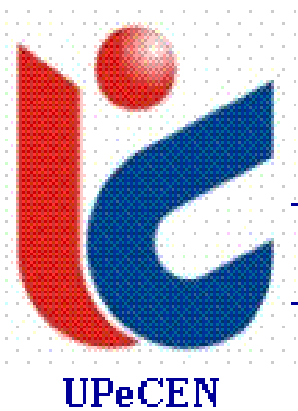


**UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNIVERSIDAD PERUANA  
DEL CENTRO**

**APLICACIÓN DE UN SISTEMA COLCHACRETO PARA LA OPTIMIZACIÓN  
DE COSTOS Y TIEMPO EN UNA INSTALACIÓN DE PROYECTO  
PORTUARIO**

**Trabajo de investigación**

**Para obtener el grado académico de:**

**Bachiller en Ingeniería Civil**

**Presentado por:**

**RICHARD JULIO ROMERO GENTE**

**Asesor:**

**DR. JOSÉ LUIS LEÓN UNTIVEROS**

**Huancayo, enero 2021**

# **MIEMBROS DEL JURADO**

---

**DR. JOSÉ LUIS LEÓN UNTIVEROS  
PRESIDENTE**

---

**JHON ADOLFO QUINCHO ASTETE  
SECRETARIO**

---

**LIC. ROBERTO CARLOS TOVAR ROMERO  
VOCAL**

# ASESOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

---

DR. JOSÉ LUIS LEÓN UNTIVEROS  
ASESOR

## ÍNDICE GENERAL

CARÁTULA.....	1
ÍNDICE GENERAL.....	2
LISTA DE CUADROS .....	4
LISTA DE FIGURAS .....	4
DEDICATORIA .....	5
AGRADECIMIENTO .....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	9
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	13
1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....	13
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	14
1.3. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....	14
1.4. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....	15
1.5. OBJETIVOS.....	16
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.6. HIPÓTESIS.....	17
1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	17
1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	17
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
2.1. MARCO EPISTEMOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
2.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN .....	19
2.2.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	19
2.2.2 ANTECEDENTES NACIONALES .....	22
2.3. MARCO CONCEPTUAL O GLOSARIO .....	24

<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>28</b>
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	28
3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	29
3.3. TAMAÑO DE MUESTRA.....	29
3.4. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	29
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>DESARROLLO DE TEMA.....</b>	<b>31</b>
4.1. MATERIALES .....	31
4.2. INSTRUMENTOS .....	33
4.3. MÉTODOS.....	33
4.4. PROCEDIMIENTO.....	34
<b>CAPÍTULO 5</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>39</b>
5.1. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	39
5.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	44
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>47</b>
<b>RECOMENDACIÓN.....</b>	<b>48</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>52</b>

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	Sistema de Colchacreto	32
Cuadro 2	Sistema con encofrado de coraza	32
Cuadro 3	Instrumentos	33
Cuadro 4	Plantilla de metrados de excavación y relleno con coraza	34
Cuadro 5	Plantilla de metrados de colchacreto	35
Cuadro 6	Análisis de los precios unitarios de sistema de colchacreto	35
Cuadro 7	Análisis de movilización de equipos en el sistema de enrocado con coraza	38
Cuadro 8	Presupuesto del Sistema de Enrocado	40
Cuadro 9	Presupuesto del Sistema de Colchacreto	41
Cuadro 10	Cronograma en obras de relleno de enrocado	42
Cuadro 11	Cronograma en obras de relleno y colocación de colchacreto	43
Cuadro 12	Comparación de los sistemas en costo y tiempo	43

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama de la Metodología	30
Figura 2	Esquema resumen del Sistema Enrocado	41
Figura 3	Esquema resumen del sistema de colchacreto	42

## **DEDICATORIA**

*A Dios, siempre confié en él y nunca me dejó solo*

*A mis padres, por ellos todo, sin ellos nada*

*A mi familia, son mi fuerza en todo*

*momento*

## **AGRADECIMIENTO**

*A la Universidad Peruana Del Centro, que, como universidad joven, me permitió desarrollar esta hermosa carrera que abrazo con tanto cariño y anhelo.*

*A mis docentes de la universidad, quiénes con sus mejores enseñanzas me permiten plasmar una de mis principales metas académicas.*

*A mis compañeros de aulas, quiénes me sostuvieron en mis momentos de debilidad y se alegran por mis logros y triunfos*



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo fundamental que el investigador obtenga el grado de bachiller en ingeniería civil. Está enmarcada dentro de la línea de investigación de Gerencia e Ingeniería de la Construcción de la Facultad de Ingeniería, de la escuela profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana del Centro. Uno de los problemas que la Ingeniería Civil ha afrontado en su trayectoria, ha sido el manejo de la estabilidad de taludes en las riberas marinas y fluviales. En esta investigación se planteó la comparación de dos sistemas en la protección de talud: el enrocado versus el colchacreto, en la obra portuaria de la ciudad de Pisco en Perú donde se implantó el uso del colchacreto a falta de material rocoso planteado inicialmente en el proyecto. Para la investigación se usaron instrumentos de recolección de información como entrevistas con personal ligado a la tarea, registro de fechas de inicio y fin de actividades, metrados de materiales, cantidad de personal, equipos y maquinarias usados en el desarrollo de las partidas, un elemento de investigación muy importante fue el expediente de diseño original donde se realiza el análisis de precios unitarios y el presupuesto de enrocado, la información obtenida en campo fue usada para el confronto de tiempo y costo de ambos sistemas. El resultado obtenido fue el incremento de tiempo en un 20.3% y costo el 18.28% con el uso del colchacreto. Sin embargo, el uso del colchacreto es una solución a la falta de roca, tornándose en un sistema blando con el medio ambiente por menor profundidad de dragado, menor depredación en cantera y menor contaminación por equipos en movimiento en los procesos.

**Palabras clave:** colchacreto, enrocado, costos, tiempo de ejecución, obra portuaria

## **ABSTRACT**

The main objective of this research work is for the researcher to obtain a bachelor's degree in civil engineering. It is framed within the line of research of Construction Management and Engineering of the Faculty of Engineering, of the professional school of Civil Engineering, of the Universidad Peruana Del Centro. One of the problems that Civil Engineering has faced in its trajectory, has been the management of slope stability on the marine and river banks. In this research, the comparison of two systems in slope protection was proposed: the rocky versus the colchacreto, in the port work of the city of Pisco in Peru where the use of the colchacreto was implanted in the absence of rocky material initially proposed in the project. For the research, information collection instruments were used such as interviews with personnel linked to the task, recording of start and end dates of activities, metering of materials, number of personnel, equipment and machinery used in the development of the games, an element A very important investigation was the original design file where the analysis of unit prices and the castling budget are carried out, the information obtained in the field was used for the time and cost comparison of both systems. The result obtained was an increase in time by 20.3% and cost by 18.28% with the use of the quilt. However, the use of padding is a solution to the lack of rock, making it a soft system with the environment due to less depth of dredging, less predation in the quarry and less contamination by moving equipment in the processes.

**Key words:** colchacreto, enrocado, costs, execution time, port work

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

La economía de los países está sustentada en el comercio internacional a través de las importaciones y exportaciones de productos, todo este volumen de carga se desplaza a través de los puertos recibiendo y despachando barcos de gran capacidad, transportando contenedores con mercancías, barcos graneleros, petroleros, de productos químicos y de pasajeros. La infraestructura de los terminales portuarios tiene que garantizar sostenibilidad en el tiempo para el que fueron construidos soportando todas las solicitudes de diseño.

En la construcción de una obra portuaria, un aspecto muy importante es la estabilidad de taludes de los rellenos marinos, porque, no solo la estructura del talud va a estar sometida a efectos de la carga, gravedad y sismos; sino también a los efectos adversos de las olas y mareas que actúan

erosionando el talud, adicionalmente la acción de las hélices de propulsión de los barcos que atracan y zarpan en los muelles. Incluso estos tienen mayor incidencia que las olas; entonces, para que se cumplan los fines, se requiere un estudio detallado, un diseño adecuado y construcción especializada.

Las estructuras portuarias se construyen en terreno firme o en áreas ganadas al mar, realizando para ello grandes cantidades de movimientos de material granular para formar los terraplenes; pero estas requieren una capa de protección contra la erosión a través de rocas de mayor peso y tamaño. Esta forma de protección es la que se ha desarrollado tradicionalmente en los proyectos portuarios, cumpliendo con el objetivo propuesto. Este sistema es conocido a través de proyectos antiguos hasta ahora vigentes. El buen comportamiento de las rocas en ese escenario ya ha sido ampliamente mostrado.

Para mitigar el oleaje y sus efectos destructivos en las estructuras costeras, se diseñan rompeolas de enrocado con un ancho de la cresta de 10 m y taludes de 1/1.5 en la zona protegida y 1/2 en la zona frente al mar. El enrocado está conformado por dos capas: la primera capa o coraza de roca de 3 toneladas y espesor de 2.5 m. y la segunda capa de roca de 300 Kg y 1.20 m. de espesor. La parte interna o núcleo estará conformada por agregados de peso entre 0.75 - 15 Kg. (Velásquez, 2011).

Otro tipo de protección contra el oleaje es el uso de deflectores de concreto de diversas geometrías, el autor describe el desarrollo de un estudio experimental para determinar las dimensiones y formas más adecuadas de un deflector, realizado a través de un modelo físico, en el que se probaron

cuatro diferentes tipos de deflectores adosados al coronamiento de un rompeolas de tipo trapezoidal, constituido por enrocamiento. Los resultados muestran que la geometría (curvatura) del deflector juega un papel fundamental en la disminución de la transmisión del oleaje por rebase. (Ruiz-Y-Zurvia-Flores & Fragoso-Sandoval, 2012).

El diseño de las defensas en su geometría es primordial para la efectividad y eficiencia requerida, si bien el diseño de diques en talud recto tiene la ventaja de ser de fácil construcción, representa la forma que más energía refleja de regreso al mar. Esta condición necesariamente tiene implicaciones en las solicitaciones que debe resistir la estructura; en otras palabras, el talud recto es un tipo de perfil en el cual se autoincrementan las cargas debidas a oleaje. (Mendoza-Baldwin, Silva-Casarín, Clavero-Gilabert, & Losada-Rodríguez, 2010).

Generalmente se requiere una protección efectiva contra la socavación en la zona de ataque por la acción de las turbinas de barcos que son más potentes o vienen de a dos, se presentan resultados de ensayos a escala donde son probados la protección con enrocado puro y uso de colchones con concreto *in situ*, reforzado con enrocado en la zona de mayor impacto de las turbinas del barco, probando su rendimiento en función del tiempo. (Flierman, Haan, King & Groom, 2016).

Frente a lo expuesto en líneas anteriores, se presenta la siguiente interrogante: ¿qué otra alternativa se usaría si no contara con la materia prima, ya sea por la lejanía de las canteras o porque resulta muy costoso utilizarlo? Dado este escenario, se puede elegir el uso de los geosintéticos.

El uso de este material en la ingeniería civil y sus diversas ramas, y

especialmente en la geotecnia, se ha difundido desde forma exponencial. En la actualidad este material está siendo tomado en cuenta en muchos proyectos con problemas geotécnicos e hidráulicos.

El uso de encofrado de geotextil para la protección de taludes y fondo en las instalaciones portuarias, donde la estructura no solo es sometida a la acción natural del oleaje, sino, también, a la fuerza de las turbinas en la zona de atraque de los barcos que cada vez son más grandes y potentes, ofrece ventajas económicas porque el dragado es menor, por ser la capa más delgada que el enrocado, ahorro de tiempo de instalación por la facilidad, y reducir el impacto ambiental. (Fernández, 2016).

Para el presente estudio se ha tomado un proyecto portuario en la ciudad de Pisco, donde se implantó el uso del Colchacreto como alternativa al uso de roca filtro y coraza en la protección de talud de muelle. El proyecto inicialmente estaba diseñado para realizar los rellenos del talud con materiales rocosos extraídos desde la cantera dentro de la misma obra. Se requerían rocas de los tipos: quarry run, filtro (10 a 60 kg) y coraza (100 a 500kg). Los estudios geotécnicos determinaron que se contaba con la cantidad necesaria de roca, pero la roca encontrada estaba muy fracturada. En consecuencia, no se puede obtener la roca coraza en la cantera del sitio y traerla de fuera es muy costosa.

Es así que, se modifica el expediente y se aprueba la utilización del geotextil en reemplazo del enrocado. La idea de este estudio es demostrar la optimización de los costos y el tiempo a través del análisis cuantitativo de estas dos variables, las que serán medidas con técnicas e instrumentos de recolección y medición de datos. Un estudio que tiene similitud con nuestro

proyecto, es aquel que fue realizado en la construcción de la Rada Interior del Proyecto Lima Marina Club, en la Costa Verde, Lima; donde se realiza la comparación de ambos sistemas, obteniéndose una reducción del tiempo de construcción y del costo, demostrando que es más eficiente. (Bauer & Pérez, 2015).

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

La necesidad de implementar un sistema de protección alternativo que es el uso del geotextil en el control de la erosión de talud en un puerto marítimo nos indica a proponer la formulación de la siguiente pregunta:

- ¿Cuál es el impacto en los costos y tiempo de ejecución con el uso del Colchacreto en la protección de taludes?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cómo el uso del Colchacreto incide en los costos y tiempo frente al uso del enrocado?
- ¿Qué incidencia directa tendrán las partidas que se ejecutarán en el sistema Colchacreto y en el sistema enrocado en los costos y tiempo?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Anteriormente se ha dado escasa importancia a la protección de taludes, usando soluciones artesanales que aparentemente solucionaban el

problema; pero a la larga poco efectiva, se usaron tabla estacados (truncos, rieles y otros). También usando espigones, todo esto muy laboriosas, lentas y antieconómicas. Existe otro sistema de revestimiento denominado Mortarmart, que son losetas de concreto dentro de geotextil, éste solo se puede aplicar hasta el espejo de agua, resultando muy complicado y caro hacerlo bajo el agua por la poca visibilidad. (Ortiz, 2001).

Un tipo de geotextil es el colchacreto o flexocreto (según la marca del fabricante), que viene a ser una especie de bolsa contenedora de geotextil de alta tenacidad, permeable al exceso de agua con divisiones, donde se llena el concreto *in situ*, en tierra o sumergido en agua. Este es utilizado como una pantalla de protección contra la erosión marina y fluvial de taludes, reemplazando en sus funciones a la coraza y filtro, teniendo como núcleo a otro material de granulometría más pequeña.

A continuación, se presenta la secuencia para el ingreso de datos y el diseño de revestimiento de orilla con Colchacreto.

#### GEOMETRIA

H (m)	4,00	Altura del talud
Zw (m)	1,40	Altura de la lámina de agua
h (m)	1,23	Nivel aguas en el interior del terreno
Z (m)	1,00	Componente horizontal de los taludes
L (m)	1,00	Longitud de contrapeso "L" max. disponible
S (m/m)	0,0011	Pendiente longitudinal del canal (Ver figura 1)
T (m)	30,00	Ancho del canal o río en la parte superior (Ver figura 1)
Rc (m)	100,00	Radio de curvatura máxima (Ver figura 1)

#### PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DEL SUELO

			Rango recomendado	
c (kN/m <sup>2</sup> )	30,00	Resistencia al corte no drenada del suelo	Otros	Defina el valor
γ (kN/m <sup>3</sup> )	18,00	Peso específico del suelo	Otros	Defina el valor
φ (°)	30,00	Ángulo de fricción interna		
δ (°)	1/2φ'	Ángulo de fricción suelo - COLCHACRETO		



## Ventajas y desventajas del sistema colchacreto.

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
En comparación con los revestimientos de piedra tipo Rip-Rap, colchacreto es un revestimiento articulado, continuo y homogéneo, de gran peso y menor espesor	La instalación en superficies con geometría compleja o en contacto con agua resulta difícil y costosa.
Se puede adaptar a diferentes superficies del terreno incluso bajo agua, garantizando un total contacto con la superficie.	
El rendimiento de la instalación es mayor que la mayoría de sistemas de revestimiento o protección y el costo de mano de obra es menor.	
Se puede instalar sin equipo especial ni controles especiales, ya que el concreto se puede verter por gravedad o bombear al interior de la formaleta textil.	
Reduce el uso de tablas, listones, regla y paneles de madera no recuperables (formaletas convencionales), ayudando a la protección del medio ambiente.	
Requiere menor transporte de materiales al sitio de la obra.	

### 1.4. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Para el presente estudio se ha tomado un proyecto portuario en la ciudad de Pisco, donde se implantó el uso del Colchacreto como alternativa al uso de roca filtro y coraza en la protección de talud de muelle. El proyecto inicialmente estaba diseñado para realizar los rellenos del talud con materiales rocosos extraídos desde la cantera dentro de la misma obra. Se requerían rocas de los tipos: quarry run, filtro (10 a 60 kg) y coraza (100 a

500kg). Los estudios geotécnicos determinaron que se contaba con la cantidad necesaria de roca, pero la roca encontrada estaba muy fracturada. En consecuencia, no se puede obtener la roca coraza en la cantera del sitio y traerla de fuera es muy costosa.

Es así que se modifica el expediente y se aprueba la utilización del geotextil en reemplazo del enrocado. La idea de este estudio es demostrar la optimización de los costos y el tiempo a través del análisis cuantitativo de estas dos variables, las que serán medidas con técnicas e instrumentos de recolección y medición de datos. Un estudio que tiene similitud con nuestro proyecto es aquel que fue realizado en la construcción de la Rada Interior del Proyecto Lima Marina Club, en la Costa Verde, Lima donde se realiza la comparación de ambos sistemas, obteniéndose una reducción del tiempo de construcción y del costo, demostrando que es más eficiente. (Bauer & Pérez, 2015).

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la influencia del uso del Colchacreto en los costos y tiempo de ejecución en una obra Portuaria de Pisco.

### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar como el uso del Colchacreto incide en los costos y tiempo frente al uso del enrocado.
- Analizar las partidas que se ejecutarán en el sistema Colchacreto y en el sistema enrocado que tiene incidencia

directa en los costos y tiempo.

## **1.6. HIPÓTESIS**

### **1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL**

- El impacto en los costos y tiempo de ejecución se reducirán con el uso del Colchacreto en la protección de taludes.

### **1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- El uso del Colchacreto se reducirán los costos y tiempo frente al uso del enrocado.
- En la incidencia directa que partidas se ejecutarán en el sistema Colchacreto y en el sistema enrocado en los costos y tiempo.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. MARCO FILOSÓFICO O EPISTEMOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

En la construcción de una obra portuaria, un aspecto muy importante es la estabilidad de taludes de los rellenos marinos, porque, no solo la estructura del talud va a estar sometida a efectos de la carga, gravedad y sismos; sino también a los efectos adversos de las olas y mareas que actúan erosionando el talud, adicionalmente la acción de las hélices de propulsión de los barcos que atracan y zarpan en los muelles. Incluso estos tienen mayor incidencia que las olas; entonces, para que se cumplan los fines, se requiere un estudio detallado, un diseño adecuado y construcción especializada.

Las estructuras portuarias se construyen en terreno firme o en áreas ganadas al mar, realizando para ello grandes cantidades de movimientos de material granular para formar los terraplenes; pero estas requieren una capa de protección contra la erosión a través de rocas de mayor peso y

tamaño. Esta forma de protección es la que se ha desarrollado tradicionalmente en los proyectos portuarios cumpliendo con el objetivo propuesto. Este sistema es conocido través de proyectos antiguos hasta ahora vigentes. El buen comportamiento de las rocas en ese escenario ya ha sido ampliamente mostrado.

Uno de los problemas que la Ingeniería Civil ha afrontado en su trayectoria, ha sido el manejo de la estabilidad de taludes en las riberas marinas y fluviales. Existe una necesidad latente de profundizar en el conocimiento de los costos que implican las diferentes alternativas de solución.

## **2.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN**

### **2.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Soriano, A. (2015), en su tesis para optar el grado de doctor en ingeniería de caminos, canales y puertos, titulada “Estudio dinámico de cimentaciones en obras portuarias” en la Universidad Politécnica de Madrid, se habla que: “los diques de abrigo verticales son estructuras monolíticas que sirven para reflejar el oleaje creando, de este modo, una zona abrigada en el lado tierra. Son estructuras de contención de gravedad, es decir, su peso es el elemento resistente fundamental. Las solicitaciones sobre estas estructuras son de tipo dinámico (oleaje) y consisten, fundamentalmente, en un empuje frontal y una subpresión en la base que varían en el tiempo. Habitualmente, las acciones sobre los diques de abrigo se establecen mediante fórmulas empíricas, que se describen en la presente tesis si bien, para obras de especial importancia, suelen

medirse en modelos reducidos de laboratorio. Cuando el cimiento en que han de apoyarse estas estructuras no presenta una resistencia al corte suficiente, el apoyo se realiza en banquetas que redistribuyen la carga y que están formadas por materiales granulares. En la práctica habitual para conocer la estabilidad de estas estructuras frente a un temporal, tras establecer las acciones de cálculo (empuje frontal y subpresión) se efectúa un cálculo pseudoestático en el que se consideran condiciones drenadas o no drenadas del cimiento en función de su permeabilidad. Se conoce que, en los suelos saturados, bajo cargas cíclicas, tiende a producirse una elevación de las presiones intersticiales y una reducción de tensiones efectivas, así como una degradación del módulo de deformación tangencial en función del número de ciclos de carga, pudiéndose producir el fenómeno conocido como licuefacción (arenas) o movilidad cíclica (suelos más finos). El objeto de la tesis fue explorar la posibilidad, con la tecnología actual, de analizar la estabilidad de los diques de abrigo verticales en cuyo cimiento existen suelos blandos, proponiendo un procedimiento para evaluar la estabilidad dinámica en este tipo de obras". En este trabajo se concluyó lo siguiente:

- La dirección del oleaje es importante en el valor de la presión obtenida, especialmente en el caso de olas en rotura. Para estos casos se han de evaluar las presiones de manera experimental o con modelos numéricos tridimensionales

Bustos, P. (2009), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil

en Obras Civiles, titulada “Infraestructura portuaria para Quicaví, Chiloé: Diseño de obras marítimas mayores” en la Universidad Austral de Chile comenta que: “se dio solución al requerimiento de infraestructura portuaria con la realización de un proyecto que sea significativo para el desarrollo local de Quicaví, dando otra modalidad de transporte a sus habitantes, mejorando su borde costero y solucionando el problema de conectividad del grupo de islas Chauques cercanas a la localidad. Para la materialización de este trabajo se contó con los antecedentes del “Estudio de Condiciones Naturales en Sector Quicaví” proporcionado por la Dirección de Obras Portuarias de la X Región de Los Lagos, que permitió obtener la ingeniería básica para el desarrollo del proyecto. Se decidió entonces, la tipología de estructura de atraque adecuada para las embarcaciones, en base al análisis de las condiciones naturales e ingeniería básica del sector, definiendo el lugar de emplazamiento de tales obras”. En este trabajo se concluyó lo siguiente:

- Se logró realizar un proyecto de acuerdo al objetivo planteado, definiendo como tipo de obras adecuadas, una rampa de atraque transparente con superestructura de elementos de hormigón prefabricado y fundada sobre pilotes de acero; además de un muro de contención para protección del borde costero en la zona de estudio.

### **2.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Sicha, G. (2018), en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil,

titulada “Diseño con Geosintéticos para la función de separación, filtración y refuerzo en pavimentos flexibles” en la Pontificia Universidad Católica del Perú comenta que: “su trabajo consistió en el diseño, análisis técnico y económico del uso de geosintéticos para tres funciones en particular en pavimentos flexibles. Primero, se evaluó la aplicación de un geotextil no tejido punzonado de separación entre el material granular y el suelo de fundación. Luego, se analizó la aplicación de un geotextil no tejido punzonado como envoltura de subdrenes longitudinales cumpliendo la función de filtración. Por último, se evaluó la aplicación de una geomalla triaxial de refuerzo para la optimización del pavimento en estudio”. En este trabajo se concluyó lo siguiente:

- El diseño desarrollado facilitó la determinación de las propiedades mecánicas e hidráulicas mínimas necesarias del material para que pueda soportar las condiciones de campo y el daño durante la instalación. El geotextil especificado fue un geotextil comercial GT320P. El análisis técnico y económico se realizó teniendo en cuenta el diseño estructural de cada sección y en base a precios referenciales de los materiales empleados. Además, se presenta el análisis desarrollado, el cual consistió en asumir distintos espesores contaminados de sub base para identificar el porcentaje de reducción de serviciabilidad del pavimento. Los valores presentados del análisis técnico muestran el aumento de serviciabilidad de forma porcentual del pavimento con geotextil respecto al pavimento que no lo emplea. Luego, se realizó el análisis económico correspondiente



comparando el costo de dos pavimentos: 1. pavimento que emplea un espesor adicional de sub base llamado espesor de sacrificio 2. pavimento que mantiene los espesores de sus capas pero que emplea un geotextil de separación. Los valores presentados en el análisis económico muestran el ahorro de forma porcentual del pavimento con geotextil respecto al pavimento que emplea espesor de sacrificio.

### **2.2.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Sanchez, S. (2019). Propuesta para mejorar la serviciabilidad de un talud vial incorporando un muro de suelo reforzado con el Sistema Terramesh para el proyecto Quebrada Honda-Ferrocarril Central-Huancayo. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Continental, Huancayo, Perú que: La presente tesis tiene por objetivo proyectar la construcción de muros de suelo reforzado con el Sistema Terramesh para estabilizar y ampliar las dimensiones del terraplén existente en la zona de Quebrada Honda y Ferrocarril – Huancayo, para la construcción del corredor vial. Para el diseño de los muros se ha empleado la metodología que propone la administración federal de autopistas del departamento de transportes de los EE.UU. “Diseño y Construcción de muros de tierra estabilizados mecánicamente y taludes de suelo reforzado – Volumen II – 2009” y la norma peruana “suelos y Taludes - CE0.20”. La Norma Norteamericana nos permite determinar la resistencia de tensión necesaria que los refuerzos deben de aportar a la estructura

para obtener el factor de seguridad establecidos en la norma peruana CE.020. Los factores de seguridad mínimos para que la estructura no colapse tanto para el análisis estático son de 1.5 (Interna y externa) y en el análisis dinámico de 1.10. El análisis de estabilidad de los muros diseñados se ha realizado de forma manual y con el uso de programas de computación SLIDE V.6 y MacStars W, que son softwares que emplean el método del equilibrio límite en sus análisis, dentro del cual se ha usado el método de Bishop Simplificado para calcular los factores de seguridad. El factor de seguridad global para el talud más crítico fue de  $FS = 1.698$  para el análisis estático y de  $FS = 1.302$  para el análisis dinámico, siendo mayores a los recomendados en la norma garantizando así la estabilidad del talud. Se concluye que el empleo de refuerzos (geosintéticos) anclados aportan resistencia a la tracción en los muros, estos refuerzos limitan la deformación lateral del suelo debido a la rigidez que aportan a la estructura en general haciéndolos actuar como un muro de gravedad, obteniendo así, factores de seguridad mayores a los muros sin refuerzo.

### 2.3. MARCO CONCEPTUAL O GLOSARIO

- **Costo programado:** Según Salinas, M (2015). Dice: “Monto estimado de las contrataciones de obras o consultorías de obras durante la fase de planificación”.
- **Cuaderno de Obra:** Según Salinas, M (2015). Dice: “El documento que, debidamente foliado, se abre al inicio de toda obra y en el que el

inspector o supervisor y el residente anotan las ocurrencias, órdenes, consultas y las respuestas a las consultas”.

- **Gastos Generales:** Según Salinas, M (2015). Dice: “Son aquellos costos indirectos que el contratista debe efectuar para la ejecución de la prestación a su cargo, derivados de su propia actividad empresarial, por lo que no pueden ser incluidos dentro de las partidas de las obras o de los costos directos del servicio”.
- **Gastos Generales Fijos:** Según Salinas, M (2015). Dice: “Son aquellos que no están relacionados con el tiempo de ejecución de la prestación a cargo del contratista”.
- **Gastos Generales Variables:** Según Salinas, M (2015). Dice: “Son aquellos que están directamente relacionados con el tiempo de ejecución de la obra y por lo tanto pueden incurrirse a lo largo de todo el plazo de ejecución de la prestación a cargo del contratista”.
- **Geosintéticos:** según ASTM D4439, son un producto planar hecho a base de material polimérico. Estos materiales están en contacto con suelo, roca, tierra u otro material relacionado a la ingeniería geotécnica que pueda integrarse en proyectos, estructuras o sistema. Pueden cumplir 5 funciones principales: separación, filtración, refuerzo, drenaje e impermeabilización o barrera hidráulica (Koerner, 2012). Además, se pueden clasificar principalmente en los siguientes tipos: geotextiles, geomallas, geonets, geomembranas, GCL, geoespuma, geocompuestos, geo-otros.
- **Geotextil:** son un tipo de geosintético permeable compuesto por

textiles. Son usados usualmente en rocas, tierra u otros (Koerner, 2012). Se pueden clasificar por su proceso de fabricación. Entre ellos se encuentran: El tipo de polímetro empleado, el tipo de fibra empleada y el estilo de tela fabricado (Koerner, 2012). En cuanto al tipo de polímero empleado, se puede comentar que la mayoría de geotextiles son manufacturados de polipropileno (en 95% de los casos aproximadamente). También existen geotextiles de poliéster (2% aprox.), polietileno (2%aprox.) y nylon (1%aprox.) (Koerner, 2012). Por otro lado, se puede definir un geotextil por el tipo de fibra. Entre ellos se encuentran los siguientes: monofilamento, multifilamento, Fibra cortada, película de hendidura monofilamento y hendidura-película multifilamento (Koerner, 2012). Otra forma de clasificar los geotextiles es por el estilo de tela usado. Entre ellos se encuentra el geotextil tejido y no tejido. El geotextil tejido posee una estructura plana y regular y contiene uno o varios juegos de hilos en dos direcciones usualmente formando ángulos rectos (Shukla, 2016). El geotextil no tejido posee fibras orientadas aleatoriamente en una banda suelta unida por fundición parcial, punzonado o agentes químicos como gomas, látex, celulosa entre (Shukla, 2016). El uso de geotextil tricotado es producido por entrelazado de uno o varios hilos (u otros elementos) junto con una máquina tricotosa, en lugar de un telar (Shukla, 2016). El geotextil cosido posee fibras (o los hilos o ambos) entrelazadas por costura (Shukla, 2016). Adicionalmente, se sabe que la composición de distintos tipos de geotextiles a una escala microscópica. De esta forma se puede apreciar este material en 2 escalas distintas.

- **Geomalla:** Es conocida como el geosintético de refuerzo por excelencia. Está compuesta por costillas paralelas conectadas entre sí. El espacio entre estas costillas permite generar un efecto de trabazón del suelo, piedra u otro material geotécnico (Koerner, 2012). Las costillas pueden ser unidas mediante extrusión, unión o entrelazados (Shukla, 2016). Las geomallas extruidas se clasifican de la siguiente manera:
  - ✓ Geomalla uniaxial: Producida mediante el estiramiento longitudinal de una hoja de polímero perforado de forma regular.
  - ✓ Geomalla biaxial: Producida mediante el estiramiento longitudinal en 2 direcciones de una hoja de polímero perforado de forma regular. Por esto, posee resistencia a la tracción igual en ambas direcciones.
- Geomalla triaxial: Producida para tener resistencia a la tracción en distintas direcciones (Shukla, 2016).
- **Obra:** Según Salinas, M (2015). Dice: “Construcción, reconstrucción, remodelación, mejoramiento, demolición, renovación, ampliación y habilitación de bienes inmuebles, tales como edificaciones, estructuras, excavaciones, perforaciones, carreteras, puentes, entre otros, que requieren dirección técnica, expediente técnico, mano de obra, materiales y/o equipos”.
- **Partida:** Walter R. Costos y Tiempos, Aplicando el MS Project para Windows”. “Cada una de las partes o actividades que conforman el presupuesto de una obra”.

## **CAPÍTULO 3**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Para establecer el tipo de investigación, se emplea la clasificación propuesta por Hernández, Fernández y Baptista (2010), enmarcándose en el tipo descriptivo-explicativo que sigue el enfoque cuantitativo.

Es Básica, debido a que su principal objetivo es la de generar conocimiento la que servirá de base para futuras investigaciones de orden aplicada

#### **3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO**

La población considerada para este estudio es el ámbito de un proyecto portuario de Pisco y la protección de talud es parte del conjunto de obras realizadas dentro del complejo portuario.

#### **3.3. TAMAÑO DE MUESTRA**

La muestra no va a ser estadística porque se va a coger la información de un solo proyecto, la muestra en este proceso de investigación se considera

unitaria. Está enmarcado en el análisis de las variables de costo y tiempo de la implementación del uso de colchacreto comparado con la roca coraza que incluye todas sus partidas.

### **3.4. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se realizarán las mediciones cuantitativas acudiendo a la data o información de costos, partidas, análisis de precios unitarios, etc., del expediente técnico del proyecto contractual y expediente de cambio, cotizaciones de proveedores con precios actualizados y poder recalcularlos a través de un sinceramiento de valores. Para realizar las mediciones se obtendrá la información acerca de procedimientos de trabajo, mano de obra, calidad de materiales, usos de equipos, análisis de costos, etc. de personas ligadas directamente al uso del sistema: jefe de planeamiento, especialista geotécnico, maestro de obra, ingeniero asesor de ventas del proveedor del sistema y opiniones de los expertos, utilizando fichas de entrevista, para la administración ordenada de la información.

La metodología de trabajo se organiza en tres etapas: Planificación y Logística, que viene a ser la elaboración del plan de actividades, elaboración y entrega de cartas y solicitudes para accesos a áreas de obras y entrevistas, la elaboración de fichas y cuestionarios de entrevistas. Trabajo de Campo, es la toma de datos de actividades de campo, registro topográfico y videos de procesos, seguimiento de desarrollo de partidas en campo, entrevistas a las personas de influencia directa. Trabajo de Gabinete, que viene a ser el vaciado y organización de datos de campo, elaboración del análisis de precios unitarios, empleo de hojas de cálculo Excel para la organización del presupuesto y la elaboración del informe de

resultados.



**FIGURA 1:** Diagrama de la Metodología Fuente: Elaboración propia



## **CAPÍTULO 4**

### **DESARROLLO DE TEMA**

#### **4.1. MATERIALES**

Los principales elementos que nos van a servir como fuentes a analizar son los expedientes de obra que están constituidos por el presupuesto, análisis de precios unitarios y especificaciones técnicas, libros de consulta especializada, etc, se utilizarán las fichas técnicas de los materiales donde se especifican los rendimientos, fichas de recolección con información de campo con datos de rendimientos y otros.

Este estudio se refiere a la optimización del uso de roca coraza con el uso del colchacreto, para ese fin se analizarán a detalle el presupuesto del enrocado que incluye las partidas que participan desde la excavación del material, transporte y colocación. Así mismo, se analizará la instalación del colchacreto presentando, el presupuesto con la inclusión de las partidas que la conforman como tendido de manta y concreto hidráulico de relleno.

Partidas que se van a analizar en el sistema colchacreto que tiene

incidencia directa en los costos y tiempo.

**Tabla 1:** Sistema de Colchacreto

ítem	Descripción
1.00	<b>MANTA DE COLCHACRETO</b> Mano de obra: cuadrilla de corte, costura y tendido de manta en tierra. Materiales: Colchacreto articulado, hilo de poliéster, geotextil para separación y filtración. Equipos: Máquina de coser geotextil, equipo para bombeo, alquiler de chata y equipo de buceo.
2.00	<b>PARTIDA: CONCRETO HIDRAULICO</b> Mano de obra: Cuadrilla de vaciado de concreto. Materiales: Cemento, agregados, agua, aditivos, mangueras, etc. Equipos: Mezcladora de concreto.

Fuente: *Elaboración propia*

Partidas que se van a analizar en el sistema de enrocado que tienen incidencia directa en los costos y tiempo.

**Tabla 2:** Sistema con encofrado de coraza

Ítem	Descripción
1.00	<b>PARTIDA:EXCAVACIÓN Y CORTE EN TERRENO ROCOSO</b> Movilización de equipos: Camión plataforma. Corte y excavación: Operador de equipo. Equipos: Excavadora con martillo hidráulico, cargador frontal y volquete.
2.00	<b>PARTIDA: COLOCACIÓN DE ROCA EN TALUD.</b> Mano de obra: Vigía, oficial. Equipos: Cargador frontal, grúa sobre orugas.

Fuente: *Elaboración propia*

## 4.2. INSTRUMENTOS

Como el estudio se trata de un análisis comparativo de costos y tiempo de ejecución de dos tipos de sistemas, solo se utilizarán herramientas o instrumentos de recojo de información tales como:

**Tabla 3:** Instrumentos

Ficha de entrevistas	Cuestionarios previamente establecidos
Hoja de cálculo en Excel	Para el manejo de los presupuestos y cálculos requeridos
Análisis de documentos	Expedientes y especificaciones técnicas
Fotografías	Fuente de información visual
Grabación de audios y videos	De entrevistas y procesos.

Fuente: *Elaboración propia*

Estos servirán para el análisis adecuado de los costos unitarios de las partidas, uso y análisis de rendimiento de equipos y materiales, evitando de esta manera los sobrecostos y optimización del tiempo.

#### **4.3. MÉTODOS**

Este proyecto toma la variable del costo como una herramienta estratégica para conocer si realmente se logrará la optimización en los costos y para tal fin realizaremos el cálculo del costo directo de los usos de geotextil y coraza independientemente, realizando el análisis de los precios unitarios considerando los materiales, mano de obra, equipos y herramientas, rendimientos y otros. El presupuesto final de cada sistema será el que determine finalmente la respuesta del objetivo.

Para tomar en consideración el estudio de la variable del tiempo, el sistema de colchacreto ya cuenta con la información del tiempo de ejecución de la primera etapa que utilizaremos como muestra, ya que representa el 50% del total proyectado, esto nos ayudará de manera precisa en los cálculos requeridos. En el sistema de protección con coraza obtendremos información del expediente técnico, donde se evalúa el tiempo de ejecución a través del cronograma. La obtención de la información del tiempo

empleado en ambos casos será el indicador concluyente del objetivo planteado.

#### 4.4. PROCEDIMIENTO

Se elabora la planilla de metrados de cada sistema a analizar, en este caso tomaremos los datos del expediente en un 50%, porque ya contamos con los resultados de obra ejecutados con ese porcentaje de avance con los costos y tiempos que son útiles para los cálculos.

**Tabla 4:** Plantilla de metrados de excavación y relleno con coraza

Item	Descripción	Unidad	Metrado
<b>1.00</b>	<b>MOVILIZACIÓN</b>		
1.01	Movilización y facilidades y equipamiento para relleno	glb	1
	<b>EXCAVACIÓN Y CORTE EN TERRENO</b>		
<b>2.00</b>	<b>ROCOSO</b>		
2.01	Roca Primaria (100-500Kg)	m3	15,710.00
<b>3.00</b>	<b>TALUD Y MUELLE Y ESQUINAS LADO SUR</b>		
3.01	Colocar roca primaria de fondo (100-500Kg)	m3	7,000.00
3.02	Colocar coraza en talud (100-500Kg)	m3	8,710.00
<b>4.00</b>	<b>DESMOVILIZACIÓN</b>		
4.01	Desmovilización de equipo de relleno	glb	1

Fuente: *Elaboración propia*

**Tabla 5:** Plantilla de metrados de colchacreto

Item	Descripción	Unidad	Metrado
<b>1.00</b>	<b>TALUD Y MUELLE Y ESQUINAS LADO SUR</b>		
1.01	Manta de colchacreto	m2	24,164.00
1.02	Concreto hidráulico de relleno $f_c=210\text{kg/cm}^2$	m3	1,726.00

Fuente: *Elaboración propia*

#### **Elaboración de los precios unitarios:**

**Tabla 6:** Análisis de los precios unitarios de sistema de colchacreto

Partida	Manta de colchacreto		
Rendimiento	m2/día 420.0000	EQ. 420.0000	costo unitario por m2
Descripción de recurso			59.28

Mano de obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Pecio S/.	Parcial S/.
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0019	21.89	0.04
OPERARIO	hh	1.0000	0.0190	18.24	0.35
PEÓN	hh	6.0000	0.1143	13.74	1.57
BUZO	hh	2.0000	0.0381	25.00	0.95
					<b>2.91</b>
<b>Materiales</b>					
Colchacreto articulado	m2		1.1100	35.00	38.85
Hilo de poliéster	ml		1.0000	0.12	0.12
Geotextil para separación y filtración	m2		1.0510	5.60	5.89
					<b>44.86</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%MO		3.0000	2.91	0.09
Máquina para coser geotextil	hm	1.0000	0.0190	0.14	0.00
Equipo de bombeo	hm	1.0000	0.0190	80.00	1.52
Alquiler de chata	hm	1.0000	0.0190	170.00	3.23
Equipo de buceo	hm	1.0000	0.0190	350.00	6.67
					<b>11.51</b>

Partida	Concreto hidráulico de relleno				
Rendimiento	m3/día	24.0000	EQ. 24.0000	costo unitario por m3	337.76
Mano de obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Pecio S/.	Parcial S/.
CAPATAZ	hh	0.1000	0.0333	21.89	0.73
OPERARIO	hh	2.0000	0.6667	18.24	12.16
OFICIAL	hh	2.0000	0.6667	15.28	10.19
PEÓN	hh	6.0000	2.0000	13.74	27.48
					<b>50.56</b>
<b>Materiales</b>					
Arena gruesa	m3		1.2000	28.00	33.60
Cemento portland tipo V o similar	bls		9.8000	25.00	245.00
Agua	m3		0.1850	20.00	3.70
					<b>282.30</b>
<b>Equipos</b>					
Herramientas manuales	%MO		3.0000	41.09	1.23
Mezcladora de C° tambor 16 hp-11 p3	hm	1.0000	0.3333	11.00	3.67
					<b>4.90</b>

Fuente: *Elaboración propia*

**Tabla 7:** Análisis de movilización de equipos en el sistema de enrocado con coraza

<b>Partida: MOVILIZACIÓN DE FACILIDADES Y EQUIPAMIENTO PARA RELLENO</b>				
<b>MOVILIZACIÓN DE EQUIPO TRANSPORTADO</b>				
<b>Equipo</b>	<b>Peso (ton/und)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Nº de viajes</b>	
Cargador sobre llantas 125-155 hp 3 y d3	16.6	3	1	
Rodillo vibratorio liso autopropulsado 101 hp	12	1	1	
<b>Total de viajes</b>			<b>1</b>	
Capacidad de camión plataforma 6x4-3000hp (ton)			19	
Total de carga a transportar (ton)			61.8	
Flete a obra (S/. /ton)			230	
	Movilización de equipo transportado (S/.)		14,214.00	
	Seguros de transporte (15%)		710.70	
	<b>Movilización de equipo transportado (S/.)</b>		<b>14,924.70</b>	
<b>Movilización de equipo autotransportado</b>				
<b>Equipo autotransportado</b>	<b>cantidad</b>	<b>HS (S/.)</b>	<b>horas</b>	<b>parcial (S/.)</b>
Grúa de orugas 75 ton	1.00	800.00	4.00	3,200.00
	Movilización de equipo transportado (S/.)			3,200.00
	Seguros de transporte (15%)			160.00
	<b>Movilización de equipo transportado (S/.)</b>			<b>3,360.00</b>
	<b>Movilización de equipos</b>			
	Movilización de equipo transportado (S/.)			14,924.70
	Movilización de equipo transportado (S/.)			3,360.00
			<b>TOTAL</b>	
			(S/.)	<b>18,284.70</b>

Fuente: *Elaboración propia*

## **CAPÍTULO 5**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **5.1. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Todo lo expuesto anteriormente en la Metodología y subtítulos, donde se presentan tablas de análisis de datos tomados del expediente, cálculos de metrados y cálculos en gabinete, van a otorgar la síntesis para presentar un cuadro del presupuesto general resumido, para dar respuesta a las variables de costo planteados en el presente estudio. Para enfocar la variable del tiempo se extrae del cronograma del expediente las actividades con las fechas de inicio y fin del desarrollo de las partidas del relleno de enrocado, los que van a ser comparados con el tiempo empleado en el desarrollo real ya culminado en obra de la instalación de colchacreto.



**Tabla 8:** Presupuesto del Sistema de Enrocado

Item	Descripción	Und	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
<b>EXCAVACIÓN</b>					
<b>CORTE EN</b>					
2.00	<b>TERRENO ROCOSO</b>				
2.01	Roca Primaria (100-500 kg).	m3	15,710.00	52.60	826,346.00
2.01	Capa secundaria (10-60 kg).	m3	7,660.00	52.73	403,911.80
<b>TALUD MUELLE Y ESQUINAS LADO NORTE Y SUR</b>					
3.00			0.00		
3.01	Colocar roca primaria d fondo (100-500 kg).	m3	7,000.00	12.06	84,420.00
3.02	Colocar roca secundaria de fondo (10-60 kg).	m3	3,500.00	9.65	33,775.00
3.03	Colocar coraza en talud (100-500 kg).	m3	8,710.00	12.06	105,042.60
3.04	Clocar roca secundaria en talud (10-60 kg).	m3	4,160.00	9.65	40,144.00
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>1,493,639.40</b>
	<b>GASRTOS</b>				
	<b>GENERALES (20%)</b>				<b>298727.88</b>
	<b>UTILIDADES (10%)</b>				<b>149363.94</b>
<b>SUBTOTAL</b>					<b>1,941,731.22</b>
<b>I.G.V (18%)</b>					<b>349511.62</b>
<b>TOTAL</b>					<b>2,291,242.84</b>

Fuente: *Elaboración propia*

**Tabla 9:** Presupuesto del Sistema de Colchacreto

Ítem	Descripción	Und	Metrado	Precio	
				S/.	Parcial S/.
<b>TALUD MUELLE Y ESQUINAS</b>					
3.00	LADO NORTE Y SUR				
3.05	Manta de cochacreto	m3	21,000.00	59.28	1,244,880.00
3.06	Concreto hidráulico de relleno f <sub>c</sub> =210kg/cm <sup>2</sup>	m3	1,726.00	337.76	582,973.76
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>1,827,853.76</b>
	GASTOS GENERALES (20%)				365570.752
	UTILIDADES (10%)				182785.376
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>2,376,209.89</b>
	I.G.V (18%)				427717.78
	<b>TOTAL</b>				<b>2,803,927.67</b>

Fuente: *Elaboración propia*

Referente a la tabla siguiente, el cronograma de expediente no separa la colocación exclusiva de roca coraza e intermedia, sino que el tiempo es considerado tomado en cuenta la colocación de las tres capas de diseño que son el quarry run, roca intermedia y coraza. La partida denominada relleno en talud expresa un total de 350m, que es la suma de dos amarraderos de 175m cada uno. Los trabajos de relleno se separaron en dos etapas por cuestiones de procedimiento constructivo, sumando en un total de 43 semanas programados.

**Tabla 10:** Cronograma en obras de relleno de enrocado

	Comienzo	Fin	Duración
<b>OBRAS DE RELLENO</b>			
<b>MUELLES</b>			
<b>CONSTRUCCION 0-250m MUELLE</b>			
Relleno en talud	29/04/2019	27/10/2019	30 sem.
<b>CONSTRUCCIÓN 250-350m MUELLE</b>			
Relleno en talud	28/10/2019	28/01/2019	13 sem.
<b>TOTAL</b>			<b>43 sem</b>

Fuente: *Elaboración propia*



**FIGURA 2:** Esquema resumen del Sistema Enrocado Fuente: Elaboración propia

Para el sustento de la tabla siguiente; se menciona dos partidas, el relleno de talud se refiere al vertido en talud de mar del material quarry run, para la conformación de la nueva plataforma, que se realizará en 43 semanas. En otra partida se menciona la colocación del geotextil relleno de concreto en tiempo de 11 semanas. Todo el desarrollo del trabajo se encuentra ejecutado obteniendo datos de tiempo reales.

**Tabla 11:** Cronograma en obras de relleno y colocación de colchacreto

	Comienzo	Fin	Duración
<b>OBRAS DE RELLENO</b>			
<b>MUELLES</b>			
<b>RELLENO DE QUARRY RUN</b>			
Relleno en talud	18/07/2018	29/04/2019	43 sem.
<b>COLOCACIÓN DE COLCHACRETO</b>			
Geotextil y concreto hidráulico	17/07/2019	3/10/2019	11 sem.
<b>TOTAL</b>			<b>54 sem</b>

Fuente: *Elaboración propia*



**FIGURA 3:** Esquema resumen del sistema de colchacreto Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12:** Comparación de los sistemas en costo y tiempo

<b>COMPARACIÓN ENTRE LOS DOS SISTEMAS</b>		
	<b>COSTO (S/-)</b>	<b>TIEMPO (semana)</b>
<b>ENROCADO</b>	<b>2,291,242.84</b>	<b>43</b>
<b>COLCHACRETO</b>	<b>2,803,927.67</b>	<b>54</b>

Fuente: *Elaboración propia*

Para presentar un análisis de resultados general utilizaremos la Tabla anterior, donde se muestran los valores en costos y tiempo de cada sistema, generando con el colchacreto un incremento del 18.28% en el costo y un incremento del 20.37% en el tiempo de ejecución del proyecto, estos datos son contrarios si nos referimos a los resultados de otros estudios similares.

## 5.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

El presente estudio de optimización de costos y tiempo con el uso del colchacreto en reemplazo al enrocado, es de resultado muy variable por las

condiciones propias y características de cada proyecto, en el caso de nuestro proyecto el suministro de material pétreo es de la cantera del mismo proyecto, pero a causa de la falta de material se tuvo que hacer el cambio del tipo de protección de talud.

El concepto de optimización viene del sinónimo de mejorar, sin embargo, en este caso no se logró la mejora en costos y tiempo esperados muy a pesar de las experiencias y estudios de otros proyectos que, si lograron la esperada optimización, es así que en el proyecto Construcción de la Rada Interior en Lima Marina Club de la Costa Verde, se logró una optimización en el tiempo de 270 días y un ahorro aproximado de 670,000 mil soles. (Bauer & Perez 2015).

Para reforzar lo anterior y debido a experiencias de estudios anteriores donde se usa otro tipo de geotextil denominado geotubos, que es también un contenedor, en este caso de material propio de la zona como arena, que es bombeado con agua y quedando como sacos llenos de arena filtrada, cumple el papel de rompeolas y mitigar el socavamiento de la playa, este mismo papel se le pudo otorgar al enrocado. En el proyecto denominado Soluciones hidráulicas con tubos de geotextil en el sector de la línea de costa comprendida entre la Punta de Santo Domingo y el Espolón Iribarren en Bocagrande (Cartagena), se logró realizar un análisis con un ahorro en costo del 17% a pesar que se requiere mayor cantidad de arena de un 20-33%+70.

Además, un punto de análisis que no debemos dejar de pasar es la evaluación del proyecto, desde el punto de vista que se está considerando el análisis del tiempo de enrocado y colchacreto con los trabajos desde el

núcleo, es decir, con la colocación del ripio o quarry run, que es condicionante o proceso obligatorio para la colocación de la protección de talud con los dos sistemas. Como información de influencia, se menciona que los procesos constructivos con el sistema enrocado son secuenciales y usando el mismo equipamiento y en el sistema de colchacreto son actividades totalmente diferentes, pues se corta la actividad del relleno con equipos, para dar el paso a una labor mixta que requiere mayor cantidad de mano de obra y especializada como buzos para el llenado bajo agua.

Una característica muy peculiar del proyecto abordado es que, los trabajos de instalación del colchacreto requieren de equipos de buceo con personal especializado que trabajará en profundidades de hasta -17.00m con un tiempo de inmersión máximo de 2 horas y 1 hora para la descompresión, ello obliga a tener más personal de buceo disponibles, para que la actividad del llenado de concreto no se paralice, para evitar las juntas frías y no disminuir la productividad. En ese contexto los costos del proceso se elevan y el tiempo se amplía.

Un aspecto muy importante que debemos tener en cuenta es el impacto que generan los dos tipos de sistemas, en el caso del enrocado evidentemente el impacto será mayor, pues desde el momento de la extracción ya existe una depredación del medio, se genera contaminación por el uso de maquinarias y explosivos, se interfiere en el ciclo hidrológico de la fauna marina por el lanzamiento de rocas al mar, incluso el dragado será mayor para acoger a los materiales de gran tamaño y obtener el calado necesario para las embarcaciones.

Las bondades medio ambientales de la protección de talud con colchacreto son diversas, desde la anulación del proceso extractivo rocoso y su transporte contaminante, menor profundidad de dragado, por tener este material una altura de 20cm. No debemos ignorar los derrames de concreto ocasionales por explosión de mangueras por altas presiones o mala manipulación en el proceso que suelen ocurrir.

## CONCLUSIONES

- No se ha logrado la reducción, por el contrario, se acrecientan los costos en un 18.28% ya que el presupuesto del enrocado asciende a S/. 2,291,242.84 y el presupuesto del colchacreto es de S/. 2,803,927.67; habiendo una diferencia de S/. 512,684.83. También en el aspecto del tiempo de trabajo ha sido mayor con la aplicación del geotextil en un 20.33% de semanas programadas, ya que con el enrocado se programó en 43 semanas y con el colchacreto se efectuaron en 54 semanas contabilizadas desde el inicio del relleno desde el núcleo de la estructura hasta la propia colocación del geotextil.
- Para la aplicación del sistema del colchacreto debemos tener en consideración del suministro de roca; que, como tal, tiene un costo muy elevado dependiendo de la lejanía de la cantera y por ello, contrapesar estos dos presupuestos a la hora del análisis de los costos. Para este proyecto se hicieron los cálculos con cantera in situ.
- En el aspecto de análisis de partidas que no quedó muy claro por la falta de cotizaciones actualizadas en las partidas colchacreto que existen en el expediente, pero se tuvo que realizar con énfasis para una investigación con resultados más exactos.



## **RECOMENDACIONES**

- Dentro de un proyecto tan ambicioso como lo fue éste, siempre se desea que haya una mejora continua en el mismo; por lo tanto, se recomienda a futuros estudiantes que tengan el interés del proyecto, es hacer las cotizaciones actualizadas y no incrementar los precios reales de las partidas de colchacreto, para hacer sus respectivas comparaciones para la optimización de costos.
- Tener un buen control en el rendimiento del personal, para obtener el verdadero tiempo en la colocación del colchacreto y a hacer su respectiva comparación, para la optimización de tiempo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avilés, O., & David, G. (2017). *“Estudio y Diseño de un rompeolas para la protección costera contra la erosión marina en la playa de Punta Hermosa”*. Universidad Nacional de Ingeniería <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/14191>
- Bauer, G. y Pérez, J. (2015). *“Análisis comparativo del enrocado y del sistema bolsacreto en la construcción de la rada interior del proyecto Lima Marina Club, Costa Verde”*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Ricardo Palma. Recuperado el 11 de diciembre de 2019. En: [http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/1268/1/bauer\\_gj-perez\\_ja.pdf](http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/1268/1/bauer_gj-perez_ja.pdf)
- Bustos, P. (2008). *“Infraestructura portuaria para Quicaví, Chiloé: Diseño de obras marítimas mayores”*. Tesis para optar el título profesional de: Ingeniero Civil en Obras Civiles. Universidad Austral de Chile.
- Chico Ramírez, L. L., & Tapias Vargas, Y. M. (2014). *“Análisis y aplicación del uso de estructuras hidráulicas blandas empleando geosintéticos para la protección costera. Caso estudio: estructuras en la línea de costa de Cartagena de Indias”* (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena).
- Fernández, F. R. D. (2016). *“Recomendaciones generales para la protección de orillas ribereñas y taludes portuarios mediante el uso de encofrado*

*geotextil para hormigonado como alternativa a sistemas de enrocado.*”

Art. América Tecnología y Servicio. XXIII GAMSIG. Congreso Argentino de mecánica de suelos e ingeniería Geotécnica. Santa Fe – Argentina

Flierman, M., Haan, R. De, King, M., & Groom, J. (2016). “*Propeller action and berth scour protection*”. 1–21.

Mendoza-Baldwin, E., Silva-Casarín, R., Clavero-Gilabert, M., & Losada-Rodríguez, M. Á. (2010). “*Evolución del comportamiento hidráulico y de la geometría de diques homogéneos al ser deformados por el oleaje. Tecnología y Ciencias Del Agua*”. 1(2), 21–35.

Ruiz-Y-Zurvia-Flores, J. R., & Fragoso-Sandoval, L. (2012). “*Deflectores de oleaje para rompeolas superficiales rebasables. Tecnología y Ciencias Del Agua*”. 3(4), 57–71.

Sicha, G. (2018). “*Diseño de Geosintéticos para la función de separación, filtración y refuerzo en pavimentos flexibles*”. Tesis para optar el título profesional de: Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Soriano, A. (2015). “*Estudio dinámico de cimentaciones en obras portuarias*”. Tesis para optar el grado de doctor en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid.

Valencia, Y., Ramírez, M., Toro, M., & Echeverri, O. (2003). *“Impacto de ondas sobre taludes”*. Dyna, 70 (139), 43-52.

Velásquez, J. (2011). *“Diseño de rompeolas del muelle de Eten”*. Tesis para optar el título de ingeniero civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima - Perú. Recuperado el 10 de diciembre del 2019. En: [http://cybertesis.uni.pe/bitstream/uni/15260/2/velasquez\\_lj.pdf](http://cybertesis.uni.pe/bitstream/uni/15260/2/velasquez_lj.pdf)

Velásquez, J. (2011). *“Diseño de rompeolas del Muelle Eten.”* Informe para optar el título de Ingeniero Civil 165. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2015.11.012>

## **ANEXOS**

Entrevista 1: Obtención de información de campo

PROYECTO: TERMINAL PORTUARIO  
OBRA: OPTIMIZACION DE ENROCADO DE TALUD CON COLCHACRETO

FECHA: 17 / 10 / 2019

NOMBRE DEL ENTREVISTADO: Juan Cortez.....

EMPRESA: .....

OBJETIVO: Recopilación de información del desarrollo de instalación de Colchacreto.

PREGUNTAS:

1.- ¿Cuál es el cargo que Ud. tiene y que funciones desarrolla en el proyecto?

Capataz del frente de Colchacreto

2.- ¿Como están conformados los grupos de trabajo?

COSTURA: 04 (02 operarios + 02 peones)

LLENADO: 05 (03 operarios + 02 peones)

BUZOS: 05 (03 buzos + 02 peones)

3.- Si separamos el proyecto en dos sectores una el talud sin pilotes o talud lado sur ¿Qué dificultades tuvieron en el desarrollo de la actividad?

La densidad del concreto, rotura de manguera por presión, material de manguera muy rígida poco maniobrable.

4.- Como solucionaron los inconvenientes y que problema retrasó más la labor?

Cambio de diseño del concreto (tamaño de agregado y mas fluida), manguera de bombeo más flexible.

Se contrató 03 buzos más, aumentando la producción de concreto hasta 32 m<sup>3</sup>.

5.- Para poder cuantificar la actividad cual es el avance diario que obtuvieron en ese sector?

Cantidad de concreto usado diario 8m<sup>3</sup> (pañes de 18,19 y20ml)

6.- ¿Cuál es la fecha de inicio y fin de actividades en ese sector?

Lado sur: Inicio el 29/04/19, final:30/06/19

7.- Si nos referimos al talud de los amarraderos o el talud con pilotes ¿Qué dificultades tuvieron en el desarrollo de la actividad?

Obstáculos de pilotes, poca visibilidad, talud imperfecto, solo 2 horas de trabajo efectivo de los buzos.

8.- Como solucionaron los inconvenientes y que problema retrasó más la labor?

Tender el paño entre los pilotes dejando un corte especial para cubrir los pilotes, uso de lámparas en la cabeza de buzos.

Aumentar la cantidad de buzos a 12 (motorista + tenye).

Tanque de aire (compresora) de 200 lb.

9.- Para poder cuantificar la actividad cual es el avance diario que obtuvieron en ese sector?

En fondo 40-48 m<sup>3</sup>

10.- ¿Cuál es la fecha de inicio y fin de actividades en ese sector?

17/07/19 al 03/10/19

11.- ¿Tras la experiencia adquirida en este proceso como cree Ud. que se optimizarían los tiempos y los costos?

Buzos administrados directamente por la empresa para evitar incumplimientos



Fotografía 1: Instalación de colchacreto en talud de muelle



*Fotografía 2: Personal de buceo preparándose para la actividad.*