UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Propuesta de guía constructiva para la construcción de
defensas ribereñas utilizando el sistema de muro
enrocado en la planta de cppq s.a. En ñaña**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

ALVITES BARRAGÁN, JAIME DANIEL (0000-0001-7765-0472)
PARCO HUARINGA, DAVID ALEJANDRO (0000-0002-3547-974X)

ASESOR:

ING. CRISTIAN DANIEL SOTOMAYOR CRUZ (0000-0001-8119-1512)

Lima, Agosto del 2018

DEDICATORIA

El presente trabajo de Tesis lo dedico, en primer lugar, a Dios, quien permite que todo sea posible, por iluminar mi camino ante obstáculos que se presentaron, por permitir la unión en mi familia y por mantenerme siempre firme en mis objetivos.

A mis maravillosos padres Jaime Alvites Castillo y Marisa Barragán Chumpitaz, quienes son la mayor motivación en mi vida, por su apoyo constante y amor incondicional, por ser ejemplo de excelentes padres y profesionales y por siempre creer en mí, todo esto es gracias a ustedes.

A mis abuelos María, Rolando, Marcelino y Antonia, quienes me guían desde el cielo y me acompañan en cada paso que realice a lo largo de mi vida y a mis familiares más cercanos como tíos y primos.

Jaime Daniel Alvites Barragán

El presente trabajo de Tesis realizado con esfuerzo por varios meses, está dedicado mis padres, abuelos, familiares y amigos.

David Alejandro Parco Huaranga

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a los Ingenieros Civiles Herminia Huaranga Flores, Marisa Silva Dávila, y en especial a nuestro asesor de tesis el Ingeniero Cristian Sotomayor Cruz, por la asesoría brindada y por su guía que nos brindó en el transcurso de la tesis.

A todos ellos, gracias por todo.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis muestra el procedimiento constructivo del tipo de defensa ribereña de muro enrocado. El empleo de este tipo de estructuras ayuda a prevenir problemas naturales como erosión, socavación e inundación, originados ante la crecida del río. También sirven como estructura de protección ante la ocurrencia de huaicos generadas también por las constantes lluvias. En nuestro país, la aplicación de estos sistemas ha ido en aumento; sin embargo, sigue siendo una interrogante un adecuado proceso constructivo.

Se realiza una breve descripción de la problemática generada en la planta de la empresa Corporación Peruana de Productos Químicos SA (CPPQ) ubicada en el margen izquierdo del río Rímac, altura del kilómetro 18 de la Carretera Central, en la localidad de Ñaña, distrito Chaclacayo. En la cual, se presentaron problemas de inundación, derrumbe de muros perimetrales, socavación de ambientes internos y filtraciones que afectaron cimientos de estructuras.

La finalidad de esta tesis es definir el proceso constructivo del muro enrocado, indicando la cantidad de recursos utilizados y las diferentes alternativas que puedan considerarse para cada partida. Esta guía de procesos constructivos será de mucha utilidad en caso se realicen proyectos de este tipo.

Palabras Claves:

Erosión. – Incorporación y transporte de material por un agente dinámico como agua, viento o hielo.

Socavación. – Excavación profunda causada por el agua, debido al roce con las márgenes del río, lo cual provoca desplomes progresivos en su ladera.

HDC INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC – Empresa constructora contratada por la entidad para construir la Defensa Ribereña.

ABSTRACT

The present thesis shows the constructive procedure of the riparian defense type, rock wall. The use of this structure helps to prevent natural problems such as erosion, scour and flood, caused by the flooding of river. They also serve as a protection structure in the event of the occurrence of waste generated by the constant rains. In our country, the application of these systems has been increasing; however, an adequate constructive process remains a question.

It is made a brief description of the problems generated in the plant of the company Corporación Peruana de Productos Químicos SA (CPPQ) located on the left bank of the Rímac River, at kilometer 18 of the Carretera Central, in the town of Ñaña, Chaclacayo district. In which, there were problems of flooding, collapse of perimeter walls, undermining of internal environments and leaks that affected the foundations of structures.

The purpose of this thesis is to define the constructive process of rock wall, indicating the amount of resources used and the different alternatives that can be considered for each project. This construction process guide will be very useful in case projects of this type are carried out.

Keywords:

Erosion. – Incorporation and transport of material by a dynamic agent such as water, wind or ice.

Scouring. – Deep excavation caused by water, due to friction with the banks of the river, which causes progressive collapse in its slope.

HDC INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC. – Construction company hired by the entity to build the rock wall.

Tabla de contenidos

Tabla de contenidos	5
Índice de Tablas	8
Índice de Figuras	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1. Antecedentes	12
1.2. Realidad problemática	13
1.3. Formulación del Problema	13
1.4. Hipótesis	14
1.5. Objetivo General	14
1.6. Objetivos Específicos	14
1.7. Descripción del Contenido	14
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	16
2.1. Antecedentes Históricos	16
2.2. Estado del arte de la construcción de defensas ribereñas	17
2.2.1. Definición de defensa ribereña	17
2.2.2. Tipos de defensas ribereñas	18
2.2.3. Exigencias Técnicas	25
CAPÍTULO III: PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE MURO ENROCADO	28
3.1. Descripción del Proyecto	28
3.1.1. Alcances generales	28
3.1.2. Localización	28
3.1.3. Beneficiarios del Proyecto	29
3.1.4. Financiamiento	29
3.2. Estudios preliminares	30
3.2.1. Estudio Topográfico	30
3.2.2. Estudio Hidrológico	31
3.2.3. Estudio Hidráulico	37
3.2.4. Estudio de Suelos	42

3.3.	Exigencias Técnicas para la Construcción de Muro Enrocado	47
3.3.1.	Consideraciones Técnicas.....	47
3.3.2.	Método de diseño empleado	47
3.3.3.	Presentación de resultados de Diseño.....	48
CAPÍTULO IV: GUÍA CONSTRUCTIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MURO ENROCADO		49
4.1.	Descripción general	49
4.2.	Consideraciones geométricas	49
4.3.	Materiales	49
4.3.1.	Afirmado para conformación de talud.....	50
4.3.2.	Geotextil	51
4.3.3.	Agregado grueso.....	52
4.3.4.	Roca	53
4.4.	Equipos	55
4.4.1.	Excavadora	55
4.4.2.	Cargador Frontal.....	56
4.4.3.	Camión volquete.....	56
4.4.4.	Tractor sobre orugas	56
4.4.5.	Camión remolque	56
4.4.6.	Equipos complementarios	57
4.4.7.	Rendimiento de equipos	57
4.5.	Aspectos constructivos para construcción del muro de enrocado	60
4.5.1.	Movilización y desmovilización de equipos y maquinarias.....	60
4.5.2.	Trazo y replanteo durante la ejecución de obra.....	61
4.5.3.	Movimiento de tierras.....	63
4.5.4.	Construcción del muro enrocado.....	66
4.6.	Diagrama de Secuencia Constructiva.....	69
CAPÍTULO V: CASO PRÁCTICO CONSTRUCCIÓN DE MURO ENROCADO		71
5.1.	Datos del proyecto	71
5.2.	Proceso constructivo del Sistema de Muro Enrocado	71
5.2.1.	Transporte de materiales y herramientas	71
5.2.2.	Movilización y desmovilización de equipos y maquinarias.....	73
5.2.3.	Trazo y replanteo durante la ejecución de obra.....	74
5.2.4.	Movimiento de tierras.....	78

5.2.5.	Construcción Muro Enrocado.....	88
5.3.	Análisis Económico.....	95
5.3.1.	Metrados	95
5.3.2.	Presupuesto obtenido en estudios preliminares	96
5.3.3.	Cronograma	97
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		104
6.1.	Conclusiones.....	104
6.2.	Recomendaciones	106
BIBLIOGRAFÍA		107
ANEXOS.....		109

Índice de Tablas

TABLA 1 : Exigencias Técnicas para Geoceldas	25
TABLA 2 : Ubicación del punto de aforo	32
TABLA 3 : Precipitación para períodos de retorno a partir del ajuste probabilístico – Estación La Cantuta.....	34
TABLA 4 : Precipitación para períodos de retorno a partir del ajuste probabilístico – Estación La Chalilla.....	35
TABLA 5 : Precipitación para períodos de retorno a partir del ajuste probabilístico – Estación La Milloc	35
TABLA 6 : Ajuste de distribución de probabilidad de Gumbel según períodos de retorno para la máxima precipitación en 2 horas a convertir en escorrentía.....	36
TABLA 7 : Resultados para períodos de retorno	36
TABLA 8 : Coeficientes de rugosidad de Manning utilizados en el presente estudio...	38
TABLA 9 : Coeficientes de rugosidad de Manning para cada sección.....	38
TABLA 10 : Datos de entrada para calcular la erosión general en las secciones transversales.....	41
TABLA 11 : Profundidad alcanzada de calicatas.....	42
TABLA 12 : Cuadro de Calicata C-1	43
TABLA 15 : Características granulométricas para cada tipo de afirmado.....	50
TABLA 16 : Requerimientos de Supervivencia.....	52
TABLA 17 : Tabla de Granulometría	52
TABLA 18 : Meteorización de la roca	54
TABLA 19 : Requisitos para los tipos de recursos en la partida Levantamiento Topográfico	62
TABLA 20 : Consideraciones retiro de rocas existentes.....	66
TABLA 21 : Mano de obra utilizada para la partida Trazo y replanteo durante la ejecución de obra.....	75
TABLA 23 : Mano de obra utilizada para la partida Control de puntos de referencia durante la ejecución de obra	77

TABLA 24 : Equipo utilizado para la partida Control de puntos de referencia durante la ejecución de obra	77
TABLA 25 : Mano de obra utilizada para la partida Encauzamiento del Río.....	78
TABLA 26 : Equipo utilizado para la partida Encauzamiento del Río.....	78
TABLA 27 : Mano de obra utilizada para la Descolmatación del Río.....	80
TABLA 29 : Mano de obra utilizada para la partida Corte de terreno	82
TABLA 30 : Equipo utilizado para la partida Corte de terreno	82
TABLA 32 : Equipo utilizado para la partida de Excavación.....	83
TABLA 33 : Mano de obra utilizada para la partida Retiro de roca existente	85
TABLA 34 : Equipo utilizado para la partida Retiro de roca existente	85
TABLA 35 : Mano de obra utilizada para la partida Eliminación de material excedente	87
TABLA 36 : Equipo utilizado para la partida Eliminación de material excedente.....	87
TABLA 37 : Mano de obra utilizada para la partida Conformación de talud	88
TABLA 38 : Equipo utilizado para la partida Conformación de talud	89
TABLA 39 : Mano de obra utilizada para la partida Colocación de Geotextil.....	90
TABLA 40 : Mano de obra utilizada para la partida Colocación de Piedra chancada de 1/2"	91
TABLA 41 : Equipo utilizado para la partida Colocación de Piedra chancada de 1/2" .	92
TABLA 42 : Mano de obra utilizada para la partida Habilitación de Roca	92
TABLA 43 : Equipo utilizado para la partida Habilitación de Roca.....	93
TABLA 44 : Mano de obra utilizada para la partida Colocación de Roca.....	94
TABLA 45 : Equipo utilizado para la partida Colocación de Roca	94
TABLA 46 : Resumen de metrados obtenido en los estudios preliminares.....	95
TABLA 47 : Presupuesto obtenido en los estudios preliminares para la obra Construcción de Muro Enrocado en la Planta CPPQ SA en Ñaña	96
TABLA 49 : Resumen de metrados actualizado	97
TABLA 50 : Resumen de costo directo actualizado	98
TABLA 51 : Presupuesto de Obra Actualizado	98
TABLA 52 : Porcentaje de recursos con respecto al costo directo	99
TABLA 53 : Total de horas – hombre y costo respectivo.....	99
TABLA 54 : Total de horas – máquina y costo respectivo	100
TABLA 55 : Cantidad de materiales utilizados cada 100 ml de muro.....	100

Índice de Figuras

FIGURA 1 : Forma de celdas utilizadas en geoceldas	19
FIGURA 2 : Sistema de geoceldas con relleno de agregados	19
FIGURA 3 : Sistema de geoceldas con relleno de concreto.....	20
FIGURA 4 : Esquema del sistema de geoceldas	20
FIGURA 5 : Gaviones con relleno de piedra	21
FIGURA 6 : Dimensiones de gavión tipo caja	22
FIGURA 7 : Dimensiones de gavión tipo saco	22
FIGURA 8 : Tipos de muro de contención a gravedad	23
FIGURA 9 : Tipos de muro de contención a gravedad armado	24
FIGURA 10 : Espigón de rocas en la región San Martín, Peru.....	25
FIGURA 11 : Formas de espigones utilizados	26
FIGURA 12 : Espigón a ángulo recto	27
FIGURA 13 : Espigones con direcciones a) mayor a 90° aguas abajo y b) menor a 90° aguas abajo	27
FIGURA 14 : Ubicación del área de estudio	29
FIGURA 15 : Planta general de topografía	31
FIGURA 16 : Perfil longitudinal del margen izquierdo del Río Rímac.....	31
FIGURA 17 : Delimitación de la cuenca del Río Rímac obtenida mediante software ArcGIS v.10.1.....	32
FIGURA 18 : Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas	33
FIGURA 19 : Coeficiente de rugosidad de Manning Río Rímac.....	38
FIGURA 20 : Distribución en planta de las secciones transversales	39
FIGURA 21 : Perfil del flujo de agua respecto a la línea thalweg	40
FIGURA 22 : Sección transversal del Río Rímac con cota máxima de superficie de agua alcanzada	40
FIGURA 23 : Perfil de socavación general	42
FIGURA 24 : Calicata N°1.....	45
FIGURA 26 : Calicata N°3.....	46

FIGURA 27 : Detalle de Muro Enrocado.....	48
FIGURA 29 : Llegada de material de piedra chancada de 1/2"	72
FIGURA 30 : Llegada de material de roca grande.....	72
FIGURA 31 : Movilización de equipos con camión con cama baja de 3 ejes	73
FIGURA 32 : Movilización de equipos con camión con cama baja de 4 ejes	74
FIGURA 33 : Área comprendida para el estudio	75
FIGURA 34 : Trazo y replanteo requerido para el levantamiento topográfico.....	76
FIGURA 35 : Trazo y replanteo requerido para el levantamiento topográfico.....	77
FIGURA 36 : Encauzamiento del río	79
FIGURA 37 : Trabajos de Encauzamiento finalizados	79
FIGURA 38 : Descolmatación de río – Imagen 1	81
FIGURA 39 : Descolmatación de río – Imagen 2	81
FIGURA 40 : Trabajos de perfilado de talud durante la partida Corte de Terreno.....	82
FIGURA 41 : Retiro de material excedente durante la partida Corte de Terreno	83
FIGURA 42 : Excavación de zanja para cimentación – Imagen 1	84
FIGURA 43 : Excavación de zanja para cimentación – Imagen 2.....	84
FIGURA 44 : Retiro de rocas existentes en el cauce del río	86
FIGURA 45 : Acopio de rocas extraídas durante el proceso	86
FIGURA 46 : Acopio de material excedente.....	87
FIGURA 47 : Traslado de material excedente con maquinaria.....	88
FIGURA 48 : Material Afirmado para Conformación de Talud	89
FIGURA 49 : Conformación del Talud.....	90
FIGURA 50 : Tendido y colocación de Geotextil.....	91
FIGURA 51: Colocación de Material de Filtro	92
FIGURA 52 : Habilidadación de Roca	93
FIGURA 53 : Habilidadación de Roca	94
FIGURA 54 : Colocación de Roca.....	95
FIGURA 55 : Cronograma de Avance del Proyecto “Construcción de Muro enrocado para la planta de CPPQ SA en Ñaña”	101
FIGURA 56 : Curva S – Avance Ejecutado vs Avance Programado.....	102
FIGURA 57 : Histogramas de Mano de Obra del Proyecto	103

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Las defensas ribereñas son estructuras construidas para proteger las áreas aledañas a los ríos contra los procesos de erosión de sus márgenes, producto de la excesiva velocidad del agua, que tiende a arrastrar el material ribereño, y la socavación que ejerce el río debido al régimen de las abundantes precipitaciones.

Para realizar un proyecto de defensas ribereñas es fundamental contar con una serie de información preliminar o antecedentes que permitan diagnosticar el problema que se quiere solucionar; los cuales son: estudios topográficos, estudios hidrológicos, estudios hidráulicos, estudios de suelos y también antecedentes sobre inundaciones, daños provocados y las zonas afectadas, que sirven para realizar su dimensionamiento con un nivel hidráulico que garantice un encauzamiento ante una máxima avenida.

La presente tesis se realizó con el motivo de dar conocer el adecuado procedimiento constructivo de defensas ribereñas utilizando un Muro de Enrocado de 500 metros lineales de longitud y que comprende el lado por el que colinda la planta de la empresa CPPQ SA con el margen izquierdo del Río Rímac.

EL Proyecto fue concebido y diseñado por la empresa HDC INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC que fue contratado por la empresa CORPORACION PERUANA DE PRODUCTOS QUIMICOS SA cuyo objetivo principal es proteger su ribera ante las fuertes avenidas producidas por las precipitaciones.

Finalmente se espera que la presente Tesis sea un aporte para tener una mejor visión del adecuado procedimiento constructivo de la mencionada defensa ribereña.

1.1. Antecedentes

(Aguilar Aguinaga, Daniel; 2016). En esta tesis con título: “Comparación entre el Uso de Gaviones y Geoceldas como Estructuras de Defensa Ribereña”, se refiere a determinar, tras la comparación, que las geoceldas con relleno de concreto es el sistema de protección más adecuado para el Rio Zarumilla. Mediante el análisis de resistencia a la erosión y durabilidad demostraron que el recubrimiento favorable para la velocidad de arrastre y las fuerzas de arrastre es la geocelda con relleno de concreto.

(Zevallos Loaiza, Marcia; 2015). En esta tesis de Máster en Ingeniería Civil con mención en recursos Hídricos con título: “Diseño de la Defensa Ribereña para el Balneario Turístico Cocalmayo, ubicado en la Margen Izquierdo del Río Urubamba”, se refiere a dar a conocer prácticas y métodos para realizar estudios de defensa ribereña en condiciones en las que no se tiene información disponible y también procedimientos de recopilación de datos de campo y metodología para seleccionar un sistema de protección ribereña.

(León Chinchay, Elizabeth; 1994). En esta tesis con título: “Defensas Ribereñas del Río Rímac (Sector Puente Ricardo Palma – Chosica y Puente Los Ángeles - Chaclacayo”, se refiere a la falta de planificación de las diferentes obras realizadas para el encauzamiento desde un simple muro hasta defensas fortificadas hechas por entidades particulares como del estado observándose desorden y falta de control

1.2. Realidad problemática

En los últimos años aumentó la frecuencia de ocurrencia de desastres naturales debido a la presencia del Fenómeno del Niño. Se ocasionan lluvias de gran intensidad que a su vez provocan la crecida de los ríos. Estas inundaciones tienen causas naturales, pero también antrópicas y producen daños sobre la infraestructura de bienes y servicios lo que afecta las actividades humanas y también el ecosistema.

Debido a ello, se presentan problemas con muchas obras ejecutadas de defensas ribereñas, ya sea por mal diseño en el dimensionamiento de la obra, elección de materiales y/o por procesos constructivos. Un ejemplo muy claro es el que se aplica en el Río Rímac, en el Margen Izquierdo, perteneciente a la Planta de CPPQ SA ubicado en la localidad de Ñaña en el distrito de Chaclacayo.

1.3. Formulación del Problema

¿Cómo se puede garantizar que el proceso constructivo de las defensas ribereñas logre reducir los daños por la ocurrencia de máximas avenidas de acuerdo a lo diseñado?

1.4. Hipótesis

Un proceso constructivo de defensas ribereñas con material enrocado bien ejecutado asegura el cumplimiento de los objetivos del diseño de obra para mitigar los daños causados por las inundaciones.

1.5. Objetivo General

Proponer una guía constructiva de buenas prácticas para la defensa ribereña mediante muro enrocado para contención de avenidas.

1.6. Objetivos Específicos

- Evaluar la información referente a informes técnicos, reglamentación y manuales referidos a la construcción de defensas ribereñas para identificar los requerimientos de las buenas prácticas.
- Proponer una guía constructiva con respecto a la secuencia de partidas, control y calidad de materiales utilizados.
- Presentar el Caso Práctico del proyecto de construcción de muro enrocado en la Planta CPPQ S.A. en Ñaña.

1.7. Descripción del Contenido

El presente proyecto está dividido en cinco capítulos. En el primer capítulo se muestran algunos de los antecedentes históricos más importantes ocurridos, tanto en el Perú como en los países vecinos de Argentina y Colombia, debido a no haber aplicado sistemas de defensa ribereña. También se presentan conceptos generales sobre los tipos de defensa ribereña y sus respectivas exigencias técnicas.

En el segundo capítulo, se realiza una descripción del proyecto, se muestran los estudios técnicos preliminares que se elaboraron previo a la ejecución de la obra y el diseño del muro enrocado del presente proyecto.

En el tercer capítulo, se presentan la guía constructiva de todas las partidas consideradas para la construcción de muros de enrocado, también se presentan las características técnicas de cada material y equipos utilizados.

En el cuarto capítulo, se muestra el caso práctico correspondiente para el proyecto “Construcción de Muro Enrocado para la Planta de CPPQ SA en Ñaña”, aplicando la guía constructiva sobre este tipo de defensa ribereña expuesta en el capítulo anterior.

En el quinto capítulo, se presentan las conclusiones y se proponen recomendaciones del presente estudio correspondiente a la guía constructiva mostrada y el caso práctico del proyecto de construcción de Muro Enrocado.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes Históricos

Los antecedentes históricos ocurridos en nuestro país son diversos y no sólo afectan económicamente a la población, sino que, causan también la muerte de miles de peruanos.

Además, luego de ocurrido el desastre se llega a la conclusión que éste pudo haberse evitado si se hubiese tenido una buena gestión de prevención. A continuación, se presentan los siguientes eventos ocurridos¹:

- En enero del 2018, el río Mala, ubicado al sur de Lima se desbordó por su margen izquierdo afectando 18 agricultores y 15 hectáreas de cultivo de manzana. Según informes técnicos, se conoció que los desmanes producidos sucedieron debido a la falta de reforzamiento de muros de contención.
- En marzo del 2017, las lluvias torrenciales causadas por El Niño Costero² incrementaron el caudal de los ríos Rímac, Huaycoloro, Chillón y Lurín originando su desborde. El impacto fue catastrófico, afectando 850 distritos a nivel nacional, 1 millón de personas afectadas, 200 mil damnificados y 130 fallecidos. También se vieron afectadas estructuras como puentes, los cuales resultaron colapsados o en su defecto inservibles, y aproximadamente 962 kilómetros de carretera destruidos.
- En marzo del 2001, se produjo el desborde del río Chillón a la altura de la Urbanización San Diego en San Martín de Porres causando cuantiosos daños materiales. Resultaron 1940 personas damnificadas y 388 viviendas inundadas afectando estructuras como columnas y muros.

Asimismo, se presentan también algunos incidentes ocurridos en otros países vecinos:

- En abril del 2017, se produjo en Mocoa, Colombia, el desbordamiento de los ríos Mocoa, Mulato y Sangoyaco generando la destrucción de viviendas y puentes, fueron afectados 17 distritos de la ciudad, de los cuales 5 quedaron completamente

¹ Cifras obtenidas del Informe de los principales desastres ocurridos en el Perú (INDECI 2001)

² El Niño Costero: fenómeno generado en las costas de Perú y Ecuador en el cual se produce un calentamiento anómalo del mar.

destruidos. Además de las pérdidas materiales, se reportaron 300 personas fallecidas, más de 400 personas heridas y 1000 damnificados. Fue una tragedia anunciada y previsible que pudo haberse evitado con un adecuado sistema de defensa (Peñas: 2017)

- En abril del 2003, en la ciudad de Santa Fe, al norte de Argentina, se produjo el desborde del río Salado ocasionando una de las peores tragedias en la historia de este país debido a su magnitud. Se informó, que la estructura de un terraplén, construido como sistema de defensa, estaba inconcluso. El agua se acumuló en los sectores más bajos de la ciudad llegando a los 4.00 metros de altura. Se reportaron 160 fallecidos y 28 mil viviendas afectadas.

2.2. Estado del arte de la construcción de defensas ribereñas

2.2.1. Definición de defensa ribereña

Las defensas ribereñas son estructuras implementadas para la protección de áreas cercanas o aledañas a los ríos. Puede evitar que se produzcan los procesos de erosión, socavación e inundación que ejerce la crecida de los ríos a raíz de constantes precipitaciones. Estas obras se ubican en puntos localizados que por lo general protegen zonas poblacionales, resultan efectivas para el área designada; sin embargo, también cambian el régimen natural del flujo, por ello, es de suma importancia un correcto análisis y diseño previo a su construcción.

Las defensas ribereñas pueden ser continuas o discontinuas:

- Las defensas ribereñas continuas, son las denominadas marginales o longitudinales. Están apoyadas sobre el lecho y talud y están en contacto permanente con las aguas del río. Pueden ser diques, muros de contención, tablestacados, etc. Es de suma importancia el diseño de la cimentación ya que influye el factor de profundidades de erosión que puede alcanzar el río en épocas de crecida.
- Las defensas ribereñas discontinuas, son aquellas estructuras transversales a la orilla del río, las cuales son típicamente el sistema de espigones.

La elección sobre cuál sistema usar dependerá de las condiciones del terreno y del río, los objetivos que se buscan, las zonas que se desean proteger, los riesgos aceptables ante posibles desastres, materiales disponibles a la zona y los costos involucrados.

Es indispensable contar con estudios básicos e información necesaria para llevar a cabo este proyecto, los cuales son:

- **Antecedentes Hidrológicos:** Se debe contar con un estudio hidrológico del río ya que permitirá establecer los caudales de diseño y por ende el correcto dimensionamiento de las obras proyectadas. El objetivo del estudio es definir el mejor ajuste a través de la recopilación de datos. Además, analizan alturas de agua y caudal de paso.
- **Antecedentes Topográficos y Geomorfológicos:** El estudio topográfico es una representación gráfica del terreno la cual permitirá conocer la posición de los puntos de interés y sus posiciones exactas como la latitud, longitud y elevación. El estudio geomorfológico determina las características del suelo, su composición, granulometría y grado de compactación. Estos estudios en conjunto con el estudio hidrológico, permitirá definir los principales parámetros de escurrimiento, velocidad y niveles para diferentes caudales.

2.2.2. Tipos de defensas ribereñas

Las estructuras de defensa ribereña se pueden clasificar de la siguiente manera:

2.2.2.1. Geoceldas

Las geoceldas son un sistema tridimensional de confinamiento que permite mediante la creación de un suelo artificial, conseguir una buena compactación y buen drenaje del terreno. Las celdas que componen la malla están formadas por tiras laminares de polietileno de alta densidad (HDPE) o Polietileno (PE) unidas por soldadura ultrasónica en los anchos de las tiras. Cuentan también con tensores que distribuyen el peso del sistema. Se muestra en la Figura 1, la forma de estas celdas. (Aguilar 2016)

FIGURA 1 : Forma de celdas utilizadas en geoceldas

Fuente: GeoWeb

El material de relleno que contempla este tipo de defensa ribereña puede ser de agregados y concreto, proporcionando características propias cada material. Se muestra a continuación en la Figura 2, un sistema de geoceldas con relleno de agregados y posteriormente en la Figura 3, un sistema de geoceldas con relleno de concreto.

FIGURA 2 : Sistema de geoceldas con relleno de agregados

Fuente: Google Images

FIGURA 3 : Sistema de geoceldas con relleno de concreto

Fuente: Google Images

Entre el sistema de geoceldas y el terreno, se coloca una capa de geotextiles, el cual sirve como filtro de suelo y sistema de drenaje. También, cuenta con anclajes que pueden ser de acero corrugado. Se muestran estos dos componentes en la Figura 4.

FIGURA 4 : Esquema del sistema de geoceldas

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.2. Gaviones

Son cajas o cestas de forma prismática rectangular, rellena de materiales como piedra o tierra, cuentan con enrejado metálico de alambre.

Como tipo de defensa ribereña, el gavión acelera el estado de equilibrio del cauce del río. Evita erosiones, transporte de materiales y derrumbamientos de márgenes.

Se adaptan a diversas condiciones, son fáciles de construir incluso en zonas inundadas, tienen mayor resistencia al volteo y al deslizamiento ya que funcionan como una sola estructura. Su durabilidad es alta ya que pueden aplicarse agentes anticorrosivos, lo que permite que la estructura resista a condiciones bastante severas y de esta manera alarga su duración. Se presenta a continuación en la Figura 5 la aplicación de gaviones con relleno de piedra.

FIGURA 5 : Gaviones con relleno de piedra

Fuente: Google Images

Asimismo, existen diferentes tipos de gaviones los cuales se presentan a continuación:

- Gaviones tipo Caja: Son elementos de elevada resistencia a tracción y bajos niveles de elongación. Por lo general, son utilizados en estructuras sujetas a empuje, por ejemplo, en estructuras de contención. Las dimensiones de este tipo de gaviones se muestran en la Figura 6, el ancho de las cajas es de 1.00 m, su largo varía entre 1.50 y 4.00 m, y la altura entre 0.30 y 1.00 m, pudiendo tener capacidades de 0.90 a 6.00 m³ (Maccaferri 2010)

FIGURA 6 : Dimensiones de gavión tipo caja

Fuente: Elaboración propia

- Gaviones tipo Saco: Este tipo de gaviones son formados con una sola plancha de malla hexagonal de doble torsión producida con alambres de bajo tenor de carbono, los cuales, cuentan con revestimiento contra la corrosión. Su utilidad es por lo general en condiciones extremadamente fuertes. Se usan principalmente en obras de emergencia, donde se requiere de una rápida intervención o donde sea de difícil acceso. Se muestra en la Figura 7, las dimensiones de los sacos, los cuales pueden ser llenados por los extremos o por los lados laterales (Maccaferri 2010)

FIGURA 7 : Dimensiones de gavión tipo saco

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.3. Muros de contención

Los muros de concreto son estructuras ubicadas generalmente en los márgenes de un río y sirven como protección del talud. Proporcionan estabilidad al terreno natural o de cualquier otro tipo de material cuando el talud natural es modificado. Los muros de contención, en su mayoría, se construyen de concreto armado ya que cumple la función de resistir el empuje de tierra. Otro tipo de material que puede utilizarse es de rocas (proyecto de la presente tesis), de esta manera se reducen costos de producción y se reduce el tiempo de ejecución. Existen diferentes tipos de muro de contención los cuales se presentan a continuación:

- Muros a gravedad: Aquellos muros que obtienen su estabilidad mediante su propio peso y el del suelo apoyado en ellos. Pueden ser de concreto ciclópeo o piedras y no llevan refuerzo. Se usan generalmente para alturas requeridas entre 3.00 y 5.00 m. Se presentan en la Figura 8, los diferentes tipos de muro de contención a gravedad.

FIGURA 8 : Tipos de muro de contención a gravedad

Fuente: Elaboración propia

- Muros a gravedad armado: son muros de concreto armado. Es usado generalmente para alturas mayores que lleguen a 9.00 m de altura. Trabajan como un voladizo vertical empotrados en una zapata inferior. Se presenta en la Figura 9, los diferentes tipos de muro de contención a gravedad armado.

FIGURA 9 : Tipos de muro de contención a gravedad armado

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.4. Espigones

Son estructuras usadas para proteger y recuperar orillas erosionadas. Su función es desviar el flujo principal de las corrientes de agua. Se usan en conjunto con una determinada distancia entre uno y otro para evitar zonas de remanso y consecuentemente de sedimentación. Los materiales que pueden utilizarse para la construcción de espigones son concreto ciclópeo o también de rocas. Se colocan de manera transversal al cauce del río formando un ángulo de inclinación. Se puede observar en la Figura 10, un espigón con material de enrocado en la región San Martín, Perú.

FIGURA 10 : Espigón de rocas en la región San Martín, Peru

Fuente: MINAGRI 2018

2.2.3. Exigencias Técnicas

2.2.3.1. Geoceldas

El material utilizado para la fabricación de las geoceldas es un polietileno de alta densidad, no degradable térmicamente. También, se debe cumplir ciertos requerimientos los cuales son mostrados en la siguiente Tabla 1:

TABLA 1 : Exigencias Técnicas para Geoceldas

Propiedad de Geocelda	Valor permitido	Método de Ensayo
Mínima densidad del polímero	0.940 g/cm ³	ASTM D-1505
Espesor nominal de la placa	1.25 mm +/- 5%	ASTM D-5199
Contenido en carbono negro	1.5 % mínimo	ASTM D-1603
Resistencia al agrietamiento ante agresiones medioambientales	3.400 hs	ASTM D-1693

Fuente: Aquanea 2008

2.2.3.2. Gaviones

Las mallas utilizadas en los gaviones son producidas bajo conformidad del Reglamento de Productos de Construcción – CPR 305/2011, con marca de CE con ETA-09/0414. En referencia al sistema de gestión ambiental, las mallas están certificadas bajo las normas ISO 9001 e ISO 14001 (Maccaferri 2010)

2.2.3.3. Muros de contención

Los muros de contención deberán ser diseñados por elementos a flexión y carga axial según el Capítulo 10 de la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones. El refuerzo mínimo estará regido bajo el acápite 14.3. Se debe colocar acero por temperatura y contracción en ambas caras para muros con espesor mayor o igual a 250 mm. El refuerzo vertical y horizontal se colocará en un espaciamiento no mayor que tres veces el espesor del muro o que 400 mm (RNE 2006)

Asimismo, se deben realizar también las verificaciones de deslizamiento, de volteo,

2.2.3.4. Espigones

Para un sistema de espigones se debe tomar en cuenta la forma y dimensiones de estos elementos así también como su dirección. De esta manera, se muestran en la Figura 11 las distintas formas que pueden tener los espigones:

FIGURA 11 : Formas de espigones utilizados

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, según la dirección del espigón, estos pueden ser colocados de forma perpendicular al margen formando un ángulo de 90° tal como se muestra en la Figura 12 o formar ángulos mayores o menores a 90° según sea las funciones para los que se requiera como se muestra en la Figura 13.

FIGURA 12 : Espigón a ángulo recto

Fuente: Farraday y Charlton, Wallingford Hydraulics Research Station

FIGURA 13 : Espigones con direcciones

a) mayor a 90° aguas abajo y b) menor a 90° aguas abajo

Fuente: Farraday y Charlton, Wallingford Hydraulics Research Station

CAPÍTULO III: PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE MURO ENROCADO

3.1. Descripción del Proyecto

3.1.1. Alcances generales

El presente proyecto consiste en la construcción de defensa ribereña para la planta de la empresa Corporación Peruana de Productos Químicos SA, utilizando el sistema de muro enrocado en los 500 metros lineales de río que colinda con la planta.

3.1.2. Localización

El área de estudio está definida por la zona poblacional de Ñaña, en el distrito de Chaclacayo, Provincia Lima, Departamento de Lima. La planta Qroma perteneciente a la empresa Corporación Peruana de Productos Químicos S.A. está ubicada en el kilómetro 18 de la Carretera Central.

Asimismo, la construcción del muro enrocado está definida por las siguientes coordenadas:

- Coordenadas de Inicio de construcción

Latitud : 11° 59' 22.13'' Sur

Longitud : 76° 49' 41.10'' Oeste

Altitud : 533 m.s.n.m.

- Coordenadas de Final de construcción:

Latitud : 11° 59' 26.70'' Sur

Longitud : 76° 49' 54.17'' Oeste

Altitud : 524 m.s.n.m.

Se presenta en la Figura 14, la imagen de ubicación del proyecto obtenido mediante el software Google Earth. Se muestra el plano de ubicación del proyecto en el ANEXO 1.

FIGURA 14 : Ubicación del área de estudio

Fuente: Google Earth

3.1.3. Beneficiarios del Proyecto

Los beneficiarios directos con la ejecución del proyecto son la población conformada por el Personal Administrativo, Obrero, Contratas, Seguridad y Logística, además las Infraestructuras de la Planta de CPPQ SA, ubicada en Ñaña, Distrito Chaclacayo, Provincia de Lima, Departamento Lima.

3.1.4. Financiamiento

El presente proyecto ha sido financiado por la empresa CPPQ SA en el marco de la responsabilidad social a sus poblaciones aledañas a la planta.

El costo total del proyecto asciende a S/. 677,879.87

3.2. Estudios preliminares

Para la realización de la ingeniería y la ejecución del proyecto de la defensa ribereña de Muro Enrocado es muy importante la elaboración de los estudios previos para poder realizar la propuesta técnica y también para generar procedimientos constructivos adecuados.

Los estudios deben contener toda la investigación y recopilación de datos necesarios para la optimización de resultados, estos deben ser elaborados con sumo cuidado y tomando buenos criterios, además debe contener información completa evitando resultados erróneos y deficientes.

Los estudios básicos se ordenan según su importancia de la siguiente manera:

- Estudio Topográfico
- Estudio Hidrológico
- Estudio Hidráulico
- Estudio de Suelos

3.2.1. Estudio Topográfico

Para poder iniciar con la ejecución del proyecto es necesario primeramente visualizar los desniveles, para obtener la cota de la profundidad del cauce del río y de esta manera poder realizar la descolmatación y encauzamiento. También los niveles de corte y relleno que se hará en el talud para la construcción del terreno, las secciones transversales y perfiles tanto del río como de la ribera del río para obtener las gradientes del río, del muro de enrocado y el muro de concreto ciclópeo. A continuación, en la Figura 15, se puede apreciar la planta general de topografía la cual incluye las curvas de nivel del Río Rímac, solamente en la zona de estudio del proyecto y la de la plataforma ubicada al margen izquierdo. El plano mostrado es muy útil para el movimiento de tierras ya que se puede tener un detalle de los niveles del cauce del río y también se usa para la partida de descolmatación.

Además, como resultado de los estudios topográficos se obtiene el perfil longitudinal del terreno del margen izquierdo del río mostrado en la Figura 16, y las secciones transversales obtenidas cada 10 metros.

3.2.2. Estudio Hidrológico

31

TABLA 2 : Ubicación del punto de aforo

Punto de aforo en el Río Rímac		
<u>Ubicación Política</u>		
Distrito de Chaclacayo, Región Lima		
<u>Ubicación Geográfica</u>		
Coordenada Este:	300957.66	m E
Coordenada Norte:	8673949.78	m S
Elevación:	151	m.s.n.m.

Fuente: ECAH Ingenieros

La delimitación de la cuenca del río Rímac se realiza mediante la ayuda del programa ArcGIS v.10.1 hasta el punto de aforo mencionado. Teniendo en cuenta una discretización adecuada en este caso considerando 24 subcuencas y 14 canales de evacuación pluvial. Así mismo mediante la ayuda del software, se podrá determinar las características propias de cada una de las subcuencas, como son: las áreas de las subcuencas, los tiempos de concentración, los números de curva, entre otros parámetros. Esto sirve para determinar finalmente el caudal de diseño para los períodos de retorno considerados en la investigación. A continuación, se presenta en la Figura 17 la cuenca del Río Rímac obtenida con el programa ArcGIS v.10.1.

FIGURA 17 : Delimitación de la cuenca del Río Rímac
obtenida mediante software ArcGIS v.10.1.

Fuente: ECAH Ingenieros

Para la determinación de los hietogramas de precipitación total se utilizaron las precipitaciones máximas de 24 horas, las mismas que serán ajustadas a la distribución teórica de Gumbel. Posteriormente, con la ayuda del hietograma, se pudo determinar los hietogramas de precipitación total para diferentes períodos de retorno, la misma que se consideró para realizar la transformación de precipitación – escorrentía en cada una de las subcuencas del estudio.

Para la determinación de los hidrogramas de máximas avenidas se utilizaron los datos de las estaciones La Cantuta, Chalilla y Milloc los cuales cuentan con un registro histórico de 46 años (1964 – 2009). Las estaciones han sido seleccionadas por su ubicación en los tres climas identificados en la cuenca hasta el punto de interés. La estación La Cantuta se empleó para transformar la precipitación en escorrentía en el clima reconocido como Yunga Costera entre las cotas 500-2300 msnm. La estación Chalilla aplica para el clima de Quechua que va desde los 2300 hasta los 3500 msnm. Finalmente, para los climas de las regiones naturales Suni y Puna que oscila entre los 3500 m.s.n.m. hasta el límite superior se emplearán los datos de la estación Milloc. En la siguiente imagen, la Figura 18, se muestra la totalidad de estaciones meteorológicas que fueron evaluadas.

FIGURA 18 : Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas

Fuente: ECAH Ingenieros

Para la determinación de los caudales de máximas avenidas, se siguió el procedimiento de transformación precipitación – escorrentía mediante la metodología del hidrograma unitario sintético del NRCS para cada una de las subcuencas en que se ha subdividido la cuenca del Río Rímac. Para la obtención de la tasa de infiltración en la cuenca del Río, se utilizó el método del número de curva.

A continuación, se describe el procedimiento utilizado para la obtención de los hidrogramas de máximas avenidas en el punto de aforo para los períodos de retorno de 25, 50, 100 y 500 años.

Procedimiento

1. Contando con el registro histórico de Precipitación Máxima de 24 horas de las estaciones La Cantuta, Chalilla y Milloc se realiza el ajuste correspondiente a las distribuciones probabilísticas Normal, Long Normal y Gumbel. Luego se procede a estimar para diferentes periodos de retorno las máximas precipitaciones posible esperadas en 24 horas. A continuación, se presentan las Tablas 3, 4 y 5, las cuales representan los resultados obtenidos en las estaciones La Cantuta, La Chalilla y Milloc respectivamente. Posteriormente en la Tabla 6 se muestran los periodos de retorno, seleccionados para el estudio, de las estaciones mencionadas.

TABLA 3 : Precipitación para períodos de retorno a partir
del ajuste probabilístico – Estación La Cantuta

Estación La Cantuta - Distribuciones inversas a partir de la densidad de ocurrencia					
Tr Años	Probabilidad de excedencia P (x)	Probabilidad de no excedencia F (x)	Pp máx en 24 hr en mm. estimada según:		
			Distribución Normal	Distribución Log normal 2 parámetros	Gumbel
2	0.500	0.500	7.9	4.0	6.4
25	0.040	0.960	24.9	35.6	30.2
50	0.020	0.980	27.9	52.0	36..1
60	0.017	0.983	28.6	57.0	37.7
100	0.010	0.990	30.5	73.0	42.0
200	0.005	0.995	32.9	99.5	47.9
500	0.002	0.998	35.9	145.0	55.6
1000	0.001	0.999	37.9	188.7	61.5

Fuente: ECAH Ingenieros

TABLA 4 : Precipitación para períodos de retorno a partir
del ajuste probabilístico – Estación La Chalilla

Estación La Chalilla - Distribuciones inversas a partir de la densidad de ocurrencia					
Tr Años	Probabilidad de excedencia P (x)	Probabilidad de no excedencia F (x)	Pp máx en 24 hr en mm. estimada según:		
			Distribución Normal	Distribución Log normal 2 parámetros	Gumbel
2	0.500	0.500	29.3	25.9	26.9
25	0.040	0.960	55.7	62.3	63.9
50	0.020	0.980	60.2	72.5	73.1
60	0.017	0.983	61.4	75.2	75.5
100	0.010	0.990	64.4	83.1	82.2
200	0.005	0.995	68.1	94.2	91.3
500	0.002	0.998	72.7	109.6	103.3
1000	0.001	0.999	75.9	121.9	112.4

Fuente: ECAH Ingenieros

TABLA 5 : Precipitación para períodos de retorno a partir
del ajuste probabilístico – Estación La Milloc

Estación Milloc - Distribuciones inversas a partir de la densidad de ocurrencia					
Tr Años	Probabilidad de excedencia P (x)	Probabilidad de no excedencia F (x)	Pp máx en 24 hr en mm. estimada según:		
			Distribución Normal	Distribución Log normal 2 parámetros	Gumbel
2	0.500	0.500	33.3	31.4	31.4
25	0.040	0.960	54.8	56.5	61.6
50	0.020	0.980	58.6	62.6	69.1
60	0.017	0.983	59.5	64.2	71.0
100	0.010	0.990	61.9	68.6	76.5
200	0.005	0.995	65.0	74.5	83.9
500	0.002	0.998	68.7	82.5	93.7
1000	0.001	0.999	71.3	88.6	101.1

Fuente: ECAH Ingenieros

TABLA 6 : Ajuste de distribución de probabilidad de Gumbel según períodos de retorno para la máxima precipitación en 2 horas a convertir en escorrentía

Ajuste de distribución probabilística de Gumbel para la precipitación en mm.					
Estación	Ubicación	Período de retorno (Tr) en años			
		25	50	100	500
La Cantuta	Cuenca baja	32.3	37.7	43.0	55.4
Chalilla	Cuenca media	67.2	75.6	83.9	103.1
Milloc	Cuenca alta	64.3	71.1	77.8	93.5

Fuente: ECAH Ingenieros

- Contando con la ayuda del hietograma sintético tipo I, se obtiene el hietograma de precipitación total para una duración de 24 horas, con un intervalo de tiempo de 1 hora, a partir de las precipitaciones de diseño obtenidas. Es necesario determinar los hidrogramas unitarios de cada una de las subcuencas del río Rímac hasta el punto de aforo para lo cual se hace uso de la formulación propuesta.
- Finalmente, la determinación de los Hidrogramas de máximas avenidas se realiza mediante la ecuación de convolución directa y con la ayuda del programa HEC HMS v.3.5, para lo cual también es necesaria la utilización de los pulsos de los hietogramas de precipitación de exceso y los pulsos de los hidrogramas unitarios para un intervalo de tiempo igual a 1 hora para cada una de las subcuencas del río Rímac
- Cuando se realiza la discretización de la cuenca en estudio, en subcuencas, se tiene dos canales de evacuación pluvial, en los cuales se transitará los hidrogramas formados de las subcuencas aguas arriba de la unión, para lo cual se ha previsto utilizar el modelo de onda cinemática, para la obtención del tránsito hidrológico de los hidrogramas de máximas avenidas.

Se realizó la desratización topológica de la cuenca del Río Rímac, los resultados de los hidrogramas de máximas avenidas en el punto de aforo de los períodos de retorno de 25, 50, 100 y 500 años. A continuación, se muestra en la Tabla 7, el resumen de los resultados.

TABLA 7 : Resultados para períodos de retorno

Período de Retorno	Caudal máximo instantáneo (m ³ /s)
10 años	288.8
25 años	362.7
50 años	420.2
100 años	448.2
500 años	773.9

Fuente: ECAH Ingenieros

Para el diseño de la defensa ribereña se considera un período de retorno igual a 100 años con un caudal de diseño de 448.2 m³/s

3.2.3. Estudio Hidráulico

Esta parte de la investigación permitirá determinar el perfil de la superficie libre de agua sobre la línea del thalweg³, teniendo en cuenta el caudal de máximas avenidas obtenido en la etapa hidrológica, igual a 448.2 m³/s para un periodo de retorno de 100 años, la misma que se transitará sobre el tramo de estudio correspondiente al levantamiento topográfico en el río Rímac en una longitud de 500 m, en el que se levantó 56 secciones transversales perpendiculares a la línea del thalweg. A partir de este seccionamiento, los coeficientes de rugosidad de Manning representativos para cada una de las secciones transversales y el caudal de diseño, se determinarán las características hidráulicas del tramo de estudio, en lo que respecta a tirantes.

La determinación de los coeficientes de rugosidad de Manning es una etapa muy importante en todo estudio Hidráulico debido a que, a partir de este número, se podrá definir la altura a la cual llega la superficie libre de agua, luego de transitar el caudal de máximas avenidas de diseño, presentándose en el tramo en estudio una gran variabilidad de rugosidades, teniendo en cuenta que el lecho del río Rímac, en el tramo de estudio, se encuentra bastante material aluvial.

Los coeficientes de rugosidad de Manning fueron determinados teniendo en cuenta la granulometría inherente en la zona, en las cuales se ha dividido cada una de las 56 secciones transversales inmersas dentro del tramo de estudio. Se ha realizado mediciones de partículas existentes en el canal principal y ambos bancos de inundación del río Rímac, dentro del tramo de estudio, en diferentes progresivas, cuyo diámetro promedio corresponde a 0.30 m, como se observa en la Figura 19.

³ Thalweg: Línea de vaguada. Marca la parte más profunda de un valle y es el camino por el que discurren las aguas de las corrientes naturales.

FIGURA 19 : Coeficiente de rugosidad de Manning Río Rímac

Fuente: Elaboración propia

Para la estimación del coeficiente de rugosidad de Manning, se han utilizado tablas empíricas de Ven Te Chow (1994) para corrientes naturales de anchos superficiales mayores a 30 m. Se detalla en la Tabla 8, los coeficientes de rugosidad de Manning considerados, según la característica del suelo.

TABLA 8 : Coeficientes de rugosidad de Manning utilizados en el presente estudio

Coeficientes de rugosidad de Manning	
n	Características del suelo
0.035	Sección irregular y rugosa
0.030	Enrocado

Fuente: ECAH Ingenieros

Los coeficientes de rugosidad de Manning presentados en la Tabla 8 son promedios dentro de las progresivas consideradas, teniendo en cuenta que estos varían según la sección transversal. Seguidamente, se presenta en la Tabla 9, los tramos de secciones con sus respectivas rugosidades.

TABLA 9 : Coeficientes de rugosidad de Manning para cada sección

Estación	Margen Derecha	Cauce Principal	Margen Izquierda
0+000 a 0+500	0.030	0.035	0.030

Fuente: ECAH Ingenieros

Para la determinación de las características hidráulicas: velocidad, tirante, entre otros parámetros, se bosquejó la línea de thalweg de acuerdo con el comportamiento actual del río en el momento de realizar la topografía, con su incidencia real ya sea en el banco izquierdo o derecho del cauce, para finalmente tener en cuenta la actuación del río Rímac en la construcción de la protección del talud con enrocado ubicada en la margen izquierda.

Luego de realizada la simulación hidráulica, se presentan los resultados de la Simulación de flujo permanente del Río Rímac a partir de la solución de la ecuación de energía mediante el método del paso estándar para el caso de flujo mixto. Se asume este comportamiento debido a que la pendiente promedio del tramo es igual a 1.3% y también puede incluir resaltos hidráulicos a lo largo del tramo de estudio. En la Figura 20 se presenta la distribución en planta de las secciones transversales.

FIGURA 20 : Distribución en planta de las secciones transversales

Fuente: ECAH Ingenieros

Luego, en la Figura 21, se presentan los resultados del perfil del flujo de agua, cuando se transita el caudal de máximas avenidas para el período de retorno de 100 años.

FIGURA 21 : Perfil del flujo de agua respecto a la línea thalweg

Fuente: ECAH Ingenieros

Posteriormente, en la Figura 22, se observa una de las 5 secciones generadas con los niveles de espejo de agua alcanzados en época de avenida para un período de retorno de 100 años.

FIGURA 22 : Sección transversal del Río Rímac con cota máxima de superficie de agua alcanzada

Fuente: ECAH Ingenieros

Al evaluar los resultados obtenidos para el caso de simulación hidráulica, se pueden encontrar a lo largo del tramo de estudio una velocidad máxima de 4.91 m/s, la misma que permitirá diseñar la defensa ribereña a proponer, teniendo en cuenta un periodo de retorno de 100 años.

El tirante máximo alcanzado es igual a 2.59 m, en la sección transversal, obtenido a partir del tránsito del caudal de máximas avenidas igual a 448.2 m³/s.

Asimismo, se realiza un análisis de transporte de sedimentos, el cual tiene incidencia directa en la determinación de la erosión generalizada, teniendo en cuenta la distribución en planta del alineamiento y secciones transversales, a lo largo del tramo de estudio del río Rímac. La erosión, tendrá incidencia en la medida de protección a considerar al pie de la defensa ribereña propuesta a lo largo de los 500m.

La erosión general se calculará para suelos granulares y un flujo con lecho móvil, debido a la gran cantidad de material que arrastra naturalmente y la pendiente que tiene el río de 1.3%. En la Tabla 10, se muestran los datos de entrada para el cálculo de la erosión general en las secciones transversales del tramo en estudio.

TABLA 10 : Datos de entrada para calcular la erosión general en las secciones transversales

Dm (mm)	300
B	0.9875
u	1.00
S (m/m)	0.01
N	0.04
A	3.25764407
Z	0.23749171
Tr (años)	100

Fuente: ECAH Ingenieros

A continuación, en la Figura 23, se muestran los perfiles del fondo de cauce general conocido como Cota de Fondo y el proceso de erosión general a lo largo del tramo de estudio, siendo la máxima erosión igual a 0.990 m.

FIGURA 23 : Perfil de socavación general

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Estudio de Suelos

3.2.4.1. Trabajos de Campo

3.2.4.1.1. Calicatas

Con la finalidad de determinar el Perfil Estratigráfico del área de estudio se han realizado tres calicatas: C-1, C-2 y C-3, las cuales fueron distribuidas convenientemente a lo largo del área, alcanzando la siguiente profundidad que se muestra en la Tabla 11.

TABLA 11 : Profundidad alcanzada de calicatas

Descripción	Profundidad (m)	Observaciones
P-1	5.50	Presencia de filtración de agua, subyaciendo suelo gravoso*

Fuente: ECAH Ingenieros)

3.2.4.2. Muestreo Disturbado

Se tomaron muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados, en cantidad suficiente como para realizar los ensayos estándar de clasificación e identificación de suelos. Asimismo, se extrajo muestras representativas de las calicatas

C-1 y C-2 del suelo gravoso para realizar el Ensayo de Corte Directo, Densidades Máximas y Mínimas y Análisis de Sales.

3.2.4.3. Registro de Excavaciones

Paralelamente al muestreo se realizó el registro de cada una de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como: espesor, humedad, plasticidad, etc.

3.2.4.4. Ensayos de Laboratorio

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos GEOS CONSULTORES ASESORES Y ASOCIADOS SAC de acuerdo con la siguiente relación:

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422
- Límite Líquido ASTM D-423
- Límite Plástico ASTM D-424
- Corte Directo ASTM D-3080
- Densidades Máximas y Mínimas
- Contenido de Humedad ASTM D-2216
- Análisis Químico del Contenido de Sales Agresivas al Concreto

3.2.4.5. Clasificación de Suelos

Los suelos se han clasificado de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), según se muestra en la Tabla 12 (resultados obtenidos para la Calicata C-1), Tabla 13 (resultados obtenidos para la Calicata C-2) y Tabla 14 (resultados obtenidos para la Calicata C-3)

TABLA 12 : Cuadro de Calicata C-1

Perfil	Profundidad (m)	Retención N°4	Pasa la N°200	LL	IP	SUCS	Tipo de Suelo
C-1	0.00 - 1.80	70.1	2.5	-	NP	GP	Natural
C-1	1.80 - 5.50	73.6	0.9	-	NP	GP	Natural

Fuente: ECAH Ingenieros

TABLA 13 : Cuadro de Calicata C-2

Perfil	Profundidad (m)	Retención N°4	Pasa la N°200	LL	IP	SUCS	Tipo de Suelo
C-2	0.00 - 1.50	71.4	2.4	-	NP	GP	Natural
C-2	1.50 - 5.50	73.9	1.0	-	NP	GP	Natural

Fuente: ECAH Ingenieros

TABLA 14 : Cuadro de Calicata C-3

Perfil	Profundidad (m)	Retención N°4	Pasa la N°200	LL	IP	SUCS	Tipo de Suelo
C-3	0.00 – 2.00	73.8	1.3	-	NP	GP	Natural
C-3	2.00 - 5.50	73.2	3.7	-	NP	GP	Natural

Fuente: ECAH Ingenieros

3.2.4.6. Resultados Obtenidos

En general se presenta superficialmente suelo gravoso de color beige húmedo, con gravas en un porcentaje de 71.4%, arena en un 26.2% y finos en un 2.4%, medianamente húmedo, semicompacto en un espesor de 0.00 a 1.80 m, subyaciendo suelo gravoso saturado con gravas subredondeadas, en un 73.9%, arena en un 25.1% y finos en un 1.0% en estado semicompacto a semisuelto, hasta la profundidad explorada de 5.50 m.

La profundidad de cimentación se ha tomado del estudio Hidrológico con una altura de socavación de 1.00 m, recomendándose una profundidad de cimentación por debajo de la socavación de 1.50 m, con respecto al nivel de lecho de río.

Para la cimentación del muro de contención de escollera se cimentó en suelo gravoso con filtraciones de agua, a una profundidad promedio de 1.50 m.

El asentamiento total es obtenido es de 0.55 m.

Para la determinación de los Empujes Laterales en estructuras enterradas se empleará un Coeficiente de empuje pasivo en reposo de $KO = 0.432$ (suelo gravoso).

Para la determinación de los Empujes Laterales en muros de contención se empleará un Coeficiente de empuje activo de $KA = 0.26$ (Relleno espaldón del dique)

El Módulo de reacción del suelo (K) coeficiente de balastro para suelos gravoso, para un CBR de 68%, el valor de $K = 17 \text{ Kg/cm}^3$.

Para el proceso constructivo de excavaciones se podrá realizar manualmente y/o empleo de equipo mecánico.

Se podrá emplear cemento Portland tipo I en la preparación del concreto de los cimientos.

Para los rellenos se podrá emplear material propio de río y/o de préstamo cantera, compactado al 95% de la máxima densidad seca del proctor modificado y/o rellenos fluidos consistentes en un mortero de baja resistencia.

El Distrito del Lurigancho, se encuentra en la Zona 4 del Mapa de Zonificación Sísmica del Perú. Donde S es el factor suelo con un valor de $S = 1.00$, para un período predominante de $T_p(s) = 0.4 \text{ seg}$, $T_L(s) = 2.5 \text{ seg}$. y Z es el factor de zona con un valor de $Z = 0.45$ g

A continuación, se presentan las Figuras 24, 25 y 26 las cuales muestran fotos obtenidas en campo de las calicatas C-1, C-2 y C-3 respectivamente.

FIGURA 24 : Calicata N°1

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 25 : Calicata N°2

Fuente : Elaboración propia

FIGURA 26 : Calicata N°3

Fuente: Elaboración propia

3.3. Exigencias Técnicas para la Construcción de Muro Enrocado

3.3.1. Consideraciones Técnicas

Las consideraciones técnicas para la construcción del Muro enrocado son descritas a continuación:

- Muro enrocado debe tener una altura de 4.00 m, un tirante máximo de 2.50 m, la base de la cimentación con 1.50 m de altura, 3.00 m de ancho –
- Un talud de 1:1.5. Contar con un Geotextil no tejido cubriendo la parte del talud de 5.70 m.
- Tener un filtro de gravilla de 0.80 m de espesor.
- Tener un relleno de afirmado de 1.15 m de espesor.

3.3.2. Método de diseño empleado

Para el diseño del Muro Enrocado, se ha considerado un periodo de retorno de diseño igual a 100 años, al que corresponde un caudal de diseño igual a 448.m³/s.

El análisis hidráulico se realizó teniendo en cuenta la simulación Hidráulica de flujo permanente gradualmente variado unidimensional, a partir de la ayuda del programa HEC-RAS v. 4.1, habiendo obtenido los siguientes parámetros más importantes:

- Y máx. = 2.59 m
- V máx. = 4.91 m/s

El ancho estable en la zona que corresponde a CPPQ SA, se calculó en 120 m de la Progresiva 0+000 hasta 0+290 y de 80 m. de la progresiva 0+290 hasta 0+500.

La socavación máxima generalizada alcanzada en el lecho del rio mediante método Lischtván - Lebediev⁴, fue igual a 0.99 m.

⁴ Criterio propuesto por Lischtván y Lebediev para la determinación de profundidades de erosión.

Finalmente, la defensa ribereña ha considerado un tirante máximo de 2.50 m y el galibo de 0.50 m, obteniendo una altura máxima de 3.00 m.

3.3.3. Presentación de resultados de Diseño

Mediante los métodos propuestos se obtiene la siguiente sección para el Muro Enrocado expuesta en la Figura 27. Se presenta también el plano de sección típica en el ANEXO 2.

Para la defensa ribereña de tipo Muro Enrocado, se diseñó un dique de enrocado con una altura de 4.00 m, un tirante máximo de 2.50 m, la base de la cimentación con 1.50 m de altura, 3.00 m de ancho y un talud de 1:1.5. A su vez, contó con un Geotextil no tejido cubriendo la parte del talud de 5.00 m y tuvo un filtro de gravilla de 0.80 m de espesor y un relleno de afirmado de 1.15 m de espesor.

FIGURA 27 : Detalle de Muro Enrocado

Fuente: HDC Ingeniería & Construcción SAC

Se puede apreciar en la imagen que las dimensiones para la cimentación del muro enrocado son de ancho 3.00 m y de altura 1.70 m ya que se consideró que la altura máxima de socavación del río es de 0.99m. Asimismo, se consideró el tirante máximo de 2.50 m y un galibo de 0.50 m.

CAPÍTULO IV: GUÍA CONSTRUCTIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MURO ENROCADO

En el presente capítulo se mostrará la guía que contempla las principales indicaciones a considerar para la construcción de defensas ribereñas mediante el sistema de Muro Enrocado. El propósito de esta guía es también establecer los requisitos técnicos que se deben cumplir.

4.1. Descripción general

La guía Constructiva para la Construcción de Muro Enrocado comprende mencionar las características de los materiales, mencionar los equipos a utilizar y los pasos necesarios para ejecutar este tipo de defensa ribereña de la manera óptima.

4.2. Consideraciones geométricas

La geometría del Muro de Enrocado debe estar considerados en los planos técnicos y estudios técnicos.

4.3. Materiales

Se presentan a continuación los requisitos técnicos que deben cumplir los materiales utilizados para la construcción del Muro Enrocado. En principio, se debe cumplir con las siguientes indicaciones.

Certificación de calidad

Los materiales empleados en obra deben contar con certificados en los cuales se indique que se cumpla con los requisitos de calidad establecidos. En caso, el supervisor solicite al contratista pruebas adicionales sobre cualquier material, a pesar de la existencia de certificados, el contratista debe cumplir con la solicitud. Asimismo, en caso no confirme las características indicadas en el certificado, el material debe ser rechazado y en caso haya sido instalado, deberá ser removido.

Transporte de materiales

Es importante, realizar con anticipación el pedido de materiales y coordinar con la empresa contratante las fechas y horas de llegada. Se deben mantener cantidades suficientes de cada material para no retrasar la duración de los trabajos bajo responsabilidad del contratista.

Se debe asegurar que el material sea transportado en vehículos cubiertos para evitar pérdidas durante el trayecto ya sea por viento o por acción humana. Estos vehículos deberán ser maniobrados por personal autorizada y capacitado, tanto para el recojo, transporte y descarga del material.

Asimismo, se debe cubicar⁵ el transporte para ser proporcionados con las cantidades que han sido solicitadas.

4.3.1. Afirmado para conformación de talud

Los agregados para la construcción del afirmado deberán ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométricas mostrada en la siguiente Tabla 15:

TABLA 15 : Características granulométricas para cada tipo de afirmado

Porcentaje que pasa Tamiz	Tipo 1 Re>50 veh	Tipo 2 Re>51- 50 veh	Tipo 3 Re>101 - 200 veh
2"	100	100	-
1 1/2"	38	95 -100	100
1"	50 - 80	75 - 95	90 - 100
3/4"			65 - 100
1/2"			
3/8"		40 - 75	45 - 80
Nº 4	20 - 50	30 - 60	30 - 65
Nº 8			
Nº 10		20 - 45	22 - 52

⁵ Realizar mediciones del transporte en las dimensiones de largo, ancho y altura para obtener la capacidad en metros cúbicos (m3)

Nº 40		15 - 30	15 - 35
Nº 200	4 - 12	5 - 15	5 - 20
Índice de Plast.	4 - 9	4 - 9	4 -9

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Para el caso del porcentaje que pasa el tamiz 75 um (Nº 200), se tendrá en cuenta las condiciones ambientales locales (temperatura y lluvia), especialmente para prevenir el daño por la acción de las heladas.

Será necesario tener porcentajes más bajos al especificado que pasa el tamiz 75 um (Nº 200), por lo que, en caso no lo determine el proyecto, el supervisor deberá fijar y aprobar los porcentajes apropiados.

Además, deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110)
- Índice de Plasticidad: 4 - 9 (MTC E 111)
- CBR (1): 40% mín. (MTC E 132)
- Equivalente de Arena: 20% mín. (MTC E 114)

4.3.2. Geotextil

El material de membrana de fibra sintética o Geotextil tiene la función principal de este material es de actuar como elemento separador entre las capas de afirmado y la de agregado grueso. De esta manera, sirve como elemento drenante y protector, evita la contaminación del material de filtro.

El geotextil debe cumplir con la Norma AASHTO M-288-96 y con los requerimientos mostrados en la Tabla 16.

TABLA 16 : Requerimientos de Supervivencia

Propiedad	Ensayo	Unid.	Requerimiento Geotextil (MARV)					
			Clase 1		Clase 2		Clase 3	
			E <50%	E >50%	E <50%	E >50%	E <50%	E >50%
Resistencia Grab	ASTM D4632	N	1400	900	1100	770	800	500
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D4533	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia al punzonamiento	ASTM D4833	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia “Burst” (estallido)	ASTM D3786	Kpa	3500	1700	2700	1300	2100	950
Resistencia a la costura	ASTM D4632	N	12600	810	990	630	720	450

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

4.3.3. Agregado grueso

El material para construcción solicitado, con respecto al agregado grueso o piedra chancada, debe cumplir los siguientes Ensayos, según normas de ingeniería.

- El material solicitado debe cumplir estrictamente las medidas indicadas.
- El proveedor deberá presentar el análisis granulométrico del laboratorio del bien requerido a fin de sustentar los requerimientos técnicos mínimos.

Granulometría: La piedra chancada de ½” a ¾” deberá cumplir la siguiente granulometría mostrada en la Tabla 17.

TABLA 17 : Tabla de Granulometría

Tamiz U.S. Standar	Dimensión de malla en mm	Porcentaje de peso que pasa
2”	50	-

1 ½"	38	100-100
1"	25	90-100
¾"	19	40-85
½"	13	10-40
⅜"	10	0-15
¼"	6	0-10
Nº 4	4.8	0-5
Nº 8	2.4	0-0
Nº 200	0.074	0-5

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas

Tamaño Máximo: El tamaño máximo nominal es de 1/2" a 3/4", textura granular, gradación heterométrica, forma angulosa, dureza de 39° y un módulo de fineza de 3.55

- Granulometría del material.
- Determinación de Modulo de fineza del material según normas técnicas de ingeniería.
- Peso unitario del material.
- Peso específico del material.
- Contenido de Humedad de Material.
- Peso Volumétrico de las partículas finas del Material.
- Variación en el contenido óptimo de Humedad del Proctor Modificado +/- 1-5%; (CBR).

Ensayos Especiales:

- Ensayo de abrasión los ángeles.
- Durabilidad con sulfatos.
- Sales solubles totales y materia orgánica de los agregados.

4.3.4. Roca

El material debe cumplir lo siguiente con respecto a sus características físicas:

Resistencia: El material utilizado para el enrocado consistirá en roca sólida y no deleznable resistente a la abrasión de grado “A” según se determina por el “Ensayo de Los Ángeles” (menos de 35% de pérdidas en peso después de 500 revoluciones).

Tamaño: Se distinguen diversos tamaños de roca, se empleará un diámetro nominal variable entre 0.7m y 1.5 m, correspondiendo el diámetro menor al sector de menor sección transversal.

Forma: La forma de la roca será irregular, con una dimensión ligeramente mayor y con una cara plana, que quedará expuesta, evitando las rocas de tipo redondeado. La roca presentará aristas vivas o angulosas de 0.10m como mínimo.

Material encontrado (roca) durante la ejecución de la obra

Para el presente proyecto debido a que se hace uso de rocas de dimensiones medianas y grandes, se puede hacer uso de estos materiales encontrados en el área de ejecución del proyecto. Asimismo, se debe quedar en conformidad con el supervisor según las características del material encontrado mostrados en la Tabla 18 sobre la meteorización⁶ de la roca.

TABLA 18 : Meteorización de la roca

Grado	Denominación	Criterio de Reconocimiento
I	Roca sana o fresca	La roca no presenta signos visibles de meteorización, pueden existir ligeras pérdidas de color o pequeñas manchas de óxidos en los planos de discontinuidad.
II	Roca ligeramente meteorizada	La roca y los planos de discontinuidad presentan signos ligeros de decoloración. Toda la roca ha podido perder su color debido a la meteorización y superficialmente ser más débil que la roca sana.
III	Roca moderadamente meteorizada	Menos de la mitad del material está descompuesto a suelo. Aparece roca sana o ligeramente meteorizada de forma continua o en zonas aisladas.

⁶ La meteorización es la desintegración y descomposición de la roca (E. J. Monkhouse: 1978)

IV	Roca meteorizada a muy meteorizada	Más de la mitad del material está descompuesto a suelo. Aparece roca sana o ligeramente meteorizada de forma discontinua.
V	Roca completamente meteorizada	Todo el material está descompuesto a un suelo. La estructura original de la roca se mantiene intacta.
VI	Suelo residual	La roca está totalmente descompuesta en un suelo y no puede reconocerse ni la textura ni la estructura original. El material permanece “in situ” y existe un cambio de volumen importante. El material puede ser fácilmente disgregado con las manos.

Fuente: Borelli: 2013

Se recomienda usar roca con grado de meteorización perteneciente a las categorías “sana o fresca” o “ligeramente meteorizada”, es decir $\leq$ Grado II.

Es de gran importancia reconocer la cantera más cercana a la obra. La primera opción es siempre buscar información a través de la web; sin embargo, no se debe omitir la búsqueda de información en las zonas aledañas a la obra. También es importante consultar con pobladores de la zona y comparar los resultados

4.4. Equipos

A continuación, se detalla la información que se debe contar con respecto a la maquinaria pesada:

4.4.1. Excavadora

Las características que se deben conocer sobre la excavadora son las siguientes:

- Potencia
- Estado de cuchara
- Estado de tren de rodamiento

Considerando el buen estado de la cuchara y del tren de rodamiento, se debe proceder a seleccionar unidades con potencia mayor a 150 HP, las cuales realizarán sin ningún problema los trabajos de selección, acopio y carguío de las rocas.

4.4.2. Cargador Frontal

Las características que se deben conocer sobre el cargador frontal son las siguientes:

- Potencia
- Estado de cuchara
- Estado de neumáticos

Considerando el buen estado de la cuchara y de los neumáticos, se debe proceder a seleccionar unidades con potencia mayor a 160 HP, las cuales realizarán sin ningún problema los trabajos de selección, acopio y carguío de las rocas.

4.4.3. Camión volquete

Las características que se deben conocer sobre los camiones volquete son las siguientes:

- Capacidad de tolva
- Estado de tolva
- Estado de neumáticos

Considerando el buen estado de la tolva y de los neumáticos, se debe proceder a seleccionar unidades con capacidades de tolva mayor a 10 m³.

4.4.4. Tractor sobre orugas

Las características que se deben conocer sobre el tractor sobre orugas son las siguientes:

- Potencia
- Estado de lampón
- Estado de tren de rodamiento

Considerando el buen estado de la cuchara y del tren de rodamiento, se debe proceder a seleccionar unidades con potencia mayor a 150 HP, las cuales realizarán sin ningún problema los trabajos de selección, acopio y carguío de las rocas.

4.4.5. Camión remolque

Se tiene que considerar la capacidad de carga del remolque, con la finalidad que no se presenten restricciones en la movilización y desmovilización.

4.4.6. Equipos complementarios

Con la finalidad de complementar los trabajos de la maquinaria pesada y lograr una intervención oportuna y eficaz, se puede hacer uso de:

- Equipo de luminaria: para trabajos en zonas de difícil iluminación o se desee asignar trabajos nocturnos.
- Camión cisterna: muy útil ante la eventualidad de escasez de agua en la obra.

4.4.7. Rendimiento de equipos

Asimismo, se considera mostrar en la presente guía, los rendimientos de los equipos mencionados, pertenecientes a la marca CAT (Ferreyros).

4.4.7.1. Excavadora

El rendimiento de las máquinas excavadoras se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$R_E = \frac{Q_E \times E \times 3600}{T_E(1 + FH)}$$

Donde:

R_E : Rendimiento de máquina Excavadora (m³/h)

Q_E : Capacidad del cucharón de máquina Excavadora (m³)

E : Factor de Eficiencia

T_E : Tiempo del ciclo de máquina Excavadora (seg)

FH : Factor de altura

Se presenta en el ANEXO 3, las tablas correspondientes para determinar los valores de Q_E , E , T_E y FH .

4.4.7.2. Cargador Frontal

El rendimiento de las máquinas de cargador frontal se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$R_{CF} = \frac{Q_{CF} \times E \times 3600}{T_{CF}(1 + FH)}$$

Donde:

R_{CF} : Rendimiento de máquina Cargador Frontal (m³/h)

Q_{CF} : Capacidad del cucharón de máquina Cargador Frontal (m³)

E : Factor de Eficiencia

T_{CF} : Tiempo del ciclo de máquina Cargador Frontal (seg)

FH : Factor de altura

Se presenta en el ANEXO 4, las tablas correspondientes para determinar los valores de Q_{CF} , E , T_{CF} y FH .

4.4.7.3. Camión Volquete

El rendimiento de las máquinas de cargador frontal se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$R_V = \frac{J \times Q_V \times E}{8 T_V(1 + FH)}$$

Donde:

R_V : Rendimiento de máquina Camión Volquete (m³/h)

J : Jornal laboral diario (min)

Q_V : Capacidad del Camión Volquete (m³)

E : Factor de Eficiencia

T_V : Tiempo del ciclo de máquina Camión Volquete (min)

FH : Factor de altura

Se presenta en el ANEXO 5, las tablas correspondientes para determinar los valores de Q_V , E , T_V y FH . Además, se puede calcular el número de viajes para un día de trabajo, mediante la siguiente fórmula.

$$V_D = \frac{J \times R_V}{Q_V}$$

Donde:

V_D : Viajes para un día de trabajo (und)

J : Jornal laboral diario (h)

R_V : Rendimiento de máquina Camión Volquete (m³/h)

Q_V : Capacidad del Camión Volquete (m³)

4.4.7.4. Tractor sobre oruga

El rendimiento de las máquinas de cargador frontal se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$R_T = \frac{29 \times h^2 \times L \times E}{T_T(1 + FH)}$$

Donde:

R_T : Rendimiento de máquina Tractor sobre oruga (m³/h)

h : Altura de la hoja del Tractor sobre oruga (m)

L : Longitud de la hoja del Tractor sobre oruga (m)

E : Factor de Eficiencia

T_T : Tiempo del ciclo de máquina Tractor sobre oruga (min)

FH : Factor de altura

Además, se define el rendimiento de la máquina por cada ciclo de trabajo mediante la siguiente fórmula.

$$q = \frac{0.405 \times h^2 \times L}{\tan \alpha}$$

Donde:

q : Rendimiento de máquina Tractor sobre oruga por un ciclo de trabajo (m3)

h : Altura de la hoja del Tractor sobre oruga (m)

L : Longitud de la hoja del Tractor sobre oruga (m)

α : Ángulo de trabajo

Se presenta en el ANEXO 6, las tablas correspondientes para determinar los valores de h , L , E , T_T y FH .

4.5. Aspectos constructivos para construcción del muro de enrocado

4.5.1. Movilización y desmovilización de equipos y maquinarias

La presente partida se realiza antes de iniciar la construcción y corresponde al traslado de equipos necesarios para la ejecución del proyecto. Se incluye en esta partida la carga, el transporte, la descarga, manipuleo, operadores, permisos y seguros requeridos.

Los equipos pesados pueden ser transportados en camiones de cama baja, mientras que el equipo liviano puede también transportarse a la obra por sus propios medios. Para esta partida se considera lo siguiente:

- El contratista debe someter a inspección el equipo mecánico ofertado antes de transportarlo al sitio de la obra.

- El equipo, al ser ubicado en obra, será revisado por la entidad contratante y al encontrarse deficiencias en cuanto a su condición y operatividad, éste será rechazado. El rechazo del equipo no tiene derecho a reclamo.
- El contratista deberá reemplazar el equipo defectuoso, por otro de similares características en buenas condiciones de operación.
- Se debe exigir al operario los certificados de operatividad de la máquina, así también como los seguros de SCTR⁷ y EMO⁸.

Es necesario recopilar información acerca de empresas que brindan servicios de alquiler y tener en cuenta tanto los precios de alquiler de la máquina como el precio del flete. Es posible, que el costo del flete sea compensado por el costo de alquiler de la máquina por día.

4.5.2. Trazo y replanteo durante la ejecución de obra

La presente partida se divide en 2 etapas: la primera etapa corresponde al levantamiento topográfico y la segunda etapa corresponde al control de puntos de referencia durante la ejecución de la obra.

4.5.2.1. Levantamiento Topográfico

Esta etapa corresponde al levantamiento topográfico de la zona de estudio. Los resultados obtenidos en el estudio topográfico perteneciente a estudios preliminares pueden servir como referencia mas no son definitivos. El contratista es responsable del replanteo topográfico que será revisado y aprobado por el supervisor.

Asimismo, se definen las siguientes consideraciones:

- El contratista deberá instalar puntos de control topográfico enlazado a la Red Geodésica Nacional GPS en el Sistema WGS84, estableciendo en cada uno de ellos sus respectivas coordenadas UTM.
- En caso el proyecto haya sido elaborado en otro sistema, este deberá ser replanteado en el sistema WGS84.

⁷ SCTR: Seguro Contra Todo Riesgo

⁸ EMO: Exámen Médico Ocupacional

- Los resultados obtenidos deberán estar disponibles en todo momento para la revisión y control del supervisor.

En la Tabla 19, se definen los requerimientos para los recursos utilizados en la presente partida.

TABLA 19 : Requisitos para los tipos de recursos en la
partida Levantamiento Topográfico

Tipo de Recurso	Requisitos
Personal	<ul style="list-style-type: none"> - El personal deberá estar calificado para cumplir los trabajos en el tiempo establecido. - Se establecerán cuadrillas de topografía suficientes en cantidad para brindar un correcto flujo de operaciones que permitan cumplir con los tiempos de ejecución estipulados en el cronograma. - Las cuadrillas estarán bajo el mando y control de un ingeniero especialista en topografía.
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar el equipo de trabajo necesario para la magnitud del proyecto, que permita cumplir con las exigencias establecidas. - Proveer el equipo de soporte para el cálculo, procesamiento y dibujo.
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> - Proveer suficientes materiales y herramientas necesarias para la cimentación, estacado y pintura. - Las estacas deben contar con área suficiente para anotar marcas legibles para el personal del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

El levantamiento topográfico considerado en esta partida es debido a los cambios originados naturalmente por acción del río, el cual ocasiona problemas de erosión del talud del río y acumulaciones de material en la orilla de este.

Asimismo, se recomienda la identificación de puntos críticos que puedan estar en peligro de ser afectados ante un eventual incremento del caudal del río, mediante esta información, se podrán definir las zonas de acopio donde posteriormente se colocarán las rocas.

Por otro lado, en los últimos años, surge el uso de Drones⁹ como método de medición ya que implica menores horas de trabajo para áreas muy extensas, pudiendo obtener el levantamiento topográfico de áreas de 6 hectáreas hasta en 2 días. Sin embargo, existe la desventaja de solo poder usar este sistema en zonas despejadas, además, que en muchos proyectos no es posible acceder a este servicio ya que dicho sistema aún no tiene mayor arraigo en nuestro país.

Finalmente, es importante definir el grado de detalle de la obtención de puntos ya que es directamente proporcional al precio del servicio.

4.5.2.2. Control de puntos de referencia durante la ejecución de la obra

Esta partida implica los trabajos de control de puntos de referencia durante la ejecución de la obra, en donde resulta primordial lo siguiente:

- Controlar los niveles de talud del enrocado.
- Controlar los niveles de profundidad de excavación.
- Dejar las Plantillas en la zona de intervención.
- Realizar los trabajos de gabinete para comparar los resultados dados en campo.

4.5.3. Movimiento de tierras

4.5.3.1. Encauzamiento

Los trabajos de encauzamiento consisten en alinear, acomodar, ampliar o profundizar los cauces del río para que las aguas no interrumpan los trabajos posteriores. Se compone de las siguientes fases:

- Fase 1: Remoción del terreno acumulado en la orilla del río. Con la ayuda de la excavadora se carga el material acumulado en el cauce del río.
- Fase 2: Formación de montículo conformado por material de río para desviar el flujo.

⁹ Drone: vehículo aéreo no tripulado

Esta partida implica los trabajos de maquinaria y también de un personal guía. Previamente al inicio de los trabajos de encauzamiento, se debe orientar al operario de la máquina mediante señales colocadas en el área que se desea remover. Aportar buena visibilidad de trabajo y definir las zonas de remoción y colocación de material para producir el mínimo número de movimientos que sea posible.

La labor del ayudante es guiar al operario de la máquina, sobre todo, por el tránsito de las demás personas pertenecientes al equipo de trabajo.

4.5.3.2. Descolmatación

Los trabajos de descolmatación consisten en la remoción del material excedente acopiados en la orilla del río y volver al cauce natural. Está compuesto por las siguientes fases:

- Fase 1: Remover el material hasta llegar al nivel natural del cauce del río.
- Fase 2: Controlar los niveles de remoción para no sobrepasar los niveles de profundidad.
- Fase 3: Acopiar el material excedente en puntos estratégicos.

Esta partida implica los trabajos de maquinaria y también de un personal guía. Previamente al inicio de los trabajos de descolmatación, se debe orientar al operario de la máquina mediante señales colocadas en el área que se desea remover. Aportar buena visibilidad de trabajo y definir las zonas de remoción y colocación de material para producir el mínimo número de movimientos que sea posible.

La labor del ayudante es guiar al operario de la máquina, sobre todo, por el tránsito de las demás personas pertenecientes al equipo de trabajo.

4.5.3.3. Corte de relleno

El corte de relleno debe realizarse con equipos mecánicos como, cargadores frontales y excavadores. Se deben considerar las siguientes indicaciones.

- Fase 1: Remoción de arbustos, piedras, maleza para que el talud este totalmente limpio.
- Fase 2: Perfilado del talud natural del río a la pendiente requerida en el diseño del muro enrocado.

Hay que considerar que los niveles deben estar determinados y controlados por el topógrafo.

4.5.3.4. Excavación para la cimentación del muro enrocado

Los trabajos de excavación comprenden el retiro de material de las zonas donde se colocará la cimentación del muro. Está comprendido por las siguientes fases:

- Fase 1: Excavación de la zona de cimentación.
- Fase 2: Control topográfico para revisar los niveles de excavación.
- Fase 3: Acopio de material excedente

La profundidad de excavación está determinada por el nivel de erosión del río expuesto en el Capítulo 3 – Estudio Hidrológico. La operación de la maquinaria irá acompañada de un personal que servirá de guía durante los trabajos.

4.5.3.5. Retiro de rocas existentes

La presente partida corresponde al retiro de rocas que impiden el área de trabajo tanto en el cauce del río (al momento de excavar) o en el talud existente (al momento de perfilar y brindarle la pendiente requerida). La partida está compuesta por las siguientes fases:

- Fase 1: Retiro de rocas existentes en el cauce del río y/o talud.
- Fase 2: Seleccionar las rocas que se considere “buenas” para posteriormente darle uso.
- Fase 3: Acopiar las piedras que se usarán posteriormente a 15 m del margen del río. La distancia de colocación de las rocas extraídas es muy importante para los trabajos siguientes de colocación de roca en el muro enrocado.

Se presenta a continuación en la Tabla 20, las consideraciones necesarias para el retiro de rocas existentes en las zonas del Cauce y Talud del río.

TABLA 20 : Consideraciones retiro de rocas existentes

Zona de retiro de rocas	Retirar	No retirar
Cauce del río	Retirar las rocas en buen estado, sin excepción de zonas.	No hay restricciones
Talud	Si está flotando fuera del talud natural	Si está empotrado en el talud natural

Fuente: Elaboración propia

4.5.3.6. Eliminación de material excedente

Se deben considerar las siguientes indicaciones:

- El carguío se debe darse con maquinaria como retroexcavadora, excavadora o cargador frontal.
- La eliminación se realiza con volquetes de 20 m³ de capacidad. Para luego realizar la descarga debe darse en botaderos especificados por el supervisor.
- El material excedente en caso sea necesario se puede usar como material de relleno, pero antes debe estar zarandeado.

4.5.4. Construcción del muro enrocado

4.5.4.1. Conformación de talud en margen del Río

Luego de haber realizado el corte de talud y haber definido su geometría la cual está definida en los estudios de diseño, se procede a la colocación del material de afirmado.

Esta partida se distribuirá en las siguientes fases:

- Fase 1: Establecer 70 metros longitudinales de muro o en su defecto, 100 metros lineales como máximo.
- Fase 2: Verter el afirmado en la zona de inclinación.

- Fase 3: Compactar el afirmado hasta llegar a una altura inclinada de 30 a 50 cm y considerando la pendiente del talud requerida.
- Fase 4: Continuar con las distintas capas hasta llegar a la altura total del talud.

Para la conformación del talud con la capa de afirmado será necesario el uso de 1 pisón manual para compactar las capas de afirmado. El pisón manual deberá tener una plataforma de 30 x 30 cm, según las consideraciones indicadas. El uso de agua es también de suma importancia para la compactación del afirmado. No se debe continuar con la siguiente capa si es que no se llega al grado de compactación requerido.

4.5.4.2. Colocación de geotextil

Luego de terminar la partida de conformación de talud en su totalidad, se procede con la partida de colocación de geotextil, para lo cual se debe considerar lo siguiente:

- Fase 1: Transportar el rollo de geotextil mediante una retroexcavadora o cargador frontal y colocarlo en la plataforma, a la altura de la zona donde será colocado.
- Fase 2: Colocar el geotextil en el talud inclinado cuando el terreno se haya preparado adecuadamente. El geotextil se deberá extender directamente sobre la superficie preparada.
- Fase 3: Si es necesario colocar más de un rollo de geotextil se deberán traslapar o coser según lo ordenado por el Supervisor.

El traslape deberá ser mínimo de treinta centímetros (0.30 m) en ambas direcciones, tanto longitudinal como transversal, en caso el expediente técnico no indique lo contrario. Asimismo, el rollo de geotextil debe estar cubierto o en zonas de sombras, evitar su exposición a los rayos solares.

4.5.4.3. Colocación de filtro con agregado grueso

En la presente partida se debe considerar lo siguiente:

- Fase 1: Colocar el agregador grueso con maquinaria como cargador frontal, excavadoras y retroexcavadoras, sobre el geotextil tendido.

- Fase 2: Expandir el agregado grueso para evitar vacíos y alcanzando la altura de 1.00 m

El agregado grueso como material de filtro debe ser colocado detrás de los muros de contención, enrocados u otras estructuras sometidas a empujes laterales.

Finalmente, el material debe estar limpio sin presencia de residuos finos y se debe controlar las alineaciones, cotas y dimensiones indicadas en los diseños u ordenadas por el Supervisor.

4.5.4.4. Colocación de la base y cuerpo del muro con material enrocado

La partida de colocación de roca será dividida en dos etapas las cuales son: Habilitación de Roca y Colocación de la roca.

4.5.4.4.1. Habilitación de roca

La presente partida corresponde a los trabajos realizados por los operarios picapedreros, y se debe considerar lo siguiente:

- Los operarios deben proporcionar las rocas en sus dimensiones requeridas.
- El supervisor o personal autorizado debe considerar controlar los rendimientos mínimos por día.
- Se debe transportar las rocas ya cortadas con la excavadora y el cargador frontal para formar los montículos de piedras a utilizarse.

4.5.4.4.2. Colocación de roca

La presente partida corresponde a la colocación de las rocas que conforman el Muro Enrocado, para lo cual se debe considerar lo siguiente:

- Las rocas deben estar colocadas o acomodadas con ayuda de equipos mecánicos como, cargadores frontales, excavadores.
- Primero se debe colocar rocas que van en la cimentación sirviendo de “cuña” al pie de los taludes.
- Se debe respetar las alineaciones, cotas y dimensiones indicadas en los diseños u ordenadas por el Supervisor

- Las rocas deben estar colocadas por niveles de 1m después de haber colocado la cimentación. Además, deben tener una cama de hormigón para que las rocas puedan asentarse y amarrarse con las demás rocas que se colocaran.

Control de procedimiento: Debe verificarse la correcta colocación de cada uno de los bloques, tratando de obtener la máxima unión entre ellos y el mínimo volumen de huecos que sea posible. En esta labor resulta fundamental el operario auxiliar que debe estar presente en las diferentes fases de ejecución.

Al concluir cada una de las hiladas y al finalizar los trabajos del muro, se harán controles visuales.

4.6. Diagrama de Secuencia Constructiva

Se presenta en la Figura 28, el esquema de la secuencia constructiva para la Construcción del Muro Enrocado.

FIGURA 28 : Diagrama de Secuencia Constructiva para la
Construcción del Muro Enrocado

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: CASO PRÁCTICO

CONSTRUCCIÓN DE MURO ENROCADO

En el presente capítulo se presentará el Proyecto, objeto del estudio, considerando la guía constructiva mostrada en el capítulo anterior.

5.1. Datos del proyecto

Obra: Construcción de Muro de Enrocado en la Planta de CPPQ SA en Ñaña.

Monto: S/ 677,879.87

Plazo de Ejecución: 90 días calendario.

5.2. Proceso constructivo del Sistema de Muro Enrocado

5.2.1. Transporte de materiales y herramientas

Equipo utilizado : 4 Volquete de 4 ejes

Dimensiones : 6.00 m (Longitud), 2.00 (Ancho) y 1.50 m (Altura)

Capacidad total : 20 m³

Distancia a la cantera : 3.2 km

Rendimiento : 4 viajes/día/volquete

Para el presente proyecto que comprende la construcción del muro enrocado se utilizaron los siguientes materiales:

- Afirmado (cuyo certificado de calidad se encuentra en el ANEXO 7)
- Geotextil No tejido 400 gr/cm² (cuyo certificado de calidad se encuentra en el ANEXO 8)
- Roca Mediana (cuyo certificado de calidad se encuentra en el ANEXO 9)

- Piedra chancada de 1/2" (cuyo certificado de calidad se encuentra en el ANEXO 10)

Se presenta en las Figura 29, llegada de material de piedra chancada de 1/2" y en la Figura 30, llegada de material de roca grande.

FIGURA 29 : Llegada de material de piedra chancada de 1/2"

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 30 : Llegada de material de roca grande

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Movilización y desmovilización de equipos y maquinarias

Equipo utilizado : Camión de cama baja de 3 ejes o 4 ejes

Capacidad : 40 TN

Rendimiento : 1 viaje/día

Los equipos utilizados para el presente proyecto fueron los siguientes:

- 3 Excavadoras de 200 HP Marca CAT, cuchara de 1.3 m³
- 1 Tractor Tipo Oruga de 400 HP Marca CAT
- 1 Cargador Frontal de 210 HP Marca CAT, cuchara de 4.3 m³

Se presenta en las Figura 31, la movilización de equipos con un camión de cama baja de 3 ejes y en la Figura 32, la movilización de equipos con el camión de cama baja de 4 ejes

FIGURA 31 : Movilización de equipos con camión con cama baja de 3 ejes

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 32 : Movilización de equipos con camión con cama baja de 4 ejes

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del presente proyecto se determinó el alquiler de máquinas de una empresa ubicada en Chorrillos, ya que, a pesar de la lejanía del lugar, que implica mayor precio del flete, este precio se compensaba y hasta se optimizaba con el costo del alquiler de la máquina por día.

5.2.3. Trazo y replanteo durante la ejecución de obra

La presente partida se divide en 2 etapas: la primera etapa corresponde al levantamiento topográfico y la segunda etapa corresponde al control de puntos de referencia durante la ejecución de la obra.

5.2.3.1. Levantamiento Topográfico

Esta etapa corresponde al levantamiento topográfico de la zona de estudio. Esta implica, tomando como referencia el margen izquierdo del Río Rímac, los 10.00 m que corresponden al ancho de la plataforma hasta los 30.00 m hacia el eje del río, tal como se muestra en la Figura 33.

FIGURA 33 : Área comprendida para el estudio

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene un total de:

$$\text{Área}_{total} = (10 + 30) \times 500 = 40 \times 500 = 20,000 \text{ m}^2$$

Para la presente partida se utilizaron los siguientes recursos mostrados en la Tabla 21 correspondientes a la mano de obra.

TABLA 21 : Mano de obra utilizada para la partida
Trazo y replanteo durante la ejecución de obra

Mano de Obra					
Tipo	Cantidad (und)	Rendimiento (m2/hora)	Rendimiento (m2/día)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Topógrafo	1	170	1,360	15	120
Peón	2				

Fuente: Elaboración propia

Se detalla en la Tabla 21 que la presente partida implica los trabajos de un topógrafo, quien está encargado del levantamiento de la zona en estudio y de 2 ayudantes los cuales participarán de la toma de puntos. Para los 20,000 m2 totales correspondientes al área de estudio se requerirán 15 días de trabajo para la cuadrilla mostrada (1 topógrafo + 2 ayudantes)

Por otro lado, se detalla en la Tabla 22, los recursos utilizados correspondiente a equipos.

TABLA 22 : Equipo utilizado para la partida
Trazo y replanteo durante la ejecución de obra

Equipo			
Tipo	Cantidad (und)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Estación Total Topcon Link	1	15	120
Prismas	2		
Jalones	2		
Trípode	2		
Brújula	1		

Fuente: Elaboración propia

Se presenta en las Figuras 34 y 35, los trabajos de trazo y replanteo previos al inicio de la obra.

FIGURA 34 : Trazo y replanteo requerido para el levantamiento topográfico

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 35 : Trazo y replanteo requerido para el levantamiento topográfico

Fuente: Elaboración propia

5.2.3.2. Control de puntos de referencia durante la ejecución de la obra

Se puede visualizar en las tablas 23 y 24, que se mantienen los recursos para la presente partida; sin embargo, cambia la cantidad de horas trabajadas.

TABLA 23 : Mano de obra utilizada para la partida
Control de puntos de referencia durante la ejecución de obra

Mano de Obra					
Tipo	Cantidad (und)	Rendimiento (m2/hora)	Rendimiento (m2/día)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Topógrafo	1	100	800	20	160
Peón	2				

Fuente: Elaboración propia

TABLA 24 : Equipo utilizado para la partida
Control de puntos de referencia durante la ejecución de obra

Equipo			
Tipo	Cantidad (und)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Estación Total Topcon Link	1	20	160
Prismas	2		

Jalones	2		
Trípode	2		
Brújula	1		

Fuente: Elaboración propia

La cuadrilla de topografía para la partida de control de puntos de referencia asistía a la obra esporádicamente, es por ello, el cambio de días y horas trabajas totales.

5.2.4. Movimiento de tierras

5.2.4.1. Encauzamiento

Se presenta en la Tabla 25, la mano de obra requerida en la partida de encauzamiento.

TABLA 25 : Mano de obra utilizada para la partida Encauzamiento del Río

Mano de Obra			
Tipo	Cantidad (und)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Peón	1	10	80

Fuente: Elaboración propia

La labor del ayudante es guiar al operario de la máquina, sobre todo, por el tránsito de los demás personales. No se considera Operario de equipo pesado debido a que ya está incluido dentro del costo del equipo.

Luego se presente en la Tabla 26, el equipo utilizado en la presente partida.

TABLA 26 : Equipo utilizado para la partida Encauzamiento del Río

Equipo				
Tipo	Cantidad (und)	Rendimiento (m3/día)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Excavadora 200 HP CAT	1	250	6	48

Fuente: Elaboración propia

Se puede visualizar en la Figura 36, el proceso de encauzamiento del río y en la Figura 37, la finalización de los trabajos correspondientes de la partida mostrando el río ya encauzado.

FIGURA 36 : Encauzamiento del río

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 37 : Trabajos de Encauzamiento finalizados

Fuente: Elaboración propia

5.2.4.2. Descolmatación

La mano de obra requerida para la descolmatación del río se muestra en la Tabla 27.

TABLA 27 : Mano de obra utilizada para la Descolmatación del Río

Mano de Obra			
Tipo	Cantidad (und)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Peón	1	10	80

Fuente: Elaboración propia

La labor del ayudante es guiar al operario de la máquina, sobre todo, por el tránsito de los demás personales. No se considera Operario de equipo pesado debido a que ya está incluido dentro del costo del equipo.

Se presente en la Tabla 28, el equipo utilizado para la descolmatación del río.

TABLA 28 : Equipo utilizado para la Descolmatación de Río

Equipo				
Tipo	Cantidad (und)	Rendimiento (m3/día)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Tractor de Oruga 400 HP CAT	1	350	7	56

Fuente: Elaboración propia

El tractor tipo oruga es el equipo adecuado para la descolmatación del río ya que su función es la de remover el material acopiado naturalmente en la orilla del río. Se muestran en las Figuras 38 y 39 los procesos de descolmatación del río.

FIGURA 38 : Descolmatación de río – Imagen 1

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 39 : Descolmatación de río – Imagen 2

Fuente: Elaboración propia

5.2.4.3. Corte de relleno

Para la presente partida se utilizaron los siguientes recursos correspondientes a la mano de obra expuestos en la Tabla 29.

TABLA 29 : Mano de obra utilizada para la partida Corte de terreno

Mano de Obra			
Tipo	Cantidad (und)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Oficial	2	25	200

Fuente: Elaboración propia

Se presenta en la Tabla 30, el equipo utilizado para la presente partida.

TABLA 30 : Equipo utilizado para la partida Corte de terreno

Equipo				
Tipo	Cantidad (und)	Rendimiento (m/día)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Excavadora 200 HP CAT	2	10	25	200

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza en la Figura 40, el trabajo realizado con la excavadora el perfilado de talud y en la Figura 41, el corte del terreno.

FIGURA 40 : Trabajos de perfilado de talud durante la partida Corte de Terreno

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 41 : Retiro de material excedente durante la partida Corte de Terreno

Fuente: Elaboración propia

5.2.4.4. Excavación para la cimentación del muro enrocado

La mano de obra requerida para los trabajos de excavación se expone en la Tabla 31.

TABLA 31 : Mano de obra utilizada para la partida de Excavación

Mano de Obra			
Tipo	Cantidad (und)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Oficial	2	11	88

Fuente: Elaboración propia

Luego, en la Tabla 32, se muestra el equipo utilizado para la presente partida.

TABLA 32 : Equipo utilizado para la partida de Excavación

Equipo				
Tipo	Cantidad (und)	Rendimiento (m3/día)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Excavadora 200 HP CAT	2	350	11	88

Fuente: Elaboración propia

Cada Excavadora 200 HP Marca CAT trabajaba con 1 oficial, cuya labor es de controlar los niveles de excavación operados por la máquina y orientar al operario durante el proceso. Se presentan en las Figuras 42 y 43 los trabajos de excavación realizados.

FIGURA 42 : Excavación de zanja para cimentación – Imagen 1

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 43 : Excavación de zanja para cimentación – Imagen 2

Fuente: Elaboración propia

La profundidad de excavación está determinada por el nivel de erosión del río expuesto en el Capítulo 3 – Estudio Hidrológico. Para el presente proyecto, mediante el estudio

que la altura máxima de socavación es de 0.99 m, para lo cual se consideró una altura de cimentación de 1.70 m

5.2.4.5. Retiro de rocas existentes

Para la presente partida se utiliza la mano de obra expuesta en la Tabla 33.

TABLA 33 : Mano de obra utilizada para la partida Retiro de roca existente

Mano de Obra			
Tipo	Cantidad (und)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Oficial	2	10	80

Fuente: Elaboración propia

Se presenta en la Tabla 34, el equipo utilizado para la presente partida.

TABLA 34 : Equipo utilizado para la partida Retiro de roca existente

Equipo				
Tipo	Cantidad (und)	Rendimiento (m3/día)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Excavadora 200 HP CAT	2	150	10	80

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza en la Figura 44, el trabajo realizado con la excavadora para el retiro de rocas existentes. Asimismo, en la Figura 45, el acopio de rocas que se usarán posteriormente.

FIGURA 44 : Retiro de rocas existentes en el cauce del río

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 45 : Acopio de rocas extraídas durante el proceso

Fuente: Elaboración propia

5.2.4.6. Eliminación de material excedente

Para la presente partida se utilizaron los siguientes recursos correspondientes a la mano de obra expuestos en la Tabla 35.

TABLA 35 : Mano de obra utilizada para la partida Eliminación de material excedente

Mano de Obra			
Tipo	Cantidad (und)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Peón	2	24	192

Fuente: Elaboración propia

Se presenta en la Tabla 36, el equipo utilizado para la presente partida.

TABLA 36 : Equipo utilizado para la partida Eliminación de material excedente

Equipo				
Tipo	Cantidad (und)	Rendimiento (m3/día)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Cargador Frontal 210 HP CAT	1	130	24	192
Tipo	Cantidad (und)	Rendimiento (viajes/día)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Volquete de 4 ejes	5	4	40	320

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza en la Figura 46, acopio de material excedente para eliminación, realizado por el cargador frontal. Asimismo, en la Figura 47, traslado de material excedente.

FIGURA 46 : Acopio de material excedente

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 47 : Traslado de material excedente con maquinaria

Fuente: Elaboración propia

5.2.5. Construcción Muro Enrocado

5.2.5.1. Conformación de talud en margen del río

Luego de haber realizado el corte de talud y haber definido su geometría con la cual es requerida en los estudios de diseño, se procede a la colocación del material de afirmado.

Para la presente partida se utilizaron los siguientes recursos correspondientes a la mano de obra expuestos en la Tabla 37.

TABLA 37 : Mano de obra utilizada para la partida Conformación de talud

Mano de Obra			
Tipo	Cantidad (und)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Oficial	2	16	128
Operario	2		

Fuente: Elaboración propia

Se presenta en la Tabla 38, el equipo utilizado para la presente partida.

TABLA 38 : Equipo utilizado para la partida Conformación de talud

Equipo				
Tipo	Cantidad (und)	Rendimiento (m3/día)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Cargador Frontal 200 HP CAT	1	120	16	128

Fuente: Elaboración propia

Para la conformación del talud con la capa de afirmado será necesario el uso de 1 pisón manual para compactar las capas de afirmado. El uso de agua es también de suma importancia para la compactación del afirmado. No se debe continuar con la siguiente capa si es que no se llega al grado de compactación requerido.

Se visualiza en la Figura 48, material afirmado para conformación de talud realizado por el cargador frontal. Asimismo, en la Figura 49, la conformación del talud.

FIGURA 48 : Material Afirmado para Conformación de Talud

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 49 : Conformación del Talud

Fuente: Elaboración propia

5.2.5.2. Colocación de geotextil

Para la presente partida se utilizaron los siguientes recursos correspondientes a la mano de obra expuestos en la Tabla 39.

TABLA 39 : Mano de obra utilizada para la partida Colocación de Geotextil

Mano de Obra				
Tipo	Cantidad (und)	Rendimiento (m2/día)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Operario	2	180	13	104
Peón	4			

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza en la Figura 50, el tendido y colocación de geotextil.

FIGURA 50 : Tendido y colocación de Geotextil

Fuente: Elaboración propia

5.2.5.3. Colocación de filtro con agregado grueso

Para la presente partida se utilizaron los siguientes recursos correspondientes a la mano de obra expuestos en la Tabla 40.

TABLA 40 : Mano de obra utilizada para la partida
Colocación de Piedra chancada de 1/2"

Mano de Obra			
Tipo	Cantidad (und)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Operario	1	16	128
Peón	4		

Fuente: Elaboración propia

Se presenta en la Tabla 41, el equipo utilizado para la presente partida.

TABLA 41 : Equipo utilizado para la partida Colocación de Piedra chancada de 1/2"

Equipo				
Tipo	Cantidad (und)	Rendimiento (m3/día)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Cargador Frontal 210 HP	1	120	16	128

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza en la Figura 51, la colocación de Material de Filtro.

FIGURA 51: Colocación de Material de Filtro

Fuente: Elaboración propia

5.2.5.4. Colocación de la base y cuerpo del muro con material enrocado

Se considera previamente, la partida de Habilitación de roca para lo cual se utilizaron los siguientes recursos correspondientes a mano de obra, expuestos en la Tabla 42.

TABLA 42 : Mano de obra utilizada para la partida Habilitación de Roca

Mano de Obra			
Tipo	Cantidad (und)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Operario	7	15	120
Peón	2		

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza en la Figura 52, Colocación de Material de Filtro.

FIGURA 52 : Habilidad de Roca

Fuente: Elaboración propia

Se presenta en la Tabla 43, el equipo utilizado para la presente partida.

TABLA 43 : Equipo utilizado para la partida Habilidad de Roca

Equipo				
Tipo	Cantidad (und)	Rendimiento (m3/día)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Cargador Frontal 210 HP	1	200	15	120

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza en la Figura 53, la Habilidad de Roca por parte de los operarios picapedreros.

FIGURA 53 : Habilidad de Roca

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente a la partida de Habilidad de Roca, se procede a la Colocación de Roca en el Muro Enrocado, para lo cual se muestran los recursos correspondientes a la mano de obra en la Tabla 44.

TABLA 44 : Mano de obra utilizada para la partida Colocación de Roca

Mano de Obra			
Tipo	Cantidad (und)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Operario	3	15	120
Peón	6		

Fuente: Elaboración propia

Se presenta en la Tabla 45, el equipo utilizado para la partida Colocación de Roca.

TABLA 45 : Equipo utilizado para la partida Colocación de Roca

Equipo				
Tipo	Cantidad (und)	Rendimiento (m3/día)	Trabajo Total (días)	Trabajo Total (Hrs)
Excavadora 200 HP CAT	3	150	15	120

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza en la Figura 54, Colocación de Roca realizado por la excavadora.

FIGURA 54 : Colocación de Roca

Fuente: Elaboración propia

5.3. Análisis Económico

5.3.1. Metrados

Se muestra en la Tabla 46, el resumen de metrados obtenido mediante los estudios preliminares para cada partida.

TABLA 46 : Resumen de metrados obtenido en los estudios preliminares

RESUMEN METRADO POR PARTIDAS			
N°	DESCRIPCION	UND	METRADO
1	TRANSPORTE DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00
2	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCION DE OBRA	m2	4,500.00
3	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIAS	GLB	1.00
4	SUPERVISION DE OBRA Y SEGURIDAD	GLB	1.00
5	SEÑALETICA Y SEGURIDAD	GLB	1.00
6	CORTE DE TERRENO	m	500.00
7	ENCAUSAMIENTO Y DESCOMALTACION DE RIO	m3	3,780.00
8	RETIRO DE ROCAS EXISTENTES	m3	1,187.00
9	EXCAVACIÓN DE SUELO PARA CIMENTACION	m3	3,000.00
10	ACARREO Y ELIMINACION DE MATERIAL INNECESARIO	m3	3,108.00

11	COLOCACION DE AFIRMADO Y COMPACTACION	m3	2,100.00
12	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO	m2	4,970.00
13	FILTRO (PIEDRA CHANCADA DE 1/2")	m3	2,150.00
14	EXTRACCION DE ROCA CON MAQUINARIA	m3	5,150.58
15	ACOMODO DE ROCA EN DISEÑO DE DIQUE	m3	5,150.58

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que los ítems 7, 8, 9 y 10 representan el 40% del metrado para movimiento de tierras. Por lo que un óptimo proceso constructivo y la utilización de los materiales que cumplan los requerimientos necesarios, serían de gran ayuda para no tener inconvenientes económicos.

5.3.2. Presupuesto obtenido en estudios preliminares

Se presenta en la Tabla 47, el presupuesto General de la Obra del Muro de Enrocado obtenido en los estudios preliminares, además el ítem de ingeniería de detalle representa el 10% del costo directo, teniendo como gastos generales un 5% y utilidad 5%. Asimismo, se presenta en el ANEXO 11 el presupuesto a detalle obtenido del estudio preliminar.

TABLA 47 : Presupuesto obtenido en los estudios preliminares para la obra
Construcción de Muro Enrocado en la Planta CPPQ SA en Ñaña

DESCRIPCION	MONTO (S/)
COSTO DIRECTO DEL MURO DE ENROCADO	500,054.60
PROYECTO DE INGENIERIA DE DETALLE (10%)	50,005.46
MONTO DEL PRESUPUESTO SIN IGV	550,060.06
GASTOS GENERALES (5%)	27,503.00
UTILIDAD (5%)	27,503.00
MONTO DEL PRESUPUESTO SIN IGV	605,066.07

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se presenta en la Tabla 48, el resumen de costo directo por partida.

TABLA 48 : Costo directo por partida del presupuesto
obtenido en los estudios preliminares

RESUMEN COSTO DIRECTO		
N°	DESCRIPCION	PARCIAL (S/)
1	TRANSPORTE DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS	4,500.00
2	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCION DE OBRA	15,939.00

3	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIAS	5,840.00
4	SUPERVISION DE OBRA Y SEGURIDAD	55,000.00
5	SEÑALETICA Y SEGURIDAD	9,000.00
6	CORTE DE TERRENO	14,495.00
7	ENCAUSAMIENTO Y DESCOMALTACION DE RIO	60,782.40
8	RETIRO DE ROCAS EXISTENTES	21,983.24
9	EXCAVACIÓN DE SUELO PARA CIMENTACION	29,820.00
10	ACARREO Y ELIMINACION DE MATERIAL INNECESARIO	27,101.76
11	COLOCACION DE AFIRMADO Y COMPACTACION	21,357.00
12	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO	63,019.60
13	FILTRO (PIEDRA CHANCADA DE 1/2")	56,515.14
14	EXTRACCION DE ROCA CON MAQUINARIA	58,407.58
15	ACOMODO DE ROCA EN DISEÑO DE DIQUE	55,707.89
COSTO DIRECTO		500,054.60

Fuente: Elaboración propia

5.3.3. Cronograma

Para la programación de obra del presente proyecto se realizó el replanteo topográfico actualizado a la fecha, obteniendo como resultados que la que topografía ha variado con respecto al proyecto de ingeniería de detalle, por ende, se requiere un mayor número de Materiales para poder completar la forma del diseño hidráulico propuesto. Se tiene la siguiente tabla 49 el resumen actualizado de metrados para cada partida obtenida.

TABLA 49 : Resumen de metrados actualizado

RESUMEN METRADO POR PARTIDAS ACTUALIZADO			
N°	DESCRIPCION	UND	METRADO
1	TRANSPORTE DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00
2	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCION DE OBRA	m2	20000.00
3	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIAS	GLB	1.00
4	SUPERVISION DE OBRA Y SEGURIDAD	GLB	1.00
5	SEÑALETICA Y SEGURIDAD	GLB	1.00
6	CORTE DE TERRENO	m	500.00
7	ENCAUSAMIENTO Y DESCOMALTACION DE RIO	m3	3,780.00
8	RETIRO DE ROCAS EXISTENTES	m3	1,187.00
9	EXCAVACIÓN DE SUELO PARA CIMENTACION	m3	7,325.00
10	ACARREO Y ELIMINACION DE MATERIAL INNECESARIO	m3	3,108.00
11	COLOCACION DE AFIRMADO Y COMPACTACION	m3	2,245.00
12	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO	m2	2,245.00
13	FILTRO (PIEDRA CHANCADA DE 1/2")	m3	1,880.00
14	EXTRACCION DE ROCA CON MAQUINARIA	m3	5,325.00
15	ACOMODO DE ROCA EN DISEÑO DE DIQUE	m3	5,325.00

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la siguiente Tabla 50, se tiene el resumen actualizado del costo directo por partidas.

TABLA 50 : Resumen de costo directo actualizado

RESUMEN COSTO DIRECTO ACTUALIZADO		
N°	DESCRIPCION	PARCIAL (S/)
1	TRANSPORTE DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS	4,500.00
2	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCION DE OBRA	69,000.00
3	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIAS	5,840.00
4	SUPERVISION DE OBRA Y SEGURIDAD	55,000.00
5	SEÑALETICA Y SEGURIDAD	9,000.00
6	CORTE DE TERRENO	14,495.00
7	ENCAUSAMIENTO Y DESCOMALTACION DE RIO	60,782.40
8	RETIRO DE ROCAS EXISTENTES	21,983.24
9	EXCAVACIÓN DE SUELO PARA CIMENTACION	72,810.50
10	ACARREO Y ELIMINACION DE MATERIAL INNECESARIO	27,101.76
11	COLOCACION DE AFIRMADO Y COMPACTACION	22,831.65
12	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO	28,466.60
13	FILTRO (PIEDRA CHANCADA DE 1/2")	49,406.40
14	EXTRACCION DE ROCA CON MAQUINARIA	60,385.50
15	ACOMODO DE ROCA EN DISEÑO DE DIQUE	58,628.25
COSTO DIRECTO		560231.30

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, presenta en la Tabla 51, el Presupuesto General Actualizado de la Obra del Muro de Enrocado, además se puede apreciar que el ítem de ingeniería de detalle representa el 10% del costo directo, teniendo como gastos generales un 5% y utilidad 5%. Asimismo, se presenta a detalle el presupuesto de obra actualizado en el ANEXO 12.

TABLA 51 : Presupuesto de Obra Actualizado

DESCRIPCION	MONTO (S/)
COSTO DIRECTO DEL MURO DE ENROCADO	560,231.30
PROYECTO DE INGENIERIA DE DETALLE (10%)	56,023.13
MONTO DEL PRESUPUESTO SIN IGV	616,254.43
GASTOS GENERALES (5%)	30,812.72
UTILIDAD (5%)	30,812.72
MONTO DEL PRESUPUESTO SIN IGV	677,879.87

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 51, se pueden definir los siguientes ratios:

- Se obtiene un monto total de 1,355.76 soles por metro lineal de Muro de Enrocado construido.
- Se obtiene un monto total de 68.41 soles por metro cúbico de Muro de Enrocado construido.

A continuación, se muestra en la Tabla 52, el porcentaje de mano de obra, materiales, equipos y/o herramientas, para el total del costo directo del proyecto.

TABLA 52 : Porcentaje de recursos con respecto al costo directo

PORCENTAJE DE MANO DE OBRA, MATERIALES Y EQUIPOS DEL COSTO DIRECTO			
N°	DESCRIPCION	PORCENTAJE	COSTO
1	MANO DE OBRA	16.45%	92,163.84
2	MATERIALES	32.09%	179,784.58
3	EQUIPOS	51.41%	288,002.77
4	HERRAMIENTAS	0.05%	280.12
COSTO DIRECTO			560,231.30

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se presentan en la Tabla 53, las cantidades de horas hombre para cada personal y su costo por cada hora hombre trabajada a Junio de 2018, brindado por el Régimen Laboral de Construcción Civil.

TABLA 53 : Total de horas – hombre y costo respectivo

HORAS HOMBRE				
N°	DESCRIPCION	HH	COSTO/HH	PARCIAL
1	CAPATAZ	212.64	25.39	5,398.81
2	OFICIAL	331.60	16.05	5,322.11
3	OPERARIO	394.47	19.53	7,704.02
4	PEON	5052.51	14.44	73,738.90
TOTAL		5991.22		92,163.84

Fuente: Elaboración propia

Se presentan también las cantidades de horas máquina para cada equipo y su respectivo costo actualizado a junio del 2018 en la Tabla 54.

TABLA 54 : Total de horas – máquina y costo respectivo

HORAS MAQUINAS				
N°	DESCRIPCION	HM	COSTO/HH	PARCIAL
1	EXCAVADORA SOBRE ORUGA	515.15	300.00	154,545.00
2	CARGADOR FRONTAL	310.25	280.00	86,870.00
3	TRACTOR SOBRE ORUGA	167.75	450.00	46,587.77
TOTAL		993.15		288,002.77

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, también se presenta en la Tabla 55, las cantidades de cada material utilizado en el presente proyecto para 100 ml de muro enrocado.

TABLA 55 : Cantidad de materiales utilizados cada 100 ml de muro

RATIOS		
N°	DESCRIPCION	CANTIDAD CADA 100 ml de muro
1	AFIRMADO (m3)	449.00
2	PIEDRA CHANCADA (m3)	376.00
3	GEOTEXTIL (m2)	449.00
4	ROCA (m3)	1065.00

Fuente: Elaboración propia

Todos los datos obtenidos durante la ejecución de la obra sirvieron para realizar el cronograma presentados en la Figura 55. Estos datos se presentan a continuación:

- Fecha de inicio del proyecto: Miércoles 01 de noviembre del 2017
- Las duraciones de cada partida dependiendo de la cantidad de recursos con los que se contaba y los metrados presentados.
- Las actividades de precedencia y dependencia.

FIGURA 55 : Cronograma de Avance del Proyecto
“Construcción de Muro enrocado para la planta de CPPQ SA en Ñaña”

Fuente: Elaboración propia

Para mayor visualización se presenta el cronograma en el ANEXO 13

De la programación hemos obtenido que el proyecto requiere de 73 días laborables (sin contar domingos ni feriados) lo que hace un total de 86 días calendario. De acuerdo con el contrato, se contó con 90 días calendario para la culminación del proyecto. Por lo tanto, se tiene un buffer o amortiguador de 4 días para cualquier eventualidad o restricción que se nos pueda generar durante la ejecución del proyecto.

El grupo de partidas que requiere una mayor atención por parte del equipo de trabajo es la ruta crítica, esta se encuentra identificada en el cronograma por las actividades que están en color rojo. Como se puede apreciar las partidas de Excavación, Retiro de rocas, Colocación de afirmado y Filtro de piedra chancada son algunas de las actividades que conforman la ruta crítica, lo cual nos alerta, en una etapa temprana de la planificación

Esto merece ponerle especial cuidado a los trabajos que involucran debido a que este define el plazo total del proyecto.

De la Programación de obra se obtienen las siguientes herramientas para un mejor manejo del Proyecto:

- Cronograma Valorizado expuesto en el ANEXO 14.

- La Curva S, mostrada en la Figura 56
- El Histograma de Mano de Obra para cada mes de trabajo mostrado en las Figura 57.

FIGURA 56 : Curva S – Avance Ejecutado vs Avance Programado

Fuente: Elaboración propia

La Curva “S” representa que el avance ejecutado de la obra está adelantado en comparación con el avance programado.

FIGURA 57 : Histogramas de Mano de Obra del Proyecto

Fuente: Elaboración propia

El Histograma mostrado en la Figura 57, muestra el mes donde se requirió mayor cantidad de horas – hombre, el cual está detallado en el ANEXO 15.

Por último, se presenta en el ANEXO 16, los análisis de precios unitarios correspondientes al presente proyecto, los cuales servirán de guía para la ejecución de proyectos similares.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- De la apreciación del estudio realizado se ha llegado a las siguientes conclusiones:
- Desde el punto de vista hidrológico, el método de Gumbel y de Pearson III son los que más se ajustan a la información hidrométrica, habiéndose obtenido un caudal promedio de diseño de 448.3 m³/s.
- La ubicación de la zona de la Planta de CPPQ SA sector Ñaña, Distrito Chaclacayo con respecto al río, es favorable teniendo en cuenta que su superficie de terreno se encuentra con una cota superior a la cota existente de las riberas del río la cual es inferior, sin embargo, por el tipo de suelo arcillo arenoso y por la erosión existente hasta el límite de la Planta, la hace muy vulnerable teniendo un alto riesgo de colapsar en caso de presentarse una avenida extraordinaria.
- En lo que corresponde a las características hidráulicas se obtuvo una pendiente de diseño del río uniforme de 1.3%, que es una pendiente suave y permite la probabilidad de que el río varíe de curso en su recorrido hacia la margen derecha donde se ubica la zona del centro poblado y áreas agrícolas con cultivos de caña de azúcar. Por esta razón, se ha optado por la defensa ribereña de muro longitudinal con enchapado de roca en su talud interior.
- El cauce del río en la zona de estudio es sinuoso y su ancho está colmatado de sedimentos, gravas y vegetación arbórea, por lo que se hace necesario su atención de limpieza, encauzamiento y colocación de defensas ribereñas, teniendo en cuenta como diseño un ancho de cauce de 80 a 100 m.
- El cauce del río en la zona estudiada no ha tenido mantenimiento hasta la actualidad, por lo que de presentarse una avenida extraordinaria se originaría la erosión de los bordos de la margen izquierda del río Rímac junto a la Planta de CPPQ SA con el consiguiente peligro para los trabajadores y vecinos cercanos.

- El dique con enrocado considerado en el presente estudio es de un dique con una longitud total de 500 ml., una altura de 4.70 m. y la utilización de roca de cantera de dimensiones de 0.60 x 0.80 x 1.00 m.
- En la zona de excavación se colocará roca grande para cubrir el 1.70 m de profundidad solicitado como altura de cimentación.
- El talud estará conformado por afirmado y compactado por capa de 0.30 a 0.50 m.
- El suelo tiene la capacidad suficiente para soportar las cargas impuestas por el muro de enrocado.
- Se presenta una guía del procedimiento constructivo presentando una secuencia lógica constructiva.
- Para este proyecto se decide utilizar el sistema de enrocado, el motivo es porque se adecua al costo y funcionalidad del mismo.
- Para poder iniciar una obra, hay que tener todos los alcances del proyecto bien claro y analizarlos para evitar retrasos de tiempo en la duración de la obra que se programó y reducir el peligro de la integridad física de los trabajadores.
- En el estudio hidráulico fluvial se indicó que la erosión máxima es 0.99m.
- El rendimiento para colocación de roca es de 150 m³/día de roca por una excavadora con cuchara y se necesitan 10 personas que contemplan entre operarios y ayudantes.
- El monto del proyecto con Ingeniera de Proyecto, Gastos Generales y Utilidades es de S/ 677,879.87, obteniéndose una ratio de 1355.76 Soles/ml o de 68.41 Soles/m³ para la construcción de muro enrocado.
- El Plazo contractual del proyecto es de 90 días calendario, y se realizó en 73 días laborables.
- El pico más alto es de 2989.62 HH de acuerdo al histograma, esto nos ayuda a identificar dentro del proyecto en qué mes las actividades del personal fueron más activas o requeridas.

6.2. Recomendaciones

- Del presente estudio gracias al trabajo realizado, se pueden determinar las siguientes recomendaciones:
- Se debe aplicar la guía realizada considerando el rendimiento y ratios para este tipo de sistema.
- Se debe plantear un programa de control y seguimiento para poder realizar la toma de datos y luego analizarlos.
- Tener frecuentes reuniones con la finalidad de verificar desde la programación de obra hasta las inquietudes u opiniones que tenga el personal.
- Fomentar y ejecutar la labor de reforestación en las cercanías de las estructuras de defensa y aquellas márgenes desprovistas de vegetación.
- Educar al campesino y poblador de la zona, con la finalidad de que eviten la utilización de los terrenos adyacentes a la ribera del río para fines de vivienda.
- Evitar la socavación por estrechamiento del cauce, se entiende por socavación a los estrechamientos que se producen por aumento en la capacidad de arrastre de sólidos que adquiere una corriente cuando su velocidad aumenta por efecto de una reducción de Área Hidráulica de su cauce.
- Realizar el proyecto en los meses de estiaje comprendido en el periodo de junio a agosto de cada año.

BIBLIOGRAFÍA

ACHIC CHATA, Jhonny Charles. Universidad Nacional de Ingeniería (2004). Informe de Suficiencia Para Título “Diseño de Defensa Ribereña para la Urbanización Sol de Huamapani – Margen Derecha del Río Rímac”

AGUILAR AGUINAGA, Daniel Alberto. Pontificia Universidad Católica del Perú (2016). Tesis Grado Para Título “Comparación Técnica entre el Uso de Gaviones y Geoceldas como Estructuras de Defensa Ribereña”

ALVARO AGUILAR, Luther Marcelo y HENRIQUEZ FASANANDO, Luis Anselmo. Universidad Privada Antenor Orrego (2014). Tesis Grado Para Título “Diseño Hidráulico y Estructural de Defensa Ribereña del Río Chicama tramo Puente Punta Moreno – Pampas de Jaguey aplicando el Programa River”

CASAFRANCA MEDINA, Jaime. Boletín N°2 del Instituto de Investigación (2004) “Análisis y Evaluación de la Eficiencia del Enrocado como control de Erosión de Riberas”

CHIANG HO, Chong Man Esteban. Universidad Nacional de Ingeniería (2013). Tesis Grado Para Título “Procedimiento Constructivo y Programación de Obras de la Defensa Ribereña del Puente Mavila 1 con Geoestructuras”

DELGADO ACOSTA, Julio. Universidad Nacional de Ingeniería (1993). Tesis Grado Para Título “Diseño Espigones y Defensa Ribereña de la Costa Verde”

EVANGELISTA OTROYA, Karla Melanie Stefany. Universidad Cesar Vallejo (2017). Tesis Grado Para Título “Identificación de Zonas Inundables y Propuesta de Defensa Ribereña del Sector Salinas Km 89 en el Río Chancay – 2017”

FARROÑAY SÁNCHEZ, Pedro Antonio. Universidad San Martín de Porres: Escuela Profesional de Ingeniería Civil (2017) Propuesta de Diseño de Muros Mixtos de Gaviones y de Mampostería de Piedra para la Defensa Ribereña del Río Rímac en los kilómetros 34 – 35 Lurigancho – Chosica.

LEON CHINCHAY, Elizabeth. Universidad Nacional de Ingeniería (1994). Tesis Grado Para Título “Defensas Ribereñas del Río Rímac (Sector Puente Ricardo Palma – Chosica y Puente Los Angeles – Chaclacayo”

PORTALINO SEGUNDO, Luis Alberto. Universidad Nacional de Ingeniería (1996). Tesis Grado Para Título “Defensa Ribereña y Rehabilitación de la Av. Costa Verde”

SCHLIE, Siegmund. National Cheng Kung University, Taiwan (2006) “Breakwater on Soft Subsoil Problems of Design and Execution”

SMITH, Bruce y PRICHARD, Don. U.S. Department of the Interior Bureau of Land Management (1992) Management Techniques in Riparian Areas.

TERÁN, Rubén. Escuela Superior de Administración de Aguas Charles Sutton (1998) “Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas”

ZEVALLOS LOAIZA, Marcia. Universidad de Piura (2015): Tesis de Master en Ingeniería Civil con Mención en Recurso Hídricos “Diseño de la Defensa Ribereña para el Balneario Turístico Cocalmayo, ubicado en la margen izquierda del Río Urubamba”

ANEXOS

- ANEXO 1 : Plano de Ubicación y Planta del Muro de Enrocado
- ANEXO 2 : Plano de Sección Típica del Muro de Enrocado
- ANEXO 3 : Rendimiento de máquina Excavadora (m3/h)
- ANEXO 4 : Rendimiento de máquina Cargador Frontal (m3/h)
- ANEXO 5 : Rendimiento de máquina Volquete (m3/h)
- ANEXO 6 : Rendimiento de máquina Tractor sobre Oruga (m3/h)
- ANEXO 7 : Certificado de calidad del Afirmado.
- ANEXO 8 : Certificado de calidad del Geotextil
- ANEXO 9 : Certificado de calidad de Roca
- ANEXO 10 : Certificado de calidad del agregado grueso
- ANEXO 11 : Presupuesto de obra obtenido del estudio preliminar
- ANEXO 12 : Presupuesto de obra actualizado
- ANEXO 13 : Cronograma de Avance de Obra
- ANEXO 14 : Cronograma Valorizado de Obra
- ANEXO 15 : Histograma de Mano de Obra
- ANEXO 16 : Análisis de Precios Unitarios del Proyecto

ANEXO 1: Plano de Ubicación y Planta del Muro de Enrocado

DETALLE – MURO ENROCADO

Escala: 1/50

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE MURO DE ENROCADO EN LA PLANTA CPPQ SA - SECTOR ÑAÑA			
PROPIETARIO: COORPORACION PERUANA DE PRODUCTOS QUIMICO S.A.
PLANO:	DETALLE MURO ENROCADO	LÁMINA N°
	DIBUJO:	JUAN LUIGI LAURA CARDENAS	05
	REVISADO:	ESCALA: 1/50	FECHA: DICIEMBRE 2017
		LÁMINA 05 de 05	

ANEXO 3: Rendimiento de máquina Excavadora (m3/h)

Tabla 3.1: Determinación de la capacidad de cucharón Q_E (m3)

Modelo	Potencia Neta HP	Peso de Operación Ton	Capacidad m3
326 D2 L	189	26	1.76
330 D2 L	209	30	2.10
336 D2 L	268	36	2.40
336 D2 L XE	281	28	2.40
340 D2 L	270	40	2.70
349 D2 L	387	49	3.20
374 F L	472	74	4.60
390 F L	532	90	5.40

Fuente: Ferreyros 2014

Tabla 3.2: Determinación del Factor de rendimiento $E = a \times b$

Condiciones de la obra (a)		Coefficientes de Administración (b)			
		Excelente	Buena	Regular	Mala
Excelentes	1.00	0.84	0.81	0.76	0.70
Buenas	0.95	0.78	0.75	0.71	0.65
Regulares	0.85	0.72	0.69	0.65	0.60
Malas	0.75	0.72	0.69	0.65	0.60

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo:

Si se dan las Condiciones de la obra "Buenas" y el Coeficiente de Administración "Regular" se obtiene como Factor de Rendimiento $E = a \times b = 0.95 \times 0.71 = 0.6745$

Tabla 3.3: Determinación del Tiempo de ciclo de máquina Excavadora T_E (seg) = c + d + e

(i) Tiempo según profundidad y condiciones de excavación (c)				
Profundidad	Condiciones de Excavación			
	Facil	Medio	Regular	Dificil
0-2m	6	9	15	26
2-4m	7	11	17	28
>4m	8	13	19	30

Angulo de trabajo	Tiempo (d)
45° - 90°	5
90° - 180°	6

Forma	Tiempo (e)
Fija	7
Volqueta	5

Fuente: Elaboración propia

- Si se dan las Condiciones de Excavación "Regular" con trabajos de profundidad ">4m", c = 19 seg
- Si se implica un ángulo de trabajo entre 90° - 180°, d = 6 seg
- Si la descarga se da en forma fija, e = 7 seg
- Por lo tanto, $T_E = c + d + e = 19 + 6 + 7 = 32$ seg

Tabla 3.4: Determinación del Factor de altura FH

$$FH = \frac{(\text{altura sobre el nivel del mar} - 1000 \text{ m})}{10000}$$

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo: Si el proyecto se realiza en Chaclacayo la altitud es de 647 m.s.n.m

Por lo tanto, $FH = \frac{(647 - 1000)}{10000} = \frac{-353}{10000} = -0.0353$

ANEXO 4: Rendimiento de máquina Cargador Frontal (m3/h)

Tabla 4.1: Determinación de la capacidad de cucharón Q_{CF} (m3)

Modelo	Potencia HP	Peso de Operación Ton	Carga límite Ton	Capacidad m3
950 GC	202	18.676	11.577	3.30
950 L	252	18.136	10.926	3.40
962 L	252	19.123	13.346	3.60
966 L	278	23.220	23.220	4.00
972 L	298	24.897	24.897	4.60
980 L	378	30.090	30.090	5.40
988 K	541	25.883	25.883	6.90
992 K	814	55.022	55.022	10.70

Fuente: Ferreyros 2014

Tabla 4.2: Determinación del Factor de rendimiento $E = a \times b$

Condiciones de la obra (a)		Coefficientes de Administración (b)			
		Excelente	Buena	Regular	Mala
Excelentes	1.00	0.84	0.81	0.76	0.70
Buenas	0.95	0.78	0.75	0.71	0.65
Regulares	0.85	0.72	0.69	0.65	0.60
Malas	0.75	0.72	0.69	0.65	0.60

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo:

Si se dan las Condiciones de la obra "Buenas" y el Coeficiente de Administración "Regular" se obtiene como Factor de Rendimiento $E = a \times b = 0.95 \times 0.71 = 0.6745$

Tabla 4.3: Determinación del Tiempo de ciclo de la máquina Cargador Frontal

$$T_{CF} = Z + T_1 + T_2 + T_3 + \frac{D}{V_C} + \frac{D}{V_R}$$

(i) Valor "Z" para Tipo de Carga en "V"		
Condiciones de terreno	Capacidad del cucharón $Q_{CF}(m^3)$	
	$3.30 \leq Q_{CF} \leq 5.00$	$5.00 < Q_{CF}$
Facil	8.00	10.00
Promedio	11.00	13.00
Moderadamente dificil	14.00	16.00
Dificil	17.00	19.00

Fuente : Elaboración propia

(ii) Valor "Z" para Tipo de Carga en "Cruz"		
Condiciones de terreno	Capacidad del cucharón $Q_{CF} (m^3)$	
	$3.30 \leq Q_{CF} \leq 5.00$	$5.00 < Q_{CF}$
Facil	7.00	9.00
Promedio	10.00	12.00
Moderadamente dificil	13.00	15.00
Dificil	16.00	18.00

Fuente : Elaboración propia

(iii) Valor T1: Tipo de Material	
Tipo de Material	Tiempo
Mezclados	1.20
$T_p \leq 3mm$	1.20
$3mm < T_p \leq 20mm$	-1.20
$20mm < T_p \leq 150mm$	0.00
$150mm < T_p$	1.80
Banco o Fracturado	2.40

Fuente : Elaboración propia

(iv) Valor T2: Otros factores	
Tipo de Material	Tiempo
Propietario camion y carga	-2.40
Otro propietario de camion	2.40
Operación constante	-2.40
Operación intermitente	2.40
Punto de carga pequeño	2.40
Punto de carga frágil	3.00

Fuente : Elaboración propia

(v) Valor T3: Tiempo ciclo hidráulico de la máquina según modelo				
Modelo	Levantamiento	Descarga	Descenso libre (vacío)	TOTAL
950 GC	6.10	1.20	2.80	10.10
950 L	5.30	1.40	2.80	9.50
962 L	5.30	1.40	2.80	9.50
966 L	6.10	1.40	2.60	10.10
972 L	6.10	1.40	2.60	10.10
980 L	6.10	1.40	2.60	10.10
988 K	8.00	2.20	3.50	13.70
992 K	9.40	1.80	3.70	14.90

Fuente : Ferreyros 2014

(vi) Valor D/V_A y D/V_R en segundos	
Datos	Descripción
D	Distancia de acarreo desde recojo de material hasta el lugar de descarga (m)
V_A	Velocidad de acarreo de la máquina (m/s)
V_R	Velocidad de retorno de la máquina (m/s)

Modelo	V_A (Velocidad de acarreo)				V_R (Velocidad de retorno)		
	Avance 1	Avance 2	Avance 3	Avance 4	Retroceso 1	Retroceso 2	Retroceso 3
950 GC	1.94	3.47	6.11	9.44	1.94	3.47	6.11
950 L	1.92	3.33	5.36	7.14	1.92	3.33	7.14
962 L	1.92	3.33	5.36	7.14	1.92	3.33	7.14
966 L	1.81	3.64	6.53	10.97	1.97	4.00	7.19
972 L	1.81	3.64	6.53	10.97	1.97	4.00	7.19
980 L	1.92	3.69	6.53	10.97	2.17	4.22	7.47
988 K	1.81	3.22	5.67	9.64	2.08	3.69	6.44
992 K	1.92	3.31	5.64	0.00	2.11	3.64	6.17

Fuente : Ferreyros 2014

Tabla 4.4: Determinación del Factor de altura FH

$$FH = \frac{(\text{altura sobre el nivel del mar} - 1000 \text{ m})}{10000}$$

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo: Si el proyecto se realiza en Chaclacayo la altitud es de 647 m.s.n.m

Por lo tanto, $FH = \frac{(647 - 1000)}{10000} = \frac{-353}{10000} = -0.0353$

ANEXO 5: Rendimiento de máquina Volquete (m3/h)

Tabla 5.1: Determinación de la capacidad del Volquete Q_V (m3)

Modelo	Potencia HP	Carga útil nominal Ton	Capacidad de carga m3
770 G	476	25.20	38.46
772 G	535	31.30	46.59
773 G	717	56.00	35.00
775 G	768	64.10	42.50
777 G	938	90.70	60.20

Fuente: Ferreyros 2014

Tabla 5.2: Determinación del Factor de rendimiento $E = a \times b$

Condiciones de la obra (a)		Coefficientes de Administración (b)			
		Excelente	Buena	Regular	Mala
Excelentes	1.00	0.84	0.81	0.76	0.70
Buenas	0.95	0.78	0.75	0.71	0.65
Regulares	0.85	0.72	0.69	0.65	0.60
Malas	0.75	0.72	0.69	0.65	0.60

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo:

Si se dan las Condiciones de la obra "Buenas" y el Coeficiente de Administración "Regular" se obtiene como Factor de Rendimiento $E = a \times b = 0.95 \times 0.71 = 0.6745$

Tabla 5.3: Determinación del Tiempo de ciclo de máquina Camión Volquete

$$T_V = T_1 + T_2 + \frac{D}{V_C} + \frac{D}{V_R}$$

(i) Valor T_1 : tiempo de carga	
Condiciones	Fórmula
Cuando se usa Máquina Excavadora	$T_1 = \frac{Q_V}{Q_E} * T_E$
Cuando se usa Máquina Cargador Frontal	$T_1 = \frac{Q_V}{Q_{CF}} * T_{CF}$

Datos	Descripción
Q_V	Capacidad del Volquete - Tabla 5.1
Q_E	Capacidad del cucharón máquina Excavadora - Anexo 3
Q_{CF}	Capacidad del cucharón máquina Cargador Frontal - Anexo 4
T_E	Tiempo de ciclo de máquina Excavadora (min) - Anexo 3
T_{CF}	Tiempo de ciclo de máquina Cargador Frontal (min) - Anexo 4

Fuente : Elaboración propia

(ii) Valor tiempo fijo $T_2 = T_D + T_M$			
Condiciones de operación	T_D (min)	T_M (min)	T_2 (min)
Favorables	0.50 - 0.70	0.10 - 0.20	0.60 - 0.90
Promedio	1.00 - 1.30	0.25 - 0.35	1.25 - 1.65
Desfavorables	1.50 - 2.00	0.40 - 0.50	1.90 - 2.50

Fuente : Elaboración propia

Datos	Descripción
T_D	Tiempo de descarga más el tiempo de espera para el inicio de la operación
T_M	Tiempo usado para las maniobras del volquete y para que el cargador inicie la operación de carga (min)

Fuente : Elaboración propia

(iii) Valor D/V_A y D/V_R en minutos	
Datos	Descripción
D	Distancia de acarreo desde recojo de material hasta el lugar de descarga (m)
V_A	Velocidad de acarreo del volquete con carga desde la obra hasta el el lugar de descarga (m/min)
V_R	Velocidad de retorno del volquete vacío desde el lugar de descarga hasta la obra (m/min)

Condiciones del volquete y tramo	Velocidad en km/h		
	$D \leq 1KM$	$1KM < D \leq 5KM$	$5KM < D$
CON CARGA			
Camino plano	15 - 20	25 - 30	30 - 36
Con subidas y bajadas	10 - 15	12 - 16	13 - 17
SIN CARGA			
Camino plano	20 - 25	30 - 40	40 - 50
Con subidas y bajadas	15 - 20	25 - 35	30 - 40

Condiciones del volquete y tramo	Velocidad en m/min		
	$D \leq 1KM$	$1KM < D \leq 5KM$	$5KM < D$
CON CARGA			
Camino plano	250 - 333	417 - 500	500 - 600
Con subidas y bajadas	167 - 250	200 - 267	217 - 283
SIN CARGA			
Camino plano	333 - 417	500 - 667	667 - 833
Con subidas y bajadas	250 - 333	417 - 583	500 - 667

Fuente : Elaboración propia

Tabla 5.4: Determinación del Factor de altura FH

$$FH = \frac{(\text{altura sobre el nivel del mar} - 1000 \text{ m})}{10000}$$

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo: Si el proyecto se realiza en Chaclacayo la altitud es de 647 m.s.n.m

Por lo tanto, $FH = \frac{(647 - 1000)}{10000} = \frac{-353}{10000} = -0.0353$

ANEXO 6: Rendimiento de máquina Tractor sobre Oruga (m³/h)

Tabla 6.1: Determinación de la altura (h) y longitud (L) de la hoja del Tractor sobre Oruga

Modelo	Potencia HP	Altura de la Hoja h (m)	Longitud de la hoja L (m)	Capacidad de la hoja Q (m³)
D6K2 LGP	130	0.95	3.682	3.35
D6K2 XL	128	0.98	3.196	3.07
D6N LGP VPAT	150	0.88	4.080	3.16
D6N XL VPAT	150	0.99	3.272	3.18
D6N XL SU	150	1.16	3.154	4.28
D6T LGP S	185	1.10	4.063	3.75
D6T STD SU	200	1.41	3.260	5.61
D6T XL SU	203	1.41	3.260	5.31
D6T STD A	204	1.16	4.166	3.93
D6T XL A	219	1.16	4.500	3.93
D7R STD A	240	1.11	4.496	3.89
D7R LGP S	240	1.34	4.545	5.98
D7R XL SU	240	1.52	3.693	6.86
D8T LGP SU	325	1.61	4.542	9.9
D8T U	361	1.74	4.990	11.7
D8T SU	365	1.75	4.041	10.3

Fuente: Ferreyros 2014

Tabla 6.2: Determinación del Factor de rendimiento $E = a \times b$

Condiciones de la obra (a)		Coeficientes de Administración (b)			
		Excelente	Buena	Regular	Mala
Excelentes	1.00	0.84	0.81	0.76	0.70
Buenas	0.95	0.78	0.75	0.71	0.65
Regulares	0.85	0.72	0.69	0.65	0.60
Malas	0.75	0.72	0.69	0.65	0.60

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo:

Si se dan las Condiciones de la obra "Buenas" y el Coeficiente de Administración "Regular" se obtiene como Factor de Rendimiento $E = a \times b = 0.95 \times 0.71 = 0.6745$

Tabla 6.3 : Determinación del Tiempo de ciclo de máquina Tractor sobre Oruga

$$T_T = \frac{D}{V_A} + \frac{D + d}{V_R} + \frac{2d}{V_A}$$

Datos	Descripción
D	Distancia de acarreo (m)
d	Distancia de corte (m)
V_A	Velocidad de Avance - Tabla 6.3
V_R	Velocidad de Retroceso - Tabla 6.3

Velocidad de Avance (V _A) y velocidad de retroceso (V _R) en m/s						
Modelo	Avance 1	Avance 2	Avance 3	Retroceso 1	Retroceso 2	Retroceso 3
D6K2	0 - 2.8			0 - 2.8		
D6N	0.9	1.3	2.1	0.9	1.4	2.4
D6T	1.1	1.4	2.4	1.3	1.8	3.0
D7R	1.0	1.7	2.9	1.3	2.2	3.8
D8T	0.9	1.7	2.9	1.3	2.2	3.9

Fuente : Elaboración propia

Tabla 6.4: Determinación del Factor de altura FH

$$FH = \frac{(\text{altura sobre el nivel del mar} - 1000 \text{ m})}{10000}$$

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo: Si el proyecto se realiza en Chaclacayo la altitud es de 647 m.s.n.m

Por lo tanto, $FH = \frac{(647 - 1000)}{10000} = \frac{-353}{10000} = -0.0353$

ANEXO 7: Certificado de calidad del Afirmado.

TYR Construcciones y Servicios S.A.C.	SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD Y DESARROLLO DIVISION AGREGADOS REPORTE GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM D-422.						Formato Granu- SGC AGREGADOS C C G 01-020		
	Cantera : La Gloria Km. 14+ 800 - Ate Muestra : Afirmado Natural M 1						Fecha : 11-02-17 Tecnico : Vladimir Villanueva Semana : 2 Lado : CENTRO		
	Tamices ASTM	Abertura en MM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especifi- caciones	TAMAÑO MAXIMO	
	DESCRIPCION DE LA MUESTRA								
3"	76.200								
2 1/2"	63.500								
2	50.800				100.0	100 * 100			
1 1/2"	38.100	2035.0	4.7	4.7	95.3				
1"	25.400	4900.0	11.4	16.1	83.9	75 * 95			
3/4"	19.050						% Grava = 57.0%		
1/2"	12.700						% Arena = 43.0%		
3/8"	9.525	12100.0	28.1	44.2	55.8	40 * 75	Peso Total: 43,075.0 gr		
1/4"	6.350								
N° 4	4.760	5520.0	12.8	57.0	43.0	30 * 60			
N° 8	2.380								
N° 10	2.000	4710.0	10.9	67.9	32.1	20 * 45			
N° 16	1.190								
N° 20	0.840						Observaciones		
N° 30	0.590						Wf = 0,772.6 gr		
N° 40	0.420	4790.0	11.1	79.1	21.0	15 * 30	K = 0.05566		
N° 50	0.297								
N° 80	0.177						LL		
N° 100	0.149						LP		
N° 200	0.074	3310.0	7.7	86.7	13.3	5 * 15	IP.		
PAN		5710.0	13.3	100.0	0				
TOTAL									

MALLAS US STANDARD

 VLADIMIR ILICH VILLANUEVA C.
 TECNICO LABORATORISTA

CERTIFICADO DE CALIDAD

Cliente : **HDC INGENIERIA & CONSTRUCCION S.A.C**

Producto : **Geotextil NT 80.1**

Factura : **101-0003378**

Lote : **MACCO L 073/17**

O/C : **C3N0-01037-2017**

Fecha : **31/10/17**

Resultados de Laboratorio

Propiedades	Método de Ensayo	Unidad	Resultado
Mecánicas			
Resistencia a la Tensión	ASTM D 4632	N	1320
Elongación a la Rotura	ASTM D 4632	%	>50
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D 4833	N	780
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D 4533	N	480
Resistencia al Estallido	ASTM D 3786	kPa	3200
Permeabilidad	ASTM D 4491	cm/s	0.30
Tamaño de Abertura Aparente (AOS)	ASTM D 4751	mm	0.125
Permitividad	ASTM D 4491	s-l	1.35
Durabilidad			
Resistencia a los Rayos UV *	ASTM D 4355	%	>70

*500 hrs

Los elementos arriba descritos han sido controlados por el departamento de calidad de Maccaferri America Latina y cumplen con los estándares de las especificaciones del material

Ing. Maria del Rosario Pella Leyva
Departamento de Calidad

Especialistas en obras hidráulicas y geotécnicas: Contención, Control de la erosión, Canalizaciones, Defensas ribereñas, Marinas y Defensas de playas, Protección contra la caída de piedras.

Maccaferri Construction S.A.C. cuenta con una certificación trinorma (ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 y OHSAS18001:2007)

Página 1 de 1

Maccaferri Construction S.A.C.

Av. Benavides - 1944 Oficina 801
Lima - Perú
Tel. (51-1) 208 26 00 - Fax: (51-1) 208 26 00 Anexo 201
Web-Site: www.maccaferri.com.pe
e-mail: marketing@maccaferri.com.pe

ANEXO 9: Certificado de calidad de Roca

INFORME DE ENSAYO

0147/17

09-06-2017

Pág. 1 de 1

Estudio
L.037.17

Obra/Cantera del solicitante
**Solicitante: Carlos Javier Rojas
Lapa - Cantera Cristhian**

Descripción del proceso
Caracterización de Rocas

Datos del solicitante

Carlos Javier Rojas Lapa - RUC 10408667025

Requisitos y especificaciones del solicitante

Fecha de orden de servicio
09-06-2017

Muestra N.º
A0171/17

Ref. solicitante
Enrocado

Fecha de recepción
31-05-2017

Muestreo

Descripción/Procedencia

Caracterización de Rocas / Cantera Cristhian - Enrocado (fecha muestreo: 31/05/2017)

Informe

ENSAYO	MÉTODO	RESULTADO [Incertidumbre si aplica]	REPORTE DE ENSAYO N.º
06.02 - Determinación de la Resistencia a la Compresión en Rocas	ASTM C170/ C170M-16	Resist. Compresión (Probetas Secas) = 123.5 MPa Resist. Compresión (Probetas Húmedas) = 112.8 MPa	0999.17

Observaciones: ---

Anexos: 1 Reporte de Ensayo (2 Páginas).

Los resultados del presente informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Los resultados presentados se refieren únicamente a la muestra ensayada.

La fecha de ejecución de los ensayos se indica en los reportes de ensayo adjuntos que forman parte del presente informe.

LABORATORIO MEP
Av. Nicolás Ayllón 2634 Ate - Lima 3 - Perú
Teléfono: +51 1 414 3570
E-mail: laboratoriomep@mota-engil.pe

LABMEP.670.2

MOTA-ENGIL PERU S.A.
Ing. Martha Torres
CORRENTE AREA TECNICA, IMAGEN
Y SOSTENIBILIDAD

ANEXO 10: Certificado de calidad del agregado grueso

TyR Construcciones y Servicios S.A.C.

TyR CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS

Control de Calidad - Laboratorio

REPORTE GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

CANtera: La Gloria
MUESTRA: Piedra - Huso 56 M-1
FECHA: 04 de Julio del 2017

TECNICO: Vladimir V.

AGREGADO GRUESO HUSO # 56						
Malla	Peso Rete.	% Retiene	% Ret.Acu.	% Pasa	"C" ASTM	"C" ASTM
3 1/2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
2 1/2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1 1/2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	2300.00	7.0	7.0	93.0	90.0	100.0
3/4"	14578.00	44.4	51.4	48.6	40.0	85.0
1/2"	14805.00	45.0	96.4	3.6	10.0	40.0
3/8"	662.00	2.0	98.4	1.6	0.0	15.0
# 4	430.00	1.3	99.7	0.3	0.0	5.0
# 8	87.00	0.3	100.0	0.0	0.0	0.0
# 16	0.00	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
# 50	0.00	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
Fondo	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0

VLADIMIR VILLANUEVA CABRERA
TECNICO LABORATORISTA

A

ABERTURA DE CHANCADORA HP 300 = 19 mm

NOTA: PRODUCCION DE USO 56 Y USO 67 EN PARALELO

ANEXO 11: Presupuesto de obra obtenido del estudio preliminar

PRESUPUESTO

Obra : "CONSTRUCCION DE MURO DE ENROCADO DE LA PLANTA DE CPPQ SA. - SECTOR ÑAÑA. DISTRITO CHACLAYO - PROVINCIA LIMA - DEPARTAMENTO LIMA"

Entidad : CORPORACION PERUANA DE PRODUCTOS QUIMICOS S.A

Ubicación : LIMA - LIMA - CHACLACAYO - ÑAÑA

ITEM	DESCRIPCION	UND	Metrado	PU	PARCIAL	TOTAL
01	TRABAJOS PRELIMINARES					25,865.00
01.01	TRANSPORTE DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00	4,500.00	4,500.00	
01.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCION DE OBRA	m2	4,500.00	3.45	15,525.00	
01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIAS	GLB	1.00	5,840.00	5,840.00	
02	GASTOS DE OBRAS					64,000.00
02.01	SUPERVISION DE OBRA Y SEGURIDAD	GLB	1.00	55,000.00	55,000.00	
02.02	SEÑALETICA Y SEGURIDAD	GLB	1.00	9,000.00	9,000.00	
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS					154,182.40
03.01	CORTE DE TERRENO	m	500.00	28.99	14,495.00	
03.02	ENCAUSAMIENTO Y DESCOMALTACION DE RIO	m3	3,780.00	16.08	60,782.40	
03.03	RETIRO DE ROCAS EXISTENTES	m3	1,187.00	18.52	21,983.24	
03.04	EXCAVACIÓN DE SUELO PARA CIMENTACION	m3	3,000.00	9.94	29,820.00	
03.05	ACARREO Y ELIMINACION DE MATERIAL INNECESARIO	m3	3,108.00	8.72	27,101.76	
04	ESPALDON					140,891.74
04.01	AFIRMADO Y GEOTEXTIL					
04.01.01	COLOCACION DE AFIRMADO Y COMPACTACION	m3	2,100.00	10.17	21,357.00	
04.01.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO	m2	4,970.00	12.68	63,019.60	
04.02	FILTRO					
04.02.01	FILTRO (PIEDRA CHANCADA DE 1/2")	m3	2,150.50	26.28	56,515.14	
05	ENROCADO					115,115.46
05.01	EXTRACCION DE ROCA CON MAQUINARIA	m3	5,150.58	11.34	58,407.58	
05.02	ACOMODO DE ROCA EN DISEÑO DE DIQUE	m3	5,150.58	11.01	56,707.89	
COSTO DIRECTO						500,054.60
GASTOS GENERALES (5%)						25002.73
UTILIDADES (5%)						25002.73
SUB TOTAL						550,060.06
IGV (18%)						99010.81
PRESUPUESTO TOTAL						649,070.87

ANEXO 12: Presupuesto de obra actualizado

PRESUPUESTO

Obra : "CONSTRUCCION DE MURO DE ENROCADO DE LA PLANTA DE CPPQ SA. - SECTOR ÑAÑA. DISTRITO CHACLAYO - PROVINCIA LIMA - DEPARTAMENTO LIMA"

Entidad : CORPORACION PERUANA DE PRODUCTOS QUIMICOS S.A

Ubicación : LIMA - LIMA - CHACLAYO - ÑAÑA

ITEM	DESCRIPCION	UND	Metrado	PU	PARCIAL	TOTAL
01	TRABAJOS PRELIMINARES					79,340.00
01.01	TRANSPORTE DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00	4,500.00	4,500.00	
01.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCION DE OBRA	m2	20,000.00	3.45	69,000.00	
01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIAS	GLB	1.00	5,840.00	5,840.00	
02	GASTOS DE OBRAS					64,000.00
02.01	SUPERVISION DE OBRA Y SEGURIDAD	GLB	1.00	55,000.00	55,000.00	
02.02	SEÑALETICA Y SEGURIDAD	GLB	1.00	9,000.00	9,000.00	
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS					197,172.90
03.01	CORTE DE TERRENO	m	500.00	28.99	14,495.00	
03.02	ENCAUSAMIENTO Y DESCOMALTACION DE RIO	m3	3,780.00	16.08	60,782.40	
03.03	RETIRO DE ROCAS EXISTENTES	m3	1,187.00	18.52	21,983.24	
03.04	EXCAVACIÓN DE SUELO PARA CIMENTACION	m3	7,325.00	9.94	72,810.50	
03.05	ACARREO Y ELIMINACION DE MATERIAL INNECESARIO	m3	3,108.00	8.72	27,101.76	
04	ESPALDON					100,704.65
04.01	AFIRMADO Y GEOTEXTIL					
04.01.01	COLOCACION DE AFIRMADO Y COMPACTACION	m3	2,245.00	10.17	22,831.65	
04.01.02	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO	m2	2,245.00	12.68	28,466.60	
04.02	FILTRO					
04.02.01	FILTRO (PIEDRA CHANCADA DE 1/2")	m3	1,880.00	26.28	49,406.40	
05	ENROCADO					119,013.75
05.01	EXTRACCION DE ROCA CON MAQUINARIA	m3	5,325.00	11.34	60,385.50	
05.02	ACOMODO DE ROCA EN DISEÑO DE DIQUE	m3	5,325.00	11.01	58,628.25	
COSTO DIRECTO						560,231.30
GASTOS GENERALES (5%)						28011.57
UTILIDADES (5%)						28011.57
SUB TOTAL						616,254.43
IGV (18%)						110925.80
PRESUPUESTO TOTAL						727,180.23

ANEXO 13: Cronograma de Avance de Obra

CRONOGRAMA VALORIZADO

Obra : "CONSTRUCCION DE MURO DE ENROCADO EN PLANTA QROMA - SECTOR ÑAÑA"

Entidad : CORPORACION PERUANA DE PRODUCTOS QUIMICOS S.A

Ubicación : LIMA - LIMA - CHACLACAYO - ÑAÑA

: 727,180.23 INC. IGV

: 90 DIAS CALENDARIOS

ITEM	DESCRIPCION	PRESUPUESTO CONTRACTUAL									
		UND.	CANT.	P.U.	PARCIAL	PRIMER MES	%	SEGUNDO MES	%	TERCER MES	%
01	TRABAJOS PRELIMINARES				79,340.00						
01.01	TRANSPORTE DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00	4,500.00	4,500.00	4,410.00	98.00	90.00	2.00		0.00
01.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCION DE OBRA	m2	20,000.00	3.45	69,000.00	17,250.00	25.00	13,800.00	20.00	37,950.00	55.00
01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIAS	GLB	1.00	5,840.00	5,840.00	5,840.00	100.00		0.00		0.00
02	GASTOS DE OBRAS				64,000.00						
02.01	SUPERVISION DE OBRA Y SEGURIDAD	GLB	1.00	55,000.00	55,000.00	19,250.00	35.00	18,955.36	34.46	16,794.64	30.54
02.02	SEÑALETICA Y SEGURIDAD	GLB	1.00	9,000.00	9,000.00	3,150.00	35.00	3,101.79	34.46	2,748.21	30.54
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				197,172.90						
03.01	CORTE DE TERRENO	m	500.00	28.99	14,495.00	10,146.50	70.00	4,348.50	30.00		0.00
03.02	ENCAUSAMIENTO Y DESCOLMATACION DE RIO	m3	3,780.00	16.08	60,782.40	42,547.68	70.00	18,234.72	30.00		0.00
03.03	RETIRO DE ROCAS EXISTENTES	m3	1,187.00	18.52	21,983.24	19,235.34	87.50	2,747.91	12.50		0.00
03.04	EXCAVACIÓN DE SUELO PARA CIMENTACION	m3	7,325.00	9.94	72,810.50		0.00	72,810.50	100.00		0.00
03.05	ACARREO Y ELIMINACION DE MATERIAL INNECESARIO	m3	3,108.00	8.72	27,101.76		0.00	27,101.76	100.00		0.00
04	ESPALDON				100,704.65						
04.01	HORMIGON				51,298.25						
04.01.01	COLOCACION DE AFIRMADO Y COMPACTACION	m3	2,245.00	10.17	22,831.65		0.00	2,038.54	8.93	20,793.11	91.07
04.01.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO TDM STD DE 400 gr/m2	m2	2,245.00	12.68	28,466.60	11,070.34	38.89	15,261.26	53.61	2,135.00	7.50
04.02	FILTRO				49,406.40						
04.02.01	FILTRO DE GRAVILLA	m3	1,880.00	26.28	49,406.40		0.00	3,211.42	6.50	46,194.98	93.50
05	ENROCADO SEGUN DISEÑO				119,013.75						
05.01	EXTRACCION DE ROCA CON MAQUINARIA	m3	5,325.00	11.34	60,385.50	30,192.75	50.00	30,192.75	50.00		0.00
05.03	ACOMODO DE ROCA EN DISEÑO DE DIQUE	m3	5,325.00	11.01	58,628.25	15,784.53	26.92	21,760.10	37.12	21,083.62	35.96
COSTO DIRECTO					560,231.30	178,877.14	31.93	233,654.61	41.71	147,699.56	26.36
GASTOS GENERALES (5%)					28,011.57	8,943.86		11,682.73		7,384.98	
UTILIDAD (5%)					28,011.57	8,943.86		11,682.73		7,384.98	
TOTAL PRESUPUESTO					616,254.43	196,764.85		257,020.06		162,469.51	
IGV (18%)					110,925.80	35,417.67		46,263.61		29,244.51	
PRESUPUESTO					727,180.23	232,182.52		303,283.67		191,714.02	
PORCENTAJE PARCIAL							31.93%		41.71%		26.36%
PORCENTAJE ACUMULADO							31.93%		73.64%		100%

ANEXO 15: Histograma de Mano de Obra

CANTIDAD DE HORAS - HOMBRE							
N°	DESCRIPCION	TRABAJO (HH)	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
1	TRANSPORTE DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS	0.00					
2	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCION DE OBRA	599.12		299.56	239.65	59.91	
3	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIAS	0.00					
4	SUPERVISION DE OBRA Y SEGURIDAD	0.00					
5	SEÑALETICA Y SEGURIDAD	239.65		119.82	119.82		
6	CORTE DE TERRENO	179.74			71.89	107.84	
7	ENCAUSAMIENTO Y DESCOMALTACION DE RIO	359.47		107.84	251.63		
8	RETIRO DE ROCAS EXISTENTES	299.56		89.87	209.69		
9	EXCAVACIÓN DE SUELO PARA CIMENTACION	419.39			251.63	167.75	
10	ACARREO Y ELIMINACION DE MATERIAL INNECESARIO	0.00					
11	COLOCACION DE AFIRMADO Y COMPACTACION	718.95			287.58	431.37	
12	SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO	838.77			335.51	503.26	
13	FILTRO (PIEDRA CHANCADA DE 1/2")	898.68			359.47	539.21	
14	EXTRACCION DE ROCA CON MAQUINARIA	0.00					
15	ACOMODO DE ROCA EN DISEÑO DE DIQUE	1437.89			862.74	575.16	
TOTAL (HH)		5991.22		617.10	2989.62	2384.50	
DIAS				15	23	20	
JORNADA (HORAS)		8					
NUMERO DE TRABAJAORES			0	5	17	16	0

ANEXO 16: Análisis de Precios Unitarios del Proyecto

Presupuesto	1701027	CONSTRUCCION DE MURO DE ENROCADO DE LA PLANTA DE CPPQ SA - SECTOR ÑAÑA. DISTRITO CHACLACAYO - PROVINCIA LIMA - DEPARTAMENTO LIMA					
Subpresupuesto	001	CONSTRUCCION DE MURO DE ENROCADO DE LA PLANTA DE CPPQ SA - SECTOR ÑAÑA. DISTRITO CHACLACAYO - PROVINCIA LIMA - DEPARTAMENTO LIMA				Fecha presupuesto	ENERO 2018
Partida	01.01	TRANSPORTE DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Rendimiento	GLB/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : GLB	4,500.00	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales						
0232100055	TRANSPORTE DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS		GLB		1.0000	4,500.00	4,500.00
							4,500.00
Partida	01.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCION DE OBRA					
Rendimiento	m2/DIA	500.0000	EQ.	500.0000	Costo unitario directo por : m2	3.45	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0147000032	TOPOGRAFO		hh	1.5000	0.0240	25.39	0.61
0147010004	PEON		hh	4.0000	0.0640	14.44	0.92
							1.53
	Materiales						
0230010001	CAL HIDRATADA DE 30 Kg		BOL		0.1210	7.29	0.88
0243010079	MADERA TORNILLO CEPILLADA		p2		0.1000	4.00	0.40
							1.28
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	1.53	0.08
0349190001	ESTACION TOTAL		hm	3.5000	0.0560	10.00	0.56
							0.64
Partida	01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIAS					
Rendimiento	GLB/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : GLB	5,840.00	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales						
0232970002	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION		GLB		1.0000	5,840.00	5,840.00
							5,840.00

Partida	02.01	SUPERVISION DE OBRA Y SEGURIDAD					
Rendimiento	GLB/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : GLB	55,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Materiales						
0230200011	RESIDENTE DE OBRA	mes		3.0000	6,500.00	19,500.00	
0230200012	ASISTENTE DE RESIDENTE DE OBRA	mes		3.0000	5,000.00	15,000.00	
0230200013	PREVENCIONISTA	mes		3.0000	4,500.00	13,500.00	
0230200015	INGENIERIO HIDRAULICO	mes		3.0000	2,333.34	7,000.00	
						55,000.00	

Partida	02.02	SEÑALETICA Y SEGURIDAD					
Rendimiento	GLB/DIA	12.0000	EQ.	12.0000	Costo unitario directo por : GLB	9,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Materiales						
0230190015	SEÑALETICA Y SEGURIDAD	GLB		1.0000	9,000.00	9,000.00	
						9,000.00	

Partida	03.01	CORTE DE TERRENO					
Rendimiento	m/DIA	15.0000	EQ.	15.0000	Costo unitario directo por : m	28.99	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0144	25.39	0.37	
0147010004	PEON	hh	7.0000	0.5054	14.44	7.30	
						7.67	
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	7.67	0.38	
0349040100	EXCAVADORA 200 HP CAT	hm	1.0000	0.0722	290.00	20.94	
						21.32	

Partida	03.02	ENCAUSAMIENTO Y DESCOLMATACION DE RIO					
Rendimiento	m3/DIA	450.0000	EQ.	450.0000	Costo unitario directo por : m3	16.08	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0032	25.39	0.08	
0147010004	PEON	hh	1.5500	0.0248	14.44	0.36	
						0.44	
	Equipos						

0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.44	0.02
0349080100	TRACTOR DE ORUGA 400 HP CAT	hm	1.0000	0.0160	440.00	7.04
						7.06

Subpartidas

900303020283	DESVIO DE TEMPORAL DEL RIO	GLB		1.0000	8.58	8.58
						8.58

Partida **03.03** **RETIRO DE ROCAS EXISTENTES**

Rendimiento	m3/DIA	150.0000	EQ.	150.0000	Costo unitario directo por : m3	18.52
-------------	---------------	-----------------	-----	-----------------	---------------------------------	--------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1700	0.0085	25.39	0.22
0147010004	PEON	hh	5.0000	0.2500	14.44	3.61
						3.83
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	3.83	0.19
0349040100	EXCAVADORA 200 HP CAT	hm	1.0000	0.0500	290.00	14.50
						14.69

Partida **03.04** **EXCAVACIÓN DE SUELO PARA CIMENTACION**

Rendimiento	m3/DIA	350.0000	EQ.	350.0000	Costo unitario directo por : m3	9.94
-------------	---------------	-----------------	-----	-----------------	---------------------------------	-------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0051	25.39	0.13
0147010004	PEON	hh	5.9300	0.1506	14.44	2.17
						2.30
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.30	0.12
0348000070	BOMBA DE AGUA 0.75 HP	hm	1.0000	0.0254	6.00	0.15
0349040100	EXCAVADORA 200 HP CAT	hm	1.0000	0.0254	290.00	7.37
						7.64

Partida **03.05** **ACARREO Y ELIMINACION DE MATERIAL INNECESARIO**

Rendimiento	m3/DIA	400.0000	EQ.	400.0000	Costo unitario directo por : m3	8.72
-------------	---------------	-----------------	-----	-----------------	---------------------------------	-------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0027	25.39	0.07
0147010004	PEON	hh	5.2000	0.0693	14.44	1.00
						1.07
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.07	0.05
0348110008	VOLQUETE DE 20 M3	hm	1.0000	0.0133	150.00	2.00
0349040095	CARGADOR FRONTAL 210HP	hm	0.5000	0.0067	260.00	1.74
0349040100	EXCAVADORA 200 HP CAT	hm	1.0000	0.0133	290.00	3.86
						7.65

Partida	04.01.01		COLOCACION DE AFIRMADO Y COMPACTACION				
Rendimiento	m3/DIA	120.0000	EQ.	120.0000	Costo unitario directo por : m3	10.17	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0011	19.53	0.02
0147010004	PEON		hh	5.0000	0.0057	14.44	0.08
							0.10
	Materiales						
0205010000	AFIRMADO		m3		0.8000	12.06	9.65
0239050000	AGUA		m3		0.1000	1.20	0.12
							9.77
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	0.10	0.01
0349040095	CARGADOR FRONTAL 210HP		hm	1.0000	0.0011	260.00	0.29
							0.30
Partida	04.01.02		SUMINISTRO E INSTALACION DE GEOTEXTIL NO TEJIDO TDM STD DE 400 gr/m2				
Rendimiento	m2/DIA	180.0000	EQ.	180.0000	Costo unitario directo por : m2	12.68	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	0.0533	19.53	1.04
0147010004	PEON		hh	3.0000	0.1600	14.44	2.31
							3.35
	Materiales						
0205010038	GEOTEXTIL		m2		1.0000	9.16	9.16
							9.16
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	3.35	0.17
							0.17
Partida	04.02.01		FILTRO DE GRAVILLA				
Rendimiento	m3/DIA	120.0000	EQ.	120.0000	Costo unitario directo por : m3	26.28	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0147010004	PEON		hh	6.1000	0.0222	14.44	0.32
							0.32
	Materiales						
0230750113	FILTRO DE GRAVA SELECCIONADO		m3		1.0000	25.00	25.00
							25.00
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	0.32	0.02
0349040095	CARGADOR FRONTAL 210HP		hm	1.0000	0.0036	260.00	0.94
							0.96

Partida	05.01						EXTRACCION DE ROCA CON MAQUINARIA
Rendimiento	m3/DIA	304.0000	EQ.	304.0000	Costo unitario directo por : m3	11.34	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ		hh	0.2000	0.0053	25.39	0.13
0147010003	OFICIAL		hh	0.5000	0.0132	16.05	0.21
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.0526	14.44	0.76
							1.10
Materiales							
0230020103	BARRENO DE 7/8" x 5'		und		0.0012	250.00	0.30
0230020110	BARRENO DE 7/8" x 3'		und		0.0012	250.00	0.30
							0.60
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	1.10	0.06
0349020011	COMPRESORA NEUMATICA 93 HP 335-375 PCM		hm	2.0000	0.0526	18.00	0.95
0349040100	EXCAVADORA 200 HP CAT		hm	1.0000	0.0263	290.00	7.63
0349060001	MARTILLO NEUMATICO DE 21 Kg.		hm	2.0000	0.0526	19.00	1.00
							9.64
Partida	05.02						ACOMODO DE ROCA EN DISEÑO DE DIQUE
Rendimiento	m3/DIA	250.0000	EQ.	250.0000	Costo unitario directo por : m3	11.01	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ		hh	0.1800	0.0060	25.39	0.15
0147010003	OFICIAL		hh	0.2000	0.0067	16.05	0.11
0147010004	PEON		hh	2.0000	0.0669	14.44	0.97
							1.23
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	1.23	0.06
0349040100	EXCAVADORA		hm	1.0000	0.0335	290.00	9.72
							9.78