imagen (figura 25) se aprecia el accesorio que se añade al cargador frontal para el despliegue de la geomembrana. También se aprecia la ejecución de la zanja de anclaje en la parte superior. Destacar que la geomembrana se coloca siempre desde la zona de mayor cota a la zona de menor cota para garantizar que trabaja de la mejor manera posible.



Figura 25. Colocación de geomembrana (Elaboración propia)

Una vez colocada la geomembrana y, en el lapso de tiempo desde que se realiza el despliegue y se ejecutan las soldadura por termo-fusión con la geomembrana colocada anteriormente, será necesario colocar elementos que aporten peso a la geomembrana para evitar que pueda “levantarse” por el efecto del viento y producir algún tipo de evento no deseado. La forma

más habitual es mediante la colocación de sacos de tierra equidistantes. En la imagen superior se aprecia perfectamente la disposición de los sacos citados.

Debido a que los rollos de geomembrana tienen una determinada longitud será necesario ejecutar zanjas de anclaje intermedias para evitar tramos demasiado largos sin anclajes y así evitar sobretensiones en la geomembrana.

En la foto inferior (figura 26) se ven los trabajos de despliegue de la geomembrana. Como se ha comentado anteriormente se despliega desde la zona de mayor cota hacia la zona de menor cota de y, tan pronto se realiza el despliegue, se disponen los sacos de tierra para evitar que la geomembrana se levante por efecto del viento. Es resaltable la disposición del personal de despliegue el cual, siempre se deberá colocar fuera de la línea de fuego del cargador frontal.



Figura 26. Despliegue de geomembrana (Elaboración propia)

Tras el despliegue de la geomembrana se realizarán las soldaduras de las juntas con la geomembrana desplegada en la fase anterior y los correspondientes ensayos, tales como el ensayo de vacío, de manera que

se garantice la perfecta ejecución de las soldaduras y la estanqueidad de toda la geomembrana.

En cuanto a las soldaduras destacar la importancia de los trabajos de soldadura de la geomembrana con la de la fase anterior. Es por ello por lo que habrá que descubrir una superficie importante de la anterior ya que, normalmente en los extremos se ve afectada y suelo tener daños.



Figura 27. Geomembrana fase anterior y solapes (Elaboración propia)

En la imagen superior (figura 27), se aprecian los trabajos ya ejecutados para descubrir la geomembrana de la fase anterior y poder ejecutar correctamente el solape entre la fase nueva y anterior. Como se aprecia hay que descubrir una superficie suficiente para que la futura soldadura se ejecute de la manera más correcta posible.

Por otro lado hay que descubrir igualmente las tuberías de colección de la fase anterior para realizar la conexión de las mismas igualmente.

Una vez realizado el control de calidad completo de la geomembrana y aprobado el despliegue de la misma, se procederá al relleno de la zanja de anclaje de la misma con material previamente secado y cribado de manera que se garantice que la geomembrana dispuesta en la zanja no se punzonará. Este relleno se realizará con pequeños vibrocompactadores (canguros) en capas de pequeño espesor para garantizar el correcto anclaje de la geomembrana.

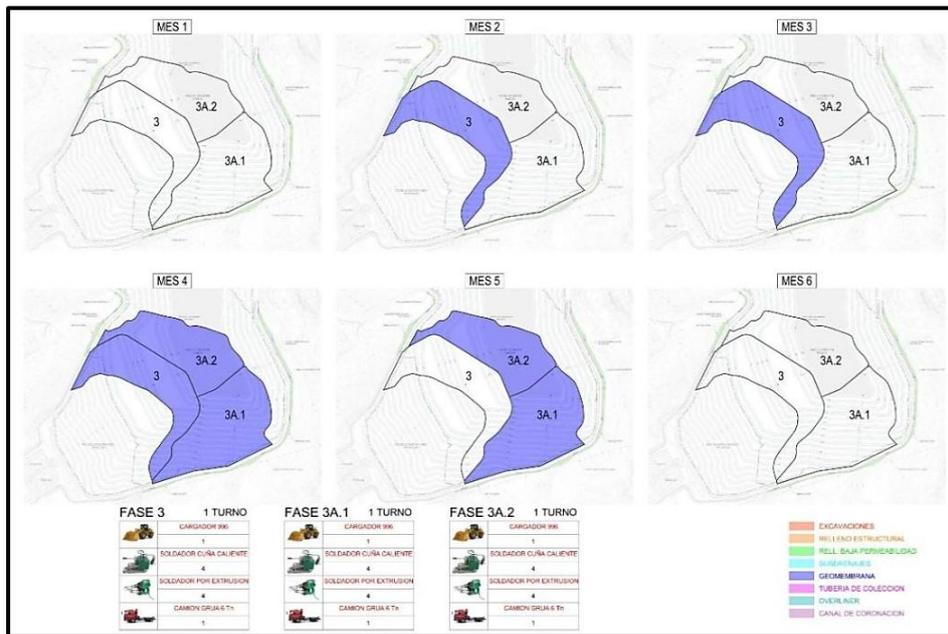


Figura 28. Cronograma de ejecución de geomembrana por sector (Elaboración propia)

4.3.5. COLOCACION DE TUBERIA DE COLECCIÓN Y OVERLINER

Como se ha venido comentando anteriormente, cada uno de los trabajos requiere de haber tenido en cuenta previamente algunos condicionantes para poder dar continuidad a los mismos y optimizar, por lo tanto, los rendimientos y evitar paradas en los trabajos que afecten a los hitos.

En cuanto a la colocación de la tubería de colección, requerirá que previamente se haya descubierto las tuberías de las fases anteriores a las que habrá que conectar las de la actual fase. Este trabajo se debería tener perfectamente terminado previamente al inicio de colocación de la tubería de colección. En la imagen anterior, en la que se apreciaban los trabajos previos para el solape de la geomembrana de ambas fases, también se aprecian las tuberías de colección de la fase anterior de un pad a la espera de las conexiones con trabajos de la nueva fase en ejecución.



Figura 29. Colocación de tuberías de colección (Elaboración propia)

En la foto superior (figura 29) se aprecia la colocación de tuberías de colección en pad. En la parte derecha de la imagen se ve la conexión con la fase anterior de las tuberías de colección y la disposición en obra de las citadas tuberías. En la sección del plano de proyecto, se aprecia que la

tubería de colección va colocada directamente sobre la geomembrana aunque puede requerir de ejecución previa de una pequeña capa de material de sobreevestimiento sobre la que colocar la tubería de colección para, posteriormente, terminar el relleno con el material de sobreevestimiento de manera a como se indica en el punto siguiente. Previamente a la colocación de la tubería en los colectores principales se habrá dispuesto un geotextil que envolverá todo el conjunto del colector y las gravas que lo envuelven.

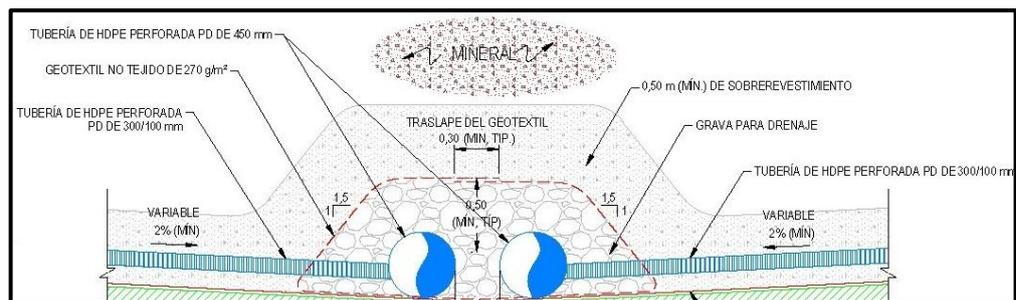


Figura 30. Sección de material de sobreevestimiento (Elaboración propia)

Una vez dispuesta en obra la tubería de colección se debe proceder a la colocación del material de sobreevestimiento. Para ello es importante tener en cuenta que hay que tener un cuidado especial para no afectar durante la colocación a la tubería previamente instalada. Como se aprecia en la imagen anterior y en el plano siguiente la instalación de la tubería es en “Espina de pez” por lo que no se podrá entrar libremente al área. Es por ello por lo que, para garantizar no dañar a la citada tubería, se harán rellenos inicialmente a lo largo de las tuberías para, una vez realizados los mismos proceder al relleno de los espacios entre las mismas.



Figura 31. Colocación de material de sobreevestimiento (Elaboración propia)

En la imagen superior (figura 31) se aprecian los trabajos del material de sobrecubrimiento de un pad de lixiviación.

A continuación se puede observar el cronograma de ejecución de las tuberías de colección (figura 32) para las diferentes fases:

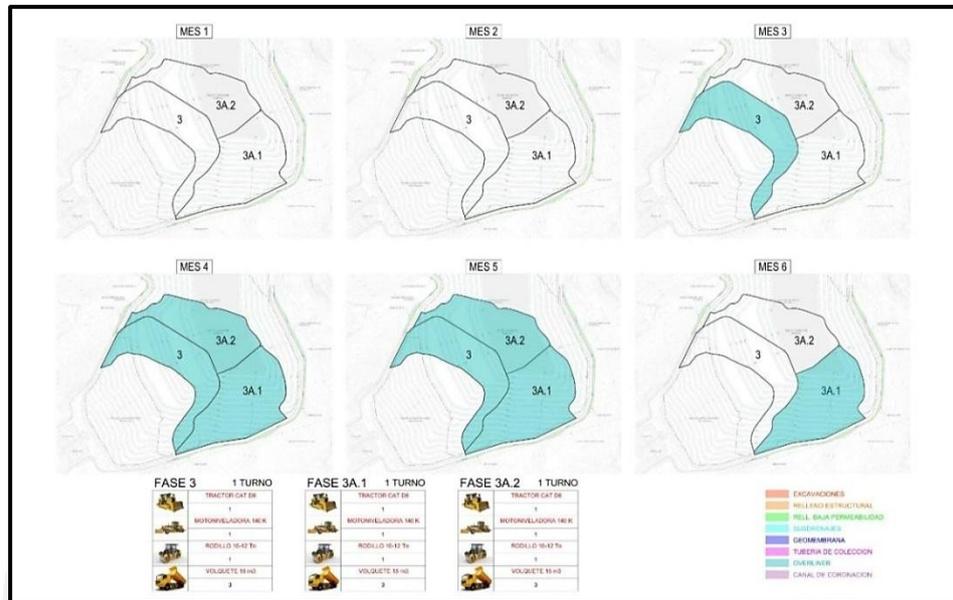


Figura 32. Cronograma de ejecución de tuberías de colección (Elaboración propia)

En la siguiente imagen (figura 33) se muestra el cronograma de ejecución del sobrecubrimiento para las diferentes fases:

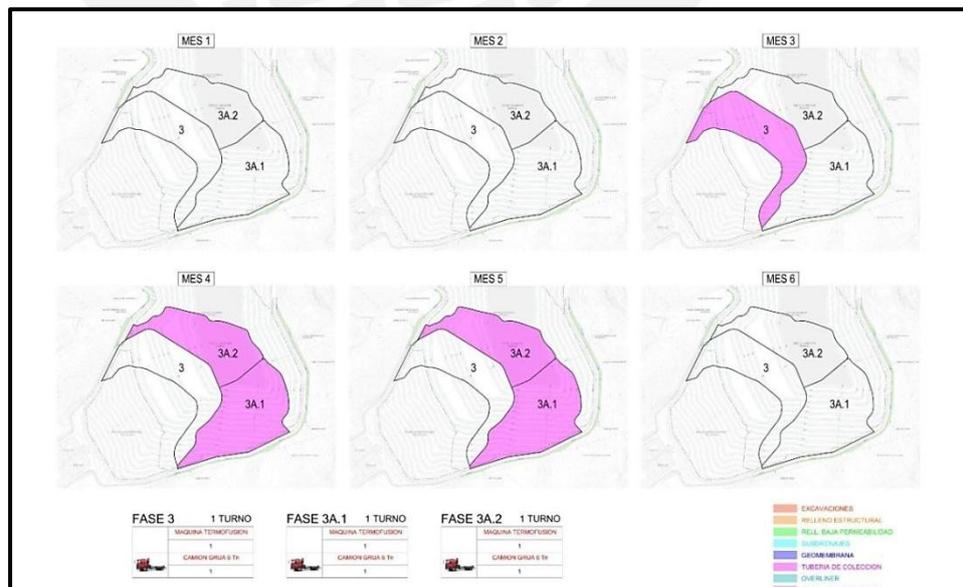


Figura 33. Cronograma de ejecución del sobrecubrimiento (Elaboración propia)

Una vez terminados los trabajos de colocación del material de sobreevestimiento en las tres zonas en las que se ha dividido el proyecto quedaría el mismo terminado y listo para su liberación.

4.3.6. CANAL DE CORONACIÓN

Durante los meses iniciales del proyecto en los que se estarán realizando las excavaciones y rellenos en las tres áreas de la plataforma, se irá realizando los trabajos de excavación en el canal perimetral, con la finalidad de garantizar su terminación de manera simultánea al resto del pad. Además, paralelo a las excavaciones en canal y en la plataforma, se deberán realizar los trabajos en el camino perimetral con el fin que el mismo sean útil para el acceso a los frentes de trabajo. En el camino perimetral inicialmente solo se ejecutarán los trabajos hasta un nivel de relleno estructural temporal, de manera que previo a la culminación de todos los trabajos en la plataforma de lixiviación, solo se realicen trabajos definitivos de afirmado y se asegure la entrega del camino perimetral en óptimas condiciones.

Una vez terminados los trabajos de las excavaciones y rellenos en el canal se procederá con los trabajos de revestimiento del mismo. A partir de ese momento se podrá usar el mismo para la conducción de aguas de cunetas de la obra.

Como medida preventiva, para evitar el arrastre de finos hacia aguas abajo de la obra, se dispondrán barreras de sacos equidistantes entre ellas, de manera que se garantice que los finos provenientes de los trabajos nunca lleguen aguas abajo. De igual manera se realizarán controles periódicos aguas debajo de la plataforma de lixiviación, ello para garantizar el correcto funcionamiento de los medios dispuestos. En la figura 34, se puede observar la secuencia de trabajo del canal de coronación de la plataforma de lixiviación. En el mes 1 se realizan trabajos en los tramos de canal de los sectores 3, 3A.1 y 3A.2. En el mes 2 las actividades en la longitud del canal del sector 3 han culminado, mientras que en los sectores 3A.1 y 3A.2 aún se continúan ejecutando trabajos en los canales. En el mes 3 se ejecutan actividades en el tramo de canal del sector 3A.1, mientras que en los otros sectores ya se han culminado los trabajos en el canal.

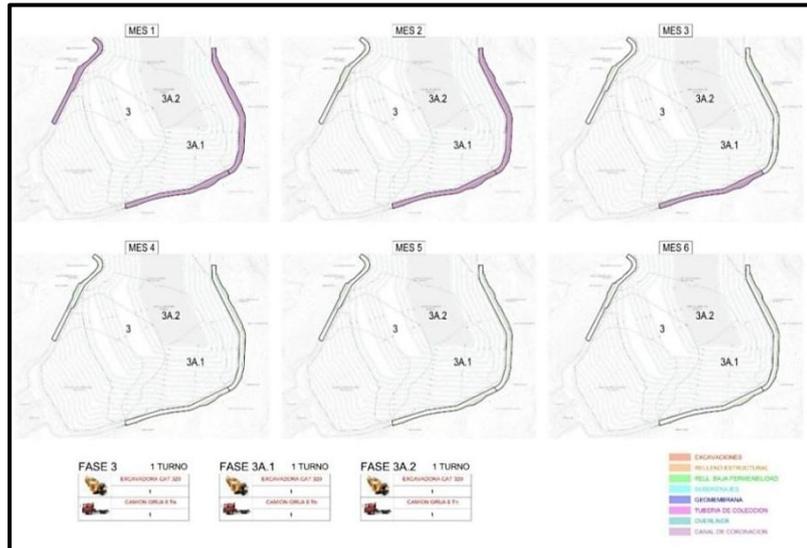


Figura 34. Secuencia de ejecución del canal de coronación (Elaboración propia)

Las principales partidas correspondientes al canal de coronación son las siguientes:

- **Excavaciones y Rellenos**
 - Excavación en canal perimetral.
 - Excavación de trincheras de anclaje.
 - Colocación y compactación de relleno en trinchera de anclaje.
 - Colocación y compactación de relleno en bermas de seguridad.
- **Sistema de Revestimiento:**
 - Suministro y colocación de estacas de acero para anclaje de geoweb.
 - Geotextil no tejido de 270g/cm².
 - Geoceldas en canales de concreto.
 - Concreto.
 - Dados de concreto.

Para los citados trabajos se ha previsto disponer los equipos que se observan en el gráfico superior (figura 34), ello trabajando a un único turno.

En fechas previas a la entrega de la obra se realizará una inspección de los taludes laterales de las bermas del canal de coronación para, en caso de haber algún desperfecto, proceder a su arreglo para que se encuentren en perfecto estado al momento de recepción de la obra.

5. PLANEAMIENTO GENERAL

5.1. FUNDAMENTOS Y CONSIDERACIONES PRELIMINARES

En base a la guía de fundamentos para la dirección de proyectos, la gestión del tiempo de un proyecto contempla una serie de procesos para gestionar la terminación en plazo de un proyecto. La figura 35 presenta el esquema general de los procesos que nos permitirá elaborar el cronograma.

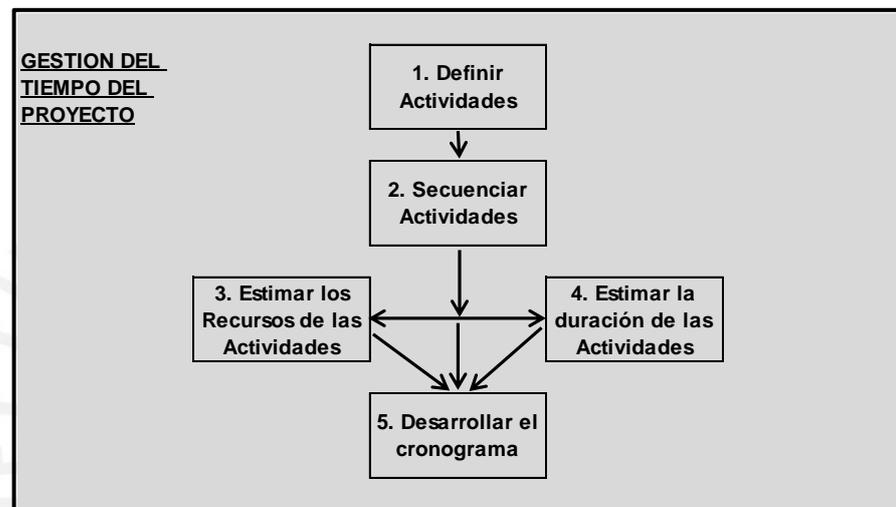


Figura 35. Esquema general de procesos (Elaboración propia)

1. Definición de actividades: Proceso de reconocer y documentar las acciones específicas que se deben realizar para generar los entregables del proyecto.
2. Secuenciamiento de actividades: Proceso de identificar y documentar las relaciones existentes entre las actividades del proyecto.
3. Estimación de los recursos de las actividades: Proceso de aproximación en el tipo y las cantidades de materiales, mano de obra y equipos para ejecutar cada una de las actividades.
4. Estimación de la duración de las actividades: Este proceso estima la cantidad de periodos de trabajo necesario para finalizar las actividades individuales.

5. Desarrollo del cronograma: Proceso de analizar secuencias de actividades, duraciones, requisitos de recursos y restricciones del cronograma.

El desarrollo del cronograma del proyecto, con el soporte de la herramienta de programación, utiliza los resultados de los procesos para definir y secuenciar actividades, estimar los recursos y las duraciones de las mismas, de tal manera que se genere el modelo de programación. La figura 36 muestra una descripción general de la programación donde se muestra las relaciones que se presentan entre el método de programación, la herramienta de programación y el resultado de los procesos de gestión del tiempo del proyecto para generar el cronograma del proyecto.

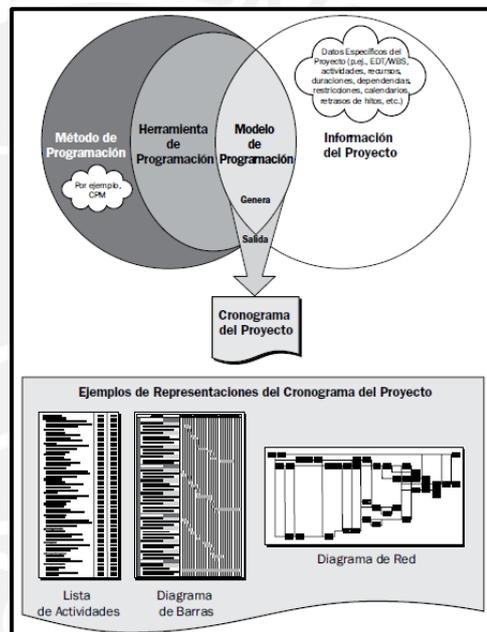


Figura 36. Descripción general de la programación (PMI, 2008)

El cumplimiento de cada uno de los procesos, en conjunto con el soporte de la herramienta de programación, permite dar lugar al cronograma, que en esta investigación, su representación será por medio del cronograma de Gantt. Antes de proceder con el desarrollo de la programación es fundamental plantear consideraciones particulares para este proyecto:

- **Herramienta de programación**

El soporte de programación es el programa Microsoft Project 2010, muy utilizado y versátil para el completo desarrollo del cronograma de Gantt y demás.

- **Jornada**

Se refiere al periodo de duración de las labores diarias incluido tiempo de almuerzo y de charlas. Para el proyecto se está contemplando una jornada por turno de 12 horas.

- **Ruta crítica**

Se define como la secuencia de actividades que representa el camino más largo a través de un proyecto y determina la menor duración posible del mismo, la demora en alguna de las actividades de la ruta crítica afectará directamente al plazo del proyecto.

En los siguientes apartados se desarrollarán cada uno de los procesos de la gestión del tiempo del proyecto (figura 35) que junto con la herramienta de programación resultará en el cronograma del proyecto.

5.2. DEFINICION DE ACTIVIDADES

El punto de inicio para el desarrollo de la programación es la definición de actividades, proceso que es el elemento de entrada para el desarrollo de los siguientes procesos. En la figura 37 se observa el punto de partida para el desarrollo del cronograma del proyecto.

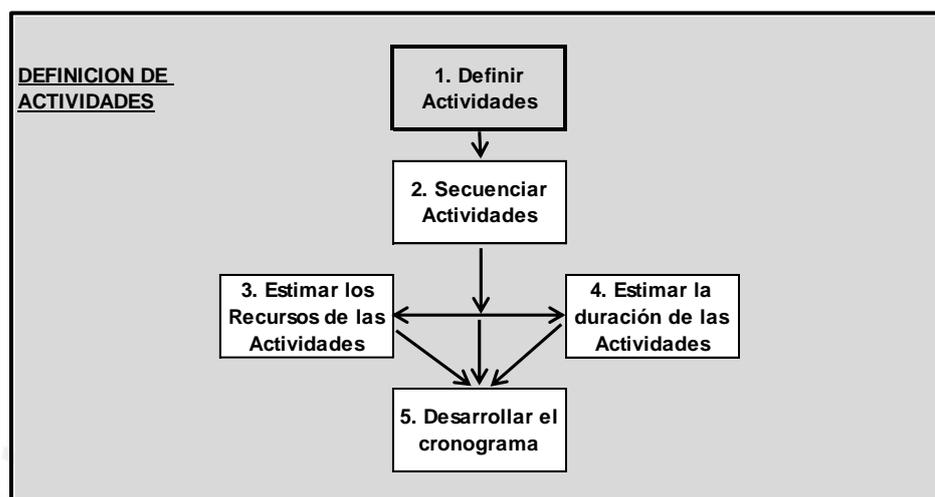


Figura 37. Esquema de procesos – Definición de actividades (Elaboración propia)

El proceso de definir las actividades contempla los procedimientos particulares para generar los entregables del proyecto, en esa línea, la mayor ganancia de este proceso es el desglose de los paquetes de trabajo en actividades, que establecerán el cimiento para la elaboración de la programación del trabajo del proyecto. El proceso de crear la EDT/WBS (estructura de desglose de trabajo o *work breakdown structure*, por sus siglas en inglés) permite identificar los entregables del nivel más inferior del EDT/WBS, denominados paquetes de trabajo. Los paquetes de trabajo están formados por componentes menores denominados actividades, que representan el trabajo necesario para concluir los paquetes de trabajo.

La técnica para el desarrollo de la EDT/WBS es la descomposición, la misma que es utilizada para dividir y subdividir el alcance del proyecto y los entregables del mismo en partes menores y manejables. Las actividades del proyecto simbolizan el esfuerzo necesario para completar

un paquete de trabajo. El resultado del proceso es la EDT/WBS del proyecto.

Para el proyecto en estudio se ha realizado el proceso de definición de actividades, de tal manera que se ha obtenido la EDT/WBS para el desarrollo del cronograma del proyecto.

En la tabla 8 se muestra la EDT/WBS para este proyecto:

Tabla 8

Work Breakdown Structure (Elaboración propia)

ITEM	DESCRIPCION
01	TRABAJOS PRELIMINARES Y COMPLEMENTARIOS
02	PAD DE LIXIVIACION FASE 3 - (6.8 ha)
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS
02.01.01	EXCAVACIONES
02.01.02	RELLENOS
02.02	SISTEMA DE SUBDRENAJE
02.03	SISTEMA DE REVESTIMIENTO
02.04	SISTEMA DE COLECCION DE SOLUCION
02.05	CANAL DE CORONACION
03	PAD DE LIXIVIACION FASE 3A.1 - (7.9 ha)
03.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS
03.01.01	EXCAVACIONES
03.01.02	RELLENOS
03.02	SISTEMA DE SUBDRENAJE
03.03	SISTEMA DE REVESTIMIENTO
03.04	SISTEMA DE COLECCION DE SOLUCION
03.05	CANAL DE CORONACION
04	PAD DE LIXIVIACION FASE 3A.2 - (5.9 ha)
04.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS
04.01.01	EXCAVACIONES
04.01.02	RELLENOS
04.02	SISTEMA DE SUBDRENAJE
04.03	SISTEMA DE REVESTIMIENTO
04.04	SISTEMA DE COLECCION DE SOLUCION
04.05	CANAL DE CORONACION
05	TRABAJOS AMBIENTALES Y OTROS
05.01	TRABAJOS AMBIENTALES

5.3. SECUENCIAMIENTO DE ACTIVIDADES

El segundo paso para el desarrollo de la programación es el secuenciamiento de actividades, proceso que junto con la definición de actividades son los elementos de entrada para el desarrollo de los siguientes procesos. En la siguiente imagen (figura 38) se aprecia el segundo paso para el desarrollo del cronograma del proyecto.

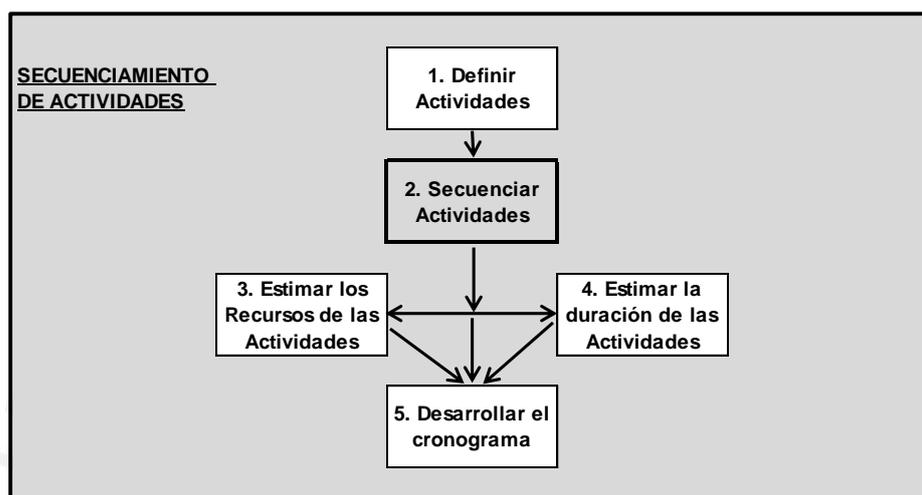


Figura 38. Esquema de procesos – Secuenciamiento de actividades
(Elaboración propia)

El proceso de secuenciar las actividades consiste en establecer relaciones entre las actividades del proyecto. El beneficio más significativo de este proceso radica en la definición de la secuencia lógica de trabajo para conseguir la máxima eficiencia considerando las restricciones del proyecto.

Las actividades e hitos, a excepción del primero y último, se enlazan con al menos un predecesor, que establezcan una relación lógica entre ellos de final a comienzo (FC) o final a final (FF). Las relaciones lógicas entre las actividades son diseñadas de tal forma que se genere un cronograma del proyecto realista. El trabajo de secuenciación puede ejecutarse mediante la aplicación de un software de gestión de proyectos, que este caso es el *Microsoft Project 2010*.

En el desarrollo del secuenciamiento de las actividades se trabaja con el método de diagramación por precedencia (PDM), técnica utilizada para establecer un modelo de programación en el cual las actividades se representan mediante nodos y se asocian gráficamente a través de una o más relaciones lógicas para mostrar la secuencia de ejecución de cada una de las actividades. Además, este es el método más utilizado en lo software de gestión de proyecto.

El PDM (*Precedence Diagramming Method*, por sus siglas en inglés) establece que una actividad predecesora es aquella que precede a una actividad dependiente de la misma en un cronograma y una actividad sucesora es una actividad dependiente que ocurre después de otra actividad en un cronograma. Además, el método de diagramación por precedencia considera cuatro tipos de dependencias y relaciones lógicas que serán descritas en las siguientes líneas:

- **Final – Comienzo (FC):** Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede comenzar hasta que haya finalizado una actividad predecesora.
- **Final – Final (FF):** Vínculo lógico en el cual una actividad sucesora no puede finalizar hasta que haya concluido una actividad predecesora.
- **Comienzo – Comienzo (CC):** Relación lógica en la que una actividad sucesora no puede comenzar hasta que haya comenzado una actividad predecesora.
- **Comienzo – Final (CF):** Conexión lógica en la cual una actividad sucesora no puede finalizar hasta que la predecesora haya comenzado.

Para mayor claridad la figura 39 se ilustra los tipos de relaciones lógicas previamente descritos:

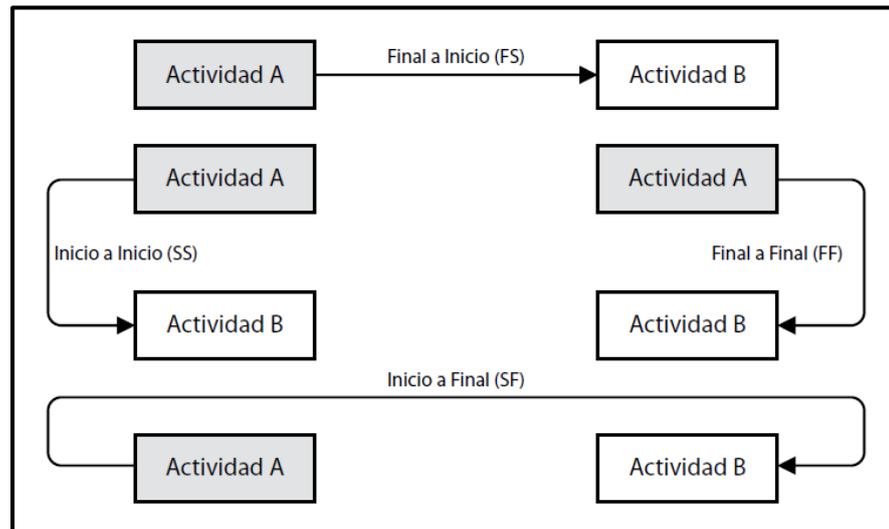


Figura 39. Tipos de relaciones del Método de Programación por Precedencia - PDM (PMI, 2008)

Las dependencias lógicas se pueden caracterizar a través de las siguientes cualidades: obligatoria o discrecional, interna o externa. Las dependencias tienen cuatro cualidades, pero solo se puede aplicar dos paralelamente, es decir, una dependencia puede ser obligatoria externa, obligatoria interna, discrecional interna o discrecional externa. En seguida se explican las cualidades de las dependencias:

- **Dependencias obligatorias:** Dependencias que son solicitadas legal o contractualmente o las inherentes a la naturaleza del trabajo.
- **Dependencias discrecionales:** Dependencias que se establecen sobre la base del conocimiento de las mejores prácticas dentro de algún aspecto poco común para el proyecto, en donde se desea establecer una secuencia específica, aunque existan otras secuencias aceptables.
- **Dependencias externas:** Dependencias que implican una vinculación entre actividades propias del proyecto y las que no pertenecen al ámbito del mismo.

- **Dependencias internas:** Dependencias que comprometen una relación de precedencia entre actividades del proyecto y normalmente están bajo control del equipo del proyecto.

Las relaciones lógicas de las actividades, también contemplan adelantos o retrasos. Un adelanto es la cantidad de tiempo en el que una actividad sucesora se adelanta con respecto a una actividad predecesora y un retraso es la cantidad de tiempo en que una actividad se retrasa con respecto a una actividad predecesora. En la figura 40 se puede observar una relación Fin – Comienzo y una relación Comienzo – Comienzo, las cuales establecen un adelanto y retraso, respectivamente.

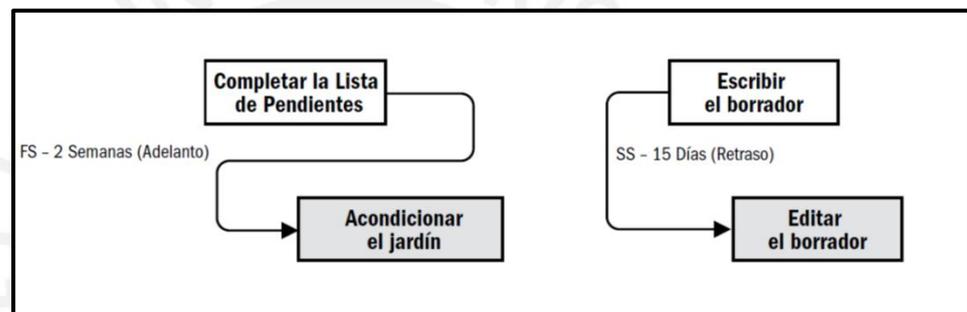


Figura 40. Ejemplos de adelantos y retrasos (PMI, 2008)

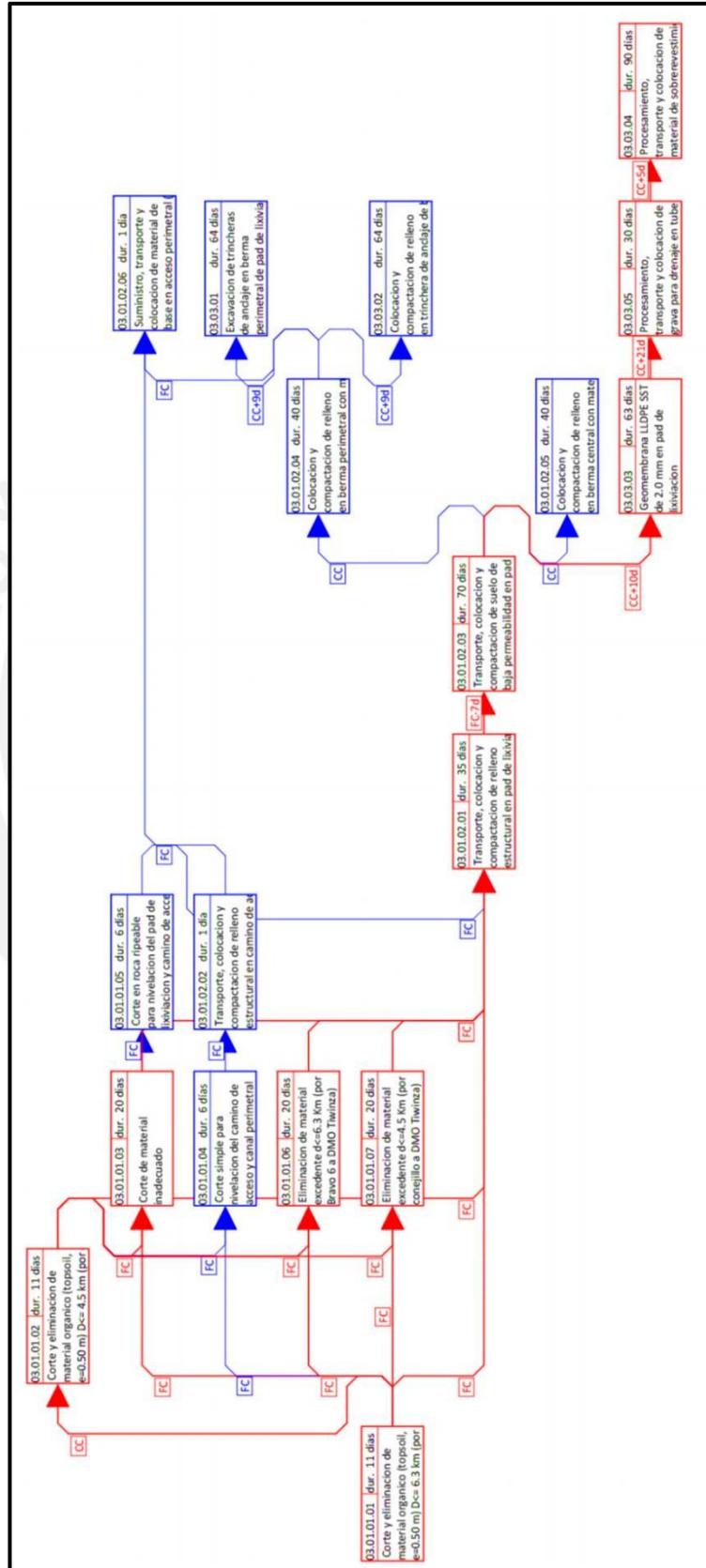
Para el proyecto en estudio se ha realizado el proceso de secuenciamiento de actividades, de tal manera que a partir de la lista de actividades final se ha establecido las relaciones lógicas y secuenciamiento entre las actividades del proyecto.

En la tabla 9 se muestra las relaciones lógicas de las actividades más representativas del proyecto, para apreciar la tabla completa de relaciones lógicas de todas las actividades del proyecto (Diagrama de Red) ver el anexo N°04.

Tabla 9

Relaciones lógicas de actividades más representativas del proyecto.

(Elaboración propia)



5.4. ESTIMACION DE RECURSOS DE LAS ACTIVIDADES

El tercer procedimiento en el desarrollo de la programación es la estimación de recursos de las actividades, proceso que junto con la definición y secuenciamiento de actividades son los elementos de entrada para el desarrollo de los siguientes procesos. En la figura 41 se ilustra la ubicación del tercer proceso en el esquema de desarrollo de la gestión del tiempo.

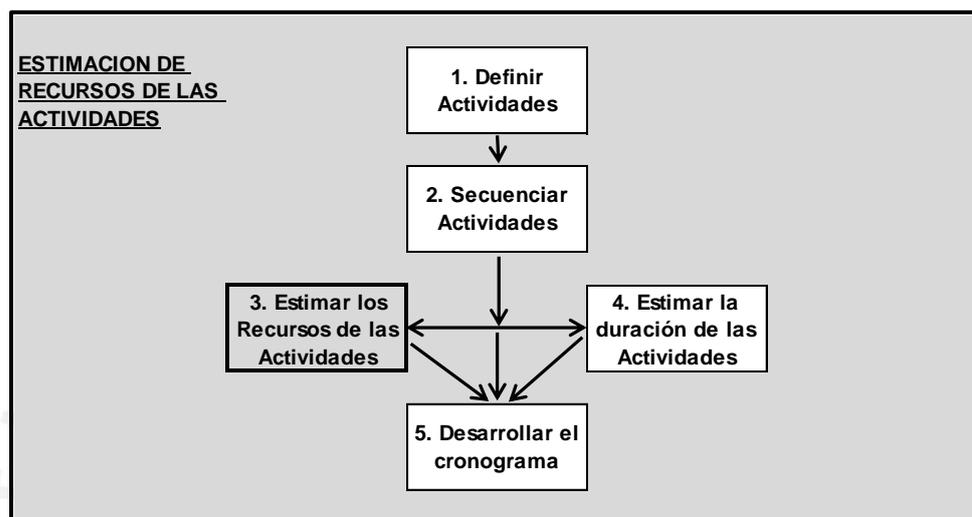


Figura 41. Esquema de procesos – Estimación de recursos de las actividades
(Elaboración propia)

El proceso de estimar los recursos de las actividades radica en aproximar tipo y cantidades de materiales, personas, equipos o suministro para completar cada una de las actividades. La principal ventaja de este proceso es que identifica el tipo, cantidad y características de los recursos necesarios para finalizar las actividades, lo que faculta estimar el costo y duración de manera más exacta.

La estimación de recursos de las actividades está directamente relacionada con el proceso de estimar los costos. En esta dirección, los recursos asignados a cada partida se verán reflejados en términos de costo al momento de calcular el presupuesto del proyecto. Además, el costo de los recursos podría ser una limitante para la estimación de los recursos en cada una de las partidas.

En el desarrollo de este proceso se tiene como herramientas de soporte los índices de producción actualizados y los costos unitarios de los recursos que son publicados periódicamente por diferentes organizaciones. Además, el apoyo de una herramienta de software para programación ayuda a planificar, organizar y gestionar los grupos de recursos, así mismo a determinar estimaciones de los mismos.

El resultado de este proceso se concentra en los recursos requeridos para las actividades, los cuales consisten en los tipos y las cantidades de recursos identificados que necesita una actividad de un paquete de trabajo. En ese sentido, para el proyecto en estudio se ha realizado el proceso de estimación de recursos requeridos para cada actividad del proyecto.

En la tabla 10 se muestra los recursos requeridos de las actividades más incidentes del proyecto:

Tabla 10

Recursos requeridos de actividades más incidentes del proyecto. (Elaboración propia)

03.01.01.01 Corte y eliminacion de material organico (topsoil, e=0.50 m) D<= 6.3 km (por Bravo 6 a DMO Tiwinza)						
m3/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m3			
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	
Mano de Obra						
CAPATAZ			hh	0.1500	0.0010	
PEON			hh	1.4500	0.0097	
Equipos						
TRACTOR SOBRE ORUGAS D8			hm	1.0000	0.0067	
EXCAVADORA CAT 336			hm	1.0000	0.0067	
CAMION VOLQUETE 15M3			hm	9.0000	0.0600	
HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	
03.01.01.02 Corte y eliminacion de material organico (topsoil, e=0.50 m) D<= 4.5 km (por conejillo a DMO Tiwinza)						
m3/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m3			
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	
Mano de Obra						
CAPATAZ			hh	0.1500	0.0010	
PEON			hh	1.4500	0.0097	
Equipos						
TRACTOR SOBRE ORUGAS D8			hm	1.0000	0.0067	
EXCAVADORA CAT 336			hm	1.0000	0.0067	
CAMION VOLQUETE 15M3			hm	7.0000	0.0600	
HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	
03.01.01.03 Corte de material inadecuado						
m3/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m3			
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	
Mano de Obra						
CAPATAZ			hh	0.4400	0.0029	
PEON			hh	1.4500	0.0097	
Equipos						
TRACTOR SOBRE ORUGAS D8			hm	1.0000	0.0067	
EXCAVADORA CAT 336			hm	1.0000	0.0067	
HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	

03.01.02.01 Transporte, colocacion y compactacion de relleno estructural en pad de lixiviacion							
m3/DIA	MO.	1,500.0000	EQ.	1,500.0000	Costo unitario directo por : m3		
Descripción Recurso					Unidad	Cuadrilla	Cantidad
Mano de Obra							
CAPATAZ					hh	0.1500	0.0010
PEON					hh	1.4500	0.0097
Equipos							
TRACTOR SOBRE ORUGAS D6					hm	0.5000	0.0033
MOTONIVELADORA 181HP					hm	1.0000	0.0067
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 10-12 Ton					hm	1.0000	0.0067
HERRAMIENTAS MANUALES					%mo		5.0000
Subpartidas							
TRANSPORTE DE RELLENO ESTRUCTURAL					m3		1.0000
03.01.02.(Transporte, colocacion y compactacion de suelo de baja permeabilidad en pad de lixiviacion (e=0.30 m)							
m3/DIA	MO.	500.0000	EQ.	500.0000	Costo unitario directo por : m3		
Descripción Recurso					Unidad	Cuadrilla	Cantidad
Mano de Obra							
CAPATAZ					hh	1.4500	0.0290
PEON					hh	14.5000	0.2900
Equipos							
TRACTOR SOBRE ORUGAS D6					hm	0.5000	0.0100
MOTONIVELADORA 181HP					hm	0.5000	0.0100
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 10-12 Ton					hm	1.0000	0.0200
CARGADOR SOBRE LLANTAS 200-250 HP 4-4.1 yd3					hm	0.5000	0.0100
HERRAMIENTAS MANUALES					%mo		5.0000
ZARANDA ESTATICA					hm	0.3333	0.0067
Subpartidas							
TRANSPORTE DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD					m3		1.0000
03.02.02 Colocacion y compactacion de relleno en trinchera de subdrenaje con material propio							
m3/DIA	MO.	50.0000	EQ.	50.0000	Costo unitario directo por : m3		
Descripción Recurso					Unidad	Cuadrilla	Cantidad
Mano de Obra							
CAPATAZ					hh	0.1500	0.0300
PEON					hh	5.8000	1.1600
Equipos							
EXCAVADORA CAT 320					hm	0.5000	0.1000
COMPACTADORA PLANCHA 7HP					hm	2.0000	0.4000
HERRAMIENTAS MANUALES					%mo		5.0000
03.03.04 Procesamiento, transporte y colocacion de material de sobrecubrimiento en pad de lixiviacion (e=0.50 m)							
m3/DIA	MO.	700.0000	EQ.	700.0000	Costo unitario directo por : m3		
Descripción Recurso					Unidad	Cuadrilla	Cantidad
Mano de Obra							
CAPATAZ					hh	1.4500	0.0207
PEON					hh	2.9000	0.0414
Equipos							
TRACTOR SOBRE ORUGAS D6					hm	1.0000	0.0143
MOTONIVELADORA 181HP					hm	0.2000	0.0029
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 10-12 Ton					hm	1.0000	0.0143
HERRAMIENTAS MANUALES					%mo		5.0000
Subpartidas							
TRANSPORTE DE MATERIAL DE SOBRECUBRIMIENTO (OVERLINER)					m3		1.0000
PROCESAMIENTO DE MATERIAL DE SOBRECUBRIMIENTO					m3		2.0000

5.5. ESTIMACION DE DURACION DE LAS ACTIVIDADES

El cuarto procedimiento en el desarrollo de la programación es la estimación de duración de las actividades, proceso que, junto con la definición, secuenciamiento y estimación de recursos de las actividades, son los elementos de entrada para el desarrollo del siguiente proceso. En la figura 42 se observa la ubicación del cuarto proceso en el esquema de desarrollo de la gestión del tiempo.

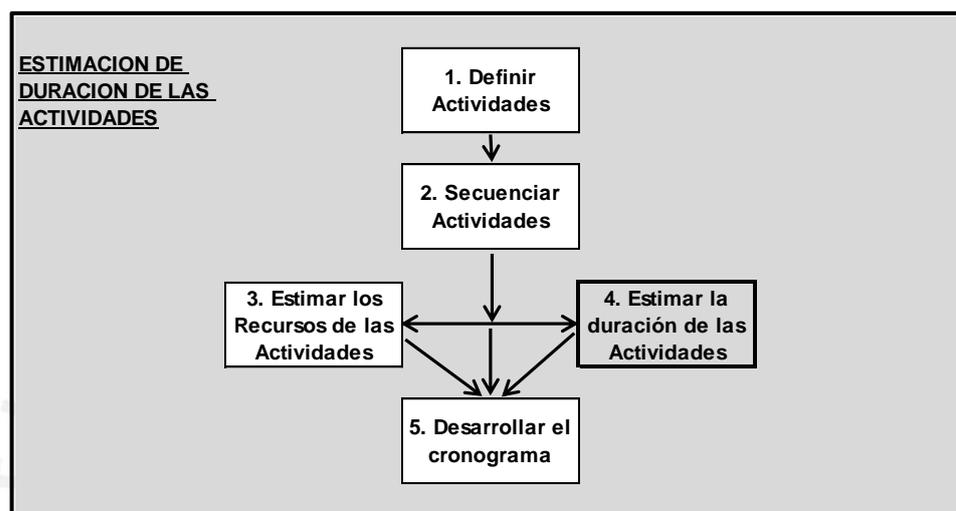


Figura 42. Esquema de procesos – Estimación de duración de las actividades
(Elaboración propia)

El proceso de estimar la duración de las actividades radica en realizar una estimación de la cantidad de tiempo para culminar las actividades individuales con los recursos previamente estimados. El principal beneficio de este proceso es que establece la cantidad de tiempo necesario para finalizar cada una de las actividades, lo cual conforma un proceso de entrada fundamental para el desarrollo del cronograma.

La estimación de la duración de las actividades utiliza información sobre el alcance del trabajo que circunscribe la actividad, los tipos y cantidades de recursos necesarios. El proceso de estimar la duración de las actividades solicita una estimación del esfuerzo requerido y de la cantidad de recursos disponibles para culminar la actividad. Estas estimaciones se utilizan para deducir la cantidad de tiempo necesario para completar una actividad.

En el desarrollo de la estimación de duración de las actividades se trabaja con el método de estimación paramétrica, técnica de estimación en la que se utiliza un algoritmo para calcular la duración sobre la base de datos históricos y los parámetros del proyecto. Las duraciones de las actividades se determinan cuantitativamente multiplicando la cantidad de trabajo a realizar por la cantidad de horas de trabajo por unidad de medida. Es así que, por ejemplo, un recurso asignado sea una excavadora sobre orugas capaz de excavar en terreno suelto 100.00 metro cúbicos por hora, la duración requerida para instalar 1,000.00 metros cúbicos sería de 10 horas. (1,000.00 metros cúbicos divididos por 100.00 metros cúbicos por hora).

Con la técnica de estimación paramétrica pueden lograrse niveles altos de exactitud, dependiendo de la sofisticación de los datos que utilice el modelo. Esta estimación de tiempo se aplica a un proyecto en su totalidad o a partes del mismo.

El resultado de este proceso se manifiesta en las estimaciones de la duración de las actividades, las cuales son las valoraciones cuantitativas de la cantidad probable de periodo de trabajo que se necesita para finalizar una actividad. En ese sentido, para el proyecto en estudio se ha realizado el proceso de estimación de duraciones para cada actividad del proyecto.

En la tabla 11 se muestra las duraciones estimadas de las actividades más incidentes del paquete de trabajo de movimiento de tierras del pad fase 3.A.1.

Tabla 11

Duraciones de actividades más representativas del proyecto.

(Elaboración propia)

DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	RENDIMIENTO HORA	HORAS / TURNO	RENDIMIENTO TURNO	TIEMPO UNITARIO	N° CUADRILLAS	N° TURNOS	RENDIMIENTO DIA	TIEMPO PROGRAM.	DURACION
		A	B	C	D = B x C	E = A / D	F	G	H = D x F x G	I = A / H	REDONDEAR
PAD DE LIXIVIACION FASE 3A.1 - (7.9 ha)											
MOVIMIENTO DE TIERRAS											
EXCAVACIONES											
Corte y eliminación de material orgánico (topsoil, e=0.50 m) D<= 6.3 km (por Bravo 6 a DMO Tiwinza)	m3	66,120.00	150.00	10.00	1,500.00	44.08	2.00	2.00	6,000.00	11.02	11 días
Corte y eliminación de material orgánico (topsoil, e=0.50 m) D<= 4.5 km (por conejillo a DMO Tiwinza)	m3	66,120.00	150.00	10.00	1,500.00	44.08	2.00	2.00	6,000.00	11.02	11 días
Corte de material inadecuado	m3	118,461.93	150.00	10.00	1,500.00	78.97	2.00	2.00	6,000.00	19.74	20 días
Corte simple para nivelación del camino de acceso y canal perimetral	m3	18,554.04	80.00	10.00	800.00	23.19	2.00	2.00	3,200.00	5.80	6 días
Corte en roca ripable para nivelación del pad de lixiviación y camino de acceso perimetral	m3	14,250.00	60.00	10.00	600.00	23.75	2.00	2.00	2,400.00	5.94	6 días
Eliminación de material excedente d<=6.3 Km (por Bravo 6 a DMO Tiwinza)	m3	59,897.87	150.00	10.00	1,500.00	39.93	2.00	2.00	6,000.00	9.98	20 días
Eliminación de material excedente d<=4.5 Km (por conejillo a DMO Tiwinza)	m3	59,897.87	150.00	10.00	1,500.00	39.93	2.00	2.00	6,000.00	9.98	20 días
RELLENOS											
Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en pad de lixiviación	m3	58,564.06	150.00	10.00	1,500.00	39.04	1.00	2.00	3,000.00	19.52	20 días
Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en camino de acceso y canal perimetral	m3	319.31	150.00	10.00	1,500.00	0.21	1.00	1.00	1,500.00	0.21	1 día
Transporte, colocación y compactación de suelo de baja permeabilidad en pad de lixiviación (e=0.30 m)	m3	23,009.10	50.00	10.00	500.00	46.02	1.00	1.00	500.00	46.02	47 días
Colocación y compactación de relleno en berma perimetral con material propio	m3	1,959.15	5.00	10.00	50.00	39.18	1.00	1.00	50.00	39.18	40 días
Colocación y compactación de relleno en berma central con material propio	m3	1,959.15	5.00	10.00	50.00	39.18	1.00	1.00	50.00	39.18	40 días
Suministro, transporte y colocación de material de base en acceso perimetral (e=0.20m)	m3	352.63	50.00	10.00	500.00	0.71	1.00	1.00	500.00	0.71	1 día
SISTEMA DE REVESTIMIENTO											
Excavación de trincheras de anclaje en berma perimetral de pad de lixiviación	m3	301.84	15.00	10.00	150.00	2.01	1.00	1.00	150.00	2.01	2 días
Colocación y compactación de relleno en trinchera de anclaje de berma perimetral con material propio	m3	301.84	5.00	10.00	50.00	6.04	1.00	1.00	50.00	6.04	6 días
Geomembrana LLDPE SST de 2.0 mm en pad de lixiviación	m2	81,224.57	350.00	10.00	3,500.00	23.21	1.00	1.00	3,500.00	23.21	24 días
Procesamiento, transporte y colocación de material de sobre-revestimiento en pad de lixiviación (e=0.50 m)	m3	38,348.51	45.00	10.00	450.00	85.22	1.00	1.00	450.00	85.22	86 días
Procesamiento, transporte y colocación de grava para drenaje en tuberías de colección de solución	m3	7,891.68	45.00	10.00	450.00	17.54	1.00	1.00	450.00	17.54	18 días

Nota: Las horas de producción en la tabla 11 corresponden a las horas netas de producción (10 horas). Se ha disminuido 2 horas (1 hora de almuerzo y 1 hora de charlas de seguridad y calidad) sobre la jornada laboral de 12 horas.

5.6. DESARROLLO DEL CRONOGRAMA

El último punto para el desarrollo de la programación es el desarrollo del cronograma, proceso que junto con la definición, secuenciamiento, estimación de recursos y estimación de duraciones de las actividades son los elementos de entrada finales para obtener el cronograma de las actividades. En la figura 43 se aprecia el último proceso para el desarrollo del cronograma del proyecto.

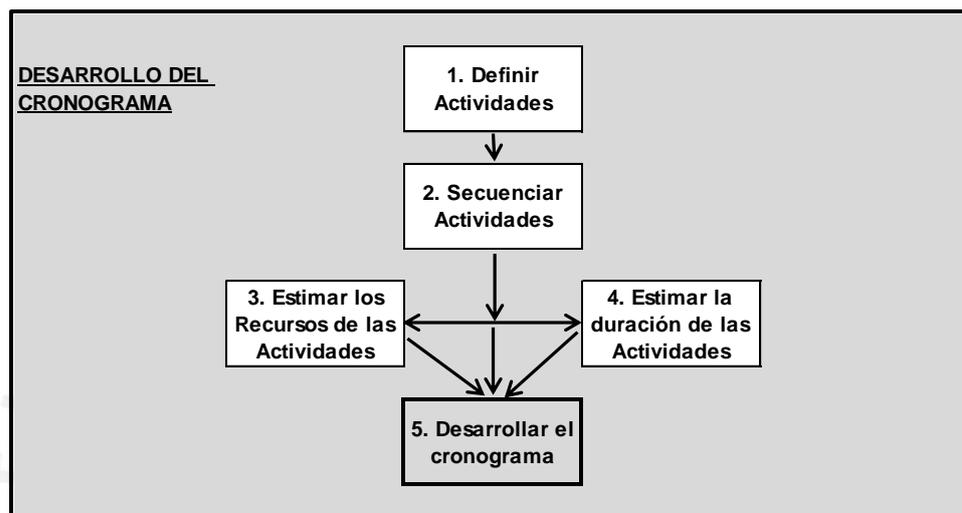


Figura 43. Esquema de procesos – Desarrollo del cronograma (Elaboración propia)

El proceso de desarrollar el cronograma se concentra en analizar las secuencias de actividades, las duraciones, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma para crear el modelo de programación del proyecto. El principal beneficio de este proceso es que al implementar actividades del cronograma, duraciones, recursos, y relaciones lógicas se genera un modelo de programación con fechas planificadas para finalizar las actividades del proyecto.

En el desarrollo del cronograma se trabaja con el método de la ruta crítica, método que se utiliza para estimar la duración mínima del proyecto, esta técnica de análisis calcula las fechas de inicio y finalización, tempranas y tardías, para todas las actividades, sin tener en cuenta las limitaciones de recursos, y realiza un análisis de toda la red del cronograma. En la figura 44 se observa un ejemplo del método de la ruta

crítica, en el cual se puede identificar que el camino más largo incluye las actividades A, C y D; por ende la secuencia A-C-D constituye la ruta crítica.

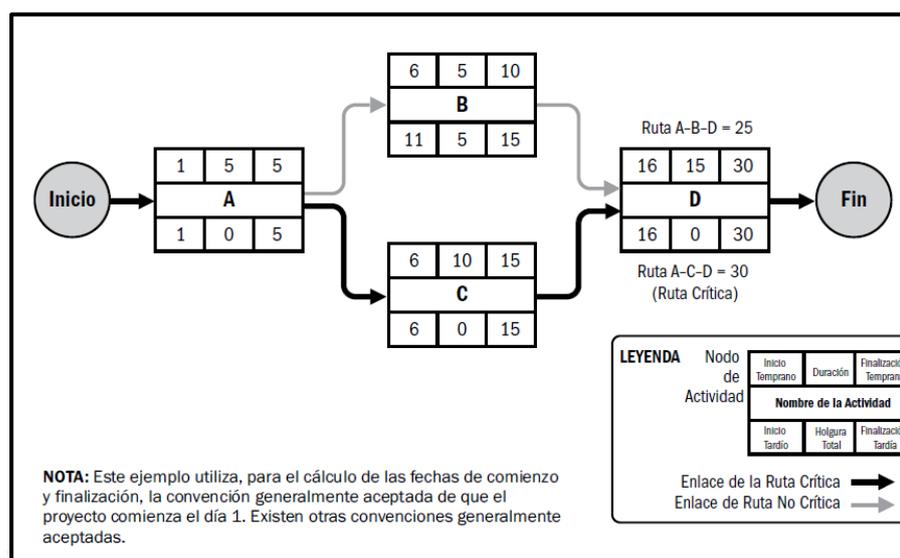


Figura 44. Ejemplo de Método de Ruta Crítica (PMI, 2008)

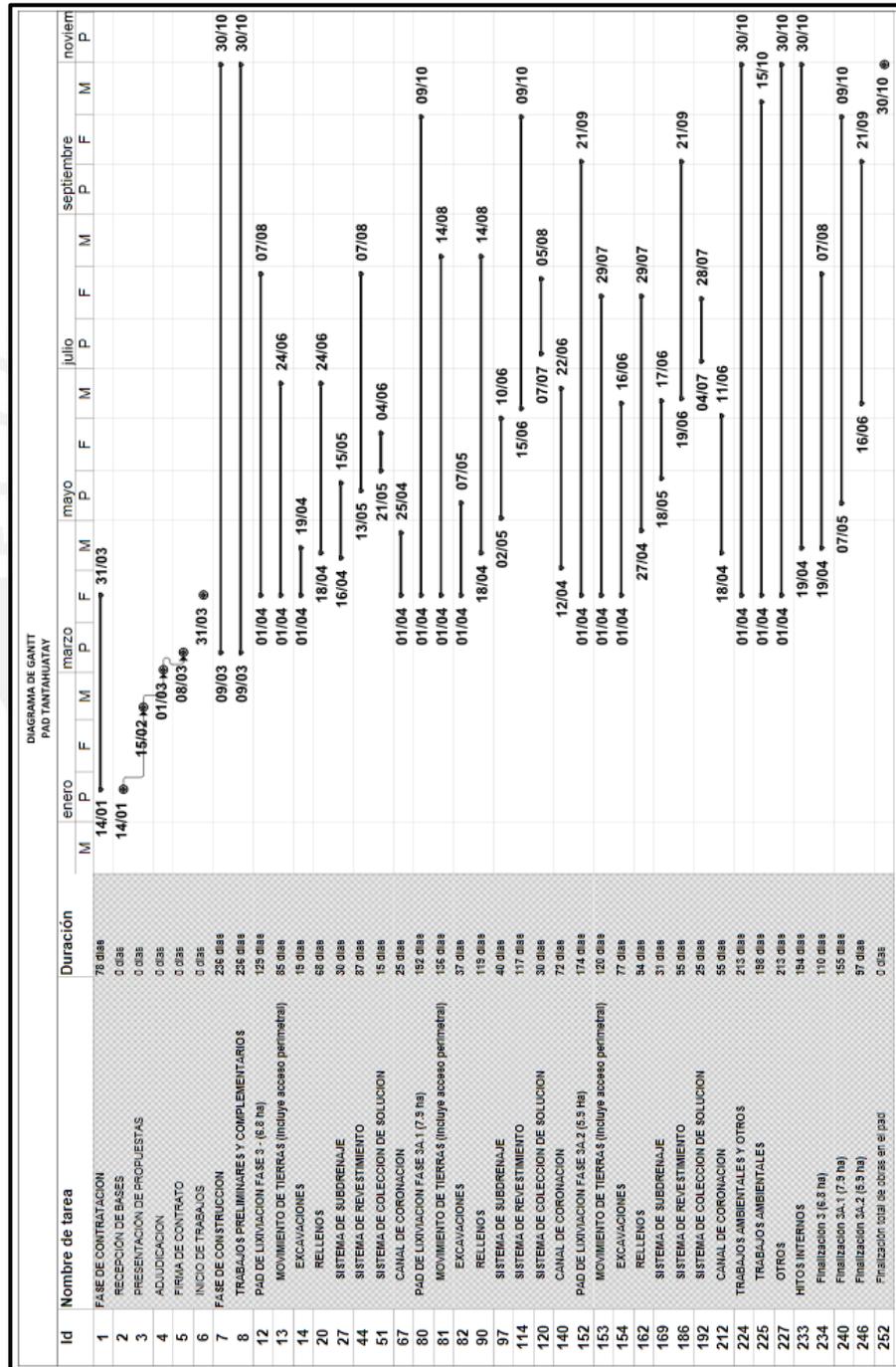
El resultado de este último proceso se presenta en la representación del cronograma. El cronograma del proyecto es un resultado de un modelo de programación que presenta actividades relacionadas con fechas, duraciones, hitos y recursos. La modelo de representación gráfica del cronograma es el Diagrama de barras o también conocido como Diagrama de Gantt. Este introduce la lista de actividades en el eje vertical, las fechas en el eje horizontal y las duraciones de las actividades se representan en forma de barras determinadas en función de las fechas de inicio y fin de cada una de las actividades del proyecto.

Para el desarrollo del cronograma, en el proyecto en estudio, se analizó el orden las actividades de construcción, duración, recursos y restricciones. La elaboración del cronograma se realizó usando el software Ms Project 2010, el mismo que utiliza el método de la ruta crítica y calcula las actividades que tienen holgura, mientras que las que no tienen holgura pasan a formar parte de la ruta crítica del cronograma del proyecto, cuyas actividades deberán tener un control más riguroso, ya que el atraso de las mismas afectarían el plazo del proyecto.

En la tabla 12 se muestra el resumen general del cronograma del proyecto, para observar la tabla completa del cronograma detallado ver el anexo N°06 y para observar el cronograma general del proyecto ver el anexo N°05.

Tabla 12

Cronograma Gantt del Proyecto – Resumen. (Elaboración propia)



6. PRESUPUESTO

6.1. DETERMINACION DEL COSTO DIRECTO

El Costo Directo de obra es el punto medular de un presupuesto, ya que en la mayoría de los casos representa, aproximadamente, 70 % del precio de venta del proyecto y es en el mismo donde la capacidad de análisis determina el nivel de competitividad del presupuesto. Los costos directos son los que se pueden cuantificar para cada una de las actividades, tal como mano de obra, materiales y equipos.

En el estudio de este proyecto, el costo directo considero las actividades vinculadas directamente a la ejecución de la obra. En esa línea, se realizó el análisis de precios unitarios de cada una de las actividades del proyecto. En la tabla 13 se presentan los análisis de precios unitarios de las actividades más representativas del proyecto y aquellas que pertenecen a la ruta crítica del proyecto.

Tabla 13

Análisis de precios unitarios. (Elaboración propia)

Partida	Corte y eliminacion de material organico (topsoil, e=0.50 m) D<= 6.3 km (por Bravo 6 a DMO Tiwinza)					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m3		4.41
H.H. 0.1293	H.M.	0.0751			Jornada	10.00
Factores de cantid.MO. MT. EQ. SC. SP.						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$
Subpartidas						
010336010209	EXCAVACION DE SUELOS ORGANICOS (TOP SOIL)	m3		1.0000	1.46	1.46
010336010239	ACARREO DE SUELOS ORGANICOS (TOP SOIL) D<= 6.3 km	m3		1.0000	2.95	2.95
						4.41
Partida	Corte y eliminacion de material organico (topsoil, e=0.50 m) D<= 4.5 km (por conejillo a DMO Tiwinza)					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m3		3.79
					Jornada	10.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$
Subpartidas						
010336010209	EXCAVACION DE SUELOS ORGANICOS (TOP SOIL)	m3		1.0000	1.46	1.46
010336010238	ACARREO DE SUELOS ORGANICOS (TOP SOIL) D<= 4.5 km	m3		1.0000	2.33	2.33
						3.79
Partida	Corte de material inadecuado					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m3		1.48
					Jornada	10.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.4400	0.0029	10.17	0.03
0101010005	PEON	hh	1.4500	0.0097	6.54	0.06
						0.09
Equipos						
010329061002	TRACTOR SOBRE ORUGAS D8	hm	1.0000	0.0067	111.64	0.75
010336010176	EXCAVADORA CAT 336	hm	1.0000	0.0067	95.38	0.64
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.09	0.00
						1.39

Partida	03.01.02.01	Transporte, colocacion y compactacion de relleno estructural en pad de lixiviacion					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m3		2.85	
				Jornada		10.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1500	0.0010	10.17	0.01	
0101010005	PEON	hh	1.4500	0.0097	6.54	0.06	
						0.07	
	Equipos						
010329061001	TRACTOR SOBRE ORUGAS D6	hm	0.5000	0.0033	79.10	0.26	
010336010169	MOTONIVELADORA 181HP	hm	1.0000	0.0067	67.01	0.45	
010336010170	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 10-12 Ton	hm	1.0000	0.0067	43.85	0.29	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.07		
						1.00	
	Subpartidas						
010336010246	TRANSPORTE DE RELLENO ESTRUCTURAL	m3		1.0000	1.78	1.78	
						1.78	
Partida	03.01.02.03	Transporte, colocacion y compactacion de suelo de baja permeabilidad en pad de lixiviacion (e=0.30 m)					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por : m3		10.91	
				Jornada		10.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.4500	0.0290	10.17	0.29	
0101010005	PEON	hh	14.5000	0.2900	6.54	1.90	
						2.19	
	Equipos						
010329061001	TRACTOR SOBRE ORUGAS D6	hm	0.5000	0.0100	79.10	0.79	
010336010169	MOTONIVELADORA 181HP	hm	0.5000	0.0100	67.01	0.67	
010336010170	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 10-12 Ton	hm	1.0000	0.0200	43.85	0.88	
010336010178	CARGADOR SOBRE LLANTAS 200-250 HP 4-4.1 yd3	hm	0.5000	0.0100	81.54	0.82	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.19	0.11	
03014000040003	ZARANDA ESTATICA	hm	0.3333	0.0067	5.02	0.03	
						3.30	
	Subpartidas						
010336010247	TRANSPORTE DE SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD	m3		1.0000	5.42	5.42	
						5.42	
Partida	03.02.02	Colocacion y compactacion de relleno en trinchera de subdrenaje con material propio					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 50.0000	EQ. 50.0000	Costo unitario directo por : m3		20.09	
				Jornada		10.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1500	0.0300	10.17	0.31	
0101010005	PEON	hh	5.8000	1.1600	6.54	7.59	
						7.90	
	Equipos						
010324050206	EXCAVADORA CAT 320	hm	0.5000	0.1000	72.56	7.26	
010336010207	COMPACTADORA PLANCHA 7HP	hm	2.0000	0.4000	11.33	4.53	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	7.90	0.40	
						12.19	
Partida	03.03.04	Procesamiento, transporte y colocacion de material de sobrerrevestimiento en pad de lixiviacion (e=0.50 m)					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 700.0000	EQ. 700.0000	Costo unitario directo por : m3		11.84	
				Jornada		10.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio US\$	Parcial US\$	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.4500	0.0207	10.17	0.21	
0101010005	PEON	hh	2.9000	0.0414	6.54	0.27	
						0.48	
	Equipos						
010329061001	TRACTOR SOBRE ORUGAS D6	hm	1.0000	0.0143	79.10	1.13	
010336010169	MOTONIVELADORA 181HP	hm	0.2000	0.0029	67.01	0.19	
010336010170	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 10-12 Ton	hm	1.0000	0.0143	43.85	0.63	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.48	0.02	
						1.97	
	Subpartidas						
010336010240	TRANSPORTE DE MATERIAL DE SOBREREVESTIMIENTO (OVERLINER)	m3		1.0000	2.11	2.11	
010336010250	PROCESAMIENTO DE MATERIAL DE SOBREREVESTIMIENTO	m3		2.0000	3.64	7.28	
						9.39	

El total de análisis de precios unitarios se encuentran en el anexo N°07.

6.2. PRESUPUESTO GENERAL

El presupuesto general contempla la suma de diversos montos relacionados al proyecto. Para el proyecto en estudio se ha considerado los conceptos por costo directo, costo indirecto, utilidad e impuestos. Sobre la base de los análisis de precios unitarios, el costo directo se obtiene multiplicando el metrado las actividades por el precio unitario de las mismas. En la siguiente tabla se describen los montos asociados directamente e indirectamente al proyecto:

Tabla 14

Resumen de costos directos e indirectos del proyecto. (Elaboración propia)

ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANT.	COSTO UNITARIO (US\$)	COSTO PARCIAL (US\$)	PORCENTAJE INCIDENCIA (%)
01	TRABAJOS PRELIMINARES Y COMPLEMENTARIOS				372,022.35	5.36%
02	PAD DE LIXIVIACION FASE 3 - (6.8 ha)				1,402,803.52	20.21%
03	PAD DE LIXIVIACION FASE 3A - (13.8 ha)				4,703,811.22	67.76%
04	TRABAJOS AMBIENTALES Y OTROS				463,190.88	6.67%
A	COSTO DIRECTO	(US\$)			6,941,827.97	100.00%
B	GASTOS GENERALES	(US\$)			2,462,271.27	35.47%
C	UTILIDAD	(US\$)			694,182.80	10%
D	TOTAL COSTO (SIN IGV)	(US\$)	A+B+C		10,098,283.49	
E	IMPUESTO GENERAL DE LAS VENTAS (IGV)	(US\$)		18%	1,817,691.03	
F	TOTAL COSTO (INCLUIDO IGV)	(US\$)	D+E		11,915,974.52	

- **COSTO DIRECTO:** Representa el costo directamente relacionado a las actividades de ejecución del proyecto y asciende al monto de 6,941,827.97 USD (dólares americanos).
- **GASTO GENERALES:** Equivale al 35.47% del costo directo y alcanza al monto de 2,462,271.27 USD (dólares americanos). Este monto corresponde a los gastos indirectos necesarios para la ejecución de la obra tal como profesionales, alojamiento, alimentación, transporte, costos financieros y riesgos.
- **UTILIDAD:** Representa el 10 % del costo directo del proyecto y asciende al monto de 694,182.80 USD (dólares americanos). Es un porcentaje normalmente usado por empresas contratistas para obras de esta envergadura.

- **TOTAL COSTO (SIN IGV):** Equivale a la suma de los montos antes descritos (costo directo, gastos generales y utilidad) y alcanza la suma de 10,098,282.04 USD (dólares americanos). Este es el monto presupuestado antes de aplicar impuestos.
- **IGV:** Corresponde al porcentaje al Impuesto General de las Venta, el mismo que está definido por el estado y se aplica a todo tipo de servicios.
- **TOTAL COSTO (INC. IGV):** Representa la suma del costo del proyecto incluido el impuesto general de las ventas y asciende al monto de 11,915,972.81 USD (dólares americanos). Esta suma coincide con el monto de facturación del proyecto.

En la siguiente tabla se presenta el presupuesto total considerando los conceptos previamente descritos, para ver el presupuesto detallado ver el Anexo N° 08:

Tabla 15

Resumen general del presupuesto del proyecto. (Elaboración propia)

ITEM	DESCRIPCION	UND.	CANT.	COSTO UNITARIO (US\$)	COSTO PARCIAL (US\$)	PORCENTAJE INCIDENCIA (%)
01	TRABAJOS PRELIMINARES Y COMPLEMENTARIOS				372,022.35	5.36%
02	PAD DE LIXIVIACION FASE 3 - (6.8 ha)				1,402,803.52	20.21%
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS (incluye acceso perimetral)				646,745.49	9.32%
02.01.01	EXCAVACIONES				190,044.29	2.74%
02.01.02	RELLENOS				456,701.20	6.58%
02.02	SISTEMA DE SUBDRENAJE				143,876.44	2.07%
02.03	SISTEMA DE REVESTIMIENTO				536,126.26	7.72%
02.04	SISTEMA DE COLECCION DE SOLUCION				36,966.45	0.53%
02.05	CANAL DE CORONACION				39,088.88	0.56%
02.05.01	EXCAVACIONES Y RELLENOS				11,940.18	0.17%
02.05.02	SISTEMA DE REVESTIMIENTO				27,148.70	0.39%
03	PAD DE LIXIVIACION FASE 3A - (13.8 ha)				4,703,811.22	67.76%
03.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS (incluye acceso perimetral)				2,874,301.85	41.41%
03.01.01	EXCAVACIONES				1,951,398.12	28.11%
03.01.02	RELLENOS				922,903.73	13.29%
03.02	SISTEMA DE SUBDRENAJE				456,915.95	6.58%
03.03	SISTEMA DE REVESTIMIENTO				1,170,469.10	16.86%
03.04	SISTEMA DE COLECCION DE SOLUCION				16,747.66	0.24%
03.05	CANAL DE CORONACION				185,376.66	2.67%
03.05.01	EXCAVACIONES Y RELLENOS				92,189.03	1.33%
03.05.02	SISTEMA DE REVESTIMIENTO				93,187.63	1.34%
04	TRABAJOS AMBIENTALES Y OTROS				463,190.88	6.67%
04.01	TRABAJOS AMBIENTALES				81,463.55	1.17%
04.02	OTROS				381,727.33	5.50%
A	COSTO DIRECTO	(US\$)			6,941,827.97	100.00%
B	GASTOS GENERALES	(US\$)			2,462,271.27	35.47%
C	UTILIDAD	(US\$)			694,182.80	10%
D	TOTAL COSTO (SIN IGV)	(US\$)	A+B+C		10,098,283.49	
E	IMPUESTO GENERAL DE LAS VENTAS (IGV)	(US\$)		18%	1,817,691.03	
F	TOTAL COSTO (INCLUIDO IGV)	(US\$)	D+E		11,915,974.52	

6.3. PRESUPUESTO POR PARTIDAS

El presupuesto por partidas presenta el presupuesto general resumido en actividades. Este resumen por partidas permite ilustrar los porcentajes de incidencia de cada una de las partidas, de mayor a menor incidencia. En la siguiente tabla se puede ver el presupuesto por partidas para el proyecto en estudio:

Tabla 16

Presupuesto resumido por partidas, ordenado según porcentaje de incidencia.

(Elaboración propia)

DESCRIPCION	UND	METRADO	P.U. (USD)	PARCIAL	%	%
				(USD)	INCIDENCIA	ACUMULADO
				6,941,827.96		
Procesamiento, transporte y colocación de material de sobrerrevestimiento en pad de lixiviación (e=0.50 m)	m3	100,431.05	11.84	1,189,103.63	17.13%	17.13%
Transporte, colocación y compactación de suelo de baja permeabilidad en pad de lixiviación (e=0.30 m)	m3	60,258.63	10.91	657,421.65	9.47%	26.60%
Corte y eliminación de material orgánico (topsoil, e=0.50 m) D<= 6.3 km (por Bravo 6 a DMO Tiwinza)	m3	116,000.00	4.41	511,560.00	7.37%	33.97%
Corte y eliminación de material orgánico (topsoil, e=0.50 m) D<= 4.5 km (por conejillo a DMO Tiwinza)	m3	116,000.00	3.79	439,640.00	6.33%	40.30%
Transporte, colocación y compactación de relleno estructural en pad de lixiviación	m3	137,443.38	2.85	391,713.63	5.64%	45.95%
Corte de material inadecuado	m3	250,936.75	1.48	371,386.39	5.35%	51.30%
Colocación y compactación de relleno en trinchera de subdrenaje con material propio	m3	18,414.47	20.09	369,946.70	5.33%	56.62%
Eliminación de material excedente d<=6.3 Km (por Bravo 6 a DMO Tiwinza)	m3	125,137.72	2.95	369,156.27	5.32%	61.94%
Eliminación de material excedente d<=4.5 Km (por conejillo a DMO Tiwinza)	m3	125,137.72	2.33	291,570.89	4.20%	66.14%
Construcción de depósito de material orgánico	glb	1.00	269,509.41	269,509.41	3.88%	70.02%
Geomembrana LLDPE SST de 2.0 mm en pad de lixiviación	m2	213,666.11	1.25	267,082.64	3.85%	73.87%
Transporte de personal de comunidad	mes.	6.50	35,669.69	231,852.99	3.34%	77.21%
Procesamiento, transporte y colocación de grava para drenaje en tuberías de colección de solución	m3	13,845.05	12.88	178,324.24	2.57%	79.78%
Transporte y colocación de grava en sistema de subdrenaje	m3	7,303.70	23.78	173,681.99	2.50%	82.28%
Colocación y compactación de relleno en berma perimetral con material propio	m3	5,911.67	25.93	153,289.60	2.21%	84.49%
Colocación y compactación de relleno en berma central con material propio	m3	4,896.52	25.93	126,966.76	1.83%	86.32%
Movilización y desmovilización de equipos	glb	1.00	111,369.36	111,369.36	1.60%	87.92%
Corte en roca ripeable para nivelación del pad de lixiviación y camino de acceso perimetral	m3	29,555.22	3.74	110,536.52	1.59%	89.52%
Colocación y compactación de relleno en bermas de seguridad con material propio	m3	4,119.72	21.36	87,997.22	1.27%	90.78%

6.4. PRESUPUESTO POR CONCEPTOS

El presupuesto por conceptos resume el presupuesto general en conceptos más amplios, los cuales pueden abarcar más de una actividad. Este resumen por conceptos permite ilustrar los porcentajes de incidencia, de mayor a menor incidencia, de paquetes de actividades. En la siguiente tabla se puede diferenciar el presupuesto por concepto para el proyecto en estudio:

Tabla 17

Presupuesto resumido por conceptos, ordenado según porcentaje de incidencia.
(Elaboración propia)

DESCRIPCION	UND	METRADO	P.U. (USD)	6,941,827.96	%	%
				PARCIAL (USD)	INC.	ACUM.
RELLENOS	m3	361,167.22	9.53	3,441,681.94	49.58%	49.58%
EXCAVACIONES	m3	558,537.55	2.76	1,542,712.54	22.22%	71.80%
ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE	m3	250,275.44	2.64	660,727.16	9.52%	81.32%
TRABAJOS PRELIMINARES Y COMPLEMENTARIOS	glb	1.00	372,022.35	372,022.35	5.36%	86.68%
DEPOSITO MATERIAL ORGANICO	glb	1.00	269,509.41	269,509.41	3.88%	90.56%
GEOMENBRANA	m2	213,666.11	1.25	267,082.64	3.85%	94.41%
MEDIO AMBIENTE	glb	1.00	81,463.55	81,463.55	1.17%	95.58%
CONCRETOS	m3	533.75	147.01	78,466.59	1.13%	96.71%
ACCESOS Y RAMPAS	glb	1.00	78,058.28	78,058.28	1.12%	97.84%
TUBERIA HDPE	m	18,345.11	2.47	45,403.48	0.65%	98.49%
GEOCELDAS	m2	3,897.69	8.56	33,364.23	0.48%	98.97%
MANTENIMIENTO VIAS	glb	1.00	23,139.67	23,139.67	0.33%	99.31%
ACCESORIOS HDPE	glb	1.00	15,684.07	15,684.07	0.23%	99.53%
DESMONTAJE Y REUBICACIÓN PLANTA CHANCADORA	glb	1.00	11,019.97	11,019.97	0.16%	99.69%
GCL	m2	10,000.00	0.90	9,000.00	0.13%	99.82%
GEOTEXTIL	m2	14,707.59	0.37	5,441.80	0.08%	99.90%
ESTACAS DE ACERO	und	2,030.75	2.02	4,102.12	0.06%	99.96%
DADOS CONCRETO	und	1,776.00	1.66	2,948.16	0.04%	100.00%

6.5. PRESUPUESTO POR RECURSOS

El presupuesto por recursos contempla los costos de los recursos involucrados en el presupuesto general. Este resumen por recursos permite diferenciar los porcentajes de incidencia de los recursos específicos agrupados en mano de obra, materiales, equipos y subcontratos. En la tabla 18 se puede ver el presupuesto por recursos para el proyecto en estudio:

Tabla 18

Presupuesto resumido por recursos, ordenado según porcentaje de incidencia. (Elaboración propia)

DESCRIPCION	UND	METRADO	PRECIO UNITARIO (U\$)	PARCIAL (U\$) 6,946,939.48	PORCENTAJE (%)
MANO DE OBRA	hh	289,006.00	7.76	2,241,383.28	32.26%
OPERADORES	hh	137,719.94	8.36	1,151,436.99	16.57%
MANO DE OBRA DIRECTA	hh	145,175.21	6.89	1,000,788.98	14.41%
MANO DE OBRA TECNICA	hh	6,110.85	14.59	89,157.31	1.28%
MATERIALES	glb	1.00	947,407.96	947,407.96	13.64%
COMBUSTIBLES	gal	396,103.02	2.13	843,699.43	12.14%
CEMENTO	bol	5,381.90	7.50	40,364.25	0.58%
SACOS DE POLIPROPILENO	und	1.00	32,949.92	32,949.92	0.47%
MADERA	und	1.00	7,680.00	7,680.00	0.11%
VARIOS - MATERIALES	glb	1.00	22,714.36	22,714.36	0.33%
EQUIPOS	glb	1.00	3,617,978.88	3,617,978.88	52.08%
EQUIPOS ACARREO	hm	44,318.96	27.00	1,196,611.99	17.23%
EXCAVADORAS	hm	11,091.77	65.57	727,254.07	10.47%
TRACTORES	hm	8,289.95	66.10	547,989.01	7.89%
CARGADORES	hm	6,348.65	59.00	374,570.54	5.39%
MOTONIVELADORAS	hm	2,613.40	46.00	120,216.60	1.73%
RODILLOS	hm	4,521.95	26.00	117,570.63	1.69%
CAMIONETA RURAL, COASTERS	día	984.85	108.00	106,363.60	1.53%
VARIOS - EQUIPOS	glb	1.00	87,272.02	87,272.02	1.26%
CHANCADORAS	hm	2,818.38	50.46	142,215.51	2.05%
ZARANDAS	hm	2,776.70	37.07	102,932.30	1.48%
HERRAMIENTAS MANUALES	glb	1.00	44,880.65	44,880.65	0.65%
CAMION GRUA	hm	393.96	50.96	20,076.16	0.29%
GRUPOS ELECTROGENOS	hm	3,386.05	5.52	18,685.80	0.27%
RETROEXCAVADORAS	hm	420.00	27.00	11,340.00	0.16%
SUBCONTRATOS	glb	1.00	140,169.36	140,169.36	2.02%
SUBCONTRATOS - MOVILIZACION Y	glb	1.00	111,369.36	111,369.36	1.60%
SUBCONTRATOS - INSTALACIONES T	glb	1.00	28,800.00	28,800.00	0.41%

7. CRONOGRAMA MENSUAL DE COSTO Y RECURSOS

Los cronogramas o distribuciones mensuales tanto de costo como recursos son fundamentales para establecer la programación anticipada de los recursos o conocer previamente los desembolsos mensuales para la ejecución del proyecto.

Los cronogramas mensuales están desarrollados en función al cronograma del proyecto (apartado 5.0), de tal manera que las cantidades de recursos requeridos sean congruentes con los requeridos en obra. Es importante resaltar que el proyecto en estudio se encuentra en un área minera de difícil acceso y con diversas operaciones mineras en paralelo, por lo que la programación anticipada de los recursos influirá enormemente en la ejecución del proyecto. En los siguientes apartados se describirán los cronogramas mensuales de costo y recursos, motivo de este capítulo.

7.1. CRONOGRAMA MENSUAL DE COSTO

La distribución mensual de costo, basado en el cronograma general del proyecto, permite visualizar los costos necesarios para la ejecución del proyecto, de tal manera que desde antes se conozca cuáles van a ser los desembolsos monetarios mensuales del proyecto.

El cronograma mensual de costo contempla los costos directos a la ejecución del proyecto, es decir, los costos de ejecutar cada una de las actividades del proyecto. Esta distribución mensual se determina en base a la multiplicación de los precios unitarios de las partidas por el metrado mensual de cada partida.

Tabla 19

Cronograma mensual de costo. (Elaboración propia)

DESCRIPCION	MESES							
	MES -1	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7
	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16
MANO DE OBRA	0.00	551,186.68	458,120.59	448,352.36	312,697.98	137,577.50	78,139.39	33,018.29
MATERIALES	0.00	401,932.06	162,633.09	192,329.03	119,770.58	52,004.57	29,102.17	8,558.23
EQUIPOS	0.00	1,523,583.70	745,433.02	640,038.77	489,936.13	228,146.89	141,591.76	47,505.78
SUBCONTRATOS	84,484.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55,684.68
COSTO DIRECTO MES	84,484.68	2,476,702.45	1,366,186.71	1,280,720.17	922,404.69	417,728.97	248,833.32	144,766.98
% CD MES	1.2%	35.7%	19.7%	18.4%	13.3%	6.0%	3.6%	2.1%
COSTO DIRECTO ACUM	84,484.68	2,561,187.13	3,927,373.83	5,208,094.00	6,130,498.69	6,548,227.66	6,797,060.98	6,941,827.97
% CD ACUMULADO	1.2%	36.9%	56.6%	75.0%	88.3%	94.3%	97.9%	100.0%

7.2. CRONOGRAMA DE MATERIALES

La distribución mensual de materiales permitirá realizar el requerimiento de los materiales de acuerdo al cronograma de ejecución del proyecto; de esta forma se mitigará esperas por falta de materiales o compras innecesarias de materiales.

El tiempo de llegada de los materiales a obra juega un rol importante en la continua ejecución del proyecto. Algunos materiales son comprados en ciudades cercanas como la ciudad de Bambamarca, Hualgayoc o Cajamarca; Otros materiales son suministrados desde ciudades alejadas del proyecto. En este proyecto, en particular, la compañía minera suministra algunos de los materiales tales como tuberías y geomembrana de lldpe. El cronograma de materiales posibilitará detectar los periodos en los que se requerirá los materiales necesarios la ejecución de las actividades del proyecto, asimismo permitirá gestionar la adquisición de los materiales a tiempo en el lugar de la obra.

El cronograma de materiales se elabora según la composición unitaria de insumos de cada partida; la multiplicación de las cantidades unitarias de cada partida por el metrado mensual de las mismas resulta en la distribución mensual de materiales. En la tabla 20 el cronograma mensual de materiales.

Tabla 20

Cronograma mensual de materiales. (Elaboración propia)

DESCRIPCION - MATERIALES	UND	CANT	MESES						
			MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7
			abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16
PETROLEO D-2	gal	347,016.54	159,646.81	62,354.82	53,061.47	40,467.10	17,968.24	10,638.08	2,880.02
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	17.76	12.36	-	5.40	-	-	-	-
CLAVOS DIFERENTES MEDIDAS	kg	17.76	12.36	-	5.40	-	-	-	-
PIEDRA CHANCADA	m3	430.55	95.96	-	334.59	-	-	-	-
ARENA ZARANDEADA	m3	322.92	71.97	-	250.95	-	-	-	-
HILO PARA SOLDADURA POR EXTRUSION	kg	0.00	-	-	-	-	-	-	-
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	5,381.91	1,199.50	-	4,182.41	-	-	-	-
DESMOLDANTE PARA MADERA	gal	5.33	3.71	-	1.62	-	-	-	-
ADITIVO CURADOR	gal	80.76	18.02	-	62.74	-	-	-	-
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE	l	161.56	36.05	-	125.51	-	-	-	-
MADERA TORNILLO	p2	53.28	37.08	-	16.20	-	-	-	-
ESTACAS DE ACERO	und	2,030.75	306.12	741.59	983.04	-	-	-	-
TRIPLAY DE 18 mm PARA ENCOFRADO	pln	8.88	6.18	-	2.70	-	-	-	-
LISTONES DE MADERA 2 1/2" x 2 1/2" x 0.90 m	und	6,400.01	969.70	1,002.02	969.70	1,002.02	1,002.02	969.70	484.85
CINTILLO PLASTICO DE PRESION 0.20 m	und	15,999.99	2,424.24	2,505.05	2,424.24	2,505.05	2,505.05	2,424.24	1,212.12
BARRA DE DESPLIEGUE DE GEOMEMBRANA	und	21.37	-	2.79	7.84	8.41	2.33	-	-
MANTA DE POLIPROPILENO NEGRO	m2	2,400.02	363.64	375.76	363.64	375.76	375.76	363.64	181.82
PACAS DE PAJA DE ARROZ	m.	1,259.99	190.91	197.27	190.91	197.27	197.27	190.91	95.45
SACOS DE POLIPROPILENO	und	21,966.61	90.91	2,878.73	7,924.22	8,508.18	2,428.21	90.91	45.45

7.3. CRONOGRAMA DE MANO DE OBRA

El cronograma de mano de obra mensual facultará realizar una adecuada contratación de personal según su requerimiento mensual de horas de hombre. Asimismo, la distribución mensual de mano de obra permitirá estimar la cantidad alojamiento, alimentación, servicios higiénicos acorde a la cantidad de personas mensuales en campo.

Un propósito esencial del cronograma de mano de obra es la estrategia de contratación de personal. Por ejemplo, en este proyecto se considera que la mano de obra directa será contratada de las comunidades aledañas al área del proyecto, ello permitirá reducir costos de alojamiento, ya que esa cantidad significativa de personas pernoctarán en sus hogares.

El cronograma de mano de mano de obra se determina en base a las cantidades de horas hombre establecidas en la composición unitaria de cada partida. La multiplicación de horas hombre unitarias por el metrado mensual de cada partida producirá la distribución mensual de mano de obra. En la siguiente tabla se aprecia el cronograma mensual de horas hombre.

Tabla 21

Cronograma mensual de mano de obra. (Elaboración propia)

DESCRIPCION - MANO DE OBRA	UND	CANT	MESES						
			MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7
			abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16
CAPATAZ	hh	11,876.49	2,123.86	2,010.85	2,649.61	2,586.56	1,421.74	888.03	195.84
OPERARIO	hh	1,299.19	49.81	751.38	294.99	183.72	19.29	-	-
OFICIAL	hh	23,092.06	2,774.53	9,897.14	8,502.17	1,643.21	140.65	88.21	46.15
PEON	hh	103,407.87	17,821.12	29,132.08	27,763.19	17,786.87	6,856.85	3,276.37	771.39
OPERADOR DE EQUIPO TIPO 1A	hh	2,249.05	15.85	160.46	293.80	794.09	536.83	378.51	69.51
OPERADOR DE EQUIPO TIPO 1B	hh	23,861.67	12,846.21	6,291.61	3,398.88	1,076.51	144.86	64.98	38.62
OPERADOR DE EQUIPO TIPO 1C	hh	3,789.77	998.81	901.82	950.77	547.35	225.81	118.45	46.76
OPERADOR DE EQUIPO TIPO 2B	hh	20,070.64	2,664.36	2,408.51	3,729.01	5,743.69	3,148.92	2,004.69	371.46
OPERADOR DE EQUIPO TIPO 3B	hh	69,622.45	32,198.23	10,307.45	9,654.77	6,956.25	4,412.78	3,413.42	2,679.55
OPERADOR DE EQUIPO TIPO 3C	hh	1,407.52	1,147.49	40.10	62.13	40.10	40.10	38.80	38.80
TECNICO	hh	6,110.84	-	796.45	2,240.32	2,406.47	667.60	-	-

7.4. CRONOGRAMA DE EQUIPOS

El cronograma mensual de equipos contempla la distribución mensual de horas maquina por equipo según la ejecución de actividades del cronograma del proyecto. En base a ello, este cronograma permitirá una adecuada gestión de adquisición de equipos propios o subcontratados.

Un soporte esencial del cronograma de equipos es la estrategia de contratación de equipos. Por ejemplo, en este proyecto se considera que los equipos de movimiento de tierras serán contratados de las empresas comunitarias aledañas al área del proyecto, ello permitirá reducir costos de movilización y desmovilización, debido a la cercanía del traslado.

El cronograma de equipos se determina en base a las cantidades de horas maquina establecidas en la composición unitaria de cada partida. La multiplicación de horas maquina unitarias por el metrado mensual de cada partida resultará en la distribución mensual de equipos. En la siguiente tabla se aprecia el cronograma mensual de horas máquina.

Tabla 22

Cronograma mensual de equipos. (Elaboración propia)

DESCRIPCION - EQUIPOS	UND	CANT	MESES						
			MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7
			abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	36,964.01	5,439.22	9,324.32	10,568.54	7,376.87	2,790.48	1,178.82	285.76
COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA	hm	13,765.06	1,450.87	6,662.92	4,552.02	1,065.11	34.14	-	-
RODILLO LISO VIBR. AUTOP. 101-135 HP 10-12TON	hm	4,521.96	670.53	773.47	1,049.40	1,140.60	528.87	301.44	57.65
CARGADOR FRONTAL CAT-966-H	hm	3,791.17	99.29	282.70	660.24	1,337.52	793.47	522.08	95.87
EXCAVADORA CAT 330	hm	1,013.00	1,013.00	-	-	-	-	-	-
EXCAVADORA CAT 320	hm	3,722.25	794.23	2,119.67	703.81	81.78	22.76	-	-
EXCAVADORA CAT 336	hm	7,369.51	3,495.44	1,520.19	1,544.63	660.67	77.14	44.81	26.63
RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS CAT 420	hm	419.98	385.63	5.82	5.63	5.82	5.82	5.63	5.63
TRACTOR SOBRE ORUGAS CAT D8R	hm	4,362.25	3,565.76	700.74	95.75	-	-	-	-
TRACTOR SOBRE ORUGAS CAT D6R	hm	3,927.72	1,014.64	493.37	655.55	930.75	479.94	298.63	54.84
MOTONIVELADORA 140K	hm	2,613.41	688.84	621.92	655.70	377.30	155.71	81.69	32.25
CAMIÓN VOLQUETE DE 15 m3	hm	35,494.99	20,467.56	5,218.93	4,838.08	2,945.04	1,256.58	637.28	131.52
CAMIÓN CISTERNA (5000 GLNS.)	hm	550.73	405.75	21.83	37.23	21.83	21.83	21.13	21.13
CAMION GRUA 6 TON	hm	393.96	28.65	125.01	112.63	87.38	21.99	9.15	9.15
CAMIONETA RURAL	día.	242.40	34.14	35.28	34.14	35.28	35.28	34.14	34.14
COASTER	día.	969.71	136.58	141.13	136.58	141.13	141.13	136.58	136.58
GRUPO ELECTROGENO 140 HP 90 KW.	hm	41.68	32.40	-	3.99	5.29	-	-	-
GRUPO ELECTROGENO DE 20 KW.	hm	3,344.37	-	556.44	1,184.23	1,263.57	340.13	-	-
MAQUINA PARA SOLDAR CON CUÑA CALIENTE	hm	2,435.80	-	317.47	893.00	959.22	266.11	-	-
MAQUINA PARA SOLDAR POR EXTRUSION	hm	2,529.13	-	351.69	905.44	1,001.46	270.54	-	-
TENSIOMETRO	hm	1,279.24	-	181.22	454.68	507.37	135.97	-	-
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	269.19	60.04	-	209.15	-	-	-	-
MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)	hm	269.19	60.04	-	209.15	-	-	-	-
MAQUINA DE TERMOFUSIÓN	hm	141.61	-	103.85	37.76	-	-	-	-
CHANCADORA PRIMARIA SECUNDARIA	hm	1,592.76	43.34	110.66	206.61	552.94	370.23	261.04	47.94
ZARANDA ESTATICA	hm	445.40	32.40	71.76	169.40	141.01	30.83	-	-
ZARANDA VIBRATORIA	hm	1,551.08	10.94	110.66	202.62	547.65	370.23	261.04	47.94

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

En general, los proyectos de construcción, no solo son trabajos de campo, sino también se debe tener profesionales en oficina, ambos deben tener profundo conocimiento del proyecto. La sinergia entre los profesionales de campo y de oficina permite tener más claro los alcances del proyecto y factores influyentes en la planificación y ejecución del mismo.

El plazo contractual del proyecto establece un plazo de construcción de 8 meses (marzo 2016 – noviembre 2016), sin embargo, bajo la aplicación o adaptación del método constructivo propuesto, se obtuvo un plazo de construcción de 7 meses (marzo 2016 – octubre 2016), lo que indica un mes de diferencia, la misma que representa una reducción del 12.5% de plazo.

El plazo del proyecto representa un parámetro esencial para la estimación de plazo de la construcción de un futuro proyecto con las mismas características externas e internas del proyecto en esta investigación. En esa línea, se puede concluir que el ratio de duración: ha (hectáreas construidas de plataforma de lixiviación) / mes (periodo mensual) oscila entre 2.5 ha/mes – 3 ha/mes según las condiciones y características particulares de este proyecto.

El costo del proyecto representa un indicador fundamental para la valoración de un proyecto similar con las mismas particularidades externas e internas del proyecto estudiado. En esa perspectiva, se puede sintetizar que el ratio económico \$ (USD) / ha (hectárea de plataforma construida) fluctúa entre 500,000.00 \$/ha – 600,000\$/ha según las condiciones y características particulares del presente proyecto.

Sobre la base del presupuesto por conceptos, se puede concluir que las actividades circunscritas a los paquetes de trabajo de rellenos, excavaciones y eliminación representan alrededor del 82 % del proyecto.

Ello evidencia que estas actividades deben ser muy bien estudiadas antes de ejecutar los trabajos del proyecto, al estudiar detalladamente estos paquetes de actividades, antes descritos, la propuesta económica del proyecto será más competitiva. Además, al observar un porcentaje elevado de incidencia de estos paquetes de trabajo sugiere que el proyecto es un proyecto de movimiento de tierras.

Bajo el análisis del presupuesto resumido por recursos, se concluye que los equipos junto con la mano de obra representan aproximadamente 84 % del costo del proyecto. Esto sugiere que las tarifas horarias de mano de obra y equipos juegan un rol importante en el costo total del proyecto. Al ser una obra de varios equipos de movimiento de tierras, es esencial el estudio detallado de las tarifas horarias de los operadores de maquinaria; en este proyecto, se ha planteado una tarifa horaria diferenciada para cada operador, ello ha permitido reducir el costo del proyecto en 3% respecto al costo con una tarifa horaria de operador estándar.

La estrategia de adquisición de personal y equipos en un proyecto como este, representa una importante ventaja en términos de costo y plazo. Las comunidades cercanas al área del proyecto poseen personal directo que debe ser contratado para la ejecución del proyecto. En la mayoría de los casos la contratación de personal de la comunidad permite evitar gastos de alojamiento de dicho personal. Las empresas de las comunidades, también, suministran equipos que normalmente son exigidos ser contratados de dichas empresas. En un elevado porcentaje los equipos requieren de movilización desde puntos cercanos a la obra resultando en una reducción del costo de alrededor del 1%.

De aplicarse el método constructivo desarrollado en esta investigación, la hipótesis planteada inicialmente se comprobaría completamente, debido a que se esperaba un resultado satisfactorio en aspectos de costo y plazo. Bajo el método de construcción propuesto se ha podido percibir que existe reducción de un mes (12.5 % del plazo contractual) en el plazo del proyecto y 5% de reducción en el costo del proyecto, respecto a los términos contractuales del proyecto.

8.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda que el planeamiento y presupuesto del proyecto resumidos en cronogramas valorizados y de recursos sean utilizados para el control y seguimiento del proyecto, de tal manera que cuando los se detecte una desviación de lo planificado con la ejecución, se esté a tiempo de realizar las correcciones necesarias con el objetivo de cumplir con los entregables del contrato.

Es recomendable que el estudio de una obra deba continuar durante la ejecución, de tal manera que siempre se busque mejorar los costos y tiempos de ejecución del proyecto. Además, el estudio de una obra durante la ejecución permite confirmar los supuestos de la planificación y el presupuesto. En caso se detecte el incumplimiento de los supuestos, redactarlos como lecciones aprendidas del proyecto y, asimismo, enviarlas al área de estudios y presupuestos de la empresa con la finalidad de mejorar el estudio de los proyectos.

Los proyectos en mina que en muchos casos están alejados de ciudades donde se puede adquirir materiales, equipos y mano de obra factiblemente; sobre esta base, se recomienda, que complementario a los cronogramas de recursos, se elabore un cronograma de compras y/o adquisición de recursos en el que se considere todos los factores involucrados tales como tiempo de fabricación, movilización, tramites, esperas, entre otros.

Es recomendable aplicar la filosofía de mejora continua en el sentido que se debe generar una estadística en el proyecto con el record diario de los rendimientos de los equipos por cada partida lo que resultaría en un registro de rendimientos mínimos y rendimientos máximos de cada partida; asimismo, se podría determinar la curva de aprendizaje por cada partida; fundamental para determinar rendimientos promedios en la estimación del presupuesto.

Tal como en el estudio de este proyecto, es altamente recomendable subdividir la obra por frentes o sectores de trabajo. Las cantidades de ejecución deben establecerse por sector de trabajo. Ello permitirá tener una visión holística del proyecto, bajo la cual se pueda optimizar la rotación de maquinaria y mano de obra según el avance de cada sector de trabajo.

Finalmente, es recomendable la investigación y adaptación de futuros métodos constructivos más sofisticados, de tal manera que no solo se mejore los ratios económicos y de plazo del proyecto, sino también que se produzca un menor impacto al medio ambiente.



BIBLIOGRAFIA

- KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A.
2008 *Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Tantahuatay.*
Lima.
- MORAN MONTOYA, Israel Aníbal
2012 *Inicio de operaciones mina en tajo abierto Coimolache.* Lima.
- ROJO LOPEZ, J.
2010 *Manual de movimiento de tierras a cielo abierto.* Madrid:
Fueyo.
- PAREDES REYES, R.
2004 *Planeamiento Integral de la Construcción de una Presa de
Tierra en el Departamento de Ayacucho.* Tesis. Lima.
Pontificia Universidad Católica del Perú, Ingeniería Civil.
- VARGAS SANCHEZ, Roberto
1999 *La Maquinaria Pesada en Movimiento de Tierras (Descripción
y Rendimiento).*
- HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNANDEZ COLLADO, Carlos;
BAPTISTA LUCIO, María del Pilar
2010 *Metodología de la Investigación.* México.
- CIA. MINERA COIMOLACHE S.A.
2016 *Bases para Concurso de Precios – Construcción del Pad de
Lixiviación Fase 3 y Construcción del Pad de Lixiviación
Fase 3A.*
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, Inc.
2008 *Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía
del PMBOK) Philadelphia, PMI.*

- REVISTA COSTOS
2016 *Edición julio.*

- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (RAE)
2014 *Diccionario de la lengua española 23ª edición.*

- AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION (APA)
2010 *Manual de Publicaciones de la American Psychological Association (6 ed.). México, DF.: Editorial El Manual Moderno.*

