

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**PLANEAMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA DEFENSA
RIBERENA DEL PUENTE TAHUAMANU UTILIZANDO
GEOESTRUCTURAS - MADRE DE DIOS**

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

Julissa Andrea Garavito Calle

ASESOR: Ivan Enrique Bragagnini Rodriguez

Lima, Agosto de 2016

RESUMEN

El Puente Tahuamanu forma parte de La Carretera Interoceánica Sur, la cual cruza el Departamento de Madre de Dios y finaliza en Iñapari, frontera con Brasil. Este puente se entregó como parte del contrato de concesión de la Carretera Interoceánica Sur. A lo largo de los años, el río Tahuamanu, debido a su comportamiento meándrico, fue modificando su cauce y con ello, socavando el estribo izquierdo del puente, lo cual provocó el colapso del mismo. Es por ello que el Concesionario, dentro de sus obligaciones contractuales de mantener la integridad de las estructuras que le fueron concesionadas, elabora el proyecto de ingeniería de detalle, cuyo objetivo consiste en proteger los estribos del puente de los flujos naturales que socavan la estructura.

La solución que se planteó fue la protección de los taludes adyacentes a los estribos del puente utilizando geoestructuras, además de actividades de reencauzamiento de las aguas del río Tahuamanu. Este tipo de estructuras son una tecnología relativamente nueva en nuestro país, por lo que resultó conveniente realizar una descripción sobre sus usos y metodología constructiva.

En el desarrollo de esta tesis, se describirá el proyecto de ingeniería propuesto por el Concesionario y los lineamientos para definir el tiempo de ejecución de la obra, entre ellos el uso de tiempos tecnológicos, análisis de practicabilidad y lógica constructiva. Por otro lado, se realizará el análisis de costo de las partidas más incidentes para determinar el presupuesto general del proyecto.

Finalmente, una solución muy difundida en el país es la protección de defensas ribereñas utilizando muros y/o espigones de gavión; de modo que se realizará un análisis comparativo de plazo, costo y mantenimiento entre ambas soluciones para verificar la conveniencia de cada solución considerando las particularidades de este proyecto.

FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA

PUCP

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : "Planeamiento de la Construcción de la Defensa Ribereña del Puente Tahuamanu utilizando Geoestructuras – Madre de Dios"

Área : Construcción y Gestión # 267

Asesor : Ing. Iván Enrique Bragagnini Rodríguez

Alumno : JULISSA ANDREA GARAVITO CALLE

Código : 2008.2222.412

Tema N° : 267

Fecha : Lima, 9 de mayo de 2016



INTRODUCCIÓN:

La carretera Interoceánica Sur abarca de este a oeste al Perú, recorre tres regiones del país (Costa, Sierra y Selva) con sus diferentes características geológicas.

El proyecto se dividió en 5 tramos para su construcción, tiene una longitud de 2593 km y recorre 7 departamentos (Tacna, Moquegua, Arequipa, Cuzco, Apurímac, Puno y Madre de Dios).

Esta obra es uno de los tres proyectos del eje Perú, Brasil, Bolivia para la integración de la infraestructura regional suramericana, conocido como IIRSA.

El tramo 3 tiene una longitud de 411 km desde el puente Inambari, cruza la ciudad de Puerto Maldonado hasta la ciudad de Iñapari, capital de la provincia de Tahuamanu, frontera con Brasil, donde se ubica el puente Tahuamanu el cual permite la continuidad de la carretera y cruza el río con el mismo nombre.

El puente se entregó como parte del contrato de concesión de la carretera Interoceánica Sur (agosto 2005).

Debido al comportamiento meándrico, se modificó el cauce y por ello, socavó el estribo izquierdo del puente provocando el colapso del mismo.

El concesionario, entre sus obligaciones contractuales es de mantener la integridad de las estructuras que le fueron concesionadas.

Elaboro un proyecto de detalle con el objetivo de proteger los estribos del puente de los flujos naturales que socavan la estructura.

Se usaron geoestructuras para la protección de los taludes adyacentes a los estribos y actividades de reencauzamiento de las aguas del río Tahuamanu.

Las Geoestructuras son una técnica nueva en el país, es por ello, que al desarrollarlo en el presente trabajo de tesis, tiene una gran importancia, se detallaran técnicas empleadas, se analizará uso de estas Geoestructuras, asimismo se describirán las metodologías de

FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA

PUCP

llenado de estas estructuras, no obstante, su uso para la protección ribereña no es muy utilizado, este proyecto es el primero en el Perú que utiliza esta tecnología para estos fines; por ello nace el interés de analizar y de limitar los aspectos que se consideran para la planificación de un proyecto de esta naturaleza.

Se describirá también el proyecto de ingeniería propuesto y los lineamientos para definir el tiempo de ejecución de la obra, así como el análisis del costo de las partidas más incidentes para determinar el presupuesto general del proyecto.

Finalmente una solución muy difundida en el país es la protección de defensas ribereñas utilizando muros y/o espigones de gavión; de modo que se realizará un análisis comparativo de plazo y costo entre ambas soluciones.

Si bien este trabajo está referido a lo ejecutado, sirve como un aporte para obras similares.

OBJETIVO:

Describir los criterios considerados en la realización del planeamiento integral de la defensa ribereña del río Tahuamanu, elaborar el cronograma general del proyecto y análisis de costos; así como evaluar la conveniencia de esta solución en cuestiones de plazo y costo respecto a otras soluciones disponibles y utilizadas en el mercado de la construcción.

Otros objetivos son:

Enumerar el uso de Geoestructuras para diferentes proyectos de ingeniería y describir metodologías de llenado.

Realizar una descripción general y particular del proyecto y las actividades principales que lo componen.

Describir las definiciones preliminares a la planificación: practicabilidad, lógica constructiva y subdivisión de partidas.

Calcular la productividad y analizar las cuadrillas típicas y equipo líder.

Desarrollar el cronograma Gantt y de avance de obra.

Determinación del costo directo y realización del presupuesto general del proyecto.

Determinar los cronogramas valorizados, de materiales, mano de obra y equipos.

Comparar, en criterio de plazo y costo, dos soluciones distintas para este proyecto.

ALCANCE:

Se describirán los usos y las diferentes metodologías de llenado de Geoestructuras; en base a ello y a las condiciones del proyecto; se definirá la que mejor se adecue a esta defensa ribereña.

Luego de describir el proyecto de ingeniería de detalle, se analizarán los criterios y delimitarán los aspectos a considerar para la planificación de este proyecto y con ello definir el cronograma Gantt y de avance de obra.

Se desarrollara el análisis de costos y tras realizar las composiciones para las partidas más incidentes, se obtendrá el presupuesto general del proyecto.

PE
7
x

A

FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA

PUCP

Finalmente se realizará un análisis para evaluar la solución planteada en el proyecto de ingeniería comparándola con otra muy utilizada en el Perú para solucionar problemas similares.

PLAN DE TESIS:
Introducción

Capítulo 1

Objetivos y Alcances

- Objetivo general
- Objetivos específicos
- Alcances
- Hipótesis

Sistemas con Geoestructuras

- Descripción
- Principales ventajas
- Proyectos con Geoestructuras
- Procedimiento de llenado de Geoestructuras

Capítulo 2

Antecedentes del Proyecto

Descripción del Proyecto

- Memoria descriptiva
- Especificaciones técnicas
- Metrados

Planeamiento General

- Definiciones preliminares
- Análisis de practicabilidad
- Criterios adoptados
- Lógica constructiva
- Subdivisión y agrupación de partidas
- Interfaz Programación – Presupuesto
- Definición de cuadrilla para Geoestructuras
- Cuadrilla típica y equipo líder
- Definición del número de cuadrillas y calculo de duraciones
- Cronograma Gantt
- Cronograma de avance de obra



FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA



PUCP

Capítulo 3

Presupuesto

- Determinación del costo directo
- Presupuesto General

Cronogramas valorizados

- Cronograma de materiales
- Cronograma de mano de obra
- Cronograma de equipos

Capítulo 4

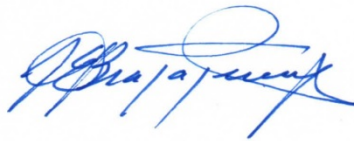
Comparativo con otra solución

- Comparativo Plazo
- Comparativo Costo

Conclusiones y Recomendaciones

- Conclusiones
- Recomendaciones

Bibliografía



R

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá, por su apoyo incondicional en cada decisión que he tomado y acompañarme en el camino con tanto cariño y comprensión. A mi papá, por enseñarme que para demostrar que soy la mejor, debo competir con los mejores. A mi hermano, porque sé que siempre se preocupa por mí. A mi abuelita, por su complicidad. A mi familia en general, por creer siempre en mí y hacerme sentir el orgullo que ellos sienten por lo que hago. A Esteban, por motivarme, desafiarme, aconsejarme y apoyarme durante todo este camino. A mis hermanas del colegio, por sus consejos, por celebrar los días buenos y acompañar los días malos. A mis amigos y compañeros de la universidad, por enseñarme, por los momentos compartidos y por sus bromas.

A la PUCP, por su formación integral, por brindarme las herramientas para ser una profesional. A Odebrecht, por ser un medio para descubrir mi camino en la Ingeniería Civil y formarme tanto en el ámbito personal como profesional, a los verdaderos líderes que he encontrado en el camino laboral, que me han enseñado de distintas formas.

A todos ellos, muchas gracias.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	%
2. OBJETIVOS Y ALCANCES	'
2.1. OBJETIVO GENERAL	H
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	H
2.3. ALCANCES	H
2.4. HIPÓTESIS	I
3. SISTEMAS CON GEOESTRUCTURAS)
3.1. DESCRIPCIÓN.....	Í
3.2. PRINCIPALES VENTAJAS	Î
3.3. PROYECTOS CON GEOESTRUCTURAS	Ï
3.4. PROCEDIMIENTOS DE LLENADO DE GEOESTRUCTURAS.....	Ï
4. ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	1+
5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	%
5.1. MEMORIA DESCRIPTIVA	FJ
5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	2€
5.3. METRADOS	2Ï
6. PLANEAMIENTO GENERAL.....	&
6.1. DEFINICIONES PRELIMINARES.....	G
6.2. ANÁLISIS DE PRACTICABILIDAD.....	GJ
6.3. CRITERIOS ADOPTADOS	3G
6.4. LÓGICA CONSTRUCTIVA.....	3H
6.5. SUBDIVISIÓN Y AGRUPACIÓN DE PARTIDAS.....	3Î
6.6. INTERFAZ PROGRAMACIÓN - PRESUPUESTO	4Î
6.7. DEFINICIÓN DE CUADRILLA PARA GEOESTRUCTURAS	4I
6.8. CUADRILLA TÍPICA Y EQUIPO LÍDER.....	5G
6.9. DEFINICIÓN DE NÚMERO DE CUADRILLAS Y CÁLCULO DE DURACIONES ...	5Î
6.10. CRONOGRAMA GANTT.....	5I
6.11. CRONOGRAMA DE AVANCE DE OBRA	6F
7. PRESUPUESTO	6'
7.1. DETERMINACIÓN DEL COSTO DIRECTO.....	6H
7.2. PRESUPUESTO GENERAL	6Î
8. DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE RECURSOS.....	6,
8.1. CRONOGRAMA DE MATERIALES	6I
8.2. CRONOGRAMA DE MANO DE OBRA	Ï €

8.3.	CRONOGRAMA DE EQUIPOS	1 H
9.	COMPARATIVO CON OTRA SOLUCIÓN	75
9.1.	COMPARATIVO PLAZO	7í
9.2.	COMPARATIVO COSTO	7ì
9.3.	COMPARATIVO MANTENIMIENTO	ì €
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	'
10.1.	CONCLUSIONES	83
10.2.	RECOMENDACIONES	85



ANEXOS

ANEXO N°1. Planos del Proyecto

- 1.1. Planta General
- 1.2. Nuevo Encauzamiento
 - 1.2.1. Perfil Longitudinal de nuevo encauzamiento
 - 1.2.2. Secciones transversales de nuevo encauzamiento
- 1.3. Dique Margen Derecha
 - 1.3.1. Diques guía de margen derecha
 - 1.3.2. Secciones de diques guía de la margen derecha
- 1.4. Dique Margen Izquierda
 - 1.4.1. Diques guía de la margen derecha
 - 1.4.2. Secciones de diques guía de la margen izquierda
- 1.5. Secciones Transversales en el eje perpendicular del Puente

ANEXO N°2. Disposición de Estaciones Pluviométricas

ANEXO N°3. Interfaz Programación - Presupuesto

ANEXO N°4. Cálculo de Duraciones

ANEXO N°5. Cronograma General del Proyecto

ANEXO N°6. Cronograma de Avance de Obra

1. INTRODUCCIÓN

La Carretera Interoceánica tiene una extensión de 411 Km en el Tramo 3 que, desde el Puente Inambari, cruza la ciudad de Puerto Maldonado hasta llegar a Iñapari, frontera con Brasil. Uno de los puentes más largos en esta carretera es el Puente Tahuamanu, el cual permite la continuidad de la carretera y cruza el río con el mismo nombre; se encuentra entre los pueblos de Firmeza y San Lorenzo, provincia de Tahuamanu, Departamento de Madre de Dios. Este puente fue construido en el año 1996 y se entregó como parte del contrato de concesión de la Carretera Interoceánica Sur en agosto del 2005. A lo largo de los años, el río Tahuamanu, debido a su comportamiento meándrico, fue modificando su cauce y con ello, socavando el estribo izquierdo del puente, lo cual provocó el colapso del mismo. Por ello, el Concesionario, dentro de sus obligaciones contractuales de mantener la integridad de las estructuras que le fueron concesionadas, elabora el proyecto de ingeniería de detalle, cuyo objetivo consiste en proteger los estribos del puente de los flujos naturales que socavan la estructura.

Se presentó una propuesta que consiste en la protección de los taludes adyacentes a los estribos del puente utilizando geoestructuras, además de actividades de reencauzamiento de las aguas del río Tahuamanu.

Las geoestructuras son una tecnología relativamente nueva en nuestro país; en el presente documento se detallarán los usos que tienen en los diferentes proyectos de construcción y minería, asimismo se describirán las metodologías de llenado de estas estructuras; no obstante, su uso para la protección ribereña no es muy utilizado, este proyecto es el primero en el Perú que utiliza esta tecnología para estos fines; por ello nace el interés de analizar y delimitar los aspectos que se consideran para la planificación de un proyecto de esta naturaleza.

En los siguientes capítulos se describirá el proyecto de ingeniería propuesto y los lineamientos para definir el tiempo de ejecución de la obra, así como el análisis de costo de las partidas más incidentes para determinar el presupuesto general del proyecto.

Finalmente, una solución muy difundida en el país es la protección de defensas ribereñas utilizando muros y/o espigones de gavión; de modo que se realizará un análisis comparativo en plazo, costo y actividades de mantenimiento entre ambas soluciones.



2. OBJETIVOS Y ALCANCES

2.1. OBJETIVO GENERAL

Describir los criterios considerados en la realización del planeamiento integral de la Defensa Ribereña del Río Tahuamanu, elaborar el cronograma general del proyecto y análisis de costos; así como evaluar la conveniencia de esta solución en cuestiones de plazo y costo respecto a otras soluciones disponibles y utilizadas en el mercado de la construcción.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- “ Enumerar el uso de geoestructuras para diferentes proyectos de ingeniería y describir metodologías de llenado.
- “ Realizar una descripción general y particular del proyecto y las actividades principales que lo componen.
- “ Describir las definiciones preliminares a la planificación: practicabilidad, lógica constructiva y subdivisión de partidas.
- “ Calcular la productividad y analizar las cuadrillas típicas y equipo líder.
- “ Desarrollar el Cronograma Gantt y de avance de obra.
- “ Determinación del costo directo y realización del presupuesto general del proyecto.
- “ Determinar los cronogramas valorizados, de materiales, mano de obra y equipos.
- “ Comparar, en criterios de plazo y costo, dos soluciones distintas para este proyecto.

2.3. ALCANCES

Se describirán los usos y las diferentes metodologías de llenado de geoestructuras; en base a ello y a las condiciones del proyecto, se definirá la que mejor se adecúe a esta defensa ribereña.

Luego de describir el proyecto de ingeniería de detalle, se analizarán los criterios y delimitarán los aspectos a considerar para la planificación de este proyecto y con ello definir el cronograma Gantt y de avance de obra. Se desarrollará el análisis de costos y tras realizar las composiciones para las partidas más incidentes, se obtendrá el presupuesto general del proyecto.

Finalmente se realizará un análisis para evaluar la solución planteada en el proyecto de ingeniería comparándola con otra muy utilizada en el Perú para solucionar problemas similares.

2.4. HIPÓTESIS

- “ Dentro de las actividades a planificar, las que corresponden a la colocación y llenado de geoestructuras formarán parte de la ruta crítica del proyecto.
- “ El cronograma presentado en el presente proyecto, estará dentro del plazo contractual de 24 meses.
- “ El uso de geoestructuras en proyectos de defensas ribereñas son más convenientes en proyectos ubicados en la selva.

3. SISTEMAS CON GEOESTRUCTURAS

3.1. DESCRIPCIÓN

Conocidos en el mercado como geoestructuras, geotubos o geocontenedores, estas son estructuras fabricadas con geotextil tejido, rellenas hidráulicamente *in situ* con arena, o cualquier material adecuado de la zona.

Estas geoestructuras son utilizadas para diversas aplicaciones dentro del ámbito de la construcción, como protección de líneas costeras o depósito de slurry (agua con arena) producido por proyectos mineros; sin embargo, nos enfocaremos solo en una de sus funciones para este proyecto, se tratará de su uso específico para el control de la erosión. Los mencionados tubos son fabricados con geotextil, los cuales se llenan con material dragado de la misma zona donde se instala; este geotextil le provee al elemento propiedades mecánicas e hidráulicas durante su ejecución y tiempo de vida útil. El diámetro, longitud y distribución de cada estructura están determinados por el tipo de proyecto en el que serán ubicados, generalmente se diseñan en configuración escalonada similar al talud natural que se desea proteger. Por ello su realización está en línea con el diseño específico dependiendo de cada proyecto.

Estas estructuras consisten en elementos fabricados con geotextil tejido producto del entrelazamiento de filamentos de polipropileno de alta tenacidad, en ángulos rectos. Este tipo de material, es capaz de soportar la degradación biológica y es resistente a los ataques químicos de alcalinos y ácidos. Por otro lado, permite el escurrimiento del líquido a través de los poros del geotextil, de esta manera retiene el material sólido en su interior, reduce el contenido de humedad y genera agua clarificada. Debido al material con el que son fabricadas, poseen alto nivel de flexibilidad, de tal manera que se adaptan muy fácilmente a la morfología del terreno.

Finalmente, luego de su construcción, estas geoestructuras pueden ser cubiertas con una capa vegetal para agilizar su proceso de revegetación y

obtener un entorno más verde que se mimetice con el ecosistema. Además esta parte del proceso es beneficiosa porque aporta mayor protección al talud contra la erosión que presentaba inicialmente.

3.2. PRINCIPALES VENTAJAS

Dependiendo de los requerimientos del proyecto, las geoestructuras presentarán diferentes ventajas; tomando en consideración las principales, se realizó la siguiente lista:

- Existen varios tipos de llenado, dependiendo de cada proyecto se pueden evaluar las posibilidades que beneficien en monto y en plazo, algunas de las opciones son las siguientes: llenado con draga, llenado con poza, y llenado con tolva. Sin embargo, el llenado más común es el realizado con draga.
- La geoestructura es fácil de instalar bajo la superficie del agua, incluso en condiciones adversas. Esto es muy beneficioso cuando se ejecuta en épocas de lluvia, en el caso de defensas ribereñas; momentos de marea alta, en el caso de defensas costeras.
- Al ser una estructura flexible, no solamente se adapta a las condiciones del terreno, sino también mantiene sus condiciones de diseño a largo plazo.
- Previene la migración de sedimentos y rellenos que contiene en su interior.
- Mínimo impacto ambiental, dado que se reutiliza el material excavado en la zona, se reduce el tiempo de transporte y número de viajes; esto produce una considerable reducción de emisión de gases. Además, se integra al ecosistema de una manera positiva, favorece la revegetación en la zona y en el caso de defensas costeras, la estructura puede ser enterrada fácilmente.
- Combate el ataque de las corrientes ribereñas y marejadas, debido a su alta masa y buena estabilidad estructural pues es un elemento que funciona por gravedad.

- Para proyectos de gran envergadura resulta económico y reduce los plazos comparado con otras opciones en el mercado como el uso de gaviones, en algunas zonas del país; más adelante, en el capítulo 7, se evaluará esta afirmación.
- Dado que el llenado se realiza masivamente con el mismo material de la zona, producto de las excavaciones, se logra ahorrar en aspectos de transporte de materiales, personal, turnos de trabajo, etc. Además, tiene un mejor rendimiento frente a otras opciones, lo cual será detallado más adelante en el presente proyecto.
- Presentan gran facilidad de colocación y transporte ya que no presentan engranes ni bandas extras, consiste en un solo elemento que puede ser montado en contenedores y llevado directamente al lugar de la obra. Luego de ser llenados pueden ser simplemente apilados, lo cual favorece la optimización del espacio, sin requerimiento de puentes adherentes ni elementos extras de ensamblaje.
- Si bien los geotextiles son materiales que se degradan con la exposición solar, a pesar de la presencia del negro de humo e indicadores de protección UV; este elemento, al tener potencial de revegetarse, se protege óptimamente de los rayos solares.
- Las geoestructuras que poseen ciertas características específicas y son usadas en proyectos mineros para purificar el agua residual, llegan a capturar hasta más del 99% de los sólidos del slurry introducido. El agua filtrada puede ser colectada y recirculada por el sistema.
- Dentro de estas estructuras se promueve un proceso de consolidación de los sólidos y estos permanecen dentro del contenedor. Una vez lleno, el contenedor puede ser depositado en el relleno sanitario o sólidos removidos pueden ser devueltos a la tierra.

3.3. PROYECTOS CON GEOESTRUCTURAS

Si bien la aplicación de geoestructuras, en el rubro de la construcción como defensa contra la erosión, es bastante difundida, también es muy común su uso para el control de residuos industriales. En algunas zonas cercanas a ríos, bahías, puertos, entre otros, se han acumulado sedimentos industriales por muchos años, en algunos casos se ha comprometido seriamente el ecosistema en que se encuentra y remediarlo es una tarea costosa y compleja; sin embargo, con el uso de estos geocontenedores, estos sedimentos pueden ser fácilmente filtrados utilizando una celda de filtrado donde los geocontenedores pueden ser apilados. Debido al material con el que se fabrican, estas estructuras pueden contener materiales peligrosos e imposibilitar su regreso a las zonas altamente contaminadas.

Por otro lado, las geoestructuras también son utilizadas en fábricas de celulosa y papel, en diversas aplicaciones como limpieza de lagunas, lodos de alumbre y ceniza volátiles, sedimentos contaminados, clarificadores continuos, centrifugadores y agua de proceso, rechazos y desperdicios de proceso, estanques de separación; además de usos de emergencia tales como limpiezas, derrames, vertidos o descargas excediendo el límite. La rapidez con la que una operación de filtrado con estas geoestructuras puede ser puesta en marcha, ha sido una gran ventaja en estas fábricas, particularmente cuando se ha tenido situaciones de emergencia en las que se tuvo riesgo de detener operaciones. La agilización del proceso de limpieza permite que se tenga una gran cantidad de metros cúbicos de material filtrado en pocos días.

En proyectos mineros, se utiliza estos geocontenedores de igual manera, para el confinamiento de residuos. Los desechos de minería pueden ser lodos de carbón y otros materiales que se controlan muy bien con esta tecnología de filtración. El efluente puede ser bombeado directamente del proceso químico que experimenta, la estructura desestimará la necesidad de un costoso sistema de filtración mecánico; incluso, en algunos casos, acondicionadores o polímeros son usados para promover la floculación, esto

incrementa la retención de la calidad de sólidos y filtrado. Además, los contenedores llenos de estos materiales pueden ser usados posteriormente para construir diques y terraplenes de contención.

Otra de las aplicaciones eco amigables de estas geoestructuras es el uso para la solución de volatilización de cenizas ocasionadas por la generación de energía. La simple tecnología de filtración y posterior consolidación de estos elementos permite que algunas fábricas prevengan la contaminación y propagación de cenizas en el ambiente; esta ceniza puede ser usada posteriormente como base para carpeta asfáltica o también para construir terraplenes alrededor de lagunas e incrementar su capacidad.

El uso de estas estructuras para filtración es bastante versátil, la lista de aplicaciones continúa: para tratamiento de aguas residuales, industrias, agricultura, granjas, para la creación de nuevas islas, rompeolas, creación de humedales, núcleos de dunas de arena, escolleras, estructuras submarinas, entre otras.

Teniendo en consideración estos ejemplos de aplicación, podemos ver que estos elementos, si bien son flexibles, también son bastante resistentes cuando, dentro de ellos, el material se encuentra completamente consolidado. Es por esto que se escogió esta metodología para el diseño de la defensa ribereña del Puente Tahuamanu, se tuvo en cuenta el rendimiento que se podría alcanzar durante la ejecución, el ahorro en costos de materiales y recursos, incluso se consideró el producto final luego de la ejecución pues ya se tiene conocimiento de la revegetación del mismo geotubo con o sin ayuda de una capa vegetal superficial.

3.4. PROCEDIMIENTOS DE LLENADO DE GEOESTRUCTURAS

En los proyectos mencionados anteriormente se han utilizado diversas modalidades para el llenado de estas geoestructuras; entre las posibilidades se encuentran: directamente dragado del río, del fondo del mar, de la playa,

de los residuos industriales; por medio de la excavación de una poza provisional o de la aplicación desde una tolva, entre otras opciones.

En todos estos casos es importante verificar la potencia y capacidad de las bombas con el fin de evitar sobre presiones que puedan rasgar el tejido de la geoestructura durante su llenado y pueda ocasionar la pérdida del elemento, inundaciones y accidentes en el frente de trabajo.

Llenado con Draga

Este procedimiento consiste en realizar el dragado del slurry (mezcla de materiales sólidos y líquidos) directamente desde el fondo del río o del mar. El sistema estará alimentándose desde una barcaza y, por medio de una tubería, se llenará directamente el geocontenedor. Asimismo, se puede realizar este procedimiento a orillas del río o playa mediante un dispositivo que se mantenga fijo al equipo.

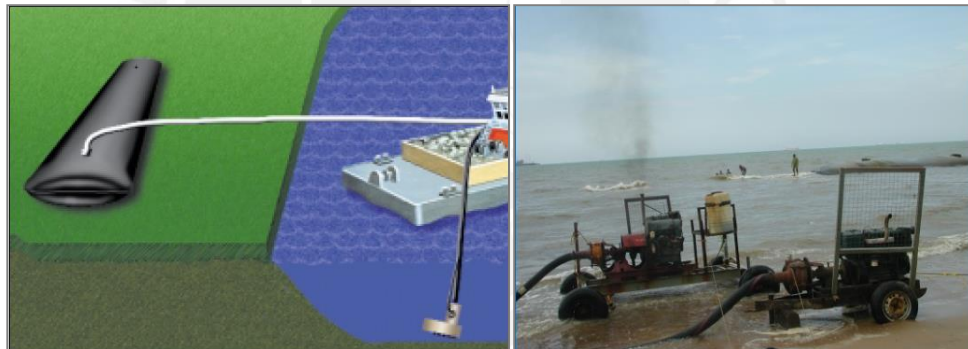


Figura 1. Llenado de geoestructura con Draga

Como se puede observar en la figura 1, a la izquierda se muestra un sistema de dragado desde el fondo del río o del mar, en la imagen de la derecha se muestra el mismo sistema de dragado desde la orilla del mar.

Para garantizar la gradación del material succionado y la integridad de la geoestructura debido a la presencia de elementos punzocortantes, como ramas y derivados, el final de la tubería cuenta con una rejilla que selecciona el material dragado para que cumpla el requerimiento de diseño. Esta tubería debe ser constantemente puesta en mantenimiento debido a la acumulación de materiales que serán retenidos durante el proceso.

La figura 2 representa la configuración de la tubería flexible que realizará el vertido del material directamente en el geotubo.

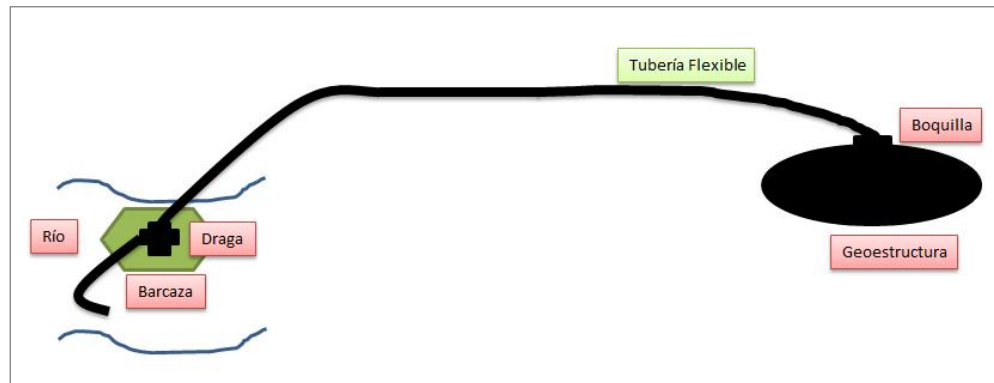


Figura 2. Esquema de llenado con draga

La ventaja de este sistema es que no es necesario que se opere sobre la superficie, por ello es posible que se utilice en condiciones adversas manteniendo su diseño inicial; incluso en época de lluvias, lo cual es importante para la ejecución de este proyecto debido a las condiciones de practicabilidad que se tiene y se verán más adelante. Además, se ahorra en creación de obras provisionales para mezcla del slurry, se puede realizar directamente, lo que ahorra mano de obra y tiempo de ejecución.

Sin embargo, la desventaja de este sistema de llenado es que no se puede controlar la cantidad de arena que ingresa a la geoestructura, debido a la invisible disponibilidad de este recurso bajo el agua, es posible que se pase por varios ciclos en los que el bombeo que se ejecute sea únicamente de agua. No se puede obtener una cifra exacta o promedio de la relación agua/arena que es dragada.

Si fuera el caso en que se requiera ahorrar en construcciones provisionales y se quiera controlar la relación agua/arena se puede realizar el dragado con dos barcasas: una con capacidad suficiente para que sirva como acopio del material y la otra que sirva como base para la excavadora. De esta manera la excavadora se encargaría de extraer el material y depositarlo en la barcaza contigua, a partir de esta barcaza se coloca el sistema de bombeo que dirige el material gradado hacia el geotubo.

La figura 3 muestra una imagen en la que se está ejecutando esta segunda opción de dragado.



Figura 3. Llenado de geoestructura con draga y barcaza

Llenado con Poza

En esta metodología, antes de ubicar los equipos, es importante ubicar los puntos estratégicos en los que serán colocadas las pozas de abastecimiento. Para la definición de estos puntos se debe tener en cuenta la longitud de la tubería disponible para la descarga de la draga.

Luego de tener definido el lugar de las pozas, se realiza la excavación de acuerdo a las dimensiones necesarias para el abastecimiento y rendimiento de las dragas que se tendrán. Se forra la superficie de esta poza con un geotextil no tejido para evitar que el agua se filtre por las paredes o el fondo.

Entre los equipos necesarios para el llenado con poza se encuentran un cargador que lleve el material desde el acopio hasta la poza, una bomba de agua que humedezca el material para conformar la mezcla y una draga que sirva para dirigir la mezcla hacia su disposición final como relleno de la geoestructura.

También se puede ejecutar con dos dragas, una que sea alimentada por un dispositivo de flotación o barcaza que permita alimentar la poza con agua de río y realizar la mezcla del slurry, la segunda draga servirá para dirigir la mezcla directamente hacia el geotubo. Cabe resaltar que la tubería que será alimentada por el río deberá contar con una rejilla que permita filtrar el material de lecho de río; además, ambas tuberías deben ser de un material flexible corrugado, de tal manera que facilite la posición de las tuberías y sea más trabajable; como se muestra a continuación en la Figura 4.



Figura 4. Llenado de geoestructura con poza

La figura 5 representa un esquema que muestra la distribución de los recursos, con dos dragas y una poza.

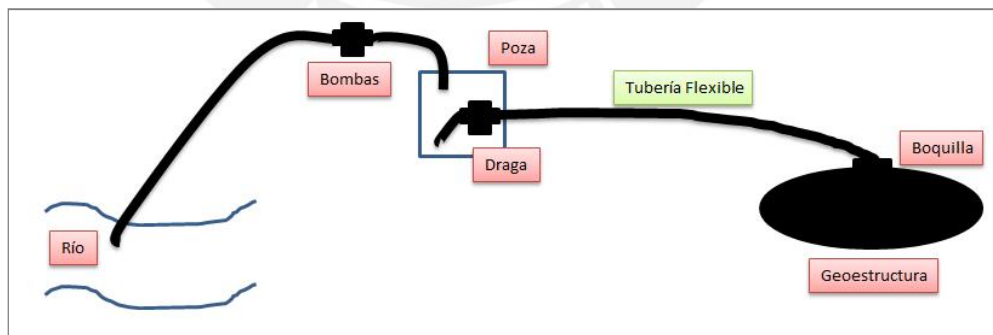


Figura 5. Esquema de llenado con poza

A diferencia de la metodología anterior, esta sí permite controlar el diseño del slurry y con ello se refiere a la relación agua/arena. No obstante, la desventaja es que la poza se encuentra en un emplazamiento fijo y servirá solo para determinado frente de trabajo. Por la extensión de nuestro

proyecto sería necesaria la ejecución de varias pozas para abastecer la necesidad que se tiene de volumen de llenado y frentes de trabajo; no obstante, se podría tomar en cuenta el requerimiento de tuberías más largas para tener mayor alcance.

Llenado con Tolva

Esta metodología requiere un proceso previo, este es el diseño de una estructura que soporte la tolva de llenado y verificar los lugares en que se cimentará esta estructura. Dado que el elemento se diseñará de modo que sea móvil, va a depender del planificador la ubicación de este, de acuerdo a las distintas etapas del proyecto.

No se requiere de muchos equipos especializados, solamente de una excavadora que transporte el material desde el acopio hasta la tolva y un sistema de tuberías que transporte el slurry hacia las geoestructuras. Es también función del planificador identificar si el acopio de material se mantendrá junto a la tolva o se tendrá un acopio principal; aunque debido a la rapidez con que se llenan las geoestructuras lo más productivo sería la segunda opción.

En la figura 6 se observa el sistema de tolva mencionado anteriormente.



Figura 6. Llenado con tolva

Al igual que en el sistema anterior, la distancia de ubicación de la tolva dependerá de la longitud de tubería de descarga y la potencia de la bomba disponible.

La bomba que proporciona de agua a la mezcla puede estar ubicada en el río o en la orilla. Para el abastecimiento de la tolva con la arena, la excavadora debe alimentarla desde una altura de, aproximadamente, 3 metros para evitar que la tolva se obstruya y volver a realizar el ciclo cuantas veces sea necesario. Es importante implementar alrededor de la tolva un sistema de lavado que evite la saturación del material en esta zona.



Figura 7. Llenado con tolva y tubería corrugada flexible

La mezcla del agua/arena realizada en la tolva será directamente dirigida hacia el geocontenedor por medio de una bomba y mediante un sistema de tuberías flexibles corrugadas, como se observa en la figura 7.

La tolva se desarmará y ubicará en el siguiente emplazamiento una vez que se haya ejecutado todo el alcance que se tenía planificado para el emplazamiento previo.

La figura 8 ilustra la vista general del sistema y se identifican las partes descritas anteriormente.

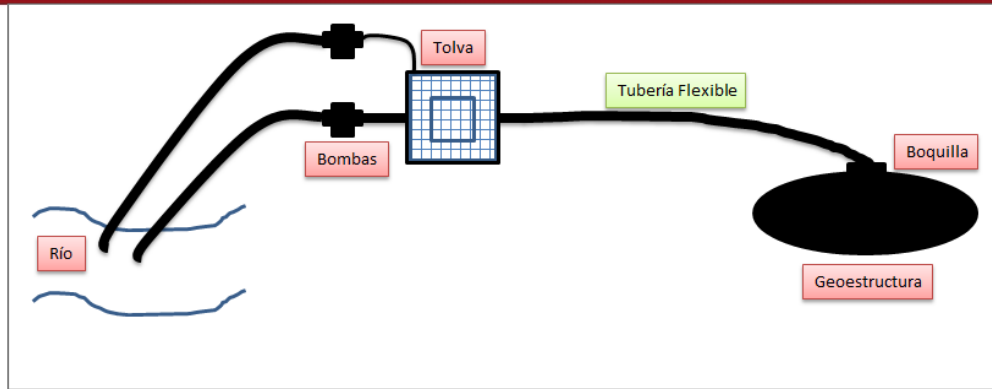
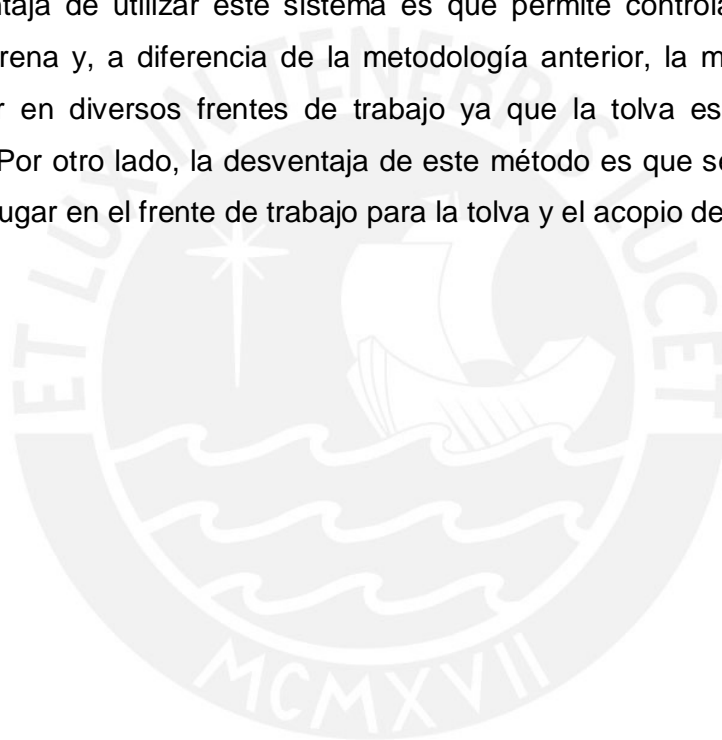


Figura 8. Esquema de llenado de geoestructuras con tolva

La ventaja de utilizar este sistema es que permite controlar la mezcla de agua/arena y, a diferencia de la metodología anterior, la mezcla se puede realizar en diversos frentes de trabajo ya que la tolva es una estructura móvil. Por otro lado, la desventaja de este método es que se debe disponer de un lugar en el frente de trabajo para la tolva y el acopio de material.



4. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El puente Tahuamanu se encuentra en el departamento de Madre de Dios, exactamente en el Km. 574+974.71 (progresivas hito) de la carretera Interoceánica Sur. Este puente cruza el río Tahuamanu, tiene una longitud de 160 metros con un perfil longitudinal parabólico donde los accesos tienen menor elevación que la parte central del puente. Es una estructura de tres tramos con pilares intermedios de tipo trapezoidal de 1.20 metros de espesor y zapatas superficiales apoyadas sobre pilotes. En la figura 9 se muestra una foto del Puente Tahuamanu luego de la ejecución de las obras de protección.



Figura 9. Puente Tahuamanu (Fuente: Propia)

Debido a su ubicación, esta zona presenta fuertes precipitaciones durante los meses de verano, por lo cual fue necesaria la verificación de los máximos niveles de agua. Luego de los estudios, los resultados arrojaron que la máxima avenida, ocurrida el 27 de febrero del 2007, fue superior en 1.61 metros al nivel máximo de agua considerado en el diseño del puente Tahuamanu, incluso llegó a desbordar en algunos puntos de la carretera. Entre los meses de febrero y abril del 2009 el concesionario tuvo que realizar por primera vez el mantenimiento de emergencia en el sector del puente Tahuamanu y por segunda vez en los meses de enero a abril del 2010. Finalmente en el mes de febrero del 2012 se presentó otra situación de emergencia en la que el río erosionó la margen izquierda, lo que provocó la socavación del relleno del estribo izquierdo del puente e hizo colapsar la losa de aproximación, esto interrumpió el tránsito por un lapso de 4 horas hasta que se realizaron los trabajos de emergencia.

Un río meándrico, en su evolución natural, hace que los meandros de su cauce principal se profundicen y avancen hacia aguas abajo, si se construye un puente y se coloca el relleno de las carreteras, la variación normal de los meandros cambia sustancialmente. Esta situación se da en la zona del puente Tahuamanu, al construirse el puente sobre la llanura de inundación, el relleno de la carretera obliga a los flujos del río a pasar solamente por la abertura del puente y como consecuencia se modificó la curvatura natural de los meandros. El meandro situado inmediatamente aguas arriba del puente presiona contra esta estructura y contra la carretera de acceso; por otro lado, el agua comienza a circular bajo el puente en forma oblicua, de esta manera produce un impacto lateral contra los pilares. En la figura 10 se encuentra graficada la variación del cauce principal del río Tahuamanu desde el año 1992, antes de la construcción del puente, hasta el año 2009.

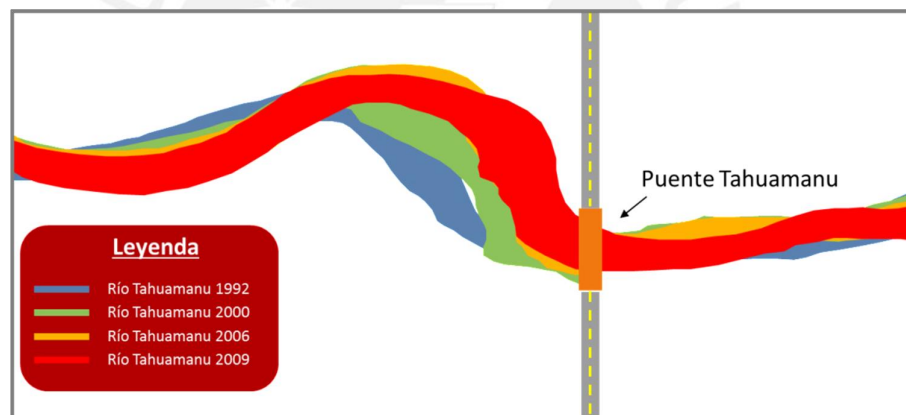


Figura 10. Variación del cauce principal del río Tahuamanu (Fuente: Propia)

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

5.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

Debido a que la construcción del puente y el relleno de sus carreteras de acceso han originado el fenómeno de la variación del meandro de aguas arriba, y por los problemas de socavación que se han descrito anteriormente, es necesario efectuar obras de encauzamiento. Estas deben ser tales que la dirección de las velocidades de los flujos de avenida, al pasar por la abertura del puente, sea perpendicular al eje del puente y paralelo a los pilares y estribos; adicionalmente, es necesario que el cauce principal del río se dirija directamente hacia el puente siguiendo las huellas de cauces antiguos, es decir los considerados en el diseño del puente (Año 1992).

Por consiguiente se planteó como primera alternativa mantener la disposición de la estructura existente, con la elevación del puente para atender las dimensiones establecidas determinadas por los niveles. Análogamente, se consideró la implementación de un nuevo puente hacia la derecha del puente actual, de modo que se reemplace la estructura por una que quede perpendicular al cauce del río; sin embargo, esta última alternativa no detendría el problema. De manera que se consideró ejecutar el proyecto en las dos etapas siguientes: la primera consistiría en la ejecución de las actividades de encauzamiento y defensas ribereñas compuesto por dos diques guía, desde aguas arriba hasta la altura del puente existente; la segunda etapa consistirá en la ejecución de las actividades complementarias de reforzamiento o construcción del puente nuevo, esto dependerá de los resultados de la evaluación al puente existente y la complementación de las defensas ribereñas. Sin embargo, el presente proyecto solo abarcará la primera etapa.

El principal sistema de defensas para ambos estribos del puente Tahuamanu será la conformación de diques de sección triangular con tubos de geotextil de diferentes dimensiones con un dique adicional de respaldo conformado

de arena limosa con una separación de un geotextil no tejido de menor espesor que el de los geotubos. Las dimensiones de estos diques serán las siguientes: 160 metros aguas arriba y 94 metros aguas abajo. Además estos diques estarán protegidos contra los fenómenos de socavación general y lateral, para ello se colocarán mantos antisocavación al pie de ambos. El volumen vacío entre el muro de respaldo y el terreno natural se rellenará con material abundante en las zonas aledañas que cumpla los estándares de calidad predeterminados.

Para obtener el cambio del cauce del río se ejecutará la excavación desde aproximadamente un kilómetro y medio aguas arriba, de tal manera que el nuevo cauce se aleje del camino de la carretera. Este nuevo encauzamiento tendrá un ancho de 70 metros, con taludes laterales 1V:3H. Del mismo modo, para interrumpir el cauce natural se considera la construcción de un dique tapón que detenga el cauce natural del río, el cual estará compuesto por geoceldas que serán rellenas con mortero.

Se recomienda que las defensas ribereñas sean construidas en su integridad, y no parcialmente, por etapas. Es decir se debe construir el sistema completo, tanto los diques guía de aguas arriba como los diques guía de aguas abajo. Si solamente se construyen los diques guía de aguas arriba, existe el peligro de que los flujos de avenida al salir por la abertura del puente generen vórtices que afecten la estabilidad de los taludes de las carreteras de acceso de aguas abajo.

Para mayor ilustración, el Anexo N° 1 contiene los planos del alcance general del proyecto.

5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Se considera importante tener amplio conocimiento sobre las especificaciones técnicas de las actividades más incidentes del proyecto dado que se encontrarán parámetros sobre los que se debe basar el proceso constructivo y se podrán definir tiempos tecnológicos de espera entre una

actividad y la que le sucede. Por ello se describirán los requerimientos técnicos de las actividades más incidentes dentro del proyecto, como son las de movimiento de tierras, llenado de geotubos, relleno de geoceldas y colocación de mantos antisocavación. Estas especificaciones se obtuvieron a partir del proyecto de ingeniería de detalle.

- **Excavación con maquinaria (perfilado de cauce natural)**

Comprende los trabajos relacionados con la excavación del cauce natural, próximo a las riberas, el cual ha sido relleno en zonas adyacentes al puente como consecuencia natural de los cambios morfológicos o por influencia del puente y sus carreteras de acceso. Se deberá tener en cuenta los taludes indicados en los planos de ingeniería de detalle.

- **Relleno compactado con material propio (de excavación)**

Considera la compactación de los materiales provenientes de las excavaciones en el nuevo encauzamiento del río. Este material deberá ir en la parte posterior de los diques guía y en la zona del dique tapón. Se colocarán los rellenos en capas horizontales con espesores no mayores de 30cm, los equipos a utilizar deberán garantizar alcanzar el 95% óptimo de la densidad respectiva al Proctor estándar con una tolerancia del -2%.

No se podrá ejecutar rellenos alrededor de las estructuras de concreto antes de los 21 días posteriores al vaciado del mismo para evitar que se produzcan presiones excesivas sobre las estructuras de concreto.

- **Relleno compactado con material de préstamo (conformación del cuerpo de dique)**

Comprende la compactación de los materiales limo arenosos (SM) adecuados, provenientes de otras fuentes (canteras), para los rellenos del dique guía. Estos deben estar libres de materia orgánica. El método constructivo es similar al relleno compactado con material propio.

- **Manto antisocavación**

Conformado por los trabajos necesarios para la colocación del manto antisocavación (geotextil tejido) en obra y emplazarlo en su ubicación final. El manto antisocavación debe ser colocado antes de la instalación de los tubos de geotextil que conforman el cuerpo del dique guía, estos tubos se apoyarán sobre el manto.

Este manto debe tener cosido en su extremo 01 tubo de geotextil de alta resistencia relleno de arena, formados con el mismo material.

Previo a la colocación del manto antisocavación se deberá efectuar una limpieza en el fondo, con el objetivo de retirar restos orgánicos y elementos punzocortantes que puedan dañar el geotextil. Una vez colocado, solo se permitirá traslape en el sentido transversal al eje del dique de ambos mantos en una longitud del ancho del primer geocontenedor de suelo del dique guía.

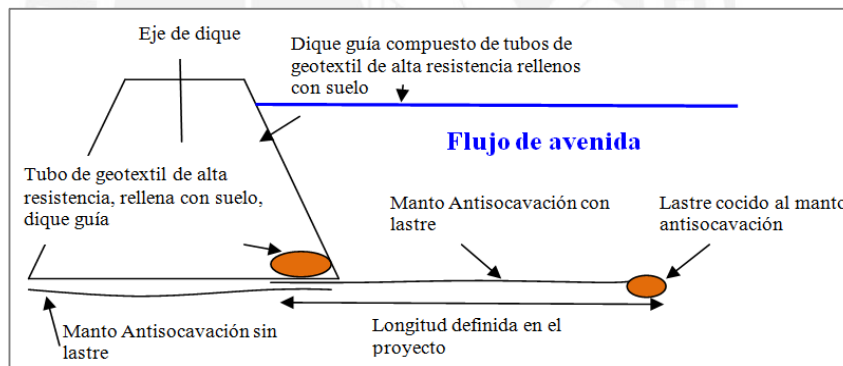


Figura 11. Esquema de colocación de manto antisocavación (Fuente: Proyecto de Ingeniería de Detalle)

En una misma línea paralela al lastre se colocarán varillas de anclaje para su fijación, estas deberán ser $\phi 1/2\text{m}$ de 3.50 m. de longitud y deberán ser hincados aproximadamente a 1.50 m.

Sobre el llenado del lastre, este se realizará de la misma forma que el llenado de los tubos de geotextil, lo cual se detallará más adelante. Una vez llenado el lastre se realizará el desenrollado para instalar sobre este la primera fila de tubos de geotextil de alta resistencia que conformará el

cuerpo del dique guía. Se debe tener cuidado de no operar ningún equipo sobre el manto antisocavación.

- **Tubos de geotextil de alta resistencia**

Comprende los trabajos de colocación de tubos de geotextil de alta resistencia, estas son estructuras flexibles fabricadas con geotextil tejido. Su sección transversal tiene forma oval, el diámetro y longitud varían de acuerdo a los requerimientos del proyecto. El geotextil tejido está diseñado para retener partículas de suelo y permitir la salida del agua interior. Estos tubos de geotextil poseen mangas que sirven como puertos de llenado entre 0.90 a 1.80 m. de longitud y 10 ϕ a 18 ϕ de diámetro cosidas a la parte superior.

Previo a la colocación del tubo de geotextil se realizará la limpieza de la superficie, debe estar libre de barros, fangos sin resistencia y elementos punzocortantes. Debe ser desenrollado y colocado en posición de llenado con los puertos de entrada y salida en la parte superior, luego será asegurado por medio de anclajes. Los anclajes tendrán una distribución paralela al tubo de geotextil, se usarán varillas de $\phi 1/2\phi$ de 3.50 m. de longitud, con una profundidad aproximada de 1.50 m como mínimo o hasta que el suelo ofrezca resistencia, la separación longitudinal será cada 3.50 m.

Luego del llenado, los tubos de geotextil siguientes son colocados contra el tubo de geotextil existente y posteriormente será llenado, cada tubo de geotextil se debe llenar completamente antes de instalar el siguiente. Este método de instalación crea una pequeña área entre los dos tubos de geotextil de alta resistencia en las partes redondeadas, lo cual es asociado a esta tecnología. Para evitar tener expuesta esta pequeña área entre los geotubos se recomienda el uso de mantos verdes que producen una revegetación inmediata de protección. Además, se recomienda que longitudinalmente los elementos se traslapen en una longitud igual al 80% de su altura.

- **Llenado de tubos de geotextil con slurry**

El material de llenado será proveniente de la excavación del nuevo encauzamiento, será seleccionado y solo consistirá de arena fina libre de toda materia orgánica, no deberá tener más de 50% de material que pasa por el tamiz N° 200 para agilizar el proceso de consolidación del material dentro del tubo de geotextil.

Se utilizará bombas para el llenado de los tubos de geotextil, para que su utilización sea eficiente será necesario que el material de relleno sea mezclado con agua para lograr una consistencia acuosa que permita el flujo dentro de las geoestructuras.

La tubería de llenado debe estar libre de tornillos o elementos que puedan rasgar el puerto de llenado, además deberá estar adecuadamente anclada. Esta tubería se debe introducir más de 0.5 m. dentro del sistema de modo que oriente la dirección del flujo a lo largo del tubo de geotextil, luego se asegurará la tubería al puerto con abrazaderas y los demás puertos permanecerán abiertos para permitir la salida del exceso de agua.

Se inicia el bombeo solo con agua, por unos minutos, para que el tubo de geotextil se extienda y tome su forma, luego se parará el bombeo por 5 minutos, una vez que pierda la presión interna se empezará a bombear el slurry (agua + arena). Se utilizará una cuadrilla que realizará movimientos de presión en la zona superior del tubo de geotextil con el fin de drenar toda el agua que se encuentra dentro de él. Una vez que se logra la altura de diseño, se coserán los puertos con un cordel de polipropileno. La altura versus el ancho del tubo de geotextil plenamente lleno no debe exceder de 0.5.

Una vez llenado el tubo de geotextil de la primera fila o primer nivel, se deberá llenar el espacio entre el tubo de geotextil y el talud perfilado protegido con un geotextil no tejido, con el fin de conformar un piso nivelado como fundación de la siguiente fila de tubos de geotextil. En el caso del

relleno compactado en la parte posterior al dique guía, este se deberá realizar secuencialmente al llenado de las geoestructuras previa colocación de un geotextil de separación entre el tubo de geotextil y el relleno compactado.

Los tubos de geotextil deben ser llenados en una secuencia determinada, se recomienda llenar una geoestructura en una sola jornada. Se debe tener en cuenta que el tubo de geotextil, una vez que esté lleno, tiende a reducir su altura algunos centímetros debido a un proceso de consolidación posterior al proceso de llenado. Para colocar el siguiente tubo de geotextil se debe esperar a que se produzca la total expulsión del agua, es importante considerar este punto para programar la secuencia de llenado de los geotubos.

- **Geocelda rellena con mortero (cemento Æ arena)**

Comprende la colocación de las geoceldas, las cuales protegerán el talud de relleno ubicado detrás de los diques guía y en el talud de ambos extremos de los diques guía.

Se preparará el terreno removiendo todo el material deletéreo como piedras grandes, raíces, escombros, etc. Y se rellenarán los huecos para obtener una superficie suave de tendido hasta alcanzar el talud especificado en los planos. Luego de esto se debe colocar un geotextil no tejido de separación o de filtro, este será anclado en los bordes para evitar su desplazamiento.

Para la colocación y fijación de la geocelda, se anclarán estacas a lo largo del borde superior e inferior del área del talud y luego de colocar la geocelda, se estirará la sección hacia abajo sobre los taludes hasta que alcancen la longitud especificada, la sección permanecerá completamente estirada por medio de unos anclajes permanentes. Las geoceldas serán alineadas intercaladamente en los bordes de la sección comprobando que toda la superficie permanezca al mismo nivel. La conexión entre geoceldas adyacentes se hará con bastones de acero corrugado galvanizado en las

uniones de los paneles. Posterior a la colocación se realizará el relleno con mortero cemento . arena, el cual será llenado manualmente.

En la figura 12 se muestra una sección transversal que ilustra la colocación de los traslapes en las geoceldas.

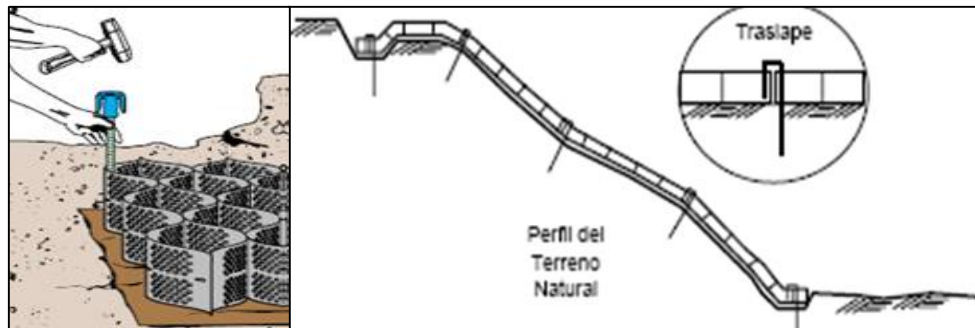


Figura 12. Ejemplo de colocación de geoceldas (Fuente: Especificaciones Técnicas del proyecto)

5.3. METRADOS

Los metrados indicados en la Tabla 1 se obtuvieron a partir del proyecto de ingeniería de detalle. Considerar que las partidas resaltadas tienen unidad de medida mensual, se completará el cuadro cuando se culmine la programación y se tenga la cantidad de meses que durará este proyecto.

Tabla 1. Metrados del Proyecto (Fuente: Proyecto de ingeniería de detalle)

RESUMEN DE METRADOS: DEFENSA RIBEREÑA DEL PUENTE TAHUAMANU			
ID PPTO	DESCRIPCION DE SUBPARTIDAS	UND	METRADO
1000	OBRAS PRELIMINARES		
1001.S	Movilización y desmovilización de equipos Defensa Rib. Pte. Tahuamanu	glb	1.00
1007	Transporte de geoestructuras para la Defensa Rib. del Pte. Tahuamanu	glb	1.00
100	OBRAS PROVISIONALES		
101A	Topografía y Georeferenciación	mes	
102C	Mantenimiento de tránsito y seguridad vial - Tahuamanu	mes	
103	Derecho de cantera	m3	8.59
104	Ataguías de protección	m	992.20
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
201C	Limpieza de áreas boscosas	m2	250,564.00
225A	Excavación masiva para defensa ribereña	m3	310,514.20
225B	Excavación masiva para defensa ribereña (con presencia de agua)	m3	334,313.00
230	Protección con Top soil	m2	82,960.80
500	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE		
504	Excavación no clasificada para estructuras	m3	7,346.00
505	Relleno para estructuras	m3	23,618.00
505D	Relleno para Defensa ribereña	m3	488,296.39
543B	Geotextil No Tejido Clase 2	m2	34,986.57
551B	Geocelda de PEAD, tipo GW20V para cuencas de captac. y disposit. de amortig.	m2	16,574.00
553	Relleno de mortero cemento-arena $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	m2	2,486.10
586A	Tubo de Geotextil de alta Resistencia 3.07 x 1.25	m	8,207.00
586B	Tubo de Geotextil de alta Resistencia 6.1 x 2.4	m	4,710.00
586C	Tubo de Geotextil de alta Resistencia 1.55 x 0.6	m	1,202.00
586F	Colocación de Tubo de Geotextil de alta Resistencia	m	14,119.00
587A	Llenado de Tubo de Geotextil de alta Resistencia	m3	87,451.90
588	Manto antisocavación con lastre (20m de ancho)	ml	470.00
588A	Colocación de Manto antisocavación con lastre (20m de ancho)	ml	470.00
588B	Manto antisocavación con lastre (24m de ancho)	ml	780.00
588C	Colocación de Manto antisocavación con lastre (24m de ancho)	ml	780.00
588D	Manto antisocavación con lastre (20m de ancho, inc. lastre transversal)	und	1.00
589	Manto antisocavación sin lastre	m2	2,640.00
589A	Colocación de Manto antisocavación sin lastre	m2	2,640.00
590	Drenaje para geoceldas	und	1,953.00
700	TRANSPORTE		
701	Transporte de material granular hasta 1 km	m3km	750,804.88
702	Transporte de material granular después de 1 km	m3km	289,478.82

6. PLANEAMIENTO GENERAL

6.1. DEFINICIONES PRELIMINARES

- **Practicabilidad**

Debido a la ubicación geográfica del proyecto, es muy importante realizar un estudio de los registros pluviométricos de la zona para poder analizar los días practicables (días útiles) que tendremos durante la ejecución. Con ello podremos generar un cronograma más real, que considere las características especiales de la zona; además nos permitirá estimar y diferenciar los días practicables según la actividad que vayamos a ejecutar.

Para definir la practicabilidad se debe restar los días de lluvia de los días efectivos que tiene el mes. Debido a la experiencia en proyectos anteriores, se recomienda considerar como día no practicable (día de lluvia) los días en que la precipitación alcanza un valor mayor a 10mm. En este cálculo también se toma en consideración los días no trabajables como domingos y feriados.

En proyectos que se ejecutan en zonas de intensas lluvias, se recomienda considerar el proceso de ejecución durante los períodos de estiaje, por ello se ha considerado como días no practicables los períodos de Diciembre a Marzo.

- **Factor de retomada (F.R.)**

Es un factor de amplificación o reducción de los días de lluvia del mes, debido a que cada actividad se ve afectada de manera diferente por las lluvias y tiene un tiempo de reinicio de los trabajos distinto, luego de ocurridas las lluvias. Por ejemplo, algunas actividades, como excavaciones y rellenos, tienen un $F.R.=1.5$ pues se ven más afectadas por las precipitaciones, esto hace que por cada día de lluvia se deje de trabajar ese día más la mitad del día siguiente. En algunos casos este factor puede reducir los días de lluvia ya que algunas actividades no son afectadas

significativamente, por ejemplo actividades realizadas bajo techo o que por algún proceso constructivo cuenten con protección durante la ejecución, tal es el caso del llenado de geoestructuras. La definición de este factor se dará por la experiencia obtenida en proyectos similares.

- **Jornada**

Es el periodo de tiempo diario en el cual se trabajará. Para este proyecto se está considerando trabajar en turno día y turno noche, de 10 horas cada uno.

- **Calendarios**

Los calendarios se asignarán a las actividades agrupadas según sus características de factor de retomada.

- **Ruta Crítica**

Se le denomina ruta crítica del proyecto al conjunto de actividades que determinan la duración del mismo, el aumento o reducción del plazo de estas actividades influenciará directamente en el plazo total del proyecto.

6.2. ANÁLISIS DE PRACTICABILIDAD

Para obtener la cantidad de días de lluvia, se tomó en cuenta los registros pluviométricos, desde el 2009, de las estaciones que se ubicaron durante la construcción de la carretera Interoceánica Sur a lo largo del tramo 3, correspondiente a Puerto Maldonado. En el Anexo N° 2 se podrá encontrar la disposición de las estaciones Pluviométricas consideradas para este cálculo. Se utilizaron las siguientes:

- Estación Mazuko (Km. 262)
- Estación Santa Rosa (Km. 289)
- Estación Unión Progreso (Km. 400)
- Estación Castañal (Km. 418)
- Estación Puerto Maldonado (Km. 423)

- Estación Planchón (Km. 471)
- Estación Mavila (Km. 512)
- Estación Tahuamanu (Km. 571)
- Estación San Lorenzo (Km. 577)

Se tomaron registros pluviométricos diariamente en un periodo de tres años (2010 . 2012), los días que se registró una precipitación mayor a 10mm se contabilizó como día de lluvia para el mes que se estaba analizando. Finalmente, se contabilizaron los días de lluvia correspondientes a cada estación pluviométrica y el promedio de estos días fue el considerado para cada año.

Como ejemplo se realizará el cálculo de la practicabilidad para el mes de Julio con un F.R.= 1.5.

Con la cantidad de días de lluvia mensuales mayor a 10mm. se proyectó el número de días de lluvia para el 2013 como el promedio de los años anteriores.

Tabla 2. Proyección de días de lluvia 2013 (Fuente Propia)

AÑO	FACTOR DE RETOMADA = 1.5			PROYECCIÓN 2013
	2010	2011	2012	
ENERO	10.00	8.00	10.00	10.00
FEBRERO	10.00	12.00	12.00	12.00
MARZO	7.00	4.00	4.00	5.00
ABRIL	6.00	5.00	4.00	5.00
MAYO	4.00	4.00	3.00	4.00
JUNIO	4.00	2.00	3.00	3.00
JULIO	3.00	1.00	5.00	3.00
AGOSTO	3.00	4.00	1.00	3.00
SEPTIEMBRE	2.00	5.00	5.00	4.00
OCTUBRE	7.00	7.00	4.00	6.00
NOVIEMBRE	4.00	6.00	6.00	6.00
DICIEMBRE	4.00	8.00	7.00	7.00

Análisis para el mes de Julio

A. Días de lluvia: 3

- B. Días del mes: 31
- C. Probabilidad de que llueva en el mes: $3/31 = 10\%$
- D. Días domingo: 07, 14, 21, 28 (4 días)
- E. Días feriado: 28, 29 (2 días)
- F. Días feriado en domingo: 28 (1 día)
- G. Total de días no laborables (D+E-F) : 5
- H. Cantidad de días de lluvia en día no laborable (CxG) : 1

Aleatoriamente se generan 3 días de lluvia: 12, 21 y 25.

Tabla 3. Calendario F.R.=1 (Fuente: Propia)

JULIO 2013						
L	M	X	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Por un conteo rápido se observa que se tiene 24 días practicables; sin embargo, debido a que estamos analizando un calendario para actividades de relleno, se aplicará un factor de retomada de 1.5. Esto quiere decir que las actividades se verán interrumpidas no solo el día de lluvia sino también la mitad del día siguiente. Por ello se deja de trabajar la mitad de los días 13, 22 y 26; lo que nos da, por redondeo, 2 días no practicables más. Finalmente, para el mes de Julio, solo se tendrán 22 días practicables para un factor de retomada de 1.5. Con esta información se generan los calendarios para cada tipo de servicio.

En la tabla 4 se muestra el detalle de los cálculos para todos los meses del año 2013. Con estos datos se generan los calendarios correspondientes a cada factor de retomada con los días practicables disponibles por cada mes, esto se detalla en la tabla 7.

Tabla 4. Cálculo de días de lluvia en Domingo o feriado (Fuente: Propia)

	A	B	D	E	F	D+E-F = G	A/B = C	CxG = H
	DÍAS DE LLUVIA	Días	Domingos	Feriatos	Feriatos en Domingo	TOTAL	PROBABILIDAD DE LLUVIA DOMINGO / FERIADO	LLUVIA EN DOMINGO / FERIADO
ENERO	10.00	31.00	4.00	1.00		5.00	32%	2.00
FEBRERO	12.00	28.00	4.00	-		4.00	43%	2.00
MARZO	5.00	31.00	5.00	2.00		7.00	16%	2.00
ABRIL	5.00	30.00	4.00	-		4.00	17%	1.00
MAYO	4.00	31.00	4.00	1.00		5.00	13%	1.00
JUNIO	3.00	30.00	5.00	1.00		6.00	10%	1.00
JULIO	3.00	31.00	4.00	2.00	1.00	5.00	10%	1.00
AGOSTO	3.00	31.00	4.00	1.00		5.00	10%	1.00
SEPTIEMBRE	4.00	30.00	5.00	-		5.00	13%	1.00
OCTUBRE	6.00	31.00	4.00	2.00		6.00	19%	2.00
NOVIEMBRE	6.00	30.00	4.00	1.00		5.00	20%	1.00
DICIEMBRE	7.00	31.00	5.00	2.00	1.00	6.00	23%	2.00

6.3. CRITERIOS ADOPTADOS

Factores de Retomada:

Tabla 5. Descripción de factor de retomada por servicio (Fuente: Históricas de obra)

F.R	DESCRIPCIÓN	SERVICIOS ASOCIADAS
0.5	Por cada día de lluvia, se deja de trabajar medio día	Colocación y llenado de geotubos
1	Por cada día de lluvia se deja de trabajar todo ese día	Colocación y relleno de geoceldas
1.5	Por cada día de lluvia se deja de trabajar todo es día más la mitad del día siguiente	Trabajos de excavación y relleno

Días Feriados:

Tabla 6. Feriados Peruanos (Calendario)

MES	DÍAS	DESCRIPCIÓN
ENERO	1	Año Nuevo
MARZO	28 / 29	Jueves y Viernes Santo, varían según el año
MAYO	1	Día del Trabajo
JUNIO	29	Día de San Pedro y San Pablo
JULIO	28 / 29	Fiestas Patrias
AGOSTO	30	Día de Santa Rosa
OCTUBRE	08 / 25	Combate de Angamos / Día de la Construcción Civil
NOVIEMBRE	1	Día de todos los Santos
DICIEMBRE	08 / 25	Día de la Inmaculada Concepción / Navidad

Días Practicables por tipo de calendario:

Tabla 7. Días Practicables por Factor de Retomada 2013 (Fuente: Propia)

DÍAS PRACTICABLES POR CALENDARIO			
MES	C1: F.R. = 0.5	C2: F.R. = 1	C3: F.R. = 1.5
ENERO	23.00	18.00	13.00
FEBRERO	20.00	14.00	8.00
MARZO	23.00	21.00	18.00
ABRIL	24.00	22.00	19.00
MAYO	25.00	23.00	21.00
JUNIO	23.00	22.00	20.00
JULIO	25.00	24.00	22.00
AGOSTO	25.00	24.00	22.00
SEPTIEMBRE	24.00	22.00	20.00
OCTUBRE	24.00	21.00	18.00
NOVIEMBRE	23.00	20.00	17.00
DICIEMBRE	23.00	20.00	16.00

Jornadas Semanales de Trabajo:

Tabla 8. Jornada semanal (Fuente: Propia)

DÍAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
HORAS	20	20	20	20	20	20	0

6.4. LÓGICA CONSTRUCTIVA

Para poder realizar una adecuada programación de las actividades que componen el proyecto es necesario definir una secuencia lógica y ordenada de todas sus etapas. Esta secuencia debe ser definida por el planificador y un ingeniero de campo, ambas opiniones generarán una secuencia adecuada acompañada de la experiencia y el análisis.

La lógica constructiva definida buscará propiciar la rotación de los equipos en los diferentes frentes de trabajo y de esta manera lograr la optimización

de los recursos. Para ello, se dividirá la obra en cuatro frentes de trabajo, los cuales a su vez se agruparán en dos etapas.

Se iniciará con los trabajos en la margen derecha pues los volúmenes a excavar para la definición de accesos es menor; si bien no es una zona crítica, la margen izquierda ya cuenta con la protección de emergencia que se ejecutó durante la máxima avenida del río Tahuamanu, para lo cual se emplearon bolsas big bag rellenas con material de la zona.

Etapa 1: Antes de la época de máximas avenidas

En la figura 13 se muestra la disposición general de los trabajos en la etapa 1 del proyecto.

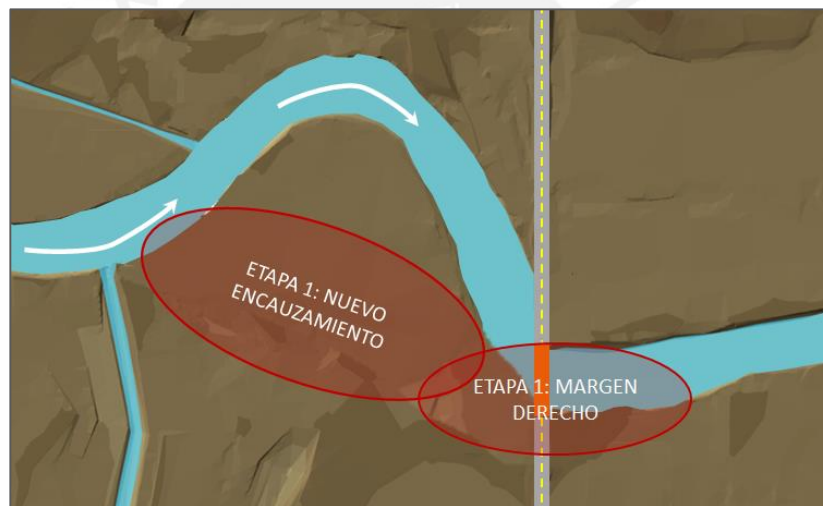


Figura 13. Disposición de obras en la etapa 1 (Fuente: propia)

Nuevo cauce margen derecha aguas arriba

Este frente comprende los trabajos de excavación en el nuevo encauzamiento, la cual se divide entre las excavaciones de suelo seco y excavación bajo agua. Antes de iniciar las actividades de relleno se debe construir una ataguía provisional para la ejecución de las geoestructuras en la margen derecha aguas arriba (entre las progresivas km. 0 al km. 160, antes del puente). Esta ataguía servirá de contención durante la época de lluvias, en la cual el río mantiene los niveles más altos. Es importante el mantenimiento que se le dé a esta ataguía durante la ejecución de la margen

derecha dado que produce una reducción en la sección del cauce, lo que provocará un incremento en la velocidad del flujo y esto puede erosionar los bordes de la conformación de tierra. Luego se iniciará con los trabajos de colocación y llenado de geotubos.

Nuevo cauce margen derecha aguas abajo

Se continuará con los trabajos de ataguía correspondiente a aguas abajo teniendo en cuenta las consideraciones antes mencionadas, posteriormente se continuará con los trabajos de llenado de geoestructuras.

Cabe resaltar que antes de culminar la Etapa 1 se deben culminar todas las ataguías de protección, tanto en la margen derecha como en la margen izquierda y dique tapón.

Etapa 2: Después de la época de máximas avenidas

En la figura 14 se grafica la disposición general de los trabajos en la etapa 2 del proyecto, la cual se ejecutará después del periodo de lluvias.

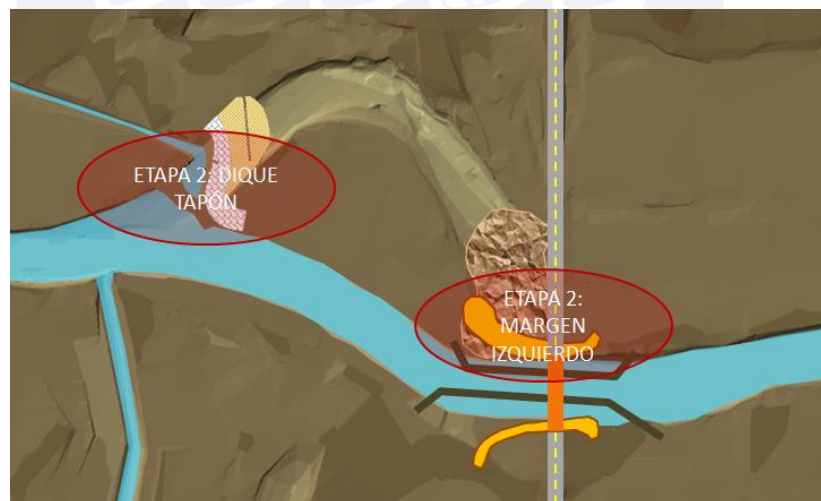


Figura 14. Disposición de obras en la etapa 2 (Fuente: Propia)

Geoestructuras margen izquierdo

Se trabajará paralelamente con la ejecución del dique tapón. Iniciaré con la colocación y relleno de geoestructuras pertenecientes a la protección de

talud en la margen izquierda, finalmente concluirá con el relleno de material detrás del dique.

Dique Tapón

Iniciará luego de la apertura del nuevo encauzamiento. Iniciará con la ejecución de los trabajos de colocación y relleno de geoceldas y relleno posterior. Paralelamente se realizará el bombeo del agua en la zona del antiguo cauce.

La idea de ejecutar el proyecto por etapas radica en la rotación de equipos, los principales equipos considerados fueron las excavadoras y las dragas para el llenado de las geoestructuras. Sobre las cuadrillas de excavación, se consideraron dos cuadrillas que trabajen en paralelo; la primera iniciará con los trabajos en el frente del encauzamiento, luego pasa a ejecutar los trabajos de ataguía en la margen izquierda y finalmente a ejecutar la ataguía en el dique tapón antes de iniciar el periodo de máximas precipitaciones. La segunda cuadrilla de excavación inicia con los trabajos en la margen derecha aguas arriba, continúa con la ejecución de la ataguía y excavación aguas abajo.

Por otro lado, para los trabajos de colocación y relleno de geoestructuras, se consideró inicialmente una sola cuadrilla para la ejecución de los trabajos; sin embargo, se vio la necesidad de adaptar una cuadrilla para trabajos en paralelo en los meses de Junio y Julio en la margen izquierda, aguas abajo; ya que la construcción de la protección del talud en la margen izquierda continuaba y formaba parte de la ruta crítica.

6.5. SUBDIVISIÓN Y AGRUPACIÓN DE PARTIDAS

Este punto dentro de la planificación del proyecto es muy importante, puesto que toda obra, por muy pequeña que sea, debe ser dividida para que pueda ser planificada. Este ejercicio nos permite identificar las interferencias entre los procesos, la lógica de precedencias, el número de frentes de trabajo requeridos, número de cuadrillas y determinar plazos por actividades. No

solo considera la subdivisión de algunas partidas, sino también la agrupación de otras que están contenidas dentro de un solo paquete de trabajo que se puede programar, costear, supervisar y controlar.

Teniendo como base la estructura de metrados mostrado en hojas anteriores, se realiza la subdivisión de la obra y agrupación de actividades en los diferentes frentes de las etapas consideradas.

Como ejemplo, se tiene dentro de los metrados la actividad de excavación, la cual se considera por separado en la planilla de metrados entre excavación para defensa ribereña (en material suelto) y excavación bajo agua. Se toma la subdivisión de la partida de excavación para defensa ribereña, la cual en general cuenta con 310 514.20 m³ de material distribuido a lo largo del proyecto, este volumen tal como se encuentra no se puede programar pues será realizado en diferentes etapas, en ello radica la importancia de subdivisión de partidas; es así como se subdivide en volúmenes de excavación asignados a los distintos frentes. A continuación se muestra la Tabla 9 con un ejemplo de subdivisión de metrados para esta partida y en la Tabla 10, la subdivisión general de partidas.

Tabla 9. Ejemplo de subdivisión de metrados (Fuente: Propia)

225A	Excavacion masiva para defensa ribereña	m ³	310,514.20
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		59,149.84
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		5,917.92
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		12,423.42
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		3,326.42
	ENCAUZAMIENTO - AGUAS ARRIBA		136,777.04
	ENCAUZAMIENTO - TAPÓN AGUAS ARRIBA		2,893.80
	ENCAUZAMIENTO - CANAL		73,572.96
	ENCAUZAMIENTO - AGUAS ABAJO		14,784.50
	ENCAUZAMIENTO - TAPÓN AGUAS ABAJO		1,668.30

Subdivisión de metrados

Tabla 10. Subdivisión de metrados (Fuente: Propia)

ÍTEM	ACTIVIDADES DE PRESUPUESTO	UND	CANT
1000	OBRAS PRELIMINARES		
1001.S	Movilización y desmovilización de equipos Defensa Rib. Pte. Tahuamanu	glb	1.00
	MOVILIZACIÓN		0.50
	DESMOVLIZACIÓN		0.50
1007	Transporte de geoestructuras para la Defensa Rib. del Pte. Tahuamanu	glb	1.00
	ENVÍO 1 DE GEOTUBOS		0.25
	ENVÍO 2 DE GEOTUBOS		0.25
	ENVÍO 3 DE GEOTUBOS		0.25
	ENVÍO 4 DE GEOTUBOS		0.25
100	OBRAS PROVISIONALES		
101A	Topografía y Georeferenciación	mes	
102C	Mantenimiento de tránsito y seguridad vial - Tahuamanu	mes	
103	Derecho de cantera	m3	8.59
104	Ataguías de protección	m	1,156.20
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		200.20
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		195.00
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		381.00
	DIQUE DE TIERRA		380.00
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
201C	Limpieza de áreas boscosas	m2	250,564.00
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		3,904.18
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		2,319.63
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		11,087.11
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		3,992.13
	ENCAUZAMIENTO - AGUAS ARRIBA		55,250.20
	CANAL		31,080.00
	OTROS		142,930.76
225A	Excavación masiva para defensa ribereña	m3	310,514.20
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		59,149.84
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		5,917.92
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		12,423.42
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		3,326.42
	ENCAUZAMIENTO - AGUAS ARRIBA		136,777.04
	ENCAUZAMIENTO - TAPÓN AGUAS ARRIBA		2,893.80
	ENCAUZAMIENTO - CANAL		73,572.96
	ENCAUZAMIENTO - AGUAS ABAJO		14,784.50
	ENCAUZAMIENTO - TAPÓN AGUAS ABAJO		1,668.30
225B	Excavación masiva para defensa ribereña (con presencia de agua)	m3	334,313.00
	ENCAUZAMIENTO - AGUAS ARRIBA		215,980.51
	ENCAUZAMIENTO - TAPÓN AGUAS ARRIBA		2,837.70
	ENCAUZAMIENTO - CANAL		45,936.20
	ENCAUZAMIENTO - AGUAS ABAJO		66,069.00
	ENCAUZAMIENTO - TAPÓN AGUAS ABAJO		3,489.60
230	Protección con Top soil	m2	82,960.80
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		60,981.54
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		2,319.63
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		11,244.19
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		2,041.33
	DIQUE DE TIERRA		6,374.11
500	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE		
504	Excavación no clasificada para estructuras	m3	7,346.00
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		1,412.00
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		4,759.00
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		1,175.00

ÍTEM	ACTIVIDADES DE PRESUPUESTO	UND	CANT
505	Relleno para estructuras	m3	23,618.00
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		15,568.00
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		2,531.00
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		3,108.00
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		2,411.00
505D	Relleno para Defensa ribereña	m3	488,296.39
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		368,499.39
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA (Pie del Dique)		18,183.00
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		10,188.00
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		38,574.00
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		7,432.00
	DIQUE DE TIERRA		45,420.00
543B	Geotextil No Tejido Clase 2	m2	34,986.57
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		3,799.83
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		849.27
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		1,698.37
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		1,249.26
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO (talud del cauce)		1,264.45
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA (talud del cauce)		3,825.93
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO (talud del cauce)		2,239.48
	GEOELDAS - MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		8,636.71
	GEOELDAS - MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		1,076.74
	GEOELDAS - MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		1,010.69
	GEOELDAS - MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		995.59
	GEOELDAS - DIQUE DE TIERRA		8,340.25
551B	Geocelda de PEAD, tipo GW20V para cuencas de captac. y disposit. de amortig.	m2	16,574.00
	GEOELDAS - MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		7,230.00
	GEOELDAS - MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		544.00
	GEOELDAS - MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		816.00
	GEOELDAS - MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		544.00
	GEOELDAS - DIQUE DE TIERRA		7,440.00
553	Relleno de mortero cemento-arena $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	m2	2,486.10
	GEOELDAS - MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		1,084.50
	GEOELDAS - MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		81.60
	GEOELDAS - MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		122.40
	GEOELDAS - MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		81.60
	GEOELDAS - DIQUE DE TIERRA		1,116.00
586A	Tubo de Geotextil de alta Resistencia 3.07 x 1.25	m	8,207.00
	<u>CONSTRUCCIÓN DE DIQUES</u>		
	MD/ A.ARRIBA - DIQUE		1,811.00
	MD/ A.ABAJO - DIQUE		704.00
	M/ A.ABAJO - DIQUE		897.00
	M/ A.ARRIBA - DIQUE		1,995.00
	<u>PROTECCIÓN DE TALUD</u>		
	MD/ A.ARRIBA - TALUD		1,480.00
	MD/ A.ABAJO - TALUD		720.00
	M/ A.ABAJO - TALUD		600.00
586B	Tubo de Geotextil de alta Resistencia 6.1 x 2.4	m	4,710.00
	<u>CONSTRUCCIÓN DE DIQUES</u>		
	MD/ A.ARRIBA - DIQUE		122.00
	MD/ A.ABAJO - DIQUE		100.00
	M/ A.ABAJO - DIQUE		286.00
	M/ A.ARRIBA - DIQUE		3,522.00
	<u>PROTECCIÓN DE TALUD</u>		
	MD/ A.ABAJO - TALUD		680.00

ÍTEM	ACTIVIDADES DE PRESUPUESTO	UND	CANT
586C	Tubo de Geotextil de alta Resistencia 1.55 x 0.6	m	1,042.00
	<u>CONSTRUCCIÓN DE DIQUES</u>		
	MD/ A.ARRIBA - DIQUE		280.00
	MI/ A.ARRIBA - DIQUE		642.00
	<u>PROTECCIÓN DE TALUD</u>		
	MD/ A.ABAJO - TALUD		120.00
586F	Colocacion de Tubo de Geotextil de alta Resistencia	m	13,959.00
	<u>CONSTRUCCIÓN DE DIQUES</u>		
	MD/ A.ARRIBA - DIQUE		2,213.00
	MD/ A.ABAJO - DIQUE		804.00
	MI/ A.ABAJO - DIQUE		1,183.00
	MI/ A.ARRIBA - DIQUE		6,159.00
	<u>PROTECCIÓN DE TALUD</u>		
	MD/ A.ARRIBA - TALUD		1,480.00
	MD/ A.ABAJO - TALUD		1,520.00
	MI/ A.ABAJO - TALUD		600.00
587A	Llenado de Tubo de Geotextil de alta Resistencia	m3	87,331.90
	<u>CONSTRUCCIÓN DE DIQUES</u>		
	MD/ A.ARRIBA - DIQUE		7,566.80
	MD/ A.ABAJO - DIQUE		3,532.80
	MI/ A.ABAJO - DIQUE		6,531.20
	MI/ A.ARRIBA - DIQUE		51,947.10
	<u>PROTECCIÓN DE TALUD</u>		
	MD/ A.ARRIBA - TALUD		4,736.00
	MD/ A.ABAJO - TALUD		11,098.00
	MI/ A.ABAJO - TALUD		1,920.00
588	Manto antisocavacion con lastre (20m de ancho)	ml	470.00
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		163.30
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		33.35
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		105.20
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		34.80
	<u>CAUCE</u>		
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		33.35
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		65.20
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		34.80
588A	Colocacion de Manto antisocavacion con lastre (20m de ancho)	ml	470.00
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		163.30
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		33.35
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		105.20
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		34.80
	<u>CAUCE</u>		
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		33.35
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		65.20
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		34.80
588B	Manto antisocavacion con lastre (24m de ancho)	ml	780.00
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		319.50
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		65.25
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		117.15
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		47.85
	<u>CAUCE</u>		
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		65.25
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		117.15
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		47.85
588C	Colocacion de Manto antisocavacion con lastre (24m de ancho)	ml	780.00
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		319.50
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		65.25
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		117.15
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		47.85
	<u>CAUCE</u>		
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		65.25
	MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		117.15
	MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		47.85
588D	Manto antisocavacion con lastre (20m de ancho, inc. lastre transversal)	und	1.00

ÍTEM	ACTIVIDADES DE PRESUPUESTO	UND	CANT
589	Manto antisocavacion sin lastre	m2	2,640.00
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA (20m de ancho)		1,200.00
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA (24m de ancho)		1,440.00
589A	Colocacion de Manto antisocavacion sin lastre	m2	2,640.00
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA (20m de ancho)		1,200.00
	MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA (24m de ancho)		1,440.00
590	Drenaje para geoceldas	und	1,953.00
	GEOCELDAS - MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ARRIBA		700.00
	GEOCELDAS - MARGEN IZQUIERDA - AGUAS ABAJO		91.00
	GEOCELDAS - MARGEN DERECHA - AGUAS ARRIBA		140.00
	GEOCELDAS - MARGEN DERECHA - AGUAS ABAJO		91.00
	GEOCELDAS - DIQUE DE TIERRA		931.00
700	TRANSPORTE		
701	Transporte de material granular hasta 1 km	m3km	750,804.88
702	Transporte de material granular después de 1 km	m3km	289,478.82

Si bien la subdivisión de partidas es importante dentro del proceso de planificación, la agrupación de ellas en actividades concretas es necesaria para la determinación de los tiempos de ejecución pues se define con la duración de las subactividades que la componen y de esta manera se puede analizar la secuencia constructiva dentro de cada paquete de trabajo. Para definir esto, se elabora la EDT (estructura de desglose del trabajo o *work breakdown structure*, por sus siglas en inglés); ésta es una descomposición jerárquica que tiene como objetivo agrupar las actividades que componen el proyecto en entregables que serán ejecutados (Guía PMBOK, 2008). Adicionalmente, permite organizar y definir el alcance del proyecto en partes pequeñas llamadas Paquetes de Trabajo.

Por otro lado, la estructura de desglose del trabajo permite a los interesados del proyecto organizar las responsabilidades y distribución de los recursos que conciernen a la ejecución de estos paquetes de trabajo. Durante la ejecución del proyecto, la EDT facilita la comunicación sobre el avance y control de costos del proyecto a los interesados, por medio de porcentajes de plan cumplido de los paquetes de trabajo y según la incidencia de cada uno, este indicará un avance total de la obra.

En la Tabla 11 se muestra la EDT para este proyecto:

Estructura de Desglose del Trabajo

Tabla 11. Estructura de Desglose del trabajo (Fuente: Propia)

1. OBRAS PROVISIONALES
2. OBRAS PRELIMINARES
3. ENCAUZAMIENTO
3.1. SECCIÓN PARCIAL DEL ENCAUZAMIENTO (CANAL)
3.2. SECCIÓN TOTAL DEL ENCAUZAMIENTO
3.2.1. AGUAS ARRIBA 00+720 al 01+570
3.2.2. AGUAS ABAJO 01+570 al 01+949
4. MARGEN DERECHA
4.1. AGUAS ARRIBA
4.1.1. PROTECCIÓN DE TALUD CON GEOESTRUCTURAS
4.1.2. CONSTRUCCIÓN DE DIQUE CON GEOESTRUCTURAS
4.1.2.1. GEOESTRUCTURAS Y RELLENO
4.1.2.2. GEOCELDAS
4.2. AGUAS ABAJO
4.2.1. PROTECCIÓN DE TALUD CON GEOESTRUCTURAS
4.2.2. CONSTRUCCIÓN DE DIQUE CON GEOESTRUCTURAS
4.2.2.1. GEOESTRUCTURAS Y RELLENO
4.2.2.2. GEOCELDAS
5. MARGEN IZQUIERDA
5.1. AGUAS ARRIBA
5.1.1. CONSTRUCCIÓN DE DIQUE CON GEOESTRUCTURAS
5.1.1.1. GEOESTRUCTURAS Y RELLENO
5.1.1.2. GEOCELDAS
5.2. AGUAS ABAJO
5.2.1. PROTECCIÓN DE TALUD CON GEOESTRUCTURAS
5.2.2. CONSTRUCCIÓN DE DIQUE CON GEOESTRUCTURAS
5.2.2.5. GEOESTRUCTURAS Y RELLENO
5.2.2.6. GEOCELDAS
6. CONSTRUCCIÓN DEL DIQUE DE TIERRA
6.1. OBRAS PRELIMINARES
6.2. GEOCELDAS

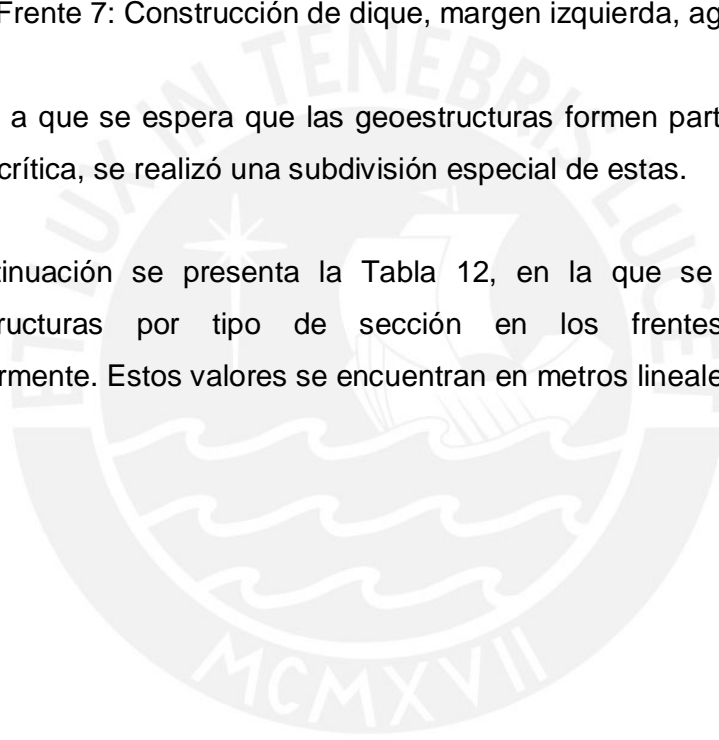
Para las actividades correspondientes a la protección del talud con geoestructuras, las partidas básicas que la componen son colocación y llenado de geoestructuras respectivamente y serán agrupadas por frentes de trabajo. Se tuvo especial consideración con las geoestructuras debido a la complejidad de su distribución, además el llenado de estas estructuras se puede suponer que conformará la ruta crítica del proyecto. Es por ello que

solo para las actividades correspondientes a geoestructuras se dividió en 7 frentes de trabajo, los cuales serán descritos a continuación:

- Frente 1: Protección del talud, margen derecha, aguas arriba
- Frente 2: Protección del talud, margen derecha, aguas abajo
- Frente 3: Protección del talud, margen izquierda, aguas abajo
- Frente 4: Construcción de dique, margen derecha, aguas arriba
- Frente 5: Construcción de dique, margen derecha, aguas abajo
- Frente 6: Construcción de dique, margen izquierda, aguas abajo
- Frente 7: Construcción de dique, margen izquierda, aguas arriba

Debido a que se espera que las geoestructuras formen parte importante de la ruta crítica, se realizó una subdivisión especial de estas.

A continuación se presenta la Tabla 12, en la que se distribuyen las geoestructuras por tipo de sección en los frentes mencionados anteriormente. Estos valores se encuentran en metros lineales.



Distribución de geoestructuras por frente de llenado

Tabla 12. Distribución de geoestructuras por frente de llenado y dimensiones en metros (Fuente: Propia)

		MARGEN DERECHA				MARGEN IZQUIERDA		
		FRENTE 4	FRENTE 1	FRENTE 2	FRENTE 5	FRENTE 6	FRENTE 3	FRENTE 7
		km 0 al 160	km 0 al 160	km 160 al 254.43	km 160 al 254.43	km 160 al 254.32	km 160 al 254.32	km 0 al 160
		DIQUE	CAUCE	CAUCE	DIQUE	DIQUE	CAUCE	DIQUE
NIVEL 1	3.07x1.25	630.00	120.00		243.00	410.00	70.00	845.00
	6.10x240	122.00		140.00	100.00	196.00		1123.00
	1.55x0.60							
NIVEL 1.1	3.07x1.25	281.00	120.00		79.00	94.00	70.00	160.00
	1.55x0.60							160.00
NIVEL 2	3.07x1.25	640.00	120.00		271.00	212.00	40.00	42.00
	6.10x240			180.00		60.00		890.00
	1.55x0.60	140.00		60.00				14.00
NIVEL 2.1	3.07x1.25	260.00	120.00		111.00	131.00	40.00	60.00
	1.55x0.60	140.00		60.00				256.00
NIVEL 3	3.07x1.25		120.00	240.00		50.00	70.00	145.00
	6.10x240			120.00		30.00		652.00
	1.55x0.60							184.00
NIVEL 3.1	3.07x1.25		120.00	100.00			70.00	160.00
	1.55x0.60							
NIVEL 4	3.07x1.25		120.00	80.00			100.00	28.00
	6.10x240			140.00				476.00
	1.55x0.60							14.00
NIVEL 4.1	3.07x1.25		120.00	80.00			70.00	40.00
	1.55x0.60							
NIVEL 5	3.07x1.25		120.00	80.00			70.00	131.00
	6.10x240			80.00				281.00
	1.55x0.60							14.00
NIVEL 5.1	3.07x1.25		120.00	60.00				140.00
	1.55x0.60							
NIVEL 6	3.07x1.25		120.00	40.00				244.00
	6.10x240			20.00				100.00
	1.55x0.60							
NIVEL 6.1	3.07x1.25		80.00	40.00				
	1.55x0.60							
NIVEL 7	3.07x1.25		80.00					
	1.55x0.60							

Finalmente, con el área de cada tipo de sección se obtiene el volumen general de cada nivel por frente de llenado.

Tabla 13. Distribución de colocación y llenado de geoestructuras por frente de llenado (Fuente: Propia)

	FRENTE 1	FRENTE 2	FRENTE 3	FRENTE 4	FRENTE 5	FRENTE 6	FRENTE 7
	MD	MD	MI	MD	MD	MI	MI
	ARRIBA	ABAJO	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ABAJO	ARRIBA
NIVEL 1							
Colocación (ml)	120.00	140.00	70.00	752.00	343.00	606.00	1968.00
Llenado (m3)	384.00	1792.00	224.00	3577.60	2057.60	3820.80	17078.40
NIVEL 1.1							
Colocación (ml)	120.00		70.00	281.00	79.00	94.00	320.00
Llenado (m3)	384.00		224.00	899.20	252.80	300.80	632.00
NIVEL 2							
Colocación (ml)	120.00	240.00	40.00	780.00	271.00	272.00	946.00
Llenado (m3)	384.00	2349.00	128.00	2153.00	867.20	1446.40	11536.90
NIVEL 2.1							
Colocación (ml)	120.00	60.00	40.00	400.00	111.00	131.00	316.00
Llenado (m3)	384.00	45.00	128.00	937.00	355.20	419.20	384.00
NIVEL 3							
Colocación (ml)	120.00	360.00	70.00			80.00	981.00
Llenado (m3)	384.00	2304.00	224.00			544.00	8947.60
NIVEL 3.1							
Colocación (ml)	120.00	100.00	70.00				160.00
Llenado (m3)	384.00	320.00	224.00				512.00
NIVEL 4							
Colocación (ml)	120.00	220.00	100.00				518.00
Llenado (m3)	384.00	2048.00	320.00				6192.90
NIVEL 4.1							
Colocación (ml)	120.00	80.00	70.00				40.00
Llenado (m3)	384.00	256.00	224.00				128.00
NIVEL 5							
Colocación (ml)	120.00	160.00	70.00				426.00
Llenado (m3)	384.00	1280.00	224.00				4026.50
NIVEL 5.1							
Colocación (ml)	120.00	60.00					140.00
Llenado (m3)	384.00	192.00					448.00
NIVEL 6							
Colocación (ml)	120.00	60.00					344.00
Llenado (m3)	384.00	384.00					2060.80
NIVEL 6.1							
Colocación (ml)	80.00	40.00					
Llenado (m3)	256.00	128.00					
NIVEL 7							
Colocación (ml)	80.00						
Llenado (m3)	256.00						

6.6. INTERFAZ PROGRAMACIÓN - PRESUPUESTO

Se realizará una *interfaz* que nos permita relacionar las partidas del presupuesto con el formato de agrupación de partidas para la planificación. Esto nos dará una estructura más simple para programar, controlar costo y hacer seguimiento de obra. Por ello la importancia de este paso dentro de la planificación de la obra; este es un paso estratégico en el cual el criterio del planificador se probará con la finalidad de conseguir una estructura simple y útil. Además facilitará la distribución del monto mensual del cronograma valorizado en la estructura del presupuesto para obtener la distribución del monto en función de la planilla de metrado/presupuesto. Finalmente, esta interfaz vinculará las actividades de control con las del presupuesto y las programadas en el Primavera P6, de modo que al indicar un avance parcial o total de cada actividad de control, esta a su vez identifique dentro de la interfaz las actividades o actividad del presupuesto a la que está vinculada y permita mostrar un avance que no solo se vea reflejado en avance físico sino también en avance del monto del proyecto.

En la Tabla 14 se muestra el ejemplo de interfaz Programación - Presupuesto de tubos de geotextil, la tabla completa, con todas las partidas, puede ser encontrada en el Anexo N° 3.

**INTERFAZ DE PRESUPUESTO - PROGRAMACIÓN - CONTROL DE OBRA
DEFENSA RIBEREÑA DE PUENTE TAHUAMANU**

Tabla 14. Interfaz Programación - Presupuesto. Ejemplo Geotubos (Fuente: Propia)

CRONOGRAMA DE OBRA		PRESUPUESTO						
COD P6	ACTIVIDAD P6	ID PPTO	ÍTEM	ACTIVIDADES DE PRESUPUESTO	UND	CANT	PU USD(\$)	PARCIAL
--	--	PART-17	586A	Trubo de Geotextil de alta Resistencia 3.07 x 1.25	m	8,207.00	138.05	1,132,976.35
--	--			<u>CONSTRUCCIÓN DE DIQUES</u>				
047	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ARRIBA - DIQUE	PART-17		MD/ A.ARRIBA - DIQUE		1,811.00	138.05	250,008.55
417	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ABAJO - DIQUE	PART-17		MD/ A.ABAJO - DIQUE		704.00	138.05	97,187.20
057	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MI/ A.ABAJO - DIQUE	PART-17		MI/ A.ABAJO - DIQUE		897.00	138.05	123,830.85
517	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MI/ A.ARRIBA - DIQUE	PART-17		MI/ A.ARRIBA - DIQUE		1,995.00	138.05	275,409.75
--	--			<u>PROTECCIÓN DE TALUD</u>				
047	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ARRIBA - TALUD	PART-17		MD/ A.ARRIBA - TALUD		1,480.00	138.05	204,314.00
417	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ABAJO - TALUD	PART-17		MD/ A.ABAJO - TALUD		720.00	138.05	99,396.00
057	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MI/ A.ABAJO - TALUD	PART-17		MI/ A.ABAJO - TALUD		600.00	138.05	82,830.00
--	--	PART-18	586B	Trubo de Geotextil de alta Resistencia 6.1 x 2.4	m	4,710.00	238.74	1,124,465.40
--	--			<u>CONSTRUCCIÓN DE DIQUES</u>				
047	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ARRIBA - DIQUE	PART-18		MD/ A.ARRIBA - DIQUE		122.00	238.74	29,126.28
417	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ABAJO - DIQUE	PART-18		MD/ A.ABAJO - DIQUE		100.00	238.74	23,874.00
057	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MI/ A.ABAJO - DIQUE	PART-18		MI/ A.ABAJO - DIQUE		286.00	238.74	68,279.64
517	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MI/ A.ARRIBA - DIQUE	PART-18		MI/ A.ARRIBA - DIQUE		3,522.00	238.74	840,842.28
--	--			<u>PROTECCIÓN DE TALUD</u>				
417	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ABAJO - TALUD	PART-18		MD/ A.ABAJO - TALUD		680.00	238.74	162,343.20
--	--	PART-19	586C	Trubo de Geotextil de alta Resistencia 1.55 x 0.6	m	1,042.00	79.29	82,620.18
--	--			<u>CONSTRUCCIÓN DE DIQUES</u>				
047	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ARRIBA - DIQUE	PART-19		MD/ A.ARRIBA - DIQUE		280.00	79.29	22,201.20
517	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MI/ A.ARRIBA - DIQUE	PART-19		MI/ A.ARRIBA - DIQUE		642.00	79.29	50,904.18
--	--			<u>PROTECCIÓN DE TALUD</u>				
417	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ABAJO - TALUD	PART-19		MD/ A.ABAJO - TALUD		120.00	79.29	9,514.80
--	--	PART-20	586F	Colocacion de Trubo de Geotextil de alta Resistencia	m	13,959.00	14.28	199,334.52
--	--			<u>CONSTRUCCIÓN DE DIQUES</u>				
047	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ARRIBA - DIQUE	PART-20		MD/ A.ARRIBA - DIQUE		2,213.00	138.05	305,504.65
417	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ABAJO - DIQUE	PART-20		MD/ A.ABAJO - DIQUE		804.00	138.05	110,992.20
057	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MI/ A.ABAJO - DIQUE	PART-20		MI/ A.ABAJO - DIQUE		1,183.00	138.05	163,313.15
517	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MI/ A.ARRIBA - DIQUE	PART-20		MI/ A.ARRIBA - DIQUE		6,159.00	138.05	850,249.95
--	--			<u>PROTECCIÓN DE TALUD</u>				
047	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ARRIBA - TALUD	PART-20		MD/ A.ARRIBA - TALUD		1,480.00	138.05	204,314.00
417	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ABAJO - TALUD	PART-20		MD/ A.ABAJO - TALUD		1,520.00	138.05	209,836.00
057	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MI/ A.ABAJO - TALUD	PART-20		MI/ A.ABAJO - TALUD		600.00	138.05	82,830.00
--	--	PART-21	587A	Llenado de Trubo de Geotextil de alta Resistencia	m3	87,331.90	12.82	1,119,594.96
--	--			<u>CONSTRUCCIÓN DE DIQUES</u>				
047	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ARRIBA - DIQUE	PART-21		MD/ A.ARRIBA - DIQUE		7,566.80	12.82	97,006.38
417	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ABAJO - DIQUE	PART-21		MD/ A.ABAJO - DIQUE		3,532.80	12.82	45,290.50
057	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MI/ A.ABAJO - DIQUE	PART-21		MI/ A.ABAJO - DIQUE		6,531.20	12.82	83,729.98
517	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MI/ A.ARRIBA - DIQUE	PART-21		MI/ A.ARRIBA - DIQUE		51,947.10	12.82	665,961.82
--	--			<u>PROTECCIÓN DE TALUD</u>				
047	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ARRIBA - TALUD	PART-21		MD/ A.ARRIBA - TALUD		4,736.00	12.82	60,715.52
417	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MD/ A.ABAJO - TALUD	PART-21		MD/ A.ABAJO - TALUD		11,098.00	12.82	142,276.36
057	COLOCACIÓN Y LLENADO DE GEOTUBOS MI/ A.ABAJO - TALUD	PART-21		MI/ A.ABAJO - TALUD		1,920.00	12.82	24,614.40

6.7. DEFINICIÓN DE CUADRILLA PARA GEOESTRUCTURAS

La ejecución de determinado servicio estará regido por la cuadrilla típica, en la cual se detalla la mano de obra y equipos que se requerirán, y el factor de incidencia de cada equipo en dicha actividad; sin embargo, el avance real se verá reflejado junto con el rendimiento del equipo líder, el cual es el que marcará la velocidad de ejecución de dicha actividad. La cantidad de los otros equipos que conformen la cuadrilla dependerá del rendimiento del equipo líder, de modo que este equipo líder no pare en ningún momento de la producción.

En el caso de las geoestructuras, se tuvo total cuidado para la obtención de la cuadrilla típica y el equipo líder; para ello se tomó la información obtenida en la ejecución de estas estructuras en un proyecto similar de la misma zona. Independiente de la metodología para el llenado de la geoestructura, el procedimiento de llenado de geoestructuras que se utilizó en este proyecto se definió con una prueba que se realizó en otra defensa ribereña con la misma tecnología a unos kilómetros del Río Tahuamanu.

Luego de las consideraciones iniciales de preparación del terreno en el que se colocará la estructura, se procede con el inicio del llenado. Este proceso inicia con el llenado de la geoestructura con el slurry hasta el 75% de la cota de diseño; luego de esto se utilizó un grupo de 5 personas que motivaron el drenaje del agua que se encontraba dentro de la geoestructura, este paso no solo facilitó la rapidez de consolidación del material sino también del drenado natural. Este proceso se repite tres veces hasta alcanzar la cota de diseño.

Del análisis de ciclo de llenado se tomaron los siguientes datos, que serán de utilidad para la obtención del rendimiento y cuadrilla típica de llenado de geotubos. En la Tabla 15, se describirá el ciclo de llenado para un geotubo de 10 metros de largo, 6.1 metros de ancho y 2.4 metros de alto.

Tabla 15. Distribución de colocación y llenado de geoestructuras por frente de llenado (Fuente:Propia)

DURACIÓN (Min)	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MANO DE OBRA EMPLEADA
63	Llenado inicial	Incluye la extensión de la geoestructura, el llenado se realizó hasta una altura aproximada de 2.80m. Los saltos sobre la geoestructura se realizan con la finalidad de acelerar el drenaje del agua.	<ul style="list-style-type: none"> • 5 peones: Para extender la geoestructura y saltar sobre ella durante el llenado. • 4 peones: Poza de slurry • 1 Oficial Dragadero en la bomba de succión
45	Primer drenaje manual	Se retiró la manguera y se espera para el drenaje del agua, para acelerar este proceso los peones saltan sobre la geoestructura.	<ul style="list-style-type: none"> • 5 peones: Saltando sobre la geoestructura para acelerar el drenaje.
47	Primer Refill	Esta vez se llenó a una altura aproximada de 2.7 m y durante el llenado se repitieron los saltos sobre la geoestructura.	<ul style="list-style-type: none"> • 5 peones: Para extender la geoestructura y saltar sobre ella durante el llenado. (2 en la boca del geotubo) • 4 peones: Poza de slurry • 1 Oficial Dragadero en la bomba de succión
35	Segundo drenaje manual	Esta vez sin retirar la manguera se realizó la presión manual sobre la estructura para acelerar el drenado del agua.	<ul style="list-style-type: none"> • 5 peones: Saltando sobre la geoestructura para acelerar el drenaje.
25	Segundo Refill	Otra vez se llenó hasta una altura aproximada de 2.7m. Se repitió el proceso de saltar sobre la geoestructura pero esta vez solo en algunos puntos.	<ul style="list-style-type: none"> • 5 peones: Saltando sobre la geoestructura para acelerar el drenaje. (2 en la boca del geotubo) • 4 peones: Poza de slurry • 1 Oficial Dragadero en la bomba de succión
42	Tercer drenaje manual	Se esperó a que baje la presión de la boca de la geoestructura y se lavó la manguera. Durante este tiempo se esperó para que salga el agua.	<ul style="list-style-type: none"> • 5 peones: Saltando sobre la geoestructura para acelerar el drenaje.
8	Tercer refill (último)	En este último llenado se llegó a una altura aproximada de 2.55m, No hubo mucho movimiento del personal encima de la superficie de la geoestructura. Luego se retiró la manguera de la geoestructura para lavarla.	<ul style="list-style-type: none"> • 5 peones: Saltando sobre la geoestructura para acelerar el drenaje. • 4 peones: Poza de slurry • 1 Oficial Dragadero en la bomba de succión

En resumen, se utilizaron 4.4 horas para llenar un geotubo de 10 metros de largo, 6.1m de ancho y 2.4m. de altura, lo cual es un total de 128 metros cúbicos de relleno. Tomando estos datos como referencia, se obtiene un promedio de 290 m³/día para una jornada.

Con la información anterior y algunas consideraciones de productividad que se obtuvo en proyectos anteriores de defensas ribereñas se obtuvo cuadrilla básica necesaria y sus cantidades. Se tomó como referencia un rendimiento de 302.4 m³/día, lo cual generó la siguiente distribución de mano de obra:

Tabla 16. Distribución de mano de obra en llenado de geoestructuras (Fuente: Propia)

LLENADO DE GEOTUBOS			Rend (m ³ /día)	302.40
Mano de Obra	Unidad	Cantidad	Índice	Productividad
Capataz	HH	0.85	0.0281	35.58
Operario	HH	3.00	0.0992	10.08
Oficial	HH	5.00	0.1653	6.05
Peón	HH	12.00	0.3968	2.52

Mano de Obra: Indica el tipo de mano de obra que conforma la cuadrilla.

Unidad: Esta columna indica la unidad en la que se mide el recurso utilizado, en este caso será horas hombre.

Cantidad (Und): Indica la cantidad, por cada tipo de recurso de mano de obra de los cuales está compuesta la cuadrilla para alcanzar el rendimiento esperado. Este valor se definió luego de la prueba que se detalló en el cuadro anterior.

Índice (HH/m³): Esta columna indica el aporte de cada tipo de mano de obra en dicha actividad para conseguir el rendimiento definido. Esto se calcula considerando la cantidad de mano de obra de la cuadrilla. Por ejemplo, para obtener el índice de un peón en esta actividad se multiplica la cantidad de peones por el número de horas que corresponden a una jornada (10 horas), este número es la cantidad de horas hombre que se utiliza en el día para realizar la actividad en un día de trabajo; sin embargo para hallar el índice, a este número se le divide entre el rendimiento diario, con ello se obtiene 0.3968. Lo que se traduce en que se requiere 0.3968 horas hombre de un peón para cumplir 1 m³ de trabajo.

Productividad (m³/HH): Esta columna indica la productividad de cada tipo de mano de obra, se calcula con la inversa del índice. Representa la cantidad de trabajo que se realiza por hora hombre del tipo de recurso; por ejemplo, en el caso de los oficiales, la productividad es de 6.05, esto quiere decir que se realizan 6.05 metros cúbicos de llenado de geotubo por cada hora hombre de cada oficial que conforma la cuadrilla.

A pesar de la importancia que recae en la distribución de la cuadrilla de llenado de geotubos, lo que marca el rendimiento de la actividad son los equipos. Es importante definir en esta cuadrilla el equipo líder ya que de la disponibilidad de este recurso dependerá el avance de esta actividad. En este caso, luego de la prueba ejecutada, se vio que para alcanzar el rendimiento requerido se necesitaba 2 dragas de 6 ϕ en vez de una. La Tabla 17 muestra la distribución de equipos:

Tabla 17. Distribución de equipos en llenado de geoestructuras (Fuente: Propia)

LLENADO DE GEOTUBOS			Rend (m ³ /día)	302.40
Líder	Equipo	N° de unds.	Índice (HM/m ³)	Productividad
	Torre de iluminación	4.00	0.1323	7.56
	Grupo generador 30kw	1.00	0.0331	30.24
	Cargador frontal CAT 962H	1.00	0.0331	30.24
	Electrobomba 4" - 30 lt/seg - 7.7kw	3.00	0.0992	10.08
x	Draga 6" - 30lb/seg	2.00	0.0661	15.12

Líder: Esta columna indica el equipo que comandará la actividad. En este caso, se utilizaron dos dragas de 6 ϕ . Aumentar o disminuir la cantidad de dragas, aumenta o disminuye drásticamente el rendimiento de la actividad.

Equipos: La columna detalla los equipos que conforman la cuadrilla.

N° de unidades: Indica la cantidad por tipo de equipo que conforma la cuadrilla, la cantidad de ellos dependerá de la cantidad de equipos líderes disponibles.

Índice (HM/m³): Esta columna indica el aporte de cada equipo que conforma la cuadrilla para alcanzar el rendimiento definido. Esto se calcula considerando la cantidad de equipos de este tipo. Por ejemplo, para obtener el índice del equipo líder: la draga de 6 ϕ se multiplica la cantidad de este equipo por el número de horas que corresponden a una jornada (10 horas),

este número es la cantidad de horas máquina que se utiliza en el día para realizar la actividad en un día de trabajo; sin embargo para hallar el índice, a este número se le divide entre el rendimiento diario, con ello se obtiene 0.0661. Lo que se traduce en que se requiere 0.0661 horas máquina de una draga de 60 para cumplir 1 m³ de trabajo.

Productividad (m³/HM): Esta columna indica la productividad de cada tipo de equipo que conforma la cuadrilla típica, se calcula con la inversa del índice. Representa la cantidad de trabajo que se realiza determinado equipo por hora máquina; por ejemplo, en el caso de las dragas, la productividad es de 15.12, esto quiere decir que se realizan 15.12 metros cúbicos de llenado de geotubo por cada hora hombre de cada oficial que conforma la cuadrilla. La idea es que todos los equipos alcancen la misma productividad jugando con las cantidades de ellos, se tiene un promedio de 30 m³ por hora máquina, sin embargo algunos equipos, como la electrobomba no alcanzan dicha productividad, lo cual deriva en la necesidad de 3 electrobombas para cumplir con el rendimiento por hora máquina esperado.

6.8. **CUADRILLA TÍPICA Y EQUIPO LÍDER**

Al igual que se realizó para las geoestructuras, se definió la cuadrilla típica en actividades que dependían necesariamente de la mano de obra y en las partidas que dependían básicamente de los equipos se encontró el equipo líder, quien es el que comandará la actividad. La cantidad de los otros equipos que componen la cuadrilla dependerán de la cantidad de equipos líderes que componen a esta.

Se realizó este ejercicio para todas las actividades incidentes que se van a programar, a continuación se muestran las cuadrillas típicas correspondientes a las actividades que dependen únicamente de la mano de obra (los campos de cada columna fueron descritos en el acápite anterior).

Tabla 18. Distribución de mano de obra en colocación de geoestructuras (Fuente: Propia)

LLENADO DE GEOTUBOS				Rend (m3/día)	302.40
Líder	Equipo	Und	Cantidad	Índice	Productividad
	Torre de iluminación	HM	4.00	0.1323	7.56
	Grupo generador 30kw	HM	1.00	0.0331	30.24
	Cargador frontal CAT 962H	HM	1.00	0.0331	30.24
	Electrobomba 4" - 30 lt/seg - 7.7kw	HM	3.00	0.0992	10.08
x	Draga 6" - 30lb/seg	HM	2.00	0.0661	15.12

La colocación de geotubos se consideró solo con mano de obra y un equipo para transportarlos, este equipo se puede compartir con otra actividad, por ello se colocó solo una cantidad de 0.2.

Tabla 19. Distribución de MO en colocación de manto antisocavación sin lastre (Fuente: Propia)

COLOCACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACIÓN SIN LASTRE				Rend (m2/día)	600.00
Mano de obra	Unidad	Cantidad	Índice	Productividad	
Capataz	HH	0.50	0.0083	120.00	
Operario	HH	1.00	0.0167	60.00	
Oficial	HH	2.00	0.0333	30.00	
Peón	HH	4.00	0.0667	15.00	
Camión grúa 10-12 ton	HM	0.50	0.0083	120.00	

La cuadrilla típica para la colocación de manto antisocavación sin lastre es similar a la de la colocación de geotubos, por lo que se puede rotar esta cuadrilla durante la ejecución, solo depende de la mano de obra que se encargará de desenrollar el manto y colocarlo en su posición final como se detalló en el acápite de Especificaciones Técnicas. La actividad corresponde a colocar 3 rollos de 20x10 metros cuadrados cada uno.

Tabla 20. Distribución de MO en colocación de manto antisocavación con lastre (Fuente: Propia)

COLOCACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACIÓN CON LASTRE				Rend (ml/día)	20.00
Mano de obra	Unidad	Cantidad	Índice	Productividad	
Capataz	HH	0.50	0.2500	4.00	
Operario	HH	1.00	0.5000	2.00	
Oficial	HH	2.00	1.0000	1.00	
Peón	HH	4.00	2.0000	0.50	
Camión grúa 10-12 ton	HM	0.50	0.2500	4.00	

La cuadrilla típica para la ejecución de la colocación de manto antisocavación con lastre es similar a la actividad anterior, se utilizará la misma cuadrilla para realizar ambas actividades. El rendimiento de esta actividad corresponde a colocar y llenar el geotubo de 2 rollos de manto de 20x10 metros cuadrados cada uno.

Tabla 21. Distribución de mano de obra en colocación de geoceldas (Fuente: Propia)

GEOCELDA DE PEAD, TIPO GW20V			Rend (m2/día)	40.00
Mano de obra	Unidad	Cantidad	Índice	Productividad
Capataz	HH	0.10	0.0250	40.00
Operario	HH	0.50	0.1250	8.00
Oficial	HH	1.00	0.2500	4.00
Peón	HH	2.00	0.5000	2.00
Camión Baranda VW 17210 - 218 HP - 6 M3	HM	0.50	0.1250	8.00
Placa Vibratoria DYNAPAC CM-13 4.4 HP	HM	0.13	0.0325	30.77

Esta actividad considera una cuadrilla típica que incluye equipos para el transporte de materiales y acomodo de las geoceldas en el área de trabajo, sin embargo lo que comanda la actividad será la mano de obra.

Tabla 22. Distribución de mano de obra en relleno de geoceldas (Fuente: Propia)

RELLENO DE MORTERO CEMENTO-ARENA f'c = 210 kg/cm2			Rend (m3/día)	28.60
Mano de obra	Unidad	Cantidad	Índice	Productividad
Capataz	HH	1.00	0.3497	2.86
Operario	HH	4.00	1.3986	0.72
Oficial	HH	2.00	0.6993	1.43
Peón	HH	5.00	1.7483	0.57

Para la actividad de relleno de mortero cemento . arena, el cual se ejecuta posterior al de colocación de geocelda, contiene 3 subpartidas: fabricación de mortero, aplicación de mortero y como insumo se encuentra la planta de concreto. Sin embargo se considera la subpartida más restrictiva: aplicación de mortero, ya que la planta abastece hasta 160m3 de concreto al día.

Tabla 23. Distribución de mano de obra en colocación de geotextil (Fuente: Propia)

GEOTEXTIL NO TEJIDO CLASE 2			Rend (m3/día)	420.00
Mano de obra	Unidad	Cantidad	Índice	Productividad
Capataz	HH	0.25	0.0060	168.00
Operario	HH	1.00	0.0238	42.00
Oficial	HH	1.00	0.0238	42.00
Peón	HH	2.00	0.0476	21.00
CAMION BARANDA C/MUNK VW 17210 250 HP 12 TN	HM	0.32	0.0076	131.25

Los servicios dependientes de los equipos son los que se refieren a movimiento de tierras, estas actividades serán controladas por los equipos que componen la cuadrilla típica. Los siguientes cuadros detallan las actividades que se programarán con el rendimiento y la cuadrilla determinada.

59

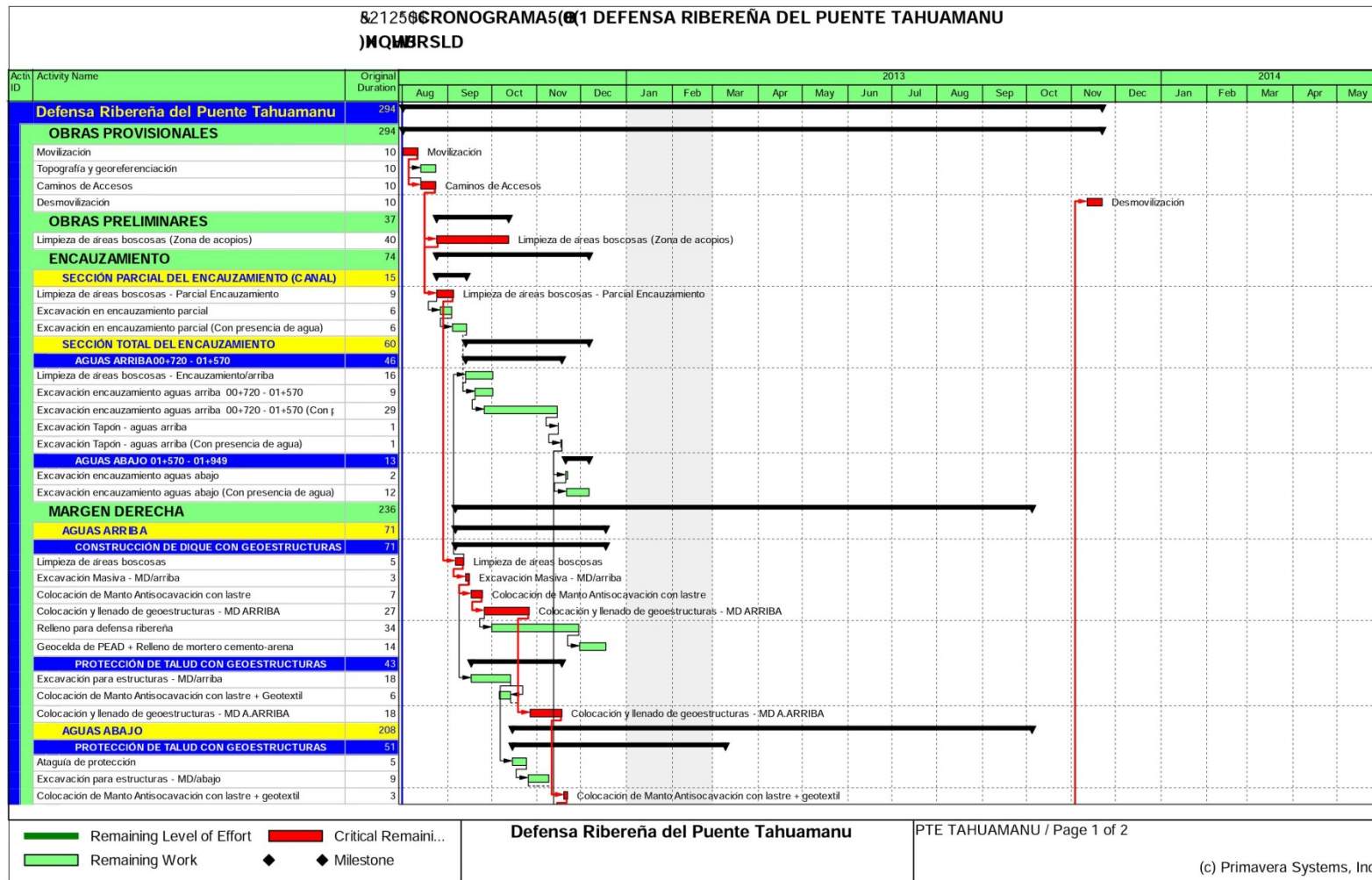


Tabla 24. Distribución de equipos (Fuente: Propia)

EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO - SIN PRESENCIA DE AGUA - EN EL NUEVO CAUCE						
					Rend (m3/día)	2,400.00
Líder	Equipo	Und	Cantidad	Índice	Productividad	
x	Tractor s/orugas CAT D8T	HM	1.00	0.0042	240.00	
	Cargador frontal CAT 962H	HM	1.00	0.0042	240.00	
	Tractor s/orugas CAT D6R	HM	2.00	0.0083	120.00	
	Torre de iluminación	HM	4.00	0.0167	60.00	

EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO - CON PRESENCIA DE AGUA - EN EL NUEVO CAUCE						
					Rend (m3/día)	1,200.00
Líder	Equipo	Und	Cantidad	Índice	Productividad	
x	Excavadora Komatsu PC350	HM	1.30	0.0108	92.31	
	Tractor s/orugas CAT D6R	HM	1.00	0.0083	120.00	
	Torre de iluminación	HM	4.00	0.0333	30.00	

EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO - SIN PRESENCIA DE AGUA - PARA GEOESTRUCTURAS						
					Rend (m3/día)	500.00
Líder	Equipo	Und	Cantidad	Índice	Productividad	
x	Excavadora Cat 325	HM	1.00	0.0200	50.00	
	Tractor s/orugas D6R	HM	0.50	0.0100	100.00	
	Torre de iluminación	HM	2.00	0.0400	25.00	

EXCAVACIÓN EN MATERIAL SUELTO - CON PRESENCIA DE AGUA - PARA GEOESTRUCTURAS						
					Rend (m3/día)	650.00
Líder	Equipo	Und	Cantidad	Índice	Productividad	
x	Excavadora Cat 325	HM	2.00	0.0308	32.50	
	Tractor s/orugas D6R	HM	0.70	0.0108	92.86	
	Torre de iluminación	HM	2.00	0.0308	32.50	

CONFORMACIÓN DE TERRAPLÉN CON MATERIAL PROPIO						
					Rend (m3/día)	461.54
Líder	Equipo	Und	Cantidad	Índice	Productividad	
x	Rodillo pata de cabra 9-11 ton	HM	0.30	0.0065	153.85	
	Rodillo liso vibratorio 9-11 ton	HM	0.70	0.0152	65.93	
	Camión cisterna de agua 20000 lt	HM	1.00	0.0217	46.15	
	Motoniveladora CAT 140H	HM	0.40	0.0087	115.38	
	Torre de iluminación	HM	2.00	0.0433	23.08	

RELLENO PARA ESTRUCTURAS - DETRÁS DE DIQUE						
					Rend (m3/día)	230.77
Líder	Equipo	Und	Cantidad	Índice	Productividad	
x	Rodillo pata de cabra 9-11 ton	HM	0.30	0.0130	76.92	
	Rodillo liso vibratorio 9-11 ton	HM	0.70	0.0303	32.97	
	Camión cisterna de agua 20000 lt	HM	1.00	0.0433	23.08	
	Motoniveladora CAT 140H	HM	0.30	0.0130	76.92	
	Vibroapisonador	HM	2.00	0.0867	11.54	
	Torre de iluminación	HM	2.00	0.0867	11.54	

ATAGUÍAS DE PROTECCIÓN						
					Rend (m3/día)	25.51
Líder	Equipo	Und	Cantidad	Índice	Productividad	
x	Rodillo pata de cabra 9-11 ton	HM	0.50	0.1960	5.10	
	Excavadora CAT 325	HM	1.00	0.3920	2.55	
	Camión Volquete 15m3	HM	0.80	0.3136	3.19	
	Tractor s/orugas D6R	HM	1.00	0.3920	2.55	

EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS						
					Rend (m3/día)	75.00
Líder	Equipo	Und	Cantidad	Índice	Productividad	
x	Excavadora Komatsu PC-350	HM	0.25	0.0333	30.00	
	Retroexcavadora	HM	1.00	0.1333	7.50	

6.9. DEFINICIÓN DE NÚMERO DE CUADRILLAS Y CÁLCULO DE DURACIONES

La duración de cada actividad a programar depende del rendimiento de las cuadrillas típicas mencionadas en los dos acápite anteriores. El metrado de cada actividad se dividió entre el rendimiento de cada cuadrilla por el número de cuadrillas consideradas, con lo cual se obtuvo el número de días necesario para ejecutar la actividad; dividiendo entre el número de cuadrillas se obtiene finalmente la duración de estas actividades.

En la Tabla 25 se presenta, como ejemplo, el cálculo de la duración de actividades y definición de número de cuadrillas para uno de los frentes de trabajo; cabe resaltar que el plazo está calculado en días practicables y el número ha sido redondeado al entero superior a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Plazo (días)} = \frac{\text{Metrado de actividad}}{(\text{Rendimiento} \times \text{Número de cuadrillas})}$$

Tabla 25. Calculo de duración de actividades y definición de número de cuadrillas. Ejemplo margen derecha aguas arriba (Fuente: Propia)

MARGEN DERECHA							
AGUAS ARRIBA							
CONSTRUCCIÓN DE DIQUE							
Descripción	Unidad	Cantidad	TURNO DÍA		TURNO NOCHE		Plazo (Días)
			Rendimiento Cuadrilla	Número de cuadrillas	Rendimiento Cuadrilla	Número de cuadrillas	
Movimiento de tierras							
Limpieza de áreas boscosas	m2	11,087.11	500.00	3.00	400.00	3.00	5.00
Excavación Masiva - MD/ARRIBA	m3	12,423.42	2,400.00	1.00	1,920.00	1.00	3.00
Base del Dique							
Colocación de Manto Antisocavación con lastre	m	222.35	20.00	1.00	16.00	1.00	7.00
Colocación de Geoestructura	m	2,213.00	50.00	2.00	40.00	2.00	13.00
Llenado de Geoestructura	m3	7,566.80	302.40	1.00	241.92	1.00	14.00
Relleno Posterior del Dique							
Geotextil No Tejido Clase 2	m2	1,698.37	420.00	1.00	336.00	1.00	3.00
Relleno para estructuras	m3	3,108.00	461.54	1.00	369.23	1.00	4.00
Relleno para Defensa ribereña	m3	38,574.00	461.54	2.00	369.23	2.00	24.00
Proteccion con Top soil e=0.15 m	m2	11,244.19	200.00	2.00	160.00	2.00	16.00
Geoceldas							
Geotextil No Tejido Clase 2	m2	1,010.69	420.00	1.00	336.00	1.00	2.00
Geocelda de PEAD, tipo GW20V	m2	816.00	40.00	1.00	32.00	1.00	12.00
Drenaje para geoceldas	und	140.00	50.00	1.00	40.00	1.00	2.00
Relleno de mortero cemento-arena f'c = 210 kg/cm2	m3	122.40	28.60	1.00	22.88	1.00	3.00
PROTECCIÓN DE TALUD CON GEOESTRUCTURAS							
Descripción	Unidad	Cantidad	TURNO DÍA		TURNO NOCHE		Plazo (Días)
			Rendimiento Cuadrilla	Número de cuadrillas	Rendimiento Cuadrilla	Número de cuadrillas	
Movimiento de tierras							
Excavación para estructuras - MD/arriba	m3	4,759.00	75.00	2.00	60.00	2.00	18.00
Protección con Geoestructuras							
Obras Preliminares							
Geotextil No Tejido Clase 2 "Talud del Cauce"	m2	3,825.93	420.00	1.00	336.00	1.00	6.00
Colocación de Manto Antisocavación con lastre	m	182.35	20.00	1.00	16.00	1.00	6.00
Geoestructuras							
Colocación de Geoestructura	m	1,480.00	50.00	2.00	40.00	2.00	9.00
Llenado de Geoestructura	m3	4,736.00	302.40	1.00	241.92	1.00	9.00

La tabla completa, que incluye todas las actividades programadas, se encuentra en el Anexo N° 4.

6.10. CRONOGRAMA GANTT

El cronograma Gantt será la forma de representar la programación del proyecto, se obtiene a partir de las duraciones calculadas en el Acápite anterior. Para la obtención de este formato se utilizó el software *Primavera Project Management*, en él se indicaron las precedencias y sucesiones de los trabajos, de acuerdo a la secuencia constructiva planteada en el Acápite 6.4. Se tuvo en cuenta las especificaciones técnicas para consideraciones de tiempos tecnológicos de espera entre cada servicio.

Los calendarios contenidos en la Tabla 7 (Acápite 6.3), con los días practicables por mes, fueron ingresados en el software para el cálculo de las duraciones en días calendario. Se planteó no programar actividades en los meses de Enero – Abril, debido a que son meses con practicabilidad muy baja, sin embargo no se cumplía con el plazo contractual de 24 meses, ya que el plazo se extendería hasta el siguiente periodo de lluvias; por consiguiente se vio la necesidad de suspender los trabajos solo en los meses de Enero y Febrero.

El Cronograma 1 es un resumen del cronograma general del proyecto; se ha incluido en este documento para identificar las actividades que comprenden la ruta crítica del proyecto, estas actividades están representadas con barras de color rojo y al lado de ellas se incluyó el nombre respectivo. El cronograma general del proyecto, en la estructura de desglose de trabajo desarrollada en el Acápite 6.5., se encuentra en el Anexo N° 5.

6.11. CRONOGRAMA DE AVANCE DE OBRA

El cronograma mensual de avance del proyecto, se calcula como una consecuencia directa del cronograma Gantt. Este indica la cantidad de trabajo a ejecutar en el tiempo, distribuido por servicio y frente de trabajo. Se mostrará como ejemplo el Cronograma de Avance de Obra acumulado de las partidas más incidentes, el cronograma completo y disgregado por frente de trabajo se podrá encontrar en el Anexo N° 6.



6.11. CRONOGRAMA DE AVANCE DE OBRA
Cronograma 2. DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE METRADOS POR SERVICIO
(Fuente: Propia)

Actividad	Und	Metrado	2012					2013										
			AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
ENCAUZAMIENTO																		
SECCIÓN PARCIAL DE ENCAUZAMIENTO																		
Excavación en encauzamiento parcial (Con presencia de agua)	m3	45,936.20		45,936.20														
Excavación en encauzamiento parcial	m3	73,572.96	49,048.64	24,524.32														
SECCIÓN TOTAL DE ENCAUZAMIENTO																		
Excavación Encauzamiento (Con presencia de agua)	m3	284,887.21		29,790.42	134,056.87	93,511.18	27,528.75											
Excavación encauzamiento	m3	154,455.34		121,579.59	15,197.45	17,678.30												
MARGEN DERECHA																		
AGUAS ARRIBA																		
MOVIMIENTO DE TIERRAS																		
Excavación Masiva	m3	17,182.42		15,067.31	2,115.11													
PROTECCIÓN CON GEOESTRUCTURAS																		
Colocación y llenado de geoestructuras	m3	12,302.80		1,121.01	7,498.23	3,683.56												
Colocación de Manto Antisocavación con lastre	m2	404.70		404.70														
Relleno para defensa ribereña	m3	38,574.00			28,930.50	9,643.50												
GEOCELDAS																		
Relleno de mortero cemento-arena f'c = 210 kg/cm2	m3	122.40					122.40											
Geocelda de PEAD, tipo GW20V	m2	816.00					816.00											
AGUAS ABAJO																		
OBRAS PRELIMINARES																		
Ataigua de protección	m	381.00			381.00													
MOVIMIENTO DE TIERRAS																		
Excavación para estructuras	m3	4,501.42			652.78	522.22							3,326.42					
PROTECCIÓN CON GEOESTRUCTURAS																		
Colocación y llenado de geoestructuras	m3	14,630.80				2,219.60	5,918.93											
Colocación de Manto Antisocavación con lastre	m2	165.30						2,959.47						3,532.80				
Relleno para defensa ribereña	m3	7,432.00												82.65				
GEOCELDAS																		
Relleno de mortero cemento-arena f'c = 210 kg/cm2	m3	81.60															81.60	
Geocelda de PEAD, tipo GW20V	m2	544.00														272.00	272.00	
MARGEN IZQUIERDA																		
AGUAS ARRIBA																		
OBRAS PRELIMINARES																		
Ataigua de protección	m	200.20				200.20												
MOVIMIENTO DE TIERRAS																		
Excavación para estructuras	m3	59,149.84				59,149.84												
PROTECCIÓN CON GEOESTRUCTURAS																		
Colocación y llenado de geoestructuras	m3	51,947.10																
Colocación de Manto Antisocavación con lastre	m2	2,640.00															2,640.00	
Relleno para defensa ribereña	m3	386,682.39															18,183.00	
GEOCELDAS																		
Relleno de mortero cemento-arena f'c = 210 kg/cm2	m3	1,084.50															739.43	
Geocelda de PEAD, tipo GW20V	m2	7,230.00														5,839.62	1,390.38	
AGUAS ABAJO																		
OBRAS PRELIMINARES																		
Ataigua de protección	m	195.00									195.00							
MOVIMIENTO DE TIERRAS																		
Excavación para estructuras	m3	7,329.92									7,329.92							
PROTECCIÓN CON GEOESTRUCTURAS																		
Colocación y llenado de geoestructuras	m3	8,451.20									698.18	6,378.03	1,374.99					
Colocación de Manto Antisocavación con lastre	m2	197.20									98.60	98.60						
Relleno para defensa ribereña	m3	10,188.00										1,567.38	8,620.62					
GEOCELDAS																		
Relleno de mortero cemento-arena f'c = 210 kg/cm2	m3	81.60															81.60	
Geocelda de PEAD, tipo GW20V	m2	544.00															544.00	
DIQUE DE TIERRA																		
OBRAS PRELIMINARES																		
Ataigua de protección	m	380.00															380.00	
CONSTRUCCIÓN DE GEOCELDAS																		
Relleno de mortero cemento-arena f'c = 210 kg/cm2	m3	1,116.00									710.18	405.82						
Geocelda de PEAD, tipo GW20V	m2	7,440.00									6,295.38	1,144.62						

7. PRESUPUESTO

7.1. DETERMINACIÓN DEL COSTO DIRECTO

El Costo Directo se obtiene considerando solo el monto de todas las partidas ligadas directamente a la ejecución de la obra. Para tal objetivo se realizó el análisis de precios unitarios de todas las actividades, como ejemplo se presentará el análisis de las actividades más representativas del proyecto y correspondientes a la ruta crítica del proyecto.

Tabla 26. Análisis de precios unitarios (Fuente: Propia)

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	C. unit.	Total (U\$)
COLOCACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACIÓN SIN LASTRE	m2				1.01
Mano de Obra					
Capataz	h-h	0.5	0.0083	8.41	0.07
Operario	h-h	1	0.0167	5.41	0.09
Oficial	h-h	2	0.0333	4.62	0.15
Peón	h-h	4	0.0667	4.02	0.27
					0.58
Equipos y Herramientas					
Camión grúa 10-12 ton	h-m	0.3	0.0050	80.00	0.40
Herramientas manuales	%MO	5	0.0500	0.58	0.03
					0.43

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	C. unit.	Total (U\$)
COLOCACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACION CON LASTRE	m				80.34
Mano de Obra					
Capataz	h-h	0.5	0.2500	8.41	2.10
Operario	h-h	1	0.5000	5.41	2.71
Oficial	h-h	2	1.0000	4.62	4.62
Peón	h-h	4	2.0000	4.02	8.04
					17.47
Equipos y Herramientas					
Camión grúa 10-12 ton	h-m	0.5	0.2500	80.00	20.00
Herramientas manuales	%MO	5	0.0500	17.47	0.87
					20.87
Composiciones auxiliares					
Llenado de geotubos	m3		3.2000	13.13	42.00
					42.00

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	C. unit.	Total (U\$)
GEOTEXTIL NO TEJIDO, CLASE 2	m				1.97
Mano de Obra					
CAPATAZ "B"	HH	0.25	0.0060	5.16	0.02
OPERARIO	HH	1.00	0.0238	3.55	0.07
OFICIAL	HH	1.00	0.0238	3.18	0.06
PEON	HH	2.00	0.0476	2.87	0.11
					0.26
Materiales					
Geotextil no tejido clase 2"	M2		1.1000	1.48	1.63
					1.63
Equipo					
MATERIALES VARIOS CONSUMO	%MO		0.0300	1.00	0.03
CAMION BARANDA C/MUNK VW 17210 250 HP 12 TN	HM	0.10	0.0024	24.15	0.05
					0.08

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	C. unit.	Total (U\$S)
GEOCELDA DE PEAD, TIPO CW20V	m2				34.14
Mano de Obra					
CAPATAZ "B"	HH	0.10	0.0250	5.16	0.13
OPERARIO	HH	0.50	0.1250	3.55	0.44
OFICIAL	HH	1.00	0.2500	3.18	0.80
PEON	HH	2.00	0.5000	2.87	1.44
					2.81
Materiales					
GEOWEB H 150MM GW30V4 - 320MM X 287MM	M2		1.0500	24.93	26.18
ACCESORIOS PARA GEOWEB H=150 MM	M2		1.0500	1.97	2.07
					28.25
Equipo					
HERRAMIENTAS	%MO		0.0300	2.25	0.07
CAMIÓN BARANDA VW 17210 - 218 HP - 6 M3	HM	0.13	0.0313	37.42	1.17
PLACA VIBRATORIA DYNAPAC CM-13 4.4 HP	HM	0.50	0.1250	7.98	1.00
					2.24
Subpartidas					
PREPARACIÓN DE TERRENO BASE (SOLO PERFILADO MANU	M2		1.0000	0.84	0.84
					0.84

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	C. unit.	Total (U\$S)
EXCAVACIÓN MASIVA PARA DEFENSA RIBEREÑA	m3				4.30
Mano de Obra					
Capataz	h-h	0.5	0.0100	8.41	0.08
Operario	h-h	1.0	0.0200	5.41	0.11
Oficial	h-h	1.0	0.0200	4.62	0.09
					0.28
Equipos y Herramientas					
Excavadora Cat 325	h-m	1	0.0200	135.30	2.71
Tractor s/orugas D6R	h-m	0.5	0.0100	103.16	1.03
Torre de iluminación	h-m	2.0	0.0400	6.50	0.26
Herramientas manuales	%MO	5.0	0.0500	0.28	0.01
					4.01

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	C. unit.	Total (U\$S)
EXCAVACIÓN MASIVA PARA DEFENSA RIBEREÑA (CON PRESENCIA DE AGUA)	m3				5.70
Mano de Obra					
Capataz	h-h	0.5	0.0077	8.41	0.06
Operario	h-h	1.0	0.0154	5.41	0.08
Oficial	h-h	1.0	0.0154	4.62	0.07
					0.22
Equipos y Herramientas					
Excavadora Cat 325	h-m	2.0	0.0308	135.30	4.16
Tractor s/orugas D6R	h-m	0.7	0.0108	103.16	1.11
Torre de iluminación	h-m	2.0	0.0308	6.50	0.20
Herramientas manuales	%MO	5.0	0.0500	0.22	0.01
					5.48

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	C. unit.	Total (U\$S)
RELLENO PARA DEFENSA RIBEREÑA	m3				9.36
Mano de Obra					
Capataz	h-h	1	0.0433	8.41	0.36
Operario	h-h	1	0.0433	5.41	0.23
Oficial	h-h	1	0.0433	4.62	0.20
Peón	h-h	3	0.1300	4.02	0.52
					1.32
Equipos y Herramientas					
Rodillo pata de cabra 9-11 ton	h-m	0.30	0.0130	55.00	0.72
Rodillo liso vibratorio 9-11 ton	h-m	0.70	0.0303	55.00	1.67
Camión cisterna de agua 20000 lt	h-m	1.00	0.0433	48.00	2.08
Motoniveladora CAT 140H	h-m	0.30	0.0130	83.25	1.08
Vibroapisonador	h-m	2.00	0.0867	8.00	0.69
Torre de iluminación	h-m	2.00	0.0867	6.50	0.56
Herramientas manuales	%MO	5.00	0.0500	1.32	0.07
					6.87
Composiciones auxiliares					
Carguio y extension de material	m3		0.9000	1.30	1.17
					1.17

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	C. unit.	Total (U\$)
COLOCACIÓN DE TUBO DE GEOTEXTIL	m				10.54
Mano de Obra					
Capataz	h-h	0.5	0.1000	8.41	0.84
Operario	h-h	1	0.2000	5.41	1.08
Oficial	h-h	2	0.4000	4.62	1.85
Peón	h-h	4	0.8000	4.02	3.22
					6.99
Equipos y Herramientas					
Camión grúa 10-12 ton	h-m	0.2	0.0400	80.00	3.20
Herramientas manuales	%MO	5	0.0500	6.99	0.35
					3.55

Descripción	Unidad	Cantidad	Índice	C. unit.	Total (U\$)
LLENADO DE GEOTUBOS	m				13.13
Mano de Obra					
Capataz	h-h	0.85	0.0281	8.41	0.24
Operario	h-h	3.00	0.0992	5.41	0.54
Oficial	h-h	5.00	0.1653	4.62	0.76
Peón	h-h	12.00	0.3968	4.02	1.60
					3.13
Materiales					
Tubería 6" UF c-10 p/agua	ml		0.0040	9.52	0.04
Manguera succión flexible 6"	ml		0.0011	29.00	0.03
Manguera descarga flexible 6"	ml		0.0132	29.00	0.38
Manguera descarga flexible 4"	ml		0.0066	20.00	0.13
Cable p/electrobomba 3x16mm2 tripolar	ml		0.0020	5.90	0.01
					0.60
Equipos y Herramientas					
Torre de iluminación	h-m	4	0.1323	6.50	0.86
Grupo generador 30 kW	h-m	1	0.0331	25.00	0.83
Cargador frontal CAT 962H	h-m	1	0.0331	82.00	2.71
Electrobomba 4" - 30 lt/seg - 7.7kw	h-m	3	0.0992	1.32	0.13
Herramientas manuales	%MO	7	0.0700	3.13	0.22
					4.75
Composiciones auxiliares					
Extracción cantera Tahuamanu	m3		1.3000	2.51	3.26
Carguo de material del acopio temporal	m3		1.3390	0.70	0.93
Draga 6" - 30 lb/seg	h-m	2	0.0661	6.84	0.45
					4.65

7.2. PRESUPUESTO GENERAL

Las actividades del presupuesto no necesariamente corresponden a las actividades incluidas en la planificación. Los montos parciales del presupuesto se obtienen luego de la multiplicación del metrado de cada actividad por el precio unitario antes detallado.

- **Costo Directo:** Ascende a USD 17,908,011.46, corresponde directamente al costo de las actividades de ejecución del proyecto.
- **Proyecto de Ingeniería de Detalle:** Representa el 3% del costo directo, este monto asciende a USD 537,240.34 y corresponde a los gastos producidos por el pago a la empresa de consultoría de ingeniería que elaboró el proyecto de ingeniería. En este monto también está considerado gastos de ensayo de suelos, entre otros.
- **Elaboración y presentación del instrumento socio Ë Medio Ambiental:** Representa el 1.5% del costo directo y en este presupuesto asciende a USD 268,620.17. Este concepto incluye las gestiones socio . medio ambientales para la elaboración estudios de impacto ambiental y social, obtención de licencias entre otros gastos relacionados a este tema.
- **Gastos Generales:** Representa el 35.5% del monto presupuestado para el proyecto. Este monto corresponde a los gastos indirectos de personal, gastos de viajes y contingencias.
- **Utilidad:** Se ha tomado como utilidades el 10% del monto presupuestado para el proyecto. Este es un valor comúnmente usado por las empresas contratistas para obras de esta magnitud.
- **IGV:** Corresponde al Impuesto General a las Ventas, este porcentaje está definido por el Estado y se aplica a todos los bienes y servicios.

A continuación se muestra el presupuesto total obtenido con estos conceptos porcentuales.

Tabla 27. PRESUPUESTO DEL PROYECTO: DEFENSA RIBEREÑA DEL PUENTE TAHUAMANU
(Fuente: Presupuesto del proyecto)

ITEM.	DESCRIPCION DE LAS SUBPARTIDAS	Und	PRECIOS UNITARIOS (US\$)	METRADO	MONTO (US\$)
1000	OBRAS PRELIMINARES				
1001.S	Movilización y desmovilización de equipos Defensa Rib. Pte. Tahuamanu	glb	797,596.19	1.00	797,596.19
1007	Transporte de geoestructuras para la Defensa Rib. del Pte. Tahuamanu	glb	388,548.00	1.00	388,548.00
100	OBRAS PROVISIONALES				
101A	Topografía y Georeferenciación	mes	5,959.44	16.00	95,351.04
103	Derecho de cantera	m3	0.82	8.59	7.04
102C	Mantenimiento de tránsito y seguridad vial - Tahuamanu	mes	23,726.74	16.00	379,627.84
104	Ataguas de protección	m	135.65	1,156.20	156,838.53
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
201C	Limpieza de áreas boscosas	m2	2.48	250,564.00	621,398.71
225A	Excavación masiva para defensa ribereña	m3	4.30	310,514.20	1,335,211.06
225B	Excavación masiva para defensa ribereña (con presencia de agua)	m3	5.70	334,313.00	1,905,584.10
230	Protección con Top soil	m2	5.25	82,960.80	435,544.20
500	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				
504	Excavación no clasificada para estructuras	m3	6.42	7,346.00	47,161.32
505	Relleno para estructuras	m3	11.65	23,618.00	275,149.70
543B	Geotextil No Tejido Clase 2	m2	1.97	34,986.57	68,923.54
551B	Geocelda de PEAD, tipo GW20V para cuencas de captac. y disposit. de amortig.	m2	34.14	16,574.00	565,836.36
553	Relleno de mortero cemento-arena $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	m2	150.28	2,486.10	373,611.11
505D	Relleno para Defensa ribereña	m3	9.36	488,296.39	4,570,454.21
586A	Tubo de Geotextil de alta Resistencia 3.07 x 1.25	m	138.05	8,207.00	1,132,976.35
586B	Tubo de Geotextil de alta Resistencia 6.1 x 2.4	m	238.74	4,710.00	1,124,465.40
586C	Tubo de Geotextil de alta Resistencia 1.55 x 0.6	m	79.29	1,202.00	95,306.58
586F	Colocación de Tubo de Geotextil de alta Resistencia	m	10.54	14,119.00	148,814.26
587A	Llenado de Tubo de Geotextil de alta Resistencia	m3	13.13	87,451.90	1,148,243.45
588	Manto antisocavación con lastre (20m de ancho)	ml	309.41	470.00	145,422.70
588A	Colocación de Manto antisocavación con lastre (20m de ancho)	ml	80.34	470.00	37,759.80
588B	Manto antisocavación con lastre (24m de ancho)	ml	348.74	780.00	272,017.20
588C	Colocación de Manto antisocavación con lastre (24m de ancho)	ml	80.34	780.00	62,665.20
588D	Manto antisocavación con lastre (20m de ancho, inc. lastre transversal)	und	10,121.74	1.00	10,121.74
589	Manto antisocavación sin lastre	m2	8.67	2,640.00	22,888.80
589A	Colocación de Manto antisocavación sin lastre	m2	1.01	2,640.00	2,666.40
590	Drenaje para geoceldas	und	7.57	1,953.00	14,784.21
700	TRANSPORTE				
701	Transporte de material granular hasta 1 km	m3km	1.97	750,804.88	1,479,085.61
702	Transporte de material granular después de 1 km	m3km	0.67	289,478.82	193,950.81
	COSTO DIRECTO TOTAL			US\$	17,908,011.46

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

DESCRIPCION	MONTO (US\$)
COSTO DIRECTO CORRESPONDIENTE A DEFENSA RIBERENA DE PUENTE TAHUAMANU	17,908,011.46
PROYECTO DE INGENIERIA DE DETALLE (3%)	537,240.34
ELABORACION Y PRESENTACION DEL INSTRUMENTO SOCIO-MEDIO AMBIENTAL (1.5%)	268,620.17
MONTO DEL PRESUPUESTO SIN IGV (US\$)	18,713,871.98
GASTOS GENERALES (35.50 %) - GG	6,643,424.55
UTILIDAD (10%) - UT	1,871,387.20
MONTO DEL PRESUPUESTO SIN IGV (US\$)	27,228,683.72
IGV (18%)	4,901,163.07
MONTO TOTAL DEL PRESUPUESTO CON IGV (US\$)	32,129,846.79

8. DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE RECURSOS

Dado que el proyecto tiene un plazo de ejecución de 21 meses, se presentará la distribución de recursos en forma mensual, esta medida es usual en obras de esta envergadura; sin embargo, en algunos casos esta distribución se hace semanal.

Este formato es útil para la programación anticipada de los recursos, debido a que permite la visualización de cuánto será el requerimiento mensual, se realizarán los requerimientos de acuerdo a la programación y cantidades requeridas para determinado periodo del proyecto. Cabe mencionar que debido a la ubicación de este proyecto, el acceso es restringido, por ello la programación anticipada de los recursos tendrá un impacto importante en la ejecución de los trabajos.

8.1. CRONOGRAMA DE MATERIALES

Esta distribución mensual de materiales, en base al cronograma general del proyecto, permitirá realizar requerimientos de materiales de acuerdo a la programación de ejecución; así se evitará las esperas por falta de material y el stock innecesario de materiales en almacén.

Es de gran importancia el conocimiento de tiempos de llegada de los materiales; ya que, algunos pueden ser comprados en la ciudad más cercana, otros son fabricados en el extranjero, como es el caso de los geotubos, por ello el tiempo de llegada a obra puede ser de varios meses. El cronograma de materiales permitirá identificar los meses en que serán utilizados ciertos materiales para tramitar su suministro y cumplir los entregables del proyecto.

El cronograma de materiales se determina en base a los insumos considerados y ratios establecidos en las composiciones de cada partida; estos ratios multiplicados por el metrado mensual de cada partida, obtenidos en el acápite 6.11, determina la distribución mensual de materiales.

8.1. CRONOGRAMA DE MATERIALES
Cronograma 3. DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE MATERIALES
 (Fuente: Propia)

Descripción	Und	Cantidad	2012				
			AGO	SET	OCT	NOV	DIC
TUBO DE GEOTEXTIL 6.1x2.4	m	620.00		18.07	103.93	135.82	362.18
TUBO DE GEOTEXTIL 1.55x0.6	m	368.00		41.48	238.52	24.00	64.00
TUBO DE GEOTEXTIL 3.07x1.25	m	3,819.00		268.30	1,871.59	1,295.11	384.00
MANTO ANTISOCAVACIÓN CON LASTRE (24m)	m2	603.00		234.00		49.00	320.00
MANTO ANTISOCAVACIÓN CON LASTRE (20m)	m2	367.00		170.00		34.00	163.00
MANTO ANTISOCAVACIÓN SINLASTRE (20m)	m2	1,200.00					1,200.00
MANTO ANTISOCAVACIÓN SIN LASTRE (24m)	m2	1,440.00					1,440.00
TUBERÍA PVC D=2"	m	86.80					86.80
GEOTEXTIL NO TEJIDO CLASE 2	m2	9,651.40		4,208.60	1,358.40	3,528.35	556.05
CAL HIDRATADA	Kg	10.00	10.00				
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	Bol	1.00	1.00				
PINTURA ESMALTE	Gln	0.50	0.50				
ACERO GRADO 60	Kg	30.00	30.00				
GEOWEB H 150MM - GW30V4 - 320MMx287MM	m2	856.80					856.80
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE	Kg	81.50					81.50
ADITIVO PLASTIFICANTE	Kg	341.60					341.60
CEMENTO PORTLAND GRANEL 1	Tn	62.22					62.22

Descripción	Und	Cantidad	2013										
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
TUBO DE GEOTEXTIL 6.1x2.4	m	4,763.99			818.51	1,018.41	1,060.84	806.24	225.79	160.21			
TUBO DE GEOTEXTIL 1.55x0.6	m	5,061.99			148.02	185.64	193.37	146.96					
TUBO DE GEOTEXTIL 3.07x1.25	m	4,566.00			552.54	576.87	600.90	674.87	1,089.98	892.84			
MANTO ANTISOCAVACIÓN CON LASTRE (24m)	m2	280.00						65.00	65.00	48.00			
MANTO ANTISOCAVACIÓN CON LASTRE (20m)	m2	102.00						34.00	34.00	34.00			
MANTO ANTISOCAVACIÓN SINLASTRE (20m)	m2	-											
MANTO ANTISOCAVACIÓN SIN LASTRE (24m)	m2	1,124.06											
TUBERÍA PVC D=2"	m	29,957.27				423.29	153.93				94.03	369.35	83.46
GEOTEXTIL NO TEJIDO CLASE 2	m2	28,833.21			9,719.22	872.35	908.70	2,226.40	1,042.11	2,251.28	2,312.45	9,500.70	
CAL HIDRATADA	Kg	-											
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	Bol	-											
PINTURA ESMALTE	Gln	-											
ACERO GRADO 60	Kg	16,545.90											
GEOWEB H 150MM - GW30V4 - 320MMx287MM	m2	18,125.73				6,610.15	1,201.85				856.80	6,417.20	1,459.90
ADITIVO INCORPORADOR DE AIRE	Kg	8,201.83				474.40	271.09				54.78	548.95	230.61
ADITIVO PLASTIFICANTE	Kg	7,828.15				1,988.51	1,136.29				229.60	2,300.96	966.64
CEMENTO PORTLAND GRANEL 1	Tn	1,206.15				362.19	206.97				41.82	419.10	176.07

8.2. CRONOGRAMA DE MANO DE OBRA

Establecer la programación de mano de obra, permitirá realizar la contratación de personal dependiendo del requerimiento mensual; además se podrá disponer del número de personas participantes en el campo de trabajo y habilitar comedores, cambiadores y servicios higiénicos de acuerdo a la cantidad de personas que en ella participarán, tanto para los días iniciales como para los picos de obra.

Con el cronograma de mano de obra se podrán establecer ciertas estrategias sobre la contratación de personal; por ejemplo, programar si las actividades requieren que se contrate mano de obra especializada en ciertos servicios o contratar solo algunos especializados y capacitar a los demás en estos oficios porque se tratará de una actividad que tendrá continuidad en el tiempo.

El cronograma de mano de obra se determina en base a las horas hombre establecidas por unidad de medida, en las composiciones de cada partida; estos ratios multiplicados por el metrado mensual de cada partida, obtenidos en el acápite 6.11, determina la distribución mensual de mano de obra.

8.3. CRONOGRAMA DE EQUIPOS

El cronograma de equipos contiene la distribución mensual de horas máquina requeridas por equipo para ejecutar los trabajos según el cronograma del proyecto. Este cronograma permitirá provisionar mensualmente a los subcontratistas de maquinaria, movilizarlos de un frente a otro o el requerimiento de estos equipos en otros proyectos de la empresa para que sean movilizados.

El cronograma de equipos se determina en base a las horas máquina establecidas por unidad de medida, en las composiciones de cada partida; estos ratios multiplicados por el metrado mensual de cada partida, obtenidos en el Acápite 6.11, determina la distribución mensual de horas máquina por equipo.



8.3. CRONOGRAMA DE EQUIPOS
Cronograma 5. DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE EQUIPOS (HORAS MÁQUINA)
(Fuente: Propia)

Descripción	Cantidad (HM)	2012				
		AGO	SET	OCT	NOV	DIC
RETROEXCAVADORA CAT 426C 88HP 1M3	1,612.56		248.86	426.24	688.65	248.81
CAL HIDRATADA	10.00	10.00				
CAMION CISTERNA VW 26260 256 HP 15 M3	2,571.20			1,115.60	371.87	1,083.73
PLACA VIBRATORIA DYNAPAC CM-13 4.4 HP	1,540.81			1,094.41	364.80	81.60
EXCAVADORA CAT 330BL TIERRA (2.1 M3)	20,960.44	1,224.96	7,449.72	6,208.50	4,521.52	1,555.74
CAMION BARANDA C/MUNK VW 17210 250 HP 12 TN	59.47		7.27	2.35	6.09	43.76
CAMION VOLQUETE 14 M3 TIERRA VOLVO NL-10 320 HP	651.99			169.33	313.77	168.89
RODILLO AUTOPROPULSION LISO VIBRADOR DYNAPAC	2,639.98			1,090.95	379.86	1,168.27
TRACTOR SOBRE ORUGAS CAT D6R 165 HP 3.78 M	24,775.78	2,432.22	10,486.82	6,200.68	3,689.24	1,966.82
MOTOBOMBA 34HP 8"	13,660.07		3,029.06	5,531.62	3,829.35	1,270.04
RODILLO PATA CABRA VIBRA. AUTOPROPULSADO 100-135HP,	2,425.53			1,006.28	335.42	1,083.83
PLANTA MÓVIL ILUMINACIÓN	5,151.07		149.47	2,006.06	1,122.52	1,873.02
PINTURA ESMALTE	0.50	0.50				
DRAGA 6"	1,569.72		160.93	499.90	411.25	497.64
CAMION GRUA DE 10 Tn	225.6		64.64		13.28	147.68

Descripción	Cantidad (HM)	2013										
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
RETROEXCAVADORA CAT 426C 88HP 1M3	5,161.15			666.55	500.70	521.57	520.16	223.16	1,456.09	1,272.92		
CAL HIDRATADA	-											
CAMION CISTERNA VW 26260 256 HP 15 M3	15,520.81			2,812.72	2,739.40	2,903.04	2,764.80	3,114.09	1,021.61	165.15		
PLACA VIBRATORIA DYNAPAC CM-13 4.4 HP	11,205.23			969.59	2,046.62	1,680.71	1,491.67	1,823.65	1,858.10	584.69	611.16	139.04
EXCAVADORA CAT 330BL TIERRA (2.1 M3)	2,747.15			430.80	528.77	552.59	711.55	266.58	246.90	9.96		
CAMION BARANDA C/MUNK VW 17210 250 HP 12 TN	733.84			16.79	268.13	69.91	3.84	1.80	3.89	48.66	264.52	56.30
CAMION VOLQUETE 14 M3 TIERRA VOLVO NL-10 320 HP	1,521.01			127.48			86.67		670.40	636.46		
RODILLO AUTOPROPULSION LISO VIBRADOR DYNAPAC	14,602.01			2,715.87	2,597.84	2,746.58	2,659.12	2,931.88	835.83	114.89		
TRACTOR SOBRE ORUGAS CAT D6R 165 HP 3.78 M	16,982.86			2,895.87	2,597.84	2,746.58	2,922.14	2,931.92	1,925.01	963.50		
MOTOBOMBA 34HP 8"	86.67						86.67					
RODILLO PATA CABRA VIBRA. AUTOPROPULSADO 100-135HP,	14,558.68			2,715.87	2,597.84	2,746.58	2,615.79	2,931.88	835.83	114.89		
PLANTA MÓVIL ILUMINACIÓN	23,248.89			4,362.23	4,600.66	4,832.84	4,294.44	3,782.27	1,261.56	114.89		
PINTURA ESMALTE	-											
DRAGA 6"	4,405.05			823.18	1,001.41	1,043.13	860.45	446.31	230.57			
CAMION GRUA DE 10 Tn	44.96						15.84	15.84	13.28			

9. COMPARATIVO CON OTRA SOLUCIÓN

Otra solución ampliamente utilizada para este tipo de problemas, son los sistemas de contención con muros de gavión.

El muro de gavión es una estructura compuesta por cajas de mallas rellenas de piedra tipo canto rodado. Las mallas pueden ser electrosoldadas, eslabonada simple o malla triple torsión de alambre galvanizado reforzado, siendo esta última la más utilizada.



Figura 15. Defensa ribereña con muros de gavión (Fuente: Maccaferri)

El uso de gaviones para la protección de los cauces de ríos meándricos resulta una muy buena alternativa, ya que se adecua a la geografía del terreno gracias a la flexibilidad del material con que se fabrican las mallas, los tramos curvos resultan siendo los más dañados debido a que los flujos de los ríos impactan frontalmente. Cuando estas cajas de gavión son colocadas en forma de muros, protegen el talud de la erosión ocasionada por los flujos de los ríos y los sedimentos que arrastran; al ser una solución permeable, permite al agua ingresar a los gaviones y disipar la energía cuando el flujo de agua se encuentra entre flexiones de piedras grandes y pequeñas. Esto produce que el punto de erosión sea trasladado a un lugar que no comprometa la estabilidad del talud que se busca proteger; además es una solución ideal a largo plazo, pues soporta los movimientos y asientos

diferenciales sin perder la eficiencia. Por otro lado, al igual que las geoestructuras, favorecen el crecimiento de vegetación a su alrededor.

No obstante, la solución a ejecutar debe ser previamente analizada por un diseñador basando su criterio en los estudios hidrológicos, topográficos e hidrotécnicos para garantizar la estabilidad de la estructura y cumpla la función para la que fue diseñada.

Se tomó una configuración similar a la solución con geotubos para estimar el volumen requerido de gaviones en la misma longitud en que se proyectaron los diques guía de la solución inicial. A continuación serán detallados los metrados obtenidos:

Tabla 28. Resumen de metrados . Solución: Gaviones (Fuente: Propia)

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO
500	OBRAS DE ARTE		
	ESTABILIZACIÓN DE TALUD INFERIOR		
	MURO GAVIÓN		
522	Gavión Tipo 1	m3	70,600.00
1000	TRANSPORTE		
701	Transporte de material granular hasta 1Km	m3-Km	70,600.00
702	Transporte de material granular después de 1Km	m3-Km	22,222,973.80

Para el metrado de las partidas de transporte, se consideró la Cantera Puerto Mazuko, ubicada en el Km 314+773, en la Carretera Interoceánica Sur; esta es la cantera de piedra más cercana al punto de trabajo. La distancia total entre dicha cantera y el frente de trabajo es de 314 km.

Se consideran dos partidas para el transporte de material granular pues, según la Norma de Especificaciones Técnicas Generales para la construcción de Carreteras (EG. 2000, capítulo 7), debido a que la eficiencia operacional del equipo es menor en el primer kilómetro de recorrido, el precio en este tramo es mayor que en los siguientes 313 kilómetros restantes para este caso.

9.1. COMPARATIVO PLAZO

La ejecución de los muros de gavión es netamente manual, está compuesta por las siguientes actividades: armado de las cajas de gavión, armado del encofrado, colocación de las piedras, finalmente cerrado y cosido de las cajas de gavión. En resumen, considerando este proceso y debido a la experiencia en otros proyectos utilizando muros de gavión, el rendimiento alcanzado por persona es de 1.5m³ al día en una jornada de 8 horas.

A continuación, la Tabla 29 muestra el detalle del cálculo de plazo de ejecución utilizando muros de gavión:

Tabla 29. Cálculo de plazo . Solución: Gaviones (Fuente: Propia)

Descripción	Und	Cantidad	TURNO DÍA		TURNO NOCHE		Plazo (Días)
			Rend. Cuadrilla	Número de cuadrillas	Rend. Cuadrilla	Número de cuadrillas	
Muro Gavión Margen Derecha - A.Arriba	m3	24,300.00	1.50	30.00	1.20	30.00	300.00
Muro Gavión Margen Derecha - A.Abajo	m3	11,000.00	1.50	20.00	1.20	20.00	204.00
Muro Gavión Margen Izquierda - A.Arriba	m3	24,300.00	1.50	30.00	1.20	30.00	300.00
Muro Gavión Margen Izquierda - A.Abajo	m3	11,000.00	1.50	20.00	1.20	20.00	204.00
TOTAL		70,600.00				TOTAL	1,008.00

En los frentes aguas arriba, se pueden ubicar estratégicamente 30 personas que realicen este servicio; sin embargo, en los frentes aguas abajo, debido al espacio reducido, solo se puede disponer de 20 personas en este frente de trabajo.

Al sumar los plazos parciales, se obtiene un plazo total de 1008 días o 33 meses; sin embargo este servicio se puede ejecutar paralelamente debido a que el trabajo es netamente dependiente de la mano de obra y no de equipos, como en el caso del llenado de geotubos; por ello, considerando que se ejecutan los cuatro frentes en paralelo, se tendría un plazo total de 300 días en el caso más óptimo.

Por otro lado, en la actividad de llenado de geotubos, si solo consideramos la actividad de llenado de geoestructuras, se obtuvo en el Acápite 6.9 las duraciones de esta actividad por frente de trabajo; para efectos comparativos, se presentará solo un resumen:

Tabla 30. Resumen de plazo . Solución: Geotubos (Fuente: Propia)

Descripción	Plazo (Días)
Margen Derecha - A.Arriba - DIQUE	27.00
Margen Derecha - A.Arriba - TALUD	18.00
Margen Derecha - A.Abajo - TALUD	30.00
Margen Derecha - A.Abajo - DIQUE	12.00
Margen Izquierda - A.Arriba - DIQUE	83.00
Margen Izquierda - A.Abajo - TALUD	11.00
Margen Izquierda - A.Abajo - DIQUE	19.00
TOTAL	200.00

Considerando el peor de los casos, es decir ejecutar todos los frentes de forma secuencial y no paralela, se obtiene un plazo de 200 días, solo del servicio de colocación y llenado de geoestructuras.

Este resultado apunta a que una solución con geoestructuras es más conveniente porque el plazo se ve reducido en 100 días o 3.3 meses; no obstante, se debe realizar también un comparativo de costo para tener una idea global de ambas soluciones; ya que en muchos proyectos, el aspecto económico termina siendo un tema crucial al momento de tomar decisiones.

9.2. COMPARATIVO COSTO

Si bien en el mundo de la construcción se buscan soluciones innovadoras que propicien la reducción de los plazos, estas soluciones deben ser analizadas también desde el punto de vista del costo, tanto para el constructor como para el cliente.

Por cada partida anteriormente considerada, se realiza el análisis de precios unitarios que detalle los insumos considerados en cada servicio y sus respectivos precios.

Tabla 31. Precios Unitarios . Solución: Gaviones (Fuente: Propia)

Descripción	Unidad	Cantidad	C. unit.	Total (U\$)
GAVIÓN TIPO 1	m3			52.40
Subpartidas				
Piedra Zarandeada	m3	1.3	3.82	4.97
Gavión tipo Caja A	m3	1	47.43	47.43
				52.40

Descripción	Unidad	Cantidad	C. unit.	Total (U\$)
TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR HASTA 1KM	m3km			1.97
Equipos				
Cargador Neumático Tierra CAT 928G 2.1 M3	hm	0.0321	61.39	1.97
				1.97

Descripción	Unidad	Cantidad	C. unit.	Total (U\$)
TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR DESPUÉS DE 1KM	m3km			0.67
Equipos				
Camión Volquete de 15m3	hm	0.0109	61.39	0.67
				0.67

Con los precios unitarios de la Tabla 31 se obtiene el presupuesto que incluye solo las actividades ligadas al muro de gavión:

Tabla 32. Presupuesto referencial . Solución: Gaviones (Fuente: Propia)

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	PRECIO UNITARIO (US\$)	METRADO	MONTO PARCIAL (US\$)
500	OBRAS DE ARTE				
	ESTABILIZACIÓN DE TALUD INFERIOR				
	MURO GAVIÓN				
522	Gavión Tipo 1	m3	52.40	70,600.00	3,699,440.00
1000	TRANSPORTE				
701	Transporte de material granular hasta 1Km	m3-Km	1.97	70,600.00	139,082.00
702	Transporte de material granular después de 1Km	m3-Km	0.67	22,222,973.80	14,889,392.45
	TOTAL				18,727,914.45

Como se puede observar en la Tabla 32, la partida de transporte de material después de un kilómetro es la más incidente, casi el 80%; esto se debe a la lejanía de la cantera de roca. Se tuvo un total parcial de 18,727,914.45 dólares, solo en ejecución de muro de gaviones.

Para la obtener el monto parcial de ejecución con geoestructuras, se designaron, del presupuesto, las partidas que estaban ligadas a este servicio, con lo que se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 33. Presupuesto referencial . Solución: Geoestructuras (Fuente: Propia)

ITEM.	DESCRIPCION DE LAS SUBPARTIDAS	Und	PRECIOS UNITARIOS (U\$)	METRADO	MONTO PARCIAL US\$
500	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				-
586A	Tubo de Geotextil de alta Resistencia 3.07 x 1.25	m	138.05	8,207.00	1,132,976.35
586B	Tubo de Geotextil de alta Resistencia 6.1 x 2.4	m	238.74	4,710.00	1,124,465.40
586C	Tubo de Geotextil de alta Resistencia 1.55 x 0.6	m	79.29	1,202.00	95,306.58
586F	Colocacion de Tubo de Geotextil de alta Resistencia	m	10.54	14,119.00	148,814.26
587A	Llenado de Tubo de Geotextil de alta Resistencia	m3	13.13	87,451.90	1,148,243.45
1000	TRANSPORTE				-
701	Transporte de material granular hasta 1 km	m3km	1.97	750,804.88	1,479,085.61
702	Transporte de material granular después de 1 km	m3km	0.67	289,478.82	193,950.81
				TOTAL	5,322,842.46

En este caso, se obtuvo un total parcial de 5,322,842.46 dólares, solo en ejecución de geoestructuras, de modo que considerando ambos análisis se demuestra que una solución utilizando geoestructuras no solo es conveniente en cuestión de plazo, sino también porque reduce los costos. Por otro lado, la reducción del plazo impacta directamente en una reducción del costo, ya que más allá del costo directo de las partidas incidentes en las actividades de protección ribereña, también existe una reducción del costo indirecto y de seguridad vial durante la ejecución del proyecto.

9.3. COMPARATIVO MANTENIMIENTO

Debido a que esta obra se realiza como parte de la fase de operación y mantenimiento de la carretera; la empresa ejecutora deberá también realizar el mantenimiento preventivo y rutinario de las estructuras ejecutadas; esto con el fin de mantener los niveles de servicio y garantizar la seguridad del tránsito peatonal y vehicular.

Las actividades pueden ser manuales o mecánicas, están referidas principalmente a labores de limpieza de estructuras, reparación de daños y en algunos casos, reemplazo de los elementos dañados. Cabe resaltar que

la frecuencia de intervención de una determinada actividad, responde a la necesidad de acuerdo a su caracterización.

Mantenimiento de Geoestructuras

- Desbroce de maleza: Consiste en la remoción de todo exceso de vegetación que pueda generar daños a las geoestructuras de la defensa ribereña, ya sea por crecimiento de árboles o arbustos, así como por la propagación de incendios forestales.
- Reparación de geoestructuras: Consiste en el parchado de las geoestructuras que forman parte de la defensa ribereña del puente. De los daños que pudieron ocasionarse por punzonamiento de palizada, vandalismo o incendios forestales. Dicha reparación será aplicable cuando el área afectada de la geoestructura no supere el 25% del área total de la misma. El objetivo es mantener el confinamiento del material de las geoestructuras, para asegurar su adecuado funcionamiento.
- Reposición de geoestructuras: Consiste en la reposición de las geoestructuras que forman parte de la defensa ribereña del puente. De los daños que pudieron ocasionarse por punzonamiento de palizada, vandalismo o incendios forestales. La reposición será aplicable cuando el área afectada de la geoestructura supere el 25% del área total de la misma. Al igual que en la actividad anterior, el objetivo es mantener el confinamiento del material de las geoestructuras, así como su ubicación dentro del conjunto, para asegurar el adecuado funcionamiento del sistema.

Tabla 34. Frecuencia de mantenimiento – Solución: Geoestructuras (Fuente: Propia)

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	PERSONAL / EQUIPO
Desbroce de maleza en Geoestructuras Superiores e Inferiores	Bimensual	Manual / Equipo Liviano
Reparación de geoestructuras (Parchado)	Semestral	Manual
Reposición de geoestructuras	Anual	Manual / Equipos

Mantenimiento de muros de gavión

- Desbroce de maleza: Consiste en la remoción de todo exceso de vegetación que pueda generar daños a los muros de gavión, ya sea por crecimiento de árboles o arbustos, así como por la propagación de incendios forestales.
- Reparación de muros de gavión: Consiste en la reparación de muros en gaviones corrigiendo los defectos que se encuentren en la malla de alambre, en las piedras o su colocación. El objetivo es la reparación de muro de gaviones para que cumpla con la función de mantener la estabilidad y protección del cauce. Esta actividad contempla cualquier tipo de reparación o reposición de muro gavión.

Tabla 35. Frecuencia de mantenimiento . Solución: Muros de gavión (Fuente: Propia)

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	PERSONAL / EQUIPO
Desbroce de maleza en muros de gavión	Bimensual	Manual / Equipo Liviano
Reposicion o reposición de gaviones	Semestral	Manual / Equipos

En ambos casos la ejecución de las actividades dependerá de una previa inspección visual de las estructuras y de la verificación de la existencia de los daños. Por otro lado, la frecuencia mencionada en las Tablas 34 y 35 corresponden a la frecuencia con que se realizarán las inspecciones.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. CONCLUSIONES

Se obtuvo un plazo de 16 meses (agosto 2012 . noviembre 2013), el proyecto se encuentra dentro del plazo contractual de 21 meses, con lo cual se tiene un buffer de 5 meses para cualquier contingencia.

En todos los proyectos de construcción, no solo es labor del planificador, sino también de todos sus integrantes tener completo conocimiento de la encomienda. Es decir, conocer todos los alcances del proyecto y factores que influyan en su planificación y ejecución; esto es, tener conocimiento del proyecto ejecutivo y de las condiciones de la obra.

Conocimiento del Proyecto Ejecutivo

Este punto implica que para realizar una adecuada planificación es importante tener claro qué es lo que se va a construir, plazos contractuales e hitos acordados con el cliente, puntos acordados con la supervisión, entre otros aspectos generales del proyecto.

Conocimiento de las condiciones de la zona

Este punto ha sido de vital importancia para la planificación, ya que las condiciones de la zona no eran las más favorables. Por ello, el conocimiento específico de las condiciones de la zona del proyecto incluye, comprensión de la influencia de los días de lluvia en el plazo y ejecución. Este factor ha sido bastante influyente en el plazo ya que se ha tenido una reducción de los días practicables de hasta 59% en las actividades de movimiento de tierras. Por ello se requirió definir dos turnos de trabajo, de esta manera se mantuvo el plazo.

Dentro del aspecto del conocimiento de los días de lluvia, se encuentra el conocimiento de la practicabilidad para establecer los factores de retomada dependiendo del servicio a realizar.

Por otro lado, el acceso a la zona de trabajo era difícil porque era un sector con abundante vegetación, debido a esto se requiere hasta 9 días de limpieza de áreas boscosas inicialmente, para ejecutar los caminos de acceso. Sin embargo, tener el conocimiento de las condiciones de la zona también implica los siguientes puntos:

- Existencia y distancia de canteras, botaderos y puntos de agua.
- Verificación de fechas hito para presentación de expedientes de liberación de áreas auxiliares, así como el plazo de aprobación de los mismos.
- Disponibilidad de recursos
- Épocas de máximas avenidas.
- Condiciones de iluminación de la zona.
- Espacio para el almacenamiento de material (Evitar el acopio de materiales debido a la saturación por lluvias).

De acuerdo a las condiciones de la zona, la alternativa que incluía el uso de geoestructuras era la más adecuada, debido a que significaba una reducción del plazo hasta en un 30%; por otro lado, en el aspecto económico, disminuye considerablemente los costos hasta en un 70%, teniendo en cuenta la misma configuración de soluciones para proteger el talud.

Otro aspecto comparativo, entre ambas soluciones, es que el uso de geoestructuras produce menor impacto al medio ambiente en cuestiones de emisiones durante la ejecución de la obra. Debido a que la cantera más cercana para la extracción de piedra se encuentra a 314 Km del frente de trabajo; para atender el suministro de piedra se requiere de una gran cantidad de volquetes que transiten diariamente, esto aumenta, evidentemente, las emisiones de CO₂ en el ambiente. A diferencia de la alternativa utilizando geoestructuras, pues al reutilizar el material de excavación de encauzamiento se reduce este exceso de emisiones.

Por otro lado, la taxonomía y clasificación de actividades por frentes de trabajo es importante no solo para la planificación, sino también para el control de avance y de costo. Esto se debe a que permite una mejor visualización del avance por frente de trabajo y favorece la toma de decisiones inmediatas teniendo en consideración la ubicación del problema. Si no se hiciera este procedimiento, el control de las actividades se realizaría por servicio y esto no permite visualizar la ubicación de los problemas en los diferentes frentes de trabajo, mucho menos facilita la toma de decisiones.

Se comprueba parcialmente la hipótesis de que la colocación y llenado de geoestructuras formará parte de la ruta crítica, puesto que luego de la realización del cronograma Gantt, se comprueba que la colocación de geotubos en 4 de los 7 frentes de trabajo, forman parte de la ruta crítica del proyecto. Por ello, su planificación y adecuado control durante la ejecución son importantes para el cumplimiento del plazo.

10.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de geoestructuras para proyectos de defensas ribereñas debido a sus características de resistencia, estanqueidad y revegetación, sobre todo para zonas de altas precipitaciones y con poca disponibilidad de material para agregados.

Se debe utilizar el planeamiento del proyecto y su presupuesto, traducido en cronogramas valorizados para realizar el control a lo largo del proyecto y cuando estos no se cumplan, realizar las reprogramaciones pertinentes que tengan como meta la optimización de los recursos utilizados y el cumplimiento del contrato. Esta optimización de los recursos debe ser constante, durante toda la ejecución del proyecto.

En este tipo de proyectos, alejados de grandes ciudades en las que se puede conseguir ciertos materiales, equipos, incluso mano de obra fácilmente; se recomienda que, además de elaborar cronogramas con la distribución mensual de los recursos, se realice un cronograma Gantt de

gestión de adquisición de los recursos en el que se consideren tiempos de espera, trámites, exportaciones y establecer hitos.

Se debe realizar actualizaciones de base de datos de rendimientos, cuando las actividades estén siendo realizadas, de modo que se pueda obtener una proyección más real del plazo y costo. De este modo, se tendrá además una base de datos más confiable para la empresa y futuros proyectos similares.

Para realizar la planificación de cualquier proyecto, es indispensable la división de la obra en frentes de trabajo y luego en entregables por frente de trabajo. Esto permitirá tener una mejor visión del plazo de cada servicio y permitirá la rotación de equipos y cuadrillas a través de los frentes de trabajo de modo que se logre una optimización de estos recursos. Para lograr este punto, es importante la identificación de los equipos líderes pues estos marcarán el ritmo de cada actividad.

No es recomendable programar trabajos dentro de los meses con menor practicabilidad (enero-marzo), además de ser los meses con mayores avenidas, este es un punto considerable para obras cercanas a las riberas; sin embargo, teniendo conocimiento de la encomienda, se debía mantener el proyecto dentro del plazo, por ello se tuvo que tomar la decisión de programar trabajos estos días, considerando solo los meses en que las mayores precipitaciones se atenuaban. Sin embargo, es recomendable para futuros proyectos considerar si el gasto improductivo de estos meses de lluvia compensa el plazo de ejecución. Se recomienda también incluir una holgura de al menos 2 meses aproximadamente para posibles contingencias en proyectos con dificultades de este tipo.

Por último, es recomendable la investigación y adaptación de nuevas tecnologías que no solo faciliten y garanticen su funcionalidad a largo plazo, sino también que produzcan el menor impacto al medio ambiente.

11. BIBLIOGRAFÍA

- CHIANG HO, Esteban
2013 *Otro enfoque de productividad en la construcción de la defensa ribereña del río Tahuamanu.* Puerto Maldonado
- GHIO CASTILLO, Virgilio
2001 *Productividad en Obras de Construcción: Diagnóstico, Crítica y Propuesta.* Lima: Fondo Editorial PUCP.
- GOLDRATT, Eliyahu
2007 *La meta: Un proceso de mejora continua.* Buenos Aires. Granica.
- GONZALES, Vicente
2003 *Buffers de Programación: Una estrategia Buffers de Programación: Una estrategia complementaria para reducir la variabilidad en los procesos de construcción.* Santiago de Chile.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
2000 Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras (EG – 2000). RD N° 1146-2000-MTC/15.17. Lima, 28 de diciembre de 2000.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
2013 *Glosario de Términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial.* Lima: MTC
- MAYOR, Edgardo Raúl
2013 *Planeamiento Integral de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales.* Tesis. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Ingeniería Civil.
- ORACLE
2010 *Advanced Project Management in Primavera P6 Rel 7.* Primera edición. EEUU
- PAREDES, Ricardo
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.

PMI, Inc

2008 *Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK).*
Philadelphia, PMI.

PRZ INGENIEROS

2012 *Especificaciones técnicas de defensa ribereña del puente Tahuamanu.* Lima.

PRZ INGENIEROS

2012 *Proyecto de ingeniería de detalle de defensa ribereña del puente Tahuamanu.* Lima.

RIUS GUMBAU, Ismael

2012 *Planificación de Obras.* Primera edición. España: Bubok.

