



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE MUROS SUMERGIDOS PARA CONTRARRESTAR LA ENERGÍA DE  
LAS OLAS, EN LA ZONA COSTERA DE LA PARROQUIA TONCHIGÜE, CANTÓN  
ATACAMES DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingenieros Civiles

**AUTORES:** Byron Marcelo Riera Guevara  
Bryan Andrés Sánchez Cabrera

**TUTOR:** Marlon Manolo Arévalo Navarrete

Quito - Ecuador  
2023

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Byron Marcelo Riera Guevara con documento de identificación N° 1717180952 y Bryan Andrés Sánchez Cabrera con documento de identificación N° 0803601939; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 19 de julio del 2023

Atentamente,



---

Byron Marcelo Riera Guevara  
1717180952



---

Bryan Andrés Sánchez Cabrera  
0803601939

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Byron Marcelo Riera Guevara con documento de identificación N° 1717180952 y Bryan Andrés Sánchez Cabrera con documento de identificación N° 0803601939; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Diseño de Muros sumergidos para contrarrestar la Energía de las Olas, en la zona costera de la Parroquia Tonchigüe, Cantón Atacames de la Provincia de Esmeraldas” el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Civiles en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 19 de julio del 2023

Atentamente,



---

Byron Marcelo Riera Guevara

1717180952



---

Bryan Andrés Sánchez Cabrera

0803601939

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Marlon Manolo Arévalo Navarrete con documento de identificación N° 1706746029, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO DE MUROS SUMERGIDOS PARA CONTRARRESTAR LA ENERGÍA DE LAS OLAS, EN LA ZONA COSTERA DE LA PARROQUIA TONCHIGÜE, CANTÓN ATACAMES DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS**, realizado por Byron Marcelo Riera Guevara con documento de identificación N° 1717180952 y Bryan Andrés Sánchez Cabrera con documento de identificación N° 0803601939, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico, que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 19 de julio del 2023

Atentamente,



---

Ing. Marlon Manolo Arévalo Navarrete, MSc.

1717180952

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo a Dios, quien con su bendición y sabiduría me ha sabido guiar y hacer escoger los caminos correctos hasta el tal de tenerme a un paso de cumplir mi sueño.

A mis padres María Guevara y Rubén Riera por haberme enseñado desde pequeño que los grandes objetivos se consiguen con esfuerzo, dedicación y trabajo.

Quiero mencionar también a mi familia por su paciencia y confianza día a día, ya que en los momentos más complicados han sido mi refugio y mi apoyo.

A mis amigos y compañeros de clase que con cada retroalimentación, clase, preguntas y estudio compartido hemos podido caminar juntos, pasando semestre por semestre y nutriéndonos con conocimiento.

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mis padres, Maritza Cabrera y Feliciano Sánchez por todo su amor y por motivarme a seguir hacia adelante.

Todo el trabajo realizado fue posible gracias al apoyo incondicional de mi esposa Doménica Falcones, mi hijo Jefferson Sánchez, mis hermanos Danny Sánchez y Karla Sánchez que estuvieron a mi lado en los momentos difíciles, y diciéndome tu si puedes, al saber que cuando uno cae ellos me levantaban a seguir adelante.

Nada de esto hubiera sido posible sin ustedes. Este trabajo es el resultado de un sinfín de acontecimientos que poco tuvieron que ver con lo académico, sino más bien, con el amor.

## AGRADECIMIENTOS

Todos los días siempre estoy muy agradeciendo con Dios por darme la salud y sobre todo la vida.

A mi mami María Guevara por su amor y motivación, enseñándome que el estudio es el mejor camino para salir adelante, entregándome su cariño y confianza, siempre estando pendiente de mi alimentación, recordarme que tengo que estudiar y ser una persona muy responsable en los estudios.

A mi padre Rubén Riera por enseñarme a ser hombre luchador, por guiarme por el camino del trabajo, del esfuerzo, del saber que las recompensas vienen de la mano con el trabajo duro.

A mis hijos Dayana y Daniel por cambiarme de humor cuando yo me sentía triste, por ser la felicidad en los momentos más oscuros. Por ser mi motivación para no rendirme cuando los sacrificios económicos y humanos eran fuertes.

A mis amigos de la infancia que con sus preguntas sobre cómo me va y su aliento con frases como: “sigue adelante”, “tú puedes”, “creemos en ti”, fortalecieron mi mente para siempre alentarme para seguir adelante en lo profesional.

A todos los docentes de la carrera de Ing. Civil ya que ellos fueron el eje principal de mi vida profesional, su conocimiento y enseñanzas quedaron impregnados en mi ser.

A mi tutor por guiar, apoyar y aportar en este trabajo. Su predisposición y amor por la catedra lo convierte en un gran docente y en un gran profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, le agradezco a Dios y a mis padres Maritza Cabrera y Feliciano Sánchez que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

A mi esposa Doménica Falcones, por llegar a mi vida y empezar juntos a construir un camino que nos permita estar siempre unidos y felices.

A mis hermanos Danny Sánchez y Karla Sánchez por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A mi tutor por ayudarme y aportándome en mi tema de proyecto técnico, y ser el eje para aportarme su conocimiento en la construcción de este.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES Y GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción.....	1
1.2 Problema .....	3
1.2.1 Antecedentes .....	3
1.2.2 Importancia y alcance .....	4
1.2.3 Delimitación.....	4
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivos .....	8
1.4.1 Objetivo General .....	8
1.4.2 Objetivos Específicos.....	8
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>9</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1 Principales afectaciones del nivel del mar .....	9
2.2 Erosión hídrico marino.....	9
2.3 Protección costera .....	11
2.4 Tipos de protección costera.....	11
2.5 Protección costera de estructuras duras.....	12
2.6 Protección costera blandas o no estructurales .....	13

2.7	Rompeolas.....	14
2.8	Geosintéticos.....	15
2.9	Geosintéticos en proyectos hidráulicos.....	16
2.10	Geotextil.....	16
2.11	Geotextil no tejido.....	18
2.12	Geotextil tejido.....	19
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>22</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>		<b>22</b>
3.1	Tipo de investigación.....	22
3.2	Método de investigación.....	22
3.3	Técnicas de recolección de información.....	23
3.4	Proceso técnico de Ingeniería Civil.....	23
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>25</b>
<b>PROCESOS COSTEROS.....</b>		<b>25</b>
4.1	Origen de las playas.....	25
4.2	Procesos sedimentarios.....	25
4.2.1	Sedimentos en suspensión.....	25
4.2.2	Transporte de sedimentos.....	26
4.2.3	Depósito de sedimentos.....	26
4.3	Oleaje.....	26

4.3.1	Teoría de oleaje .....	26
4.3.2	Clasificación del oleaje .....	27
4.3.3	Medición del oleaje .....	28
4.4	Mareas .....	28
4.5	Procesos oceanográficos .....	29
4.5.1	Corrientes oceánicas.....	29
4.5.2	Circulación atmosférica .....	30
4.5.3	Presión atmosférica .....	30
4.5.4	Viento .....	30
4.5.5	Tormentas y eventos extremos.....	30
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>32</b>
<b>OBRAS DE PROTECCIÓN COSTERA.....</b>		<b>32</b>
5.1	Criterios de diseño.....	32
5.1.1	Diques .....	32
5.1.2	Muros .....	33
5.1.3	Espigones .....	33
5.1.4	Tablestacado.....	34
5.1.5	Rompeolas sumergidos .....	34
5.1.6	Dunas .....	35
5.1.7	Empalizadas .....	36

5.1.8	Sedimentación en zonas costeras .....	38
5.2	Propuesta de estructura para protección costera .....	38
5.3	Aplicación del método R. R. Miniken .....	38
5.3.1	Determinación de altura de la ola significativa (Hs).....	38
5.3.2	Determinación de fuerza de impacto de ola rompiente.....	40
5.3.3	Determinación de fuerza horizontal de avance de la ola (Fe).....	40
5.3.4	Determinación de fuerza de la ola (Fola).....	41
5.3.5	Cálculo del peso sumergido del rompeolas (W) .....	41
5.3.6	Cálculo de la fuerza de fricción .....	41
5.3.7	Aplicación del principio de igualación de fuerzas .....	42
5.3.8	Cálculo del factor de seguridad.....	43
5.3.9	Cálculo del peso de la roca de coraza .....	43
5.3.10	Cota de diseño del proyecto .....	43
	<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>44</b>
	<b>DISEÑO .....</b>	<b>44</b>
6.1	Cálculo de la fuerza de la ola rompiente.....	44
6.2	Cálculo de la fuerza de avance de ola .....	44
6.3	Cálculo de la fuerza total.....	45
6.4	Cálculo del peso sumergido del rompeolas.....	45
6.4.1	Cálculo del volumen del rompeolas .....	45

6.4.2	Cálculo del peso específico sumergido del rompeolas .....	46
6.4.3	Cálculo final del peso sumergido del rompeolas .....	46
6.5	Cálculo de la fuerza de fricción .....	47
6.6	Cálculo del factor de seguridad.....	47
6.7	Cálculo del peso de la roca de coraza .....	48
6.8	Informe topográfico .....	48
6.8.1	Base del levantamiento topográfico .....	48
6.8.2	Toma de datos y referencias en sitio .....	49
6.8.3	Equipos Utilizados .....	50
6.8.4	Creación de modelo digital y superficie con curvas .....	51
6.8.5	Resultados de levantamiento.....	52
6.9	Informe del muro.....	53
<b>CAPÍTULO VII .....</b>		<b>63</b>
<b>SIMULACIÓN A TRAVES DEL SOFTWARE SAP2000 .....</b>		<b>63</b>
7.1	Definición del material.....	63
7.2	Geometría del muro.....	65
7.3	Asignación de cargas.....	66
7.4	Análisis de resultados.....	66
<b>CAPÍTULO VIII.....</b>		<b>69</b>
<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....</b>		<b>69</b>

<b>CAPÍTULO IX.....</b>	<b>74</b>
<b>VOLUMENES Y COSTOS.....</b>	<b>74</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>78</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Coordenadas de zona de proyecto</i> .....	5
<b>Tabla 2.</b> <i>Factores del cambio climático</i> .....	10
<b>Tabla 3.</b> <i>Estructuras duras</i> .....	13
<b>Tabla 4.</b> <i>Protección costera blanda</i> .....	14
<b>Tabla 5.</b> <i>Características y especificaciones del geotextil no tejido</i> .....	19
<b>Tabla 6.</b> <i>Características y especificaciones del geotextil tejido</i> .....	21
<b>Tabla 7.</b> <i>Tabla del de mareas del Inocar</i> .....	39
<b>Tabla 8.</b> <i>Puntos GPS desarrollados en campo</i> .....	49
<b>Tabla 9.</b> <i>Coordenadas del proyecto</i> .....	52
<b>Tabla 10.</b> <i>Replanteo y nivelación</i> .....	69
<b>Tabla 11.</b> <i>Geocontenedores</i> .....	70
<b>Tabla 12.</b> <i>Suministros y colocación de piedra escollera</i> .....	71
<b>Tabla 13.</b> <i>Geotextiles tejidos de base</i> .....	72
<b>Tabla 14.</b> <i>Transporte de piedra escollera</i> .....	73
<b>Tabla 15.</b> <i>Transporte de piedra escollera</i> .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Mapa regional de Esmeraldas</i> .....	5
<b>Figura 2.</b> <i>Zona de implantación del proyecto</i> .....	6
<b>Figura 3.</b> <i>Rompeolas sumergidos</i> .....	15
<b>Figura 4.</b> <i>Geomalla</i> .....	17
<b>Figura 5.</b> <i>Usos de Geotextiles membrana</i> .....	18
<b>Figura 6.</b> <i>Geotextiles tejidos</i> .....	20
<b>Figura 7.</b> <i>Esquema de composición de rompeolas</i> .....	35
<b>Figura 8.</b> <i>Fotografía de empalizadas</i> .....	37
<b>Figura 9.</b> <i>Esquema de fuerzas del rompeolas</i> .....	42
<b>Figura 10.</b> <i>GPS Garmin Montana 650</i> .....	50
<b>Figura 11.</b> <i>Estación total Kolida</i> .....	51
<b>Figura 12.</b> <i>Propiedades de la superficie</i> .....	52
<b>Figura 13.</b> <i>Tabla de mareas</i> .....	53
<b>Figura 14.</b> <i>Tabla de mareas</i> .....	54
<b>Figura 15.</b> <i>Tabla de mareas</i> .....	54
<b>Figura 16.</b> <i>Tabla de mareas</i> .....	55
<b>Figura 17.</b> <i>Tabla de mareas</i> .....	55
<b>Figura 18.</b> <i>Tabla de mareas</i> .....	56
<b>Figura 19.</b> <i>Tabla de mareas</i> .....	56
<b>Figura 20.</b> <i>Tabla de mareas</i> .....	57
<b>Figura 21.</b> <i>Tabla de mareas</i> .....	57
<b>Figura 22.</b> <i>Tabla de mareas</i> .....	58



<b>Figura 23.</b> <i>Tabla de mareas</i> .....	58
<b>Figura 24.</b> <i>Tabla de mareas</i> .....	59
<b>Figura 25.</b> <i>Tabla de mareas</i> .....	59
<b>Figura 26.</b> <i>Tabla de mareas</i> .....	60
<b>Figura 27.</b> <i>Muro sumergido</i> .....	61
<b>Figura 28.</b> <i>Geocontenedor</i> .....	61
<b>Figura 29.</b> <i>Estructura Geocontenedor</i> .....	62
<b>Figura 30.</b> <i>Definición de propiedad del material en SAP2000</i> .....	64
<b>Figura 31.</b> <i>Geometría del muro</i> .....	65
<b>Figura 32.</b> <i>Carga horizontal en el muro</i> .....	66
<b>Figura 33.</b> <i>Peso propio del Muro</i> .....	67
<b>Figura 34.</b> <i>Diagrama de esfuerzos en la pantalla del muro</i> .....	68

## RESUMEN

Las zonas costeras de todo el mundo se han visto afectadas desde hace algunos años atrás por el incremento del nivel del agua debido al calentamiento global que genera el derretimiento de hielo en los polos. Al elevarse el nivel de agua, las corrientes marinas se están desplazando hacia las zonas costeras, lo cual produce afectaciones a todo aquel que reside cerca a estos lugares.

Una de las zonas afectadas en Ecuador es la parroquia Tonchigüe, del cantón Atacames de la provincia de Esmeraldas, en la cual su malecón ubicado frente a la playa de la misma está sufriendo grandes daños en su estructura, generando la preocupación de sus habitantes por su posible destrucción y posteriormente afectaciones a viviendas ubicadas frente al mismo.

El diseño de muros sumergidos frente al malecón está basado en la protección del mismo y disminución de la energía de las olas al momento de impactar contra el malecón, estos muros serán implantados en la playa y serán visibles cuando se produzca el proceso de baja mar y poca visibilidad cuando se produzca la pleamar en esta zona.

La composición de los muros sumergidos consta especialmente de geotextiles de alta resistencia para poder soportar la fuerza de las olas y garantizar una vida útil larga de los muros, estarán rellenos de material fino como es la arena y recubierto con geotextil tejido para así al momento de tener contacto con el agua este material no se escurra, obteniendo así un filtro que retendrá estas partículas, estos mismos serán implantados sobre una cimentación de piedra escollera para poder controlar los asentamientos diferenciales del mismo, además se colocará sobre los muros de geotextiles una protección de piedra escollera de 1 metro entre aristas para proteger el geotextil y ayudar a disminuir la fuerza de las olas, con esto garantizaremos el correcto funcionamiento de los muros y protección de la zona en peligro de afectaciones mayores.

### **PALABRAS CLAVE:**

Muro sumergido – Geotextiles – Piedra Escollera – Tonchigüe

## **ABSTRACT**

One of the affected areas in Ecuador is the Tonchigüe parish, in the Atacames canton in the province of Esmeraldas, in which its boardwalk located in front of its beach is suffering great damage to its structure, generating concern among its inhabitants for its safety. possible destruction and later affectations to houses located in front of it.

The design of submerged walls in front of the boardwalk is based on its protection and the reduction of wave energy at the time of impact against the boardwalk. These walls will be installed on the beach and will be visible when the low-tide process occurs and little visibility when the high tide occurs in this area.

The composition of the submerged walls consists especially of high-resistance geotextiles to be able to withstand the force of the waves and guarantee a long useful life of the walls, they will be filled with fine material such as sand and covered with a woven geotextile so that at the time of having contact with water this material does not run off, thus obtaining a filter that will retain these particles, these will be implanted on a breakwater foundation to be able to control the differential settlements of the same, in addition a protection of geotextiles will be placed on the walls one meter breakwater between edges to protect the geotextile and help reduce the force of the waves, with this we will guarantee the correct functioning of the walls and protection of the area in danger of major damage.

### **PALABRAS CLAVE (INGLÉS):**

Submerged wall – Geotextiles – Breakwater Stone – Tonchigüe

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

### 1.1 Introducción.

Los muros de contención sumergidos son estructuras cuyo fin principal es brindar soporte lateral a una masa de agua. Generalmente los más conocidos son aquellos que están destinadas a soportar el impacto de las olas. Este tipo de estructuras deben ser diseñadas para tolerar los constantes cambios de empujes hidráulicos que se producen en el mar. (Yepes, 2020)

El soporte lateral que se produce en el muro se representa mediante cargas horizontales, cuyos valores dependerán de la fuerza, alcance y altura de las olas. Además, debido a la zona en la que se encuentra el proyecto, también se producirán cargas producidas por sismo, lo que generará dimensiones de muro mayores y por consecuencia costos más elevados. (Yepes, 2020)

Por tanto, el diseño deberá estar a cargo de un profesional de la construcción civil. Además, se deberá tomar en cuenta obras de protección y limpieza en la zona costera, cuyo fin principal sea el correcto funcionamiento del mismo.

El proyecto surge por la necesidad de los habitantes, siendo algunos de ellos pioneros del emprendimiento turístico en Tonchigüe. Por tal motivo, el municipio de Esmeraldas con el apoyo del gobierno ha conseguido un acuerdo para la construcción de muros sumergidos para contrarrestar la energía de las olas en la zona costera de la parroquia Tonchigüe. (Olivo, 2021)

Es de vital importancia la construcción de estas obras en la parroquia de Tonchigüe, ya que el crecimiento turístico según la OTM, la organización mundial de turismo, enmarca un crecimiento del 14% en el 2014, sumado a otros atractivos que tiene esta parroquia como la represa Abdón Calderón que fue construida en el 2010, que actualmente se encuentra rehabilitado el

balneario de agua dulce. (Olivo, 2021)

Según Farías (2016), “Los tsunamis, lluvias torrenciales, sismos, incendios forestales y aguajes, son los principales fenómenos naturales que pueden dañar este balneario” (p.39). se puede ver que los principales riesgos para dañar nuestra zona turística como el malecón, son problemas relacionados con el crecimiento del agua ya que, si no se le da protección, estarían afectando principalmente las fachadas de los asentamientos poblacionales, dejando así una mala imagen hacia el turista que los visita.

El proyecto consta de 3 fases:

1. Obtención de datos: Buscar información de estudios preliminares utilizados para la elaboración y diseño del muro.
2. Diseño: Se realizará el diseño del muro con sus respectivas dimensiones y elementos estructurales.
3. Entrega de información: Mediante informe se presentará la topografía de campo, implantación de muro, sección longitudinal, sección transversal y detalles de los elementos del muro.

Con la finalidad de encontrar un proceso adecuado para dar solución al problema, este proyecto se basará en una investigación aplicada que consta de:

Buscar la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto.  
(Lozada, 2014)

## **1.2 Problema**

### **1.2.1 Antecedentes**

El terremoto del 16 de abril del 2016, ocasiono muchos daños en la infraestructura vial, sanitaria e hidráulica, los habitantes de la parroquia Tonchigüe manifiestan en la junta parroquial que el gobierno no tomo en cuenta obras de reconstrucción. Por este motivo, el crecimiento del turismo se vio estancado. En algunas ocasiones sus playas fueron totalmente inhabilitadas, debido a las constantes arremetidas del mar. (Medina, 2020)

Tonchigüe y las demás parroquias cercanas como: Súa, Same, Galera, entre otras y pequeños pueblos que se encuentran en la zona costera, sufren de las constantes inundaciones que se producen. Como consecuencia, viviendas, hoteles y demás negocios se ven afectados en su rutina diaria, trabajos y daños materiales en sus instalaciones. Otro sector afectado es el turismo, ya que, el inundamiento produce el cierre de vías o el difícil acceso a las mismas. (Medina, 2020)

La parroquia de Tonchigüe en particular, cuenta con un malecón muy poco atractivo. Este tipo de obra atrae el interés de turistas, generando aumentos económicos y desarrollo turístico. A pesar que la población no es abundante, no está tan lejos del número de habitantes que tiene Atacames, pero muy lejos en cuanto a tener el alcance turístico, por ello el objetivo, es aumentar el número de visitantes hacia su playa, con la protección de su malecón mediante muros de contención implantados aproximadamente a 40 metros frente a su zona costera, para de esta manera convertirlo en un lugar seguro y de gran acogida turística. (Farías, 2016)

Por ello, nos vemos en la necesidad de crear estructuras o medios para disipar la energía de las olas, y así poder disminuir la intensidad de las mismas. Con el fin de proteger las estructuras existentes, se genera una nueva fuente de turismo y estabilización en el sistema económica, social y cultural de sus habitantes. (Farías, 2016)

### **1.2.2 Importancia y alcance**

Los muros sumergidos tienen una doble función, no solo soportarán la carga de las olas, sino que además serán parte de la estructura del malecón. Todo este conjunto se utilizará para garantizar la protección de sus habitantes que residen frente a esta zona costera y directamente se provocará un aumento del turismo para la parroquia de Tonchigüe. (Morachimo, 2016)

Con este aumento, los hoteles, restaurantes y demás negocios verán reflejados un crecimiento en sus ganancias mensuales, lo que genera movimiento económico del sector, aumento de plazas de empleo, mejoramiento de la infraestructura y atracción de aún más visitantes.

Otro de los aspectos es que se reducirá la sobre densidad de personas en algunas de las playas más conocidas. De esta manera los turistas podrán sentirse más tranquilos y con el objetivo claro de relajarse. (Morachimo, 2016)

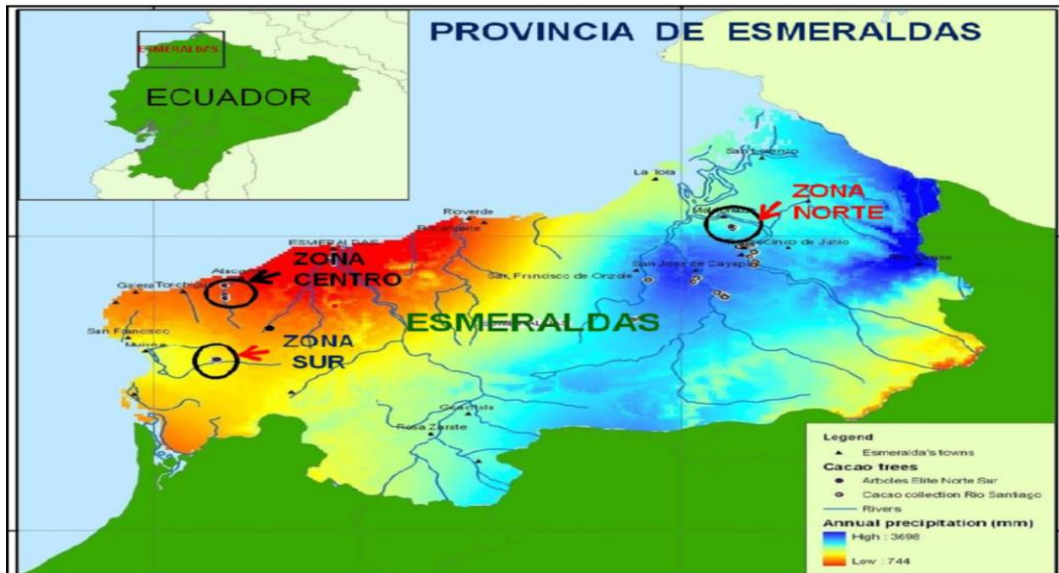
La obra comprende el diseño de muros sumergidos para contrarrestar la energía de las olas en la zona costera de la parroquia Tonchigüe, cantón Atacames de la provincia de Esmeraldas. En ella se incluye además obras complementarias como regeneración del malecón y limpieza de residuos ubicados en la playa. (Morachimo, 2016)

### **1.2.3 Delimitación**

La parroquia de Tonchigüe se encuentra ubicada en la zona sur del cantón Atacames de la provincia de Esmeraldas

**Figura 1.**

*Mapa regional de Esmeraldas*



*Nota.* Mapa de la Provincia Esmeraldas, donde se muestra la ubicación de la zona.  
Elaborado por: Los autores a través de ResearchGate, 2015.

Su delimitación está dada en las siguientes coordenadas en el sistema UTM WGS 84:

**Tabla 1.**

*Coordenadas de zona de proyecto*

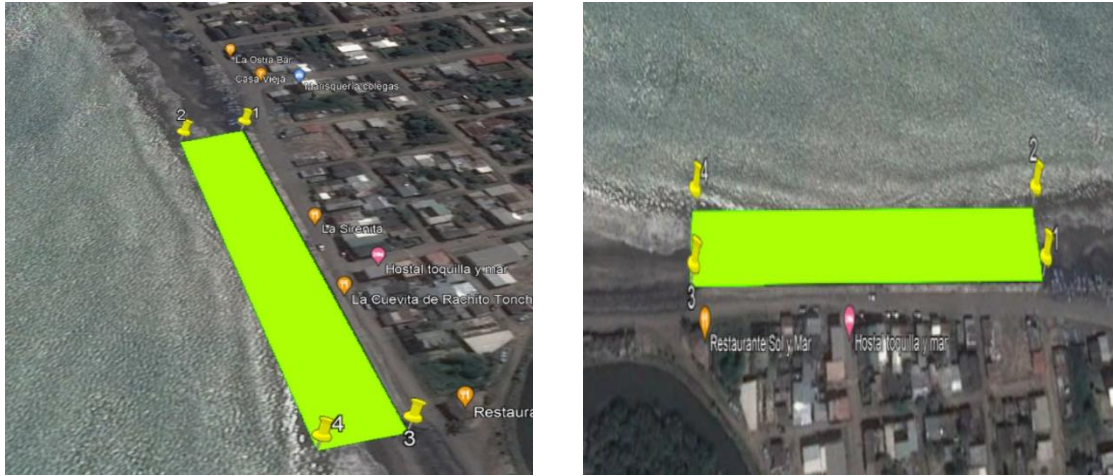
PUNTO	NORTE	ESTE
1	91611.000	617013.550
2	91637.610	619996.190
3	91485.010	616793.120
4	91513.790	616776.510

*Nota.* Coordenadas de la zona para donde será diseñado el proyecto. Elaborado por: Los autores.



## Figura 2.

### Zona de implantación del proyecto



*Nota.* Vista en elevación y posterior de la zona donde será aplicado el proyecto. Elaborado por: Los autores a través de Google Earth, 2023.

### 1.3 Justificación

Una vez analizada la agresividad de las fuerzas que producen las olas del mar en cantones vecinos, nos vemos en la obligación de analizar la problemática en la parroquia Tonchigüe, de la provincia de Esmeraldas. Es así que nos planteamos como primer punto, y el más importante, preservar sus estándares turísticos. Por lo que, nos vemos en la obligación de crear nuevas obras las cuales engrandezcan a esta hermosa playa, y que a su vez sirvan como protección de las mismas.

Con la ejecución de la obra, se podrá preservar a la parroquia nativa esmeraldeña, de la migración de partículas en la zona costera de esta playa, la socavación de las mismas y también el fenómeno llamado el transporte litoral, siendo este la migración o movimientos de materiales sedimentarios, los cuales se producen por las corrientes del mar al llegar a la orilla de las playas llevándose así con ellas los materiales sueltos que se encuentran en las mismas. (Montaño, 1983)

Debido a los grandes inconvenientes económicos que existen en el sistema financiero de nuestro país, con un presupuesto de 137.845,53 mil dólares para el año 2023 en la parroquia TONCHIGÜE (Marriott, 2023) se propone el diseño de una estructura con geotextiles, utilizando la arena del mismo lugar, logrando así reducir los costos.

Luego de realizar los estudios de factibilidad y prefactibilidad que se puede ver en el inciso del presupuesto de la obra realizar, la viabilidad del proyecto es positiva, por lo que será de vital importancia encontrar el apoyo económico del gobierno ya que sin duda se garantizará el patrimonio turístico y el crecimiento de toda la parroquia.

La factibilidad de diseñar muros sumergidos, a pesar de las distintas condiciones climáticas, ha mostrado resultados positivos a nivel mundial. Existen diversos diseños que se han mostrado significativamente económicos, brindando así a las poblaciones grandes beneficios y a los gobiernos objetivos alcanzables. (Díaz, 2015)

Los profesionales especializados en este tipo de proyectos garantizan al diseño, ya que estamos dando un factor de seguridad igual 2.52, mostrados en los cálculos, y por otra parte los materiales a utilizar son de alta durabilidad como es la piedra escollera y los geotextiles, con esto estamos dando una vida útil muy prolongada, sin embargo, también recalcan a los moradores la importancia de un trabajo en conjunto para garantizar la conservación de los proyectos. (Díaz, 2015)

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Diseñar estructuras sumergidas en base a materiales geosintéticos de la construcción para evitar el deterioro o destrucción del malecón en la parroquia Tonchigüe de la provincia de Esmeraldas.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Realizar el diseño de muros sumergidos considerando los estudios necesarios, utilizando datos referenciales de la parroquia de Súa.

Obtener una estructura basada en geo sintéticos y piedra escollera, con el uso de la teoría de muro de contención, para que resistan las fuerzas generadas por las olas del mar, y las diferentes fuerzas eventuales producidas por el sismo.

Explicar mediante una simulación, el futuro comportamiento del mar al instante del impacto en la parte frontal de los muros sumergidos, para demostrar la reducción de las fuerzas hidráulicas de las olas al llegar a la zona costera.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Principales afectaciones del nivel del mar**

Uno de los mayores riesgos que se frecuentan en la zonas costeras debido a la carga hidráulica, es la destrucción de sus estructuras cercanas, como son los malecones y asentamientos poblacionales que colindan con las playas, debido a las distintas fuerzas hidráulicas que se generan por las olas del mar, sin dejar de lado los eventos sísmicos que unidos representan mayor peligrosidad, sumándose a todo esto el descongelamiento de los polos, el cual está causando un aumento en el nivel del agua de mar, es así que se está procediendo a la construcción de diferentes tipos de protecciones marinas a una distancia prudente del rompeolas para así disminuir el impacto de las olas en las orillas del mar, para poder conservar y darles mayor vida útil a estas estructuras propensas a su total destrucción. (Cadena, 2010)

#### **2.2 Erosión hídrico marino**

Se le podría entender mejor a la erosión marina, como la pérdida de material que sufren las estructuras de la zona costera, tanto a largo plazo como a corto plazo, también esto teniendo que ver con un factor muy importante que sería el nivel medio del mar, es ahí como se van migrando las partículas de la playa o acantilados provocando los socavamientos de las mismas, (Valenzuela, 2020)

En los últimos 4600 mil millones de años se han presentado aproximadamente 20 indicios de cambio climático; estos han tenido lugar en escalas de tiempo de 4000 años, en la actualidad se ha dado en un periodo de 200 años. (González, 2013, p.15)

Es quizás toda la existencia de la humanidad. Hace miles de años se han venido produciendo cambios climáticos que en cierta parte han sido de gran magnitud debido al tiempo que transcurre, por lo general, estos se manifiestan entorno a diferentes efectos que son ocasionados por el diario vivir que lleva la población y no pueden ser detenidos para evitar futuras catástrofes o destrucciones, a continuación, se mostrará los diferentes factores del cambio climático:

**Tabla 2.**

*Factores del cambio climático*

FACTORES DEL CAMBIO CLIMÁTICO		
Factores naturales	Cambio en la radicación solar	La cantidad de energía emitida por el sol no es constante, la luminosidad del sol varía con una periodicidad aproximada de 11 años, y en ciclos de 100 años
	Cambio en la órbita terrestre	Las variaciones en la geometría de la órbita de la tierra (variaciones de Millankovich), determina donde y cuando la tierra recibe la mayor cantidad de energía solar, además de tener periodicidades que van de los miles a los cientos de miles de años causantes de la era de hielo o eras glaciales
	Efecto de invernadero	Proceso donde parte de la energía de onda larga emitida por la superficie terrestre es retenida por las nubes y los gases de invernadero. Los gases de invernadero encargados de mantener la temperatura de la tierra en un rango habitable.
	Aerosoles	Son partículas y gotas pequeñas que se mantienen en suspensión en la atmósfera. Los aerosoles reflejan y/o absorben de la radiación solar que recibe la tierra
Factores humano	Incremento en la concentración de gases de invernadero	Muchas actividades humanas (ganadería, agricultura, industria y otros) liberan gases de invernadero, dióxido de carbono y metano principalmente. El aumento en la concentración de dichos gases provoca un balance energético positivo responsable del incremento de la temperatura. Este efecto se conoce como <i>forzamiento antropogénico</i> .
	Cambio en el uso de suelo	La transformación o la situación de cobertura vegetal para asfalto o concreto altera la manera en que la tierra refleja la luz solar e irradia el calor afectando patrones regionales como la evaporación, la lluvia e infiltración del agua al subsuelo, así como la distribución de la energía en el planeta
	Aerosoles	La industria y agricultura agregan una cantidad de aerosoles a la atmósfera que afectan el balance energético negativamente, ya que con el incremento de la concentración de aerosoles aumenta la cantidad de energía solar que es reflejada en el espacio

*Nota.* La tabla muestra los diferentes tipos de factores naturales y humanos que generan el cambio climático. Fuente: González (2013)

### **2.3 Protección costera**

La protección costera tiene sus inicios frente a la necesidad del hombre por proteger los espacios que lo rodean, permitiendo precautelar el bienestar de todo aquel que se beneficia de estos. Por lo tanto, en vista de buscar nuevas oportunidades para generar ingresos económicos, en sitios donde la naturaleza sea parte de un atractivo turístico. También estos lugares se veían afectados por la embestida de la madre naturaleza que como todos conocemos aun no es de todo predecible, con este último conllevando a la construcción o adecuación de obras marinas para precautelar futuras destrucciones o pérdidas humanas.

La protección costera es una actividad humana que surgió desde que el hombre se ve obligado a precautelar y proteger el espacio que lo circunda para su propio beneficio. En su afán de establecerse en la costa en sitios convenientes por su clima y por la disponibilidad de insumos necesarios para su supervivencia y bienestar, también sufrían el embate de la naturaleza, por lo que el hombre se vio en la necesidad de construir obras o adecuar el entorno para protegerse. (Salles y Silva, p. 2)

En febrero del 2020, se propone construir un muro de protección sumergido en SUA, para poder así proteger sus estructuras y su malecón, atrayendo así la inversión turística.

### **2.4 Tipos de protección costera**

Erosión se le podría entender como la pérdida de pequeñas partículas de la playa, donde estas son trasportadas de un lugar a otro, también se le puede entender a este fenómeno, como el transporte litoral, esto se produce por algunos factores que generan esta migración de sus materiales, con las intervenciones de las fuerzas de las olas del mar, y sus intensos vientos. (Guardado, 2011)

Las crecidas de las mareas, están sujetas, directamente al comportamiento del sol como de la luna, obedeciendo así a la rotación de la tierra, produciéndose así los diferentes niveles de agua. Esto se debe a las fuerzas que ejercen cada uno de ellos, en un periodo de 24 horas. Cuando los tres factores principales se encuentran alineados se produce los niveles más altos de agua, produciéndose así los efectos contrarios cuando están desalineadas. (Yepes, 2013)

## **2.5 Protección costera de estructuras duras**

Son estructuras muy rígidas que a su vez las vuelven muy resistentes para soportar las diferentes fuerzas hidráulicas, clasificándose así en diferentes sistemas constructivos, los que su función principal será disipar la energía de las olas del mar, que proviene de las fuerzas ejercidas hacia la línea de influencia de la zona costera, su longitud dependerá de la zona a proteger, como también la longitud de la playa, su altura estar limitada con las tablas de las mareas, donde encontraremos la máxima crecida del las olas para todos los meses del año. A continuación, se presenta una tabla donde se puede ver todos los ejemplos de las mismas. (Ramirez, 2017)

**Tabla 3.***Estructuras duras*

TIPOS	FUNCIÓN	Ejemplos
Diques	Proteger las zonas bajas de las inundaciones; se construyen con montículos de material fino como arena o arcilla con una pendiente suave hacia el mar con el objetivo de disminuir el efecto erosionable de las olas.	Diques de contención del río Coca
Malecones	Prevenir o aliviar el desbordamiento y la inundación de las estructuras que se encuentran detrás de estos cuando se presentan fenómenos como mareas generadas por tormentas y olas.	Malecón 2000 en Guayaquil
Revestimiento	Proteger la costa de la erosión costera y consiste en revestimientos de piedra, hormigón o asfalto.	Revestimiento de concreto en el malecón de Salinas
Mamparos	Mantener o evitar deslizamientos de tierra, dejando como objetivos secundario la protección de la costa contra la influencia de inundaciones y acción de las olas.	
Espolones	Estabilizar tramos de playa natural o artificialmente nutridas contra los procesos erosivos que ocasionan pérdidas de material a lo largo de la orilla de la playa, se construyen perpendiculares a la costa.	
Diques o rompeolas arrecife	Evitar la erosión reflejando y disipando la energía de onda de entrada con ayuda de los rompeolas, reduciendo la altura del oleaje.	Diques rompeolas en el puerto de Manta
Rompeolas	Reducir la acción de las olas en la playa debido a que éstas deben romper en la estructura, son construidos sumergidos y paralelos a la costa.	Rompeolas en la playa La Libertad
Rompeolas sumergidos	Retardar el movimiento de la arena en altamar a través de la colocación de una barrera estructural en el perfil de playa, es una versión especial del rompeolas construido cerca de la costa.	Rompeolas sumergido de Súa
Escollera	Estabilizar los canales navegables en desembocaduras y bocas, para protección costera se construyen cerca de la costa y paralela a éstas	Muro de escollera en Pacoa
Protección contra socavación	Proteger las estructuras costeras de la inestabilidad resultante de la erosión del fondo marino adyacente a la misma	Protección contra socavación puente del río en Cuenca

*Nota.* La tabla muestra los diferentes tipos de estructuras duras para la zona costera del ecuador Elaborado por: Los autores

## 2.6 Protección costera blandas o no estructurales

Este tipo de obras, están principalmente en las zonas costeras donde se pueden utilizar los principales recursos de la naturaleza, para así poder evitar la migración de las partículas y también la erosión la socavación, así siendo más económicas ya que sus principales recursos vendrán de las mismas zonas a intervenir, como podemos apreciar en la siguiente tabla las más utilizadas por el hombre.



**Tabla 4.**

*Protección costera blanda*

<b>TÉCNICA</b>	<b>FUNCIÓN</b>
<i>Arrecifes artificiales</i>	Absorben la energía de las olas lo cual se constituye como una defensa y a su vez proporciona un hábitat natural para la diversidad biológica marina.
<i>Drenaje de playas</i>	Disminuye el volumen de agua superficial incidente en la infiltración de agua en la playa y así disminuir el movimiento de sedimentos hacia el mar.
<i>Drenaje de acantilados</i>	Permite la reducción de presión de poros por el agua que se infiltra en las rocas y es acumulada en las capas permeables.
<i>Relleno de playas</i>	Consiste en el aumento artificial del volumen de arena mediante el suministro externo de la misma en áreas que se desean proteger.
<i>Regeneración de dunas</i>	Pretende reducir la velocidad del viento para propiciar la acumulación de arena en la zona supramareal mediante cerca, geotextiles o planta.
<i>Conservación y siembra de manglares</i>	Ayuda a contrarrestar la energía del oleaje y propicia la sedimentación de partículas que mantienen el ambiente del pantano de manglar y la estabilidad de la línea de costa.
<i>By-pass de arena</i>	Consiste en tomar arena de una zona de acumulación aguas arriba de una estructura con el fin de depositarla de manera artificial, aguas debajo de la misma.

*Nota.* La tabla muestra los diferentes tipos de protección costera blanda para la zona costera. Fuente: Chico & Vargas (2014)

## **2.7 Rompeolas**

Los rompeolas o también conocidos como muros de escollera son estructuras que se encuentran conformadas por bloques de rocas de grandes dimensiones o también bloques de hormigón prefabricados, estos son colocados de tal manera que formen similitud de un muro de contención y se los ubica a cierta distancia hacia fuera de la playa para disminuir la fuerza de las olas y evitar la decantación de arena. Acá podemos encontrar algunos ejemplos, como el que está construido en Manta, otro emblemático rompeolas sería en Salinas, son algunos muros que se han construido en el Ecuador. (Olivera, 2016).

### **Figura 3.**

#### *Rompeolas sumergidos*



*Nota.* La figura muestra rompeolas sumergidos compuestos por un recubrimiento de piedra de escollera y geotextiles en su parte interior. Fuente: (Geosynthetics,2018)

## **2.8 Geosintéticos**

Los materiales tales que son derivados de las fibras poliméricas creadas en laboratorios se les conoce como geosintéticos, los cuales de acuerdo a la Norma (ASTM 12553/1999), es un producto en el que, por lo menos, uno de sus componentes es a base de polímero natural, y se presenta en forma de filtro, manto, lámina o estructura tridimensional, la cual se recomienda ser usada en contacto con el suelo u otros materiales que comprendan el ámbito de la ingeniería civil (Pacheco, 2013), los componentes de estos básicamente son los diferentes tipos de polímeros, ya sea el natural, el cual se extrae de la naturaleza y los sintéticos que son creados en laboratorio.

## **2.9 Geosintéticos en proyectos hidráulicos**

En la actualidad los geotextiles son usados en mayor cantidad en los proyectos hidráulicos, debido a que estos se encuentran fácilmente. Se han convertido en material fundamental para el correcto funcionamiento de todo proyecto que incluya ríos, presas, playas, lagunas, etc. Estos materiales son exclusivamente utilizados para crear una limitante entre el elemento estructural y el agua.

Los geosintéticos pueden ser usados en proyectos hidráulicos para:

- Reducir o prevenir la infiltración mediante el uso de geomembranas, siendo este material impermeable, con su objetivo principal, de retener los líquidos.
- Reducir o prevenir erosión de bancos en canales mediante el uso de sistemas de impermeabilización con geomembranas.
- Proveer drenaje y/o filtración mediante el uso de geotextiles. (Pacheco, 2013, p. 32)

## **2.10 Geotextil**

“Los geotextiles son un elemento laminar, flexible, poroso, que presenta en su estructura un enlace mecánico o químico entre sus filamentos, que son estructurados o manufacturados” (Soluciones Ambientales, 2017). Este resulta ser un elemento laminar, que entre sus filamentos existe una relación mecánica o química los cuales permiten cumplir con funciones que se basan en la resistencia mecánica a la perforación y tracción, y a su capacidad drenante.

**Figura 4.**  
*Geomalla*



*Nota.* La figura muestra es una geomalla es un material sintético que tendrán diferentes cualidades dependiendo de su uso, se pueden usar para reforzar suelos y diversos materiales. Fuente: (Geoace, 2022)

Son muy utilizadas en la construcción de vías y ferrocarriles exclusivamente en la colocación de subbases, evitando también el proceso de erosión en la construcción de presas llegando a cumplir la función de drenaje en canales y separar diferentes granulometrías para estabilizar los diferentes tipos de terreno.

## **Figura 5.**

### *Usos de Geotextiles membrana*



*Nota.* La figura muestra el uso de geotextiles, en este caso la geomembrana, en la construcción de carreteras. Fuente: (Ruiz, 2017)

### **2.11 Geotextil no tejido**

El material conocido como geotextil no tejido es un elemento textil lineal, el cual tiene como función de realizar el trabajo de un filtro, es decir, todo el material fino que se encuentre en su interior o requiera pasar por este será retenido mientras que el agua pasará sin ningún inconveniente. Además, debido a su resistencia al punzonamiento es usado en proyectos para crear elementos estructurales que requieran ser llenados por material fino y soportar cargas puntuales sobre el mismo. (Geotexan, 2012).

**Tabla 5.***Características y especificaciones del geotextil no tejido*

PROPIEDADES	NORMA	UNIDAD	VALOR
<b>MECANICAS</b>			
Método Grab	ASTM D-4632		
Resistencia a la Tensión		N (lb)	800 (180)
Elongación		%	>50
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D-4833	N (lb)	460 (103)
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D – 4533	N(lb)	320 (72)
Método Mullen Burst	ASTM D-3786		
Resistencia al Estallido		kPa(psi)	2210(320)
<b>HIDRÁULICAS</b>			
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D-4751	mm(No. Tamiz)	0.15 (100)
Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/s	$40 \times 10^{-2}$
Permitividad	ASTM D-4491	$s^{-1}$	1.80
Espesor	ASTM D-5199	Mm	2.20
Rentensión de Asfalto	TEXAS DOT3099	Lt/m <sup>2</sup> (gal/yd <sup>2</sup> )	NA
<b>PRESENTACIÓN</b>			
Tipo de Polímero	Fabricante		Polipropileno
Ancho del Rollo	Medido	m	3.8
Largo del Rollo	Medido	M	100
Área del Rollo	Calculado	m <sup>2</sup>	380

*Nota.* La tabla muestra las característica y especificaciones técnicas del geotextil no tejido utilizado para escolleras y revestimientos. Fuente: MOP (2002).

## 2.12 Geotextil tejido

El material conocido como geotextil tejido es aquel que se encuentra formado de manera entrelazada, por lo general en un ángulo de 90°, mediante dos o más fibras, hilos, filamentos, cintas u otros elementos, estos son obtenidos por medio de un proceso textil. Son muy utilizados en la



construcción debido a que permiten el reforzamiento y estabilización de superficies, principalmente es el protector de diques, espigones, rompeolas y escolleras, por último, permite un sistema de drenaje. (Texdelta, s.f.).

**Figura 6.**

*Geotextiles tejidos*



*Nota.* La figura muestra los geotextiles que son tejidos de tiras o cintas que sean su estructura entrecruzada con algunas fibras. Elaborado por: (Pavco, 2022).

**Tabla 6.***Características y especificaciones del geotextil tejido*

<b>PROPIEDADES</b>	<b>NORMA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>
<b>MECANICAS</b>			
Método Grab Resistencia a la Tensión	ASTM D-4632	N(lb)	1490(335)
Elongación		%	18
Método Tira Ancha Sentido Longitudinal	ASTM D-4595	kN/m	35
Elongación		%	21
Sentido Transversal	ASTM D-4595	kN/m	40
Elongación		%	15
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D-4833	N (lb)	810 (182)
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	ASTM D -4533	N(lb)	480 (108)
Método Mullen Burst Resistencia al Estallido	ASTM D-3786	kPa(psi)	4820(700)
<b>HIDRÁULICAS</b>			
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D-4751	mm(No. Tamiz)	0.30 (50)
Permeabilidad	ASTM D-4491	cm/s	$1.2 \times 10^{-2}$
Permitividad	ASTM D-4491	$s^{-1}$	0.70
<b>PRESENTACIÓN</b>			
Espesor	ASTM D-5199	mm	0.80
Tipo de Polímero	Fabricante		Polipropileno
Ancho del Rollo	Medido	m	3.85
Largo del Rollo	Medido	m	100
Área del Rollo	Calculado	m <sup>2</sup>	385

*Nota.* La tabla muestra las características y especificaciones técnicas del geotextil tejido utilizado para refuerzo. Fuente: MOP (2002).



## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1 Tipo de investigación**

Con la finalidad de encontrar un proceso adecuado para dar solución al problema, este proyecto se basará en una investigación aplicada que consta de:

Buscar la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto. (Lozada, 2014, p.34)

Al realizar la búsqueda de información precisa y concreta referente al tema propuesto, se puede consolidar mejor las ideas, y a su vez dar una explicación convincente, llegando así a la mejor solución viable para este proyecto, todo esto en base a datos científicos que se han recopilado de varios estudios y proyectos.

El proyecto se lo está desarrollando en nuestro país, específicamente en la rama profesional de la Ingeniería Civil, la cual estará basada en un diseño de muros ubicados en la playa de la parroquia Tonchigüe de la ciudad de Esmeraldas, lo cual tendrán la función de proteger la zona costera en este sector, y dar mayor seguridad a la estructura del malecón.

### **3.2 Método de investigación**

Con la motivación de resolver el problema que sufre esta parroquia esmeraldeña en su sector del malecón se propone el diseño de una estructura que sirva para proteger la zona costera,

mediante la colocación de unos muros sumergidos que tengan como propósito contrarrestar la fuerza que obtienen las olas al romper y que no provoquen daños colaterales a otras estructuras.

Para realizar este estudio, se utilizó el método de investigación deductivo. Esto se basará en el razonamiento para poder resolver los problemas presentados y desarrollar toda la información para hechos particulares, por medio de cierto método de diseño. También se comprobarán principios y verificaremos su validez. (Prieto, 2017).

### **3.3 Técnicas de recolección de información**

Para la elaboración del presente proyecto, debido al desarrollo del mismo y su situación económica, se tiene que recurrir a la observación, la cual nos menciona que se debe, “observar un objetivo claro, definido y preciso: el investigador sabe que es lo que desea observar y para que quiere hacerlo, lo cual implica que debe preparar cuidadosamente la observación” (Díaz, 2011, p.7). Además, utilizaremos fuente de total confianza como son: libros de Ingeniería, revistas científicas y sitios web relacionados con el proyecto.

### **3.4 Proceso técnico de Ingeniería Civil**

Para la implantación de los muros sumergidos, se realizará un análisis en la tabla de mareas que comparte el INOCAR (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada) que se encuentra en el inciso de los cálculos, como referencia. De esta manera se ubicará en qué fecha del año la marea alcanza su nivel de cota más bajo, para así poder realizar la construcción del mismo. Una vez obtenida esta información se procederá a realizar un levantamiento topográfico, para así obtener el perfil de la playa, esto se lo realiza con la ayuda de la Estación total. Gracias a esta información

proporcionada se podrá conocer la distancia tentativa que se podrían ubicar los muros sumergidos. Una vez obtenidos estos datos en campo se procederá a realizar el trabajo en oficina para generar planos de la topografía del sector e iniciar con el diseño respectivo.

Los muros sumergidos serán diseñados, para que tenga la capacidad de resistir la fuerza horizontal de impacto, y la fuerza debido al avance generada por las olas que rompen en la playa, sin dejar de lado las fuerzas accidentales por presencia del sismo, tanto laterales como transversales presentadas a lo largo de su vida útil. Estas fuerzas deberán ser equilibradas por la fuerza de fricción que existe entre el muro y el suelo y por la fuerza que genera en la base el peso propio del muro.

El diseño será realizado en base al método de R. R. Miniken, (*Wind, Waves, and Maritime Structures*, Charles Griffin & Company, Ltd., Londres, 1963) para aplicar al equilibrio de las fuerzas generadas por las olas y las fuerzas generadas por los muros sumergidos.

Finalmente, se obtendrán planos topográficos georreferenciados de la parroquia de Tonchigüe con la implantación de los muros sumergidos en la ubicación exacta donde deben ser construidos. Además, se indicará la cota de proyecto y cortes longitudinales y transversales de los muros.

## **CAPÍTULO IV**

### **PROCESOS COSTEROS**

#### **4.1 Origen de las playas**

Las playas son ecosistemas que están destinadas para el ser humano. Constituyen grandes extensiones de arena, sobre las cuales el hombre asienta inmuebles destinados a impulsar actividades de descanso, relajación o entretenimiento. Son muy apetecidas por turistas y son una de las más famosas fuentes de crecimiento económico. (Yepes, Las Playas en la Gestión Sostenible del Litoral, 1999)

Su origen se produce cuando la cantidad de material geológico (arena y agua) es superior a la capacidad que tienen las olas y corrientes para desplazarlas. Su periodo de formación es variable, pero la fundación de la parroquia se la realizó el 24 de noviembre de 1995. También depende de factores externos como: la temperatura siendo su media es de 25°C, el ambiente, uso o cambios producidos por el hombre. Una vez generada, su superficie de contacto se vuelve permanente, por lo que las personas sienten la seguridad de asentarse en este lugar. (Yepes, Las Playas en la Gestión Sostenible del Litoral, 1999)

#### **4.2 Procesos sedimentarios**

##### **4.2.1 Sedimentos en suspensión**

Es el desgaste de las rocas debido a la acción del ambiente. Se produce por procesos químicos (oxidación, disolución, carbonatación, hidrólisis), mecánicos (contracción y expansión por temperatura) o químico-mecánicos (exfoliación, biología, intemperismo). (Caballero, 2012)

La piedra escollera es un material extraído del macizo rocos que provienen de las canteras de características notorias, como por ejemplo su forma, tendrán que ser partículas entre 300-800 mm, integridad de los bloques ya que no tendrán que perder su tamaño después de la manipulación al momento de colocarlas, tendrán que tener una composición mineralógica estable químicamente para así evitar algún desprendimiento al contacto con el agua salada donde se la va a utilizar, también se podrán tener en cuenta los diferentes ensayos de humedad y sequedad para así poder probar su resistencia a los mismos, y poder medir su grado de absorción del agua y contenido de humedad (Davis, 2019)

#### **4.2.2 Transporte de sedimentos**

Es el desplazamiento de partículas debido a factores ambientales. En las zonas costeras este movimiento se produce principalmente por el mar y las corrientes marinas. (Caballero, 2012)

#### **4.2.3 Depósito de sedimentos**

Asentamiento de partículas en movimiento, con ello se produce la formación de infinitas capas dando lugar a superficies casi rígidas. (Caballero, 2012)

### **4.3 Oleaje**

#### **4.3.1 Teoría de oleaje**

Las olas son la mayor representación de energía en las zonas costeras. Esta energía se ve reflejada en dos partes: una a la orilla y la otra regresando al mar y transformándose en corrientes

marinas. Estas últimas son las encargadas de transportar sedimentos y dar origen a las playas. (Guisado, Málvarez, & Navas, 2010)

Los cambios morfológicos que se producen en la playa, por lo tanto, son consecuencia del constante movimiento de las olas. Por ello es de suma importancia conocer el comportamiento de ellas, para determinar las fuerzas que generan y el impacto que conlleva en las costas. (Guisado, Málvarez, & Navas, 2010)

La teoría de olas, por lo tanto, es el estudio de las propiedades de las mismas (altura, periodo y velocidad de partículas) bajo formulaciones matemáticas. Sverdrup y Munk 1947 fueron los primeros en estimar un pronóstico de oleaje mediante fórmulas empíricas basadas en la velocidad del viento y la altura de la ola. (Guisado, Málvarez, & Navas, 2010)

Con el pasar del tiempo la evolución de las modelos destinadas para evaluar el comportamiento de las olas ha ido sufriendo transformaciones. Actualmente el uso de un determinado modelo se define en función a las condiciones que el proyecto. El presente se basa en el método R.R Miniken. (Guisado, Málvarez, & Navas, 2010)

#### **4.3.2 Clasificación del oleaje**

Según su lugar de formación:

Olas de viento: Se produce como consecuencia del golpe del viento con el mar. Tienden a ser pequeñas e inestables y suelen aparecer en las costas.

Olas de mar de fondo: Se producen a varios kilómetros de las costas. Son altas, de mayor volumen y tamaño. Por lo que su fuerza de impacto es mucho más alta. (Guisado, Málvarez, & Navas, 2010)

Según su categoría:

Olas de oscilación: Se producen como resultado del cambio del nivel del mar. Por lo que se producen lejos de las costas.

Olas de traslación: Son aquellas cuyo origen se produce por el impacto del mar con el fondo marino. Motivo por el que se encuentran siempre a las orillas de la playa.

Olas sísmicas: Conocidas como tsunamis, son consecuencia de desastres naturales tales como: explosiones volcánicas, terremotos. Se mueven a altas velocidades y pueden generar cambios morfológicos en las orillas. (Guisado, Málvarez, & Navas, 2010)

### **4.3.3 Medición del oleaje**

Con el fin de garantizar una estructura que disminuya el efecto de las olas sobre el malecón de Tonchigüe, propone la construcción de un sistema de muros sumergidos.

Considerando la geometría de la playa y el fondo marino, se determinó que el sistema se ubicará a 50m de la playa, con el fin de provocar la rotura de las olas antes de que este impacte con el muro de las costas y así conseguir que su energía sea mínima.

Para el cálculo se define una altura de ola promedio del tercio más alta, estos valores serán obtenidos de los estudios estadísticos realizados por el INOCAR (Inocar, 2014)

## **4.4 Mareas**

La zona costera es uno de los ecosistemas más susceptibles a cambios en el planeta. En ella interactúa el mar con la tierra. Sin embargo, el océano como tal se desenvuelve de manera independiente y sigue cierto patrón de frecuencia. Es decir, que el ser humano puede estimar horas donde la marea sea alta u horas donde esta sea baja. (Lopez, Montoya, Ramirez, & Segura, 2011)

Esto se debe principalmente a que la marea actúa en función de la atracción gravitatoria. Por ello en el día tendremos el mayor registro de alcance de marea; mientras que por la noche el menor, incluso dejando desprotegidas longitudes bastante considerables. (Pedraza, 2021)

Para este proyecto, el estudio de marea es sumamente importante para el diseño y posterior construcción de los muros, ya que delimitará la forma, horas y posibles procedimientos para el cumplimiento del mismo. En la obra civil, se ejecutan muchas actividades de procesos complejos, muchos de los cuales necesitan de maquinaria especial. Dichas máquinas no ejercen un correcto rendimiento si están en contacto con el agua e incluso muchas de ellas no funcionan. Por lo que definir horarios de marea baja permitirá trabajos correctos. (Clavero & Ortega)

#### **4.5 Procesos oceanográficos**

Para el estudio de estos procesos se ha tomado en cuenta un análisis del informe proporcionado por el instituto de investigación acuícola y pesquero, el cual comprende una exploración marítima desde las costas de Santa Elena hasta el límite de Ecuador con Colombia. (Inocar, 2014)

##### **4.5.1 Corrientes oceánicas**

Las corrientes superficiales que afectan a la zona alcanzan velocidades promedio de 0.42 m/s, alcanzando máximos de 1.8 m/s y mínimos de 0.05 m/s. (Inocar, 2014)



#### **4.5.2 Circulación atmosférica**

La temperatura del aire alcanzo un promedio de 25.75°C, alcanzo el pico en la zona de Bahía de Caráquez de hasta 28°C. (Inocar, 2014)

#### **4.5.3 Presión atmosférica**

La temperatura del mar alcanza valores similares a la del aire, siendo 25.98°C su promedio. Dicha temperatura se mantiene parcialmente constante a lo largo de las profundidades de N+0.00 hasta N-25.0, para luego ir disminuyendo su temperatura en aproximadamente 5°C por cada 20m. (Inocar, 2014)

#### **4.5.4 Viento**

Durante la observación de distintas zonas de muestreo se determinó una velocidad promedio de 3.94 m/s. Teniendo un valor máximo de 6.94 m/s y un mínimo de 0.83 m/s. Las direcciones de los mismos se encuentran en su mayoría de 180° a 240° en sentido suroeste hacia las costas. (Inocar, 2014)

#### **4.5.5 Tormentas y eventos extremos**

El ultimo evento extremo que se produjo en nuestro país data en 2016 donde gran parte de las costas se vieron afectadas. Durante la exploración en las zonas afectadas en la parte de Manabí como (Pedernales y Chamanga), no se encontraron datos extraños o fuera de lo común. A pesar de

ello en el diseño se deberá tomar en cuenta estos eventos garantizando seguridad para los habitantes a través del factor de seguridad. (Inocar, 2014)

## **CAPÍTULO V**

### **OBRAS DE PROTECCIÓN COSTERA**

#### **5.1 Criterios de diseño**

Los criterios de diseño de muros sumergidos, está prácticamente basado en su estabilidad por su propio peso, con relación a las fuerzas horizontales, ya que la rompiente de las olas, como las fuerzas del avance de las mismas, tendrán que ser inferior a las fuerzas provocadas por fricción de las arenas con el muro y su peso, teniendo en cuenta el la capacidad admisible del suelo, llegando así a un equilibrio estático, para poder contrarrestar la energía del agua (Silva, 2020).

Para que este caso sea más entendido tendremos 4 fuerzas en total, de las cuales dos tipos de ellas cumplirán el papel de fuerzas horizontales desestabilizadoras, las cuales son fuerza del impacto de la rompiente y el avance de las olas, las otras dos serán las que cumplan la función de contrarrestar las mismas como es el peso propio de la estructura, a esto sumado las fuerzas de fricción de las arenas, para así dar estabilidad al muro sumergido, y no se produzca el movimiento de la estructura, y así disminuir la energía del agua, en la figura número 6 podremos observar mejor la estabilidad de fuerzas. Su criterio principal será que las sumas de las fuerzas del muro dividido entre las fuerzas provocadas por todos los factores del agua no sean menores a 1.5 (Silva, 2020).

##### **5.1.1 Diques**

Son elementos conformados de diferentes materiales, como por ejemplo hormigón, piedra, roca, tierra y otros, cumpliendo la función de contener el agua, estos pueden ser construido ya sea en la dirección de la corriente del agua, o de forma vertical como finalidad de obstruir la mima. También existen formaciones geológicas denominadas diques de origen natural. Existen diferentes

tipos, diques artificiales, diques de contención, diques rompeolas, diques externos, diques secos y diques naturales. (Zarza, 2023).

### **5.1.2 Muros**

Constituyen estructuras de contención destinadas a soportar cargas laterales producidas por el suelo o el mar. Se pueden dividir en: rígidas y flexibles. La primera se caracteriza por ser compacta y poseer deformaciones mínimas o casi imperceptibles. La segunda por su funcionalidad a pesar de deformaciones apreciables. (Universidad Europea de Madrid, 2009)

Por su resistencia estructural podemos definir lo siguiente:

- a) Muros a gravedad: Su resistencia depende del peso propio, por lo que sus dimensiones son considerablemente grandes. Sus costos son elevados en comparación con la funcionalidad.
- b) Muro a semi-gravedad: Relativamente más esbeltos, requieren del uso de acero en la zapata.
- c) Muro en voladizo (cantilever): Aun más esbelto, sus condiciones de función y precio lo convierten en el más popular. Requiere de armadura en su pantalla y zapata. (Universidad Europea de Madrid, 2009)

Sus restricciones constructivas estarán dadas por los costos, el espacio destinado a la construcción, y disponibilidad del material, o materia prima a utilizar en el mismo.

### **5.1.3 Espigones**

Constituyen estructuras laterales, cuyo objetivo es proteger la orilla y desviar la corriente de masas de agua de poca profundidad. Se debe tener cuidado con las posibles consecuencias que podría generar la desviación del cauce, como la sedimentación o erosión de zonas para evitar

inundaciones. Su diseño no comprende una aplicación técnica ya que más bien utiliza un modelo empírico. (Suárez, 2001)

Son construidos con diversos materiales como: bloques, concreto, geotubos rellenos de material, gaviones, enrocados o incluso productos del ambiente como árboles, ramas y bambú. De acuerdo a ello, su construcción alcanzara profundidades que permitan garantizar la seguridad de la obra y buen funcionamiento y por otra parte evitar la socavación. (Suárez, 2001)

#### **5.1.4 Tablestacado**

Constituye un sistema de muro compuesto por elementos hincados uno junto al otro, mediante juntas.

Las tablestacas de acero laminado en caliente se utilizan para la construcción de muros de contención, estructuras portuarias como muelles y rompeolas, esclusas, canalizaciones y refuerzo de márgenes fluviales. Entre sus aplicaciones más frecuentes se encuentran la construcción temporal de recintos cerrados y estancos, tanto en tierra como en zonas fluviales y marítimas (p. ej pozo de excavación), estribos permanentes en puentes, muros de retención de pasos o aparcamientos subterráneos, muros de contención impermeables, etc. (ArcelorMittal, 2019)

#### **5.1.5 Rompeolas sumergidos**

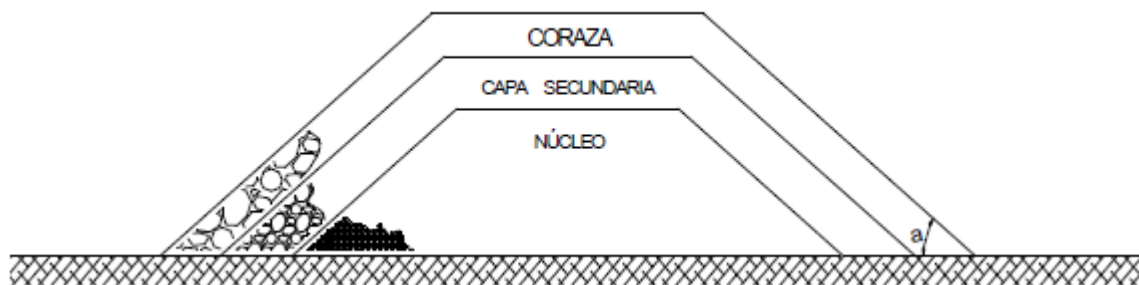
Conforman un cuerpo vertical que está formado por cajones de concretos rellenos de arena o roca. Por las condiciones del sector se puede encontrar gran presencia de arena. Por lo que, generalmente, se usa en conjunto con los geotextiles. (Morales & Jiménez, 2006)

Los esfuerzos que las olas producen al entrar en contacto con los rompeolas son: empuje vertical y empuje horizontal, mismos que se representarán en fuerzas y serán bases del diseño. En estado estático los rompeolas solo actúan bajo la presencia de su peso propio y fricción por lo que se deberá garantizar la estabilidad de la misma. (Morales & Jiménez, 2006)

Para asegurar dicho estado se opta por implementarlo en forma de talud, creando un núcleo que en su mayoría debe estar formado con material del lugar y luego cubierto por una o varias capas de material granular que aumenta el diámetro de su composición para asegurar la estabilidad al núcleo. La última capa llamada también coraza puede estar compuesta de concreto para garantizar una correcta acción ante el choque de las olas. (Morales & Jiménez, 2006)

### **Figura 7.**

*Esquema de composición de rompeolas*



*Nota.* La figura muestra la composición interna en vista lateral de un rompeolas.

Elaborado por: Los Autores a través de Autocad, 2023.

### **5.1.6 Dunas**

Son ecosistemas que representan una parte esencial en los recursos de la costa. Su implicación no solo está asociada al cuidado de especies vegetales y animales, sino que además

generan cambios morfológicos de las playas. (Gracia, Sanjaume, Flor, Hernández, & Gómez, 2009)

Las dunas litorales forman parte del ambiente de transición marítimo-terrestre y tienen un papel crítico en la estabilidad de la costa. Con carácter general, los sistemas dunares son ecosistemas escasos, y actualmente sometidos a una fuerte presión antrópica. Estos sistemas destacan por la peculiaridad de su fauna y flora, adaptadas a unas condiciones edáficas extremas como pueden ser la escasa capacidad para retener agua, la escasez de nutrientes, las elevadas temperaturas superficiales, la gran movilidad del substrato y la concentración de sales. (Gracia, Sanjaume, Flor, Hernández, & Gómez, 2009)

#### **5.1.7 Empalizadas**

Son estructuras biodegradables, ya que se constituyen principalmente por troncos de plantas. Como son parte de la naturaleza los costos de elaboración de este tipo de estructuras son mínimos ya que solo se debe tener en cuenta el gasto en el montaje del mismo. Consisten de elementos de madera clavados en el suelo y separados de 1 a 1.5m. (Sánchez, González, Sánchez, & Aparicio, 2010)

**Figura 8.**

*Fotografía de empalizadas*



*Nota.* La figura muestra un claro ejemplo de empalizada como restauración ecológica de un río. Fuente: (Calvo, 2013).

En la costa de nuestro país también son utilizados como alternativa de cerramientos. En las playas, además representan una alternativa para frenar el impacto de las olas. Son porosas ya que las aberturas entre troncos dejan espacio para el paso de agua. Si son fomentadas en el mar se debe realizar un mantenimiento trimestralmente para limpiar la acumulación de especies vegetales y restos del mar. (Sánchez, González, Sánchez, & Aparicio, 2010)



### **5.1.8 Sedimentación en zonas costeras**

Como ya lo hemos mencionado en el capítulo 4. Las playas sufren procesos de cambios morfológicos. En Tonchigüe, la situación no es diferente, sin embargo, sus procesos de alteración se deben principalmente a movimientos telúricos, esto debido a que el lugar se encuentra en una zona de alto riesgo. (Dirección General del observatorio ambiental, 2003)

### **5.2 Propuesta de estructura para protección costera**

Con el fin de diseñar una estructura de protección para el malecón de Tonchigue, que disminuya el efecto de las olas sobre el frente, se propone un sistema de muros sumergidos. El mismo provocara la rompiente las olas y reducirá la energía con la que llegaría a la costa.

### **5.3 Aplicación del método R. R. Miniken**

#### **5.3.1 Determinación de altura de la ola significativa ( $H_s$ )**

Se toma en promedio con los estudios realizados por el INOCAR, considerando un promedio de la ola más alta para el presente proyecto  $H_s = 3.6$  m.

**Tabla 7.**

*Tabla del de mareas del Inocar*

**TABLA II.- PREDICCIÓN DIARIA DE MAREAS EN EL ECUADOR  
ESMERALDAS 2023**

ENERO						FEBRERO						MARZO					
DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)	DIA	HORA hhmm	ALT. (m)
1	0517	0.8	16	0406	0.9	1	0017	2.5	16	0543	0.8	1	0458	0.9	16	0403	0.8
DO	1131	2.6	LU	1016	2.4	MI	0647	0.8	JU	1204	2.5	MI	1128	2.3	JU	1028	2.4
	1733	0.9		1617	1.0		1311	2.4		1808	0.9		1734	1.1		1635	1.0
	2350	2.8		2239	2.7		1913	1.1					2345	2.3		2254	2.5
2	0619	0.7	17	0509	0.9	2	0121	2.5	17	0026	2.7	2	0615	0.9	17	0526	0.8
LU	1236	2.6	MA	1122	2.4	JU	0747	0.8	VI	0656	0.6	JU	1243	2.3	VI	1151	2.5
	1836	0.9		1722	1.0		1409	2.5		1317	2.6		1850	1.1		1800	0.9
				2341	2.7		2011	1.0		1921	0.8						
3	0048	2.8	18	0614	0.8	3	0216	2.6	18	0136	2.8	3	0058	2.3	18	0017	2.6
MA	0716	0.7	MI	1229	2.6	VI	0836	0.7	SA	0800	0.4	VI	0721	0.9	SA	0642	0.6
	1335	2.6		1829	0.9		1458	2.6		1419	2.9		1346	2.4		1305	2.7
	1935	0.9					2058	0.9		2025	0.6		1951	1.0		1915	0.7
4	0143	2.8	19	0046	2.8	4	0303	2.7	19	0237	3.1	4	0156	2.4	19	0127	2.8
MI	0807	0.6	JU	0716	0.6	SA	0918	0.6	DO	0855	0.2	SA	0813	0.8	DO	0745	0.4
	1427	2.7		1332	2.7		1538	2.7		1514	3.2		1434	2.5		1405	3.0
	2027	0.9		1934	0.8		2139	0.8		2121	0.4		2038	0.9		2016	0.5
5	0233	2.8	20	0148	3.0	5	0342	2.8	20	0331	3.2	5	0242	2.6	20	0226	3.0
JU	0853	0.6	VI	0814	0.4	DO	0955	0.5	LU	0945	0.0	DO	0854	0.7	LU	0838	0.2
	1513	2.8		1431	2.9	☉	1614	2.8	☉	1604	3.4		1512	2.7		1457	3.2
	2113	0.9		2034	0.6		2215	0.8		2212	0.2		2117	0.8		2108	0.3
6	0318	2.8	21	0247	3.1	6	0418	2.8	21	0420	3.4	6	0320	2.7	21	0317	3.2
☉	0934	0.6	SA	0908	0.2	LU	1029	0.5	MA	1032	-0.1	LU	0929	0.6	MA	0925	0.1
	1535	2.8		1527	3.1		1646	2.9		1651	3.5		1546	2.8		1543	3.4
	2154	0.8	☉	2130	0.4		2249	0.7		2301	0.1		2151	0.6	☉	2155	0.1
7	0358	2.9	22	0341	3.3	7	0451	2.9	22	0507	3.4	7	0354	2.8	22	0403	3.3
SA	1013	0.5	DO	0959	0.1	MA	1101	0.4	MI	1117	-0.1	MA	1002	0.5	MI	1010	-0.0
	1632	2.9		1619	3.3		1718	2.9		1735	3.6		1617	2.9		1626	3.6
	2233	0.8		2224	0.3		2323	0.6		2347	0.1	☉	2223	0.6		2239	-0.0
8	0435	2.9	23	0434	3.4	8	0524	2.9	23	0553	3.4	8	0427	2.9	23	0448	3.4
DO	1049	0.5	LU	1049	-0.1	MI	1133	0.4	JU	1201	-0.0	MI	1033	0.4	JU	1053	0.0
	1708	2.9		1709	3.4		1749	3.0		1819	3.5		1647	3.0		1708	3.6
	2309	0.8		2317	0.2		2356	0.6					2255	0.5		2321	-0.0
9	0511	2.9	24	0524	3.4	9	0557	2.9	24	0632	0.1	9	0459	2.9	24	0531	3.3
VI	1123	0.5	MA	1138	-0.1	JU	1205	0.5	VI	0639	3.2	JU	1104	0.4	VI	1135	0.1
	1742	2.9		1758	3.5		1821	3.0		1246	0.2		1718	3.1		1748	3.4
	2345	0.8								1901	3.3		2328	0.4			
10	0546	2.9	25	0008	0.2	10	0030	0.6	25	0116	0.2	10	0531	3.0	25	0002	0.1
MA	1158	0.6	MI	0613	3.3	VI	0631	2.8	SA	0725	3.0	VI	1136	0.4	SA	0613	3.2
	1816	2.9		1226	0.0		1239	0.5		1330	0.4		1749	3.1		1218	0.3
				1846	3.5		1855	2.9		1945	3.1					1828	3.2
11	0021	0.8	26	0058	0.3	11	0107	0.6	26	0202	0.4	11	0001	0.4	26	0043	0.2
MI	0621	2.8	JU	0703	3.2	SA	0708	2.8	DO	0813	2.8	SA	0606	2.9	DO	0656	3.0
	1232	0.6		1313	0.2		1315	0.6		1418	0.6		1210	0.4		1300	0.5
	1851	2.9		1934	3.4		1931	2.9		2031	2.8		1823	3.0		1909	3.0
12	0058	0.8	27	0148	0.4	12	0146	0.7	27	0251	0.6	12	0036	0.4	27	0125	0.4
JU	0658	2.8	VI	0753	3.0	DO	0750	2.6	LU	0908	2.5	DO	0643	2.8	LU	0741	2.8
	1309	0.7		1402	0.4		1354	0.7		1512	0.9		1246	0.5		1346	0.7
	1928	2.8		2022	3.2		2012	2.8		2124	2.6		1859	2.9		1953	2.7
13	0138	0.9	28	0239	0.5	13	0230	0.7	28	0348	0.8	13	0115	0.5	28	0211	0.6
VI	0738	2.7	SA	0847	2.8	LU	0838	2.5	MA	1012	2.4	LU	0724	2.7	MA	0831	2.5
	1347	0.8	☉	1453	0.6	☉	1440	0.8		1617	1.1		1327	0.6		1437	0.9
	2008	2.8		2113	3.0		2059	2.7		2229	2.4		1940	2.8	☉	2044	2.5
14	0221	0.9	29	0334	0.6	14	0323	0.8	29	0334	0.8	14	0159	0.6	29	0304	0.8
SA	0823	2.6	DO	0947	2.6	MA	0936	2.4				MA	0812	2.6	MI	0932	2.4
	1430	0.9		1550	0.8		1538	0.9					1415	0.8		1540	1.1
☉	2052	2.7		2208	2.8		2158	2.6				☉	2030	2.7		2149	2.3
15	0310	0.9	30	0434	0.8	15	0428	0.8	30	0413	1.0	15	0253	0.7	30	0413	1.0
DO	0915	2.5	LU	1053	2.4	MI	1047	2.4				MI	0912	2.5	JU	1047	2.3
	1519	0.9		1655	1.0		1649	1.0					1516	0.9		1658	1.2
	2142	2.7		2310	2.6		2310	2.6					2134	2.6		2308	2.2
			31	0541	0.8										31	0532	1.0
			MA	1204	2.4										VI	1204	2.3
				1806	1.1											1817	1.1

HORA DE ZONA + 5

*Nota.* La tabla muestra las crecidas de la marea en diferentes días del mes, por los tres meses seguidos. Fuente: INOCAR (2013)

### 5.3.2 Determinación de fuerza de impacto de ola rompiente

Donde:

$f_d$  = fuerza de impacto de ola rompiente por unidad de área [lb/ft<sup>2</sup>].

$$f_d = \frac{2 * \pi * d_i}{L * d} * \gamma_w * H_s * g * \left(\frac{d + d_i}{2}\right)$$

$F_d$  = fuerza de impacto de ola rompiente por unidad lineal [lb/ft].

$$F_d = \frac{f_d * H_s}{3}$$

$d_i$  = altura unitaria desde el nivel del mar hasta el rompeolas [ft].

$L$  = Periodo de la ola [ft].

$d$  = altura desde el nivel del mar hasta el fondo marino [ft].

$\gamma_w$  = Peso unitario del agua [lb/ft<sup>3</sup>].

$H_s$  = Altura de la ola [ft].

$g$  = gravedad de la Tierra [ft/s<sup>2</sup>].

### 5.3.3 Determinación de fuerza horizontal de avance de la ola ( $F_e$ )

$$F_e = \frac{\gamma_w * H_s}{2} * \left(d_i + \frac{H_s}{4}\right)$$

Donde:

$F_e$  = fuerza horizontal de avance de la ola por unidad lineal [lb/ft].

$\gamma_w$  = Peso unitario del agua [lb/ft<sup>3</sup>].

Hs = Altura de la ola [ft].

di = altura unitaria desde el nivel del mar hasta el rompeolas [ft].

#### 5.3.4 Determinación de fuerza de la ola (Fola)

$$Fola = Fd + Fe$$

Donde:

Fola = fuerza total de la ola por unidad lineal [lb/ft].

Fd = fuerza de impacto de ola rompiente por unidad lineal [lb/ft].

Fe = fuerza horizontal de avance de la ola por unidad lineal [lb/ft].

#### 5.3.5 Cálculo del peso sumergido del rompeolas (W)

$$Wsum = \gamma sum * V$$

Donde:

Wsum = peso sumergido del rompeolas por unidad lineal [ton/m].

$\gamma sum$  = peso específico sumergido [ton/m<sup>3</sup>].

V = volumen del rompeolas [m<sup>3</sup>].

#### 5.3.6 Cálculo de la fuerza de fricción

Se deberá realizar un ensayo para determinar el coeficiente de fricción del material que entra en contacto con el muro. (Hans, 1990)

$$F_f = \mu * W_{sum}$$

Donde:

$F_f$  = fuerza de fricción [ton/m].

$\mu$  = coeficiente de fricción del suelo

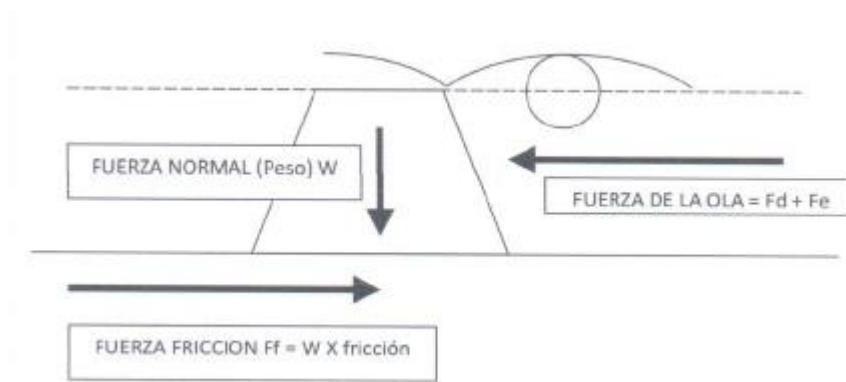
$W_{sum}$  = peso sumergido del rompeolas por unidad lineal [ton/m].

### 5.3.7 Aplicación del principio de igualación de fuerzas

Para la resolución del diseño se deberá implantar el principio de sumatoria de fuerzas en dirección “x” e “y” igual a cero. Esta aplicación implica el uso de diagrama de cuerpo libre centralizado al proyecto como punto origen. Por lo tanto, se considera que el rompeolas se encontrará en estado de equilibrio. (García, Navarrete, & Rocha, 2003)

**Figura 9.**

*Esquema de fuerzas del rompeolas*



*Nota.* La figura muestra las fuerzas actuantes en el rompeolas. Elaborado por: Los autores a través de Autocad, 2023.

### 5.3.8 Cálculo del factor de seguridad

$$Fs = \frac{Ff}{Fola}$$

Donde:

Fs = factor de seguridad del proyecto  $\geq 1.5$

Ff = fuerza de fricción [ton/m].

Fola = fuerza total de la ola por unidad lineal [ton/m].

### 5.3.9 Cálculo del peso de la roca de coraza

Se aplica la formula de Iribarren, modificada por R. Hudson:

$$W = \frac{Wr * Hsa^3}{Kd * (\gamma r - 1)^3 * \cot \theta}$$

Donde:

W = peso de la roca

Wr = peso unitario de la roca [ton/m<sup>3</sup>].

Hsa = altura de ola amplificada en 10% [m].

Kd = coeficiente de estabilidad del tipo de coraza

$\gamma r$  = peso específico de la masa de la roca [ton/m].

### 5.3.10 Cota de diseño del proyecto

## CAPÍTULO VI

### DISEÑO

#### 6.1 Cálculo de la fuerza de la ola rompiente

$$fd = \frac{2 * \pi * di}{L * d} * \gamma_w * H * g * \left(\frac{d + di}{2}\right)$$

$$fd = \frac{2 * \pi * 3.28ft}{131.23ft * 9.84ft} * 62.43 \frac{lb}{ft^3} * 3.94ft * 32.15 \frac{ft}{s^2} * \left(\frac{9.84ft + 3.28ft}{2}\right)$$

$$fd = 827.53 \frac{lb}{ft^2}$$

$$Fd = \frac{fd * H}{3}$$

$$Fd = \frac{827.53 * 3.94ft}{3}$$

$$Fd = 1086.00 \frac{lb}{ft}$$

$$Fd = 1.62 \frac{ton}{m}$$

#### 6.2 Cálculo de la fuerza de avance de ola

$$Fe = \frac{\gamma_w * H}{2} * \left(di + \frac{H}{4}\right)$$

$$Fe = \frac{62.43 \frac{lb}{ft^3} * 3.94ft}{2} * \left(3.28ft + \frac{3.94ft}{4}\right)$$

$$Fe = 524.14 \frac{lb}{ft}$$

$$Fe = 0.78 \frac{ton}{m}$$

### 6.3 Cálculo de la fuerza total

$$Ft = Fd + Fe$$

$$Ft = 1.62 \frac{ton}{m} + 0.78 \frac{ton}{m}$$

$$Ft = 2.40 \frac{ton}{m}$$

### 6.4 Cálculo del peso sumergido del rompeolas

#### 6.4.1 Cálculo del volumen del rompeolas

$$V1 = \frac{B + b}{2} * H$$

$$V1 = \frac{10m + 4m}{2} * 3m$$

$$V1 = 21.00 m^3$$

$$Vg = B * h * \#$$

$$Vg = 1.5m * 0.75m * 8$$

$$Vg = 9m^3$$

$$Vf = V1 - Vg$$



$$Vf = 21m^3 - 9m^3$$

$$Vf = 12m^3$$

$$V2 = B * H$$

$$V2 = 10m * 1m$$

$$V2 = 10.00 m^3$$

#### 6.4.2 Cálculo del peso específico sumergido del rompeolas

$$\gamma_{sroca} = 2.2 \frac{ton}{m^3}$$

$$\gamma_{sumroca} = \gamma_s - 1$$

$$\gamma_{sumroca} = 2.2 \frac{ton}{m^3} - 1$$

$$\gamma_{sumroca} = 1.2 \frac{ton}{m^3}$$

$$\gamma_{sarena} = 1.6 \frac{ton}{m^3}$$

$$\gamma_{sumarena} = \gamma_s - 1$$

$$\gamma_{sumarena} = 1.6 \frac{ton}{m^3} - 1$$

$$\gamma_{sumarena} = 0.6 \frac{ton}{m^3}$$

#### 6.4.3 Cálculo final del peso sumergido del rompeolas

$$W_{sumf} = \gamma_{sumroca} * V$$

$$W_{sumf} = 1.2 \frac{ton}{m^3} * 12.00 m^3$$

$$W_{sumf} = 14.40$$

$$W_{sumg} = \gamma_{sum} * V$$

$$W_{sumg} = 0.6 \frac{ton}{m^3} * 9.00 m^3$$

$$W_{sumg} = 5.40$$

$$W_{sum2} = \gamma_{sum} * V2$$

$$W_{sum2} = 1.2 \frac{ton}{m^3} * 10.00 m^3$$

$$W_{sum2} = 12.00$$

$$W_{sum} = W_{sumf} + W_{sumg} + W_{sum2}$$

$$W_{sum} = 31.80$$

## 6.5 Cálculo de la fuerza de fricción

$$F_f = \mu * W_{sum}$$

$$F_f = 0.36 * 31.80 \frac{ton}{m}$$

$$F_f = 11.45 \frac{ton}{m}$$

## 6.6 Cálculo del factor de seguridad

$$F_s = \frac{F_f}{F_t}$$

$$Fs = \frac{11.45 \frac{\text{ton}}{\text{m}}}{2.40 \frac{\text{ton}}{\text{m}}}$$

$$Fs = 4.54$$

## 6.7 Cálculo del peso de la roca de coraza

$$W = \frac{Wr * Hsa^3}{Kd * (\gamma r - 1)^3 * \cot \theta}$$

$$W = \frac{2 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} * (2.5\text{m} * 1.1)^3}{2 * \left(2.2 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} - 1\right)^3 * \cot\left(\frac{7}{7.6}\right)}$$

$$W = 0.2822 \text{ ton}$$

## 6.8 Informe topográfico

### 6.8.1 Base del levantamiento topográfico

Una vez determinada la necesidad de poseer una topografía del sitio elegido para el proyecto se procede, a realizar los trabajos de campo y gabinete necesario para generar la documentación respectiva, que brinden datos para desarrollar el proyecto.

La topografía contará con un arranque en el campo mediante la ubicación de dos puntos fijos obtenidos con GPS de precisión (GARMIN Montana 650), se obtendrán las coordenadas y niveles de cota de los hitos, los que fueron medidos y sus valores de coordenadas obtenidos en función del programa AutoCivil3D y Google Earth.

De la información de coordenadas de partida y llegada en los puntos GPS en norte, este y cota; indicados en este informe cada uno con su localización en campo y de ahí a la realización del levantamiento topográfico propiamente dicho, los puntos levantados constarán con los valores de coordenadas en este, norte, cota y descripción puntual reflejando todos los detalles existentes en el sitio levantado.

**Tabla 8.**

*Puntos GPS desarrollados en campo*

<b>N°</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	91611.091	617013.389	5.126	Hito_1
2	91501.360	616817.268	5.186	Hito_2

*Nota.* La tabla muestra los hitos colocados en campo previo al levantamiento topográfico del sitio. Elaborado por: Los autores.

### **6.8.2 Toma de datos y referencias en sitio**

Con fecha 10 de diciembre del 2022, con la participación de: Byron Riera, Bryan Sánchez como topógrafo y Alan Obando como cadenero, se realiza la visita técnica de reconocimiento, para lo cual nos trasladamos al sitio donde será diseñado el proyecto.

Ubicando los equipos en el sitio y determinando los lugares específicos en donde se debían obtener los puntos para la topografía, reconociendo el sitio de la ubicación de los puntos GPS ubicados en campo funcionen como hitos, siendo estos nombrados como Hito\_1 e Hito\_2.

### 6.8.3 Equipos Utilizados

El proceso de topografía se ha realizado con el uso de una estación total marca KOLIDA modelo KTS de precisión 8 segundos, generando archivos de puntos de formato \*.txt, que son transformados en archivos de lectura de puntos para topografía y procesados en el programa AUTOCIVIL3D versión 2021 y generando dibujos en base AutoCAD y modelos tridimensionales con curvas de nivel cada 1.00 metro recolectándose 180 puntos de topografía cada uno con coordenadas Norte, Este, Cota y su respectiva descripción.

A continuación, se muestran las fotos en donde aparecen los equipos descritos anteriormente:

#### **Figura 10.**

*GPS Garmin Montana 650*



*Nota.* Uso de GPS Garmin Montana 650 en levantamiento topográfico. Elaborado por: Los autores a través de la cámara, 2023.

## Figura 11.

*Estación total Kolida*



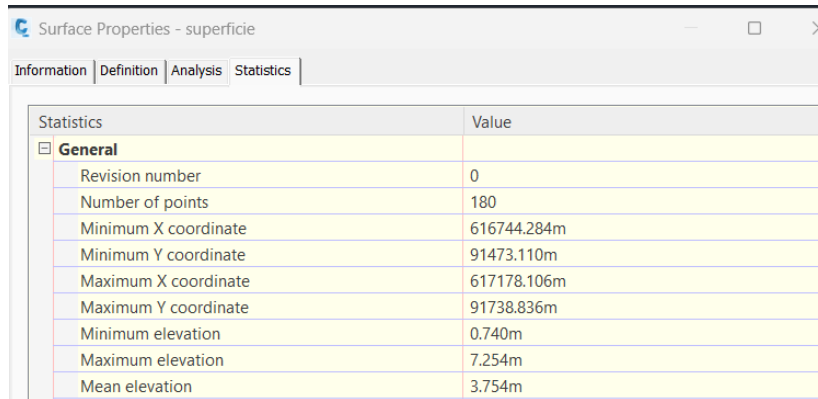
*Nota.* Uso de estación total Kolida KTS – 442Rc en levantamiento topográfico. Elaborado por: Los autores a través de la cámara, 2023.

### 6.8.4 Creación de modelo digital y superficie con curvas

Con los puntos obtenidos se procede al ingreso e importación de los mismos en el programa de AutoCivil3D, en este realizaremos la respectiva triangulación de todos los puntos respectivos para obtener una superficie acorde a lo levantado en sitio, se obtuvo un levantamiento de 3.9 hectáreas.

**Figura 12.**

*Propiedades de la superficie*



Statistics	Value
<b>General</b>	
Revision number	0
Number of points	180
Minimum X coordinate	616744.284m
Minimum Y coordinate	91473.110m
Maximum X coordinate	617178.106m
Maximum Y coordinate	91738.836m
Minimum elevation	0.740m
Maximum elevation	7.254m
Mean elevation	3.754m

*Nota.* Propiedades de la superficie creada para el proyecto. Elaborado por: Los autores a través de Civil 3D.

### **6.8.5 Resultados de levantamiento**

La topografía que se ha generado en un modelo digital y los anexos adjuntos como resultado producto del levantamiento refleja la actualidad del terreno en el área delimitada.

Adjuntaremos las coordenadas para la implantación del muro en el malecón de Tonchigüe.

**Tabla 9.**

*Coordenadas del proyecto*

<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
91526.143	616764.350	0.000	A
91517.381	616769.170	0.000	B
91642.694	616996.980	0.000	C
91651.456	616992.160	0.000	D

*Nota.* Coordenadas e implantación del proyecto. Elaborado por: Los autores.

## 6.9 Informe del muro

Para determinar la altura del muro nos hemos basado en las tablas de mareas proporcionada por el INNOCAR (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada), hemos recolectado información de las mareas altas o también conocidas como pleamar, tomando mayor consideración las más críticas durante cada año desde el 2010 hasta 2023, obteniendo los siguientes datos:

En el año 2010, podemos observar una pleamar crítica de 3.60 msnm (metros sobre el nivel mar).

### Figura 13.

#### Tabla de mareas



The screenshot shows a web browser window with the URL `inocar.mil.ec/web/index.php/productos/tabla-mareas#busqueda-de-datos-de-mareas`. The page title is "Búsqueda de datos de mareas". Below the title, there is a form with a dropdown menu for "Puerto" set to "Esmeraldas" and a "Fecha" input field. A "Consultar" button is next to the date field. Below the form, the text "ESMERALDAS" is displayed. Underneath, there are three columns of tide data for the dates 31/01/2010 (Domingo), 01/02/2010 (Lunes), and 02/02/2010 (Martes). Each column has a table with two columns: "Hora (hh:mm)" and "Altura (metros)".

31/01/2010 Domingo		01/02/2010 Lunes		02/02/2010 Martes	
Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)
04:12	3.39 P	05:00	3.46 P	05:48	3.44 P
10:25	-0.10 B	11:12	-0.15 B	11:58	-0.10 B
16:45	3.50 P	17:32	3.60 P	18:17	3.58 P
22:54	0.11 B	23:42	0.05 B	ND	ND

*Nota.* Tabla de valores de pleamar en el año 2010. Fuente: (INOCAR, 2023).



En el año 2011, podemos observar una pleamar crítica de 3.60 msnm (metros sobre el nivel mar).

**Figura 14.**

*Tabla de mareas*



*Nota.* Tabla de valores de pleamar en el año 2011. Fuente: (INOCAR, 2023).

En el año 2012, podemos observar una pleamar crítica de 3.50 msnm (metros sobre el nivel mar).

**Figura 15.**

*Tabla de mareas*

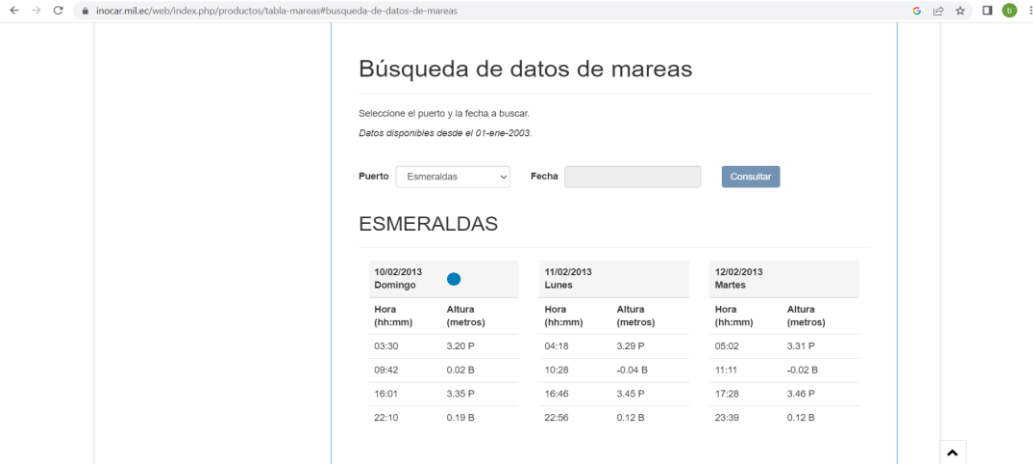


*Nota.* Tabla de valores de pleamar en el año 2012. Fuente: (INOCAR, 2023).

En el año 2013, podemos observar una pleamar crítica de 3.46 msnm (metros sobre el nivel mar).

**Figura 16.**

*Tabla de mareas*



*Nota.* Tabla de valores de pleamar en el año 2013. Fuente: (INOCAR, 2023).

En el año 2014, podemos observar una pleamar crítica de 3.63 msnm (metros sobre el nivel mar).

**Figura 17.**

*Tabla de mareas*



*Nota.* Tabla de valores de pleamar en el año 2014. Fuente: (INOCAR, 2023).

En el año 2015, podemos observar una pleamar crítica de 3.62 msnm (metros sobre el nivel mar).

**Figura 18.**

*Tabla de mareas*

Búsqueda de datos de mareas

Seleccione el puerto y la fecha a buscar.  
Datos disponibles desde el 01-ene-2003.

Puerto: Esmeraldas Fecha:  Consultar

**ESMERALDAS**

18/02/2015 Miércoles		19/02/2015 Jueves		20/02/2015 Viernes	
Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)
02:50	3.09 P	03:41	3.30 P	04:30	3.43 P
09:05	0.10 B	09:53	-0.09 B	10:40	-0.20 B
15:23	3.25 P	16:11	3.48 P	16:58	3.62 P
21:31	0.21 B	22:21	0.03 B	23:09	-0.09 B

*Nota.* Tabla de valores de pleamar en el año 2015. Fuente: (INOCAR, 2023).

En el año 2016, podemos observar una pleamar crítica de 3.48 msnm (metros sobre el nivel mar).

**Figura 19.**

*Tabla de mareas*

Búsqueda de datos de mareas

Seleccione el puerto y la fecha a buscar.  
Datos disponibles desde el 01-ene-2003.

Puerto: Esmeraldas Fecha:  Consultar

**ESMERALDAS**

09/02/2016 Martes		10/02/2016 Miércoles		11/02/2016 Jueves	
Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)
04:02	3.21 P	04:47	3.32 P	05:32	3.36 P
10:15	0.08 B	10:58	-0.01 B	11:43	-0.03 B
16:32	3.32 P	17:15	3.44 P	18:00	3.48 P
22:39	0.23 B	23:24	0.14 B	ND	ND

*Nota.* Tabla de valores de pleamar en el año 2016. Fuente: (INOCAR, 2023).

En el año 2017, podemos observar una pleamar crítica de 3.35 msnm (metros sobre el nivel mar).

**Figura 20.**

*Tabla de mareas*

01/03/2017 Miércoles		02/03/2017 Jueves		03/03/2017 Viernes	
Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)
05:34	3.19 P	00:10	0.10 B	00:54	0.13 B
11:43	0.06 B	06:17	3.16 P	07:03	3.06 P
17:56	3.35 P	12:25	0.11 B	13:11	0.22 B
ND	ND	18:40	3.31 P	19:26	3.19 P

*Nota.* Tabla de valores de pleamar en el año 2017. Fuente: (INOCAR, 2023).

En el año 2018, podemos observar una pleamar crítica de 3.52 msnm (metros sobre el nivel mar).

**Figura 21.**

*Tabla de mareas*

02/02/2018 Viernes		03/02/2018 Sábado		04/02/2018 Domingo	
Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)
04:52	3.45 P	05:40	3.41 P	00:21	0.15 B
11:05	-0.15 B	11:51	-0.09 B	06:26	3.29 P
17:25	3.52 P	18:11	3.49 P	12:37	0.04 B
23:34	0.10 B	ND	ND	18:56	3.38 P

*Nota.* Tabla de valores de pleamar en el año 2018. Fuente: (INOCAR, 2023).

En el año 2019, podemos observar una pleamar crítica de 3.59 msnm (metros sobre el nivel mar).

**Figura 22.**

*Tabla de mareas*

Búsqueda de datos de mareas

Seleccione el puerto y la fecha a buscar.  
Datos disponibles desde el 01-ene-2003.

Puerto: Esmeraldas Fecha:  Consultar

**ESMERALDAS**

21/02/2019 Jueves		22/02/2019 Viernes		23/02/2019 Sábado	
Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)
04:51	3.46 P	05:39	3.45 P	00:21	-0.01 B
11:03	-0.21 B	11:49	-0.17 B	06:27	3.34 P
17:22	3.59 P	18:08	3.58 P	12:36	-0.04 B
23:33	-0.03 B	ND	ND	18:54	3.45 P

*Nota.* Tabla de valores de pleamar en el año 2019. Fuente: (INOCAR, 2023).

En el año 2020, podemos observar una pleamar crítica de 3.49 msnm (metros sobre el nivel mar).

**Figura 23.**

*Tabla de mareas*

Búsqueda de datos de mareas

Seleccione el puerto y la fecha a buscar.  
Datos disponibles desde el 01-ene-2003.

Puerto: Esmeraldas Fecha:  Consultar

**ESMERALDAS**

12/02/2020 Miércoles		13/02/2020 Jueves		14/02/2020 Viernes	
Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)
05:52	3.39 P	00:34	0.13 B	01:24	0.20 B
12:03	-0.07 B	06:40	3.30 P	07:31	3.14 P
18:23	3.49 P	12:51	0.03 B	13:40	0.21 B
ND	ND	19:10	3.41 P	20:00	3.25 P

*Nota.* Tabla de valores de pleamar en el año 2020. Fuente: (INOCAR, 2023).

En el año 2021, podemos observar una pleamar crítica de 3.47 msnm (metros sobre el nivel mar).

**Figura 24.**

*Tabla de mareas*

Seleccione el puerto y la fecha a buscar.  
Datos disponibles desde el 01-ene-2003.

Puerto: Esmeraldas Fecha:  Consultar

**ESMERALDAS**

27/03/2021 Sábado		28/03/2021 Domingo		29/03/2021 Lunes	
Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)
02:31	2.88 P	03:16	3.10 P	04:00	3.27 P
08:41	0.38 B	09:24	0.18 B	10:06	0.04 B
14:58	3.06 P	15:40	3.30 P	16:22	3.47 P
21:09	0.38 B	21:52	0.16 B	22:35	-0.00 B

*Nota.* Tabla de valores de pleamar en el año 2021. Fuente: (INOCAR, 2023).

En el año 2022, podemos observar una pleamar crítica de 3.43 msnm (metros sobre el nivel mar).

**Figura 25.**

*Tabla de mareas*

Búsqueda de datos de mareas

Seleccione el puerto y la fecha a buscar.  
Datos disponibles desde el 01-ene-2003.

Puerto: Esmeraldas Fecha:  Consultar

**ESMERALDAS**

03/02/2022 Jueves		04/02/2022 Viernes		05/02/2022 Sábado	
Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)	Hora (hh:mm)	Altura (metros)
05:09	3.33 P	05:54	3.26 P	00:34	0.33 B
11:21	0.01 B	12:05	0.10 B	06:38	3.13 P
17:41	3.43 P	18:24	3.38 P	12:48	0.24 B
23:49	0.28 B	ND	ND	19:06	3.26 P

*Nota.* Tabla de valores de pleamar en el año 2022. Fuente: (INOCAR, 2023).

En el año 2023, podemos observar una pleamar crítica de 3.58 msnm (metros sobre el nivel mar).

**Figura 26.**

*Tabla de mareas*



*Nota.* Tabla de valores de pleamar en el año 2023. Fuente: (INOCAR, 2023).

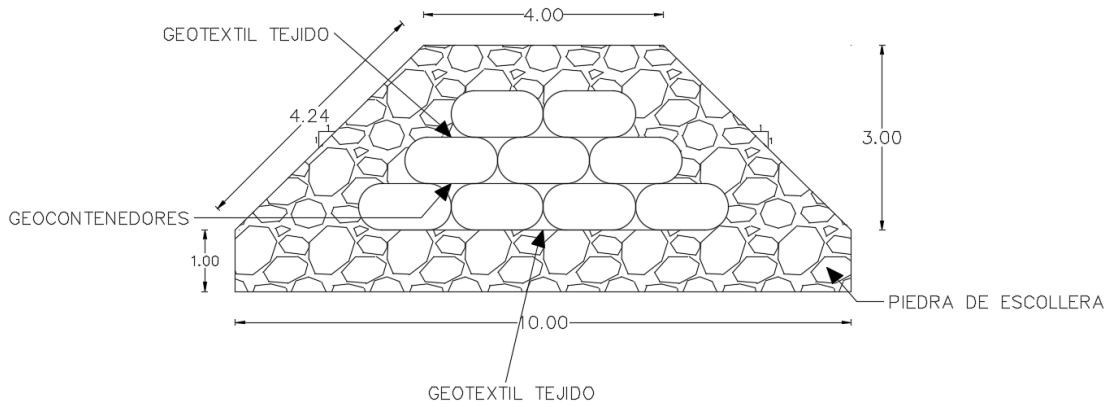
Con todos estos datos recolectados de la página oficial del INNOCAR, podemos determinar que la altura mínima del muro debería ser de 3.6 metros, para lo cual diseñaremos el muro con una altura de 4.00 metros.

Los datos del INNOCAR sobre las alturas de las mareas están dadas desde la cota 0.00 metros sobre el nivel mar, para lo cual también tomaremos la cota de cimentación de los muros la 0.00 metros, además se sabe que la altura de la ola es más baja que el muro, por lo cual, se puede determinar que la altura del muro y la cota de cimentación son las adecuadas para el muro.

Una vez determinados estos datos del muro, presentamos la sección transversal del mismo con sus respectivas dimensiones y materiales a usarse en su estructura los cuales fueron previamente establecidos en nuestro diseño del muro.

**Figura 27.**

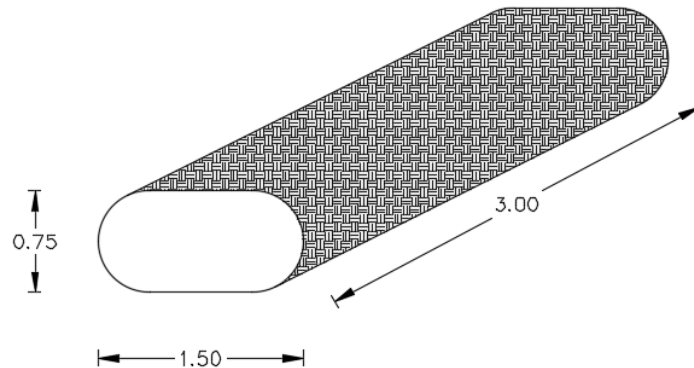
*Muro sumergido*



*Nota.* Sección transversal de muro con sus respectivas dimensiones. Elaborado por: Los autores a través de Autocad, 2023.

**Figura 28.**

*Geocontenedor*

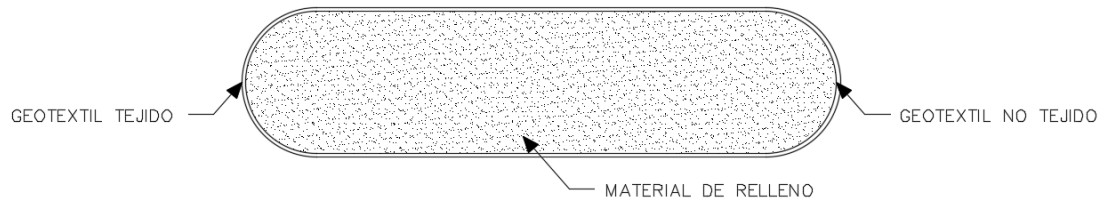


*Nota.* Geocontenedor con sus respectivas dimensiones. Elaborado por: Los autores a través de Autocad, 2023.



**Figura 29.**

*Estructura Geocontenedor*



*Nota.* Materiales para la elaboración del geocontenedor. Elaborado por: Los autores a través de Autocad, 2023.

## CAPÍTULO VII

### SIMULACIÓN A TRAVÉS DEL SOFTWARE SAP2000

#### 7.1 Definición del material

El muro está compuesto por dos materiales por un lado roca y por el otro geo contenedores rellenos de arena. El software no permite asignar el material de manera que se colocará en la realidad. Por esta razón se estimó un valor de peso específico transformado que represente en los porcentajes correctos a ambos materiales.

De esta forma:

$$\gamma_{roca} * A_{roca} + \gamma_{arena} * A_{arena} = \gamma_{transformado} * A_{total}$$

$$\gamma_{transformado} = \frac{\gamma_{roca} * A_{roca} + \gamma_{arena} * A_{arena}}{A_{total}}$$

$$\gamma_{transformado} = \frac{1.2t/m^2 * 22m^2 + 0.6t/m^2 * 9m^2}{31m^2}$$

$$\gamma_{transformado} = 1.03t/m^2$$

**Figura 30.**

*Definición de propiedad del material en SAP2000*

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name and Display Color: MATERIALMURO

Material Type: Concrete

Material Grade: MATERIALMURO

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Weight and Mass**

Weight per Unit Volume: 1,03

Mass per Unit Volume: 0,105

**Units**

Tonf, m, C

**Isotropic Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 1538000,

Poisson, U: 0,2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9,900E-06

Shear Modulus, G: 640833,3

**Other Properties For Concrete Materials**

Specified Concrete Compressive Strength, f<sub>c</sub>: 1400,

Expected Concrete Compressive Strength: 1400,

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

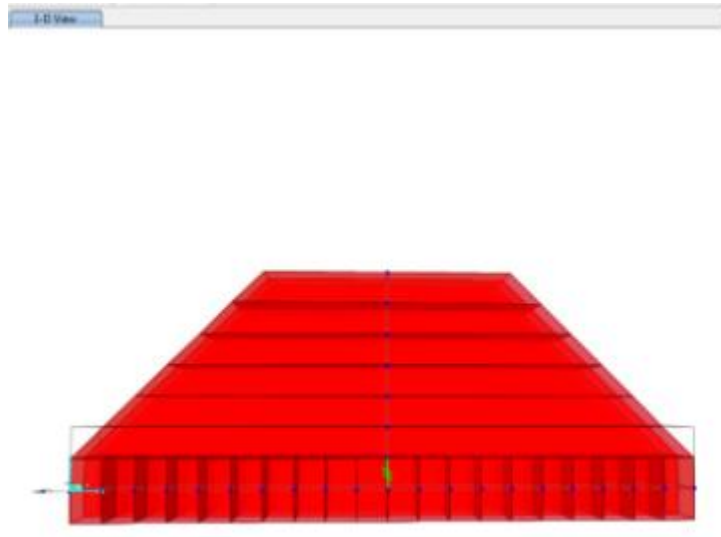
*Nota.* Propiedades mecánicas del material transformado. Elaborado por: Los autores a través del programa Sap2000.

## 7.2 Geometría del muro

Se modela el muro como un elemento tipo Shell-Thick con las dimensiones que garantizan la estabilidad y el factor de seguridad del mismo. Para la pantalla y la base se realiza una discretización de las áreas mediante una simulación de elementos finitos con el fin de reducir los errores de aproximación en fuerzas y esfuerzos. Para la conexión entre pantalla-base y su correcta interacción se definen links de uniones que permiten transmitir las cargas de pantalla a base y mantener la forma de la pantalla trapezoidal. Para la simulación se modeló 10m de longitud de muro, debido a que el análisis será el mismo para todo el largo.

**Figura 31.**

*Geometría del muro*



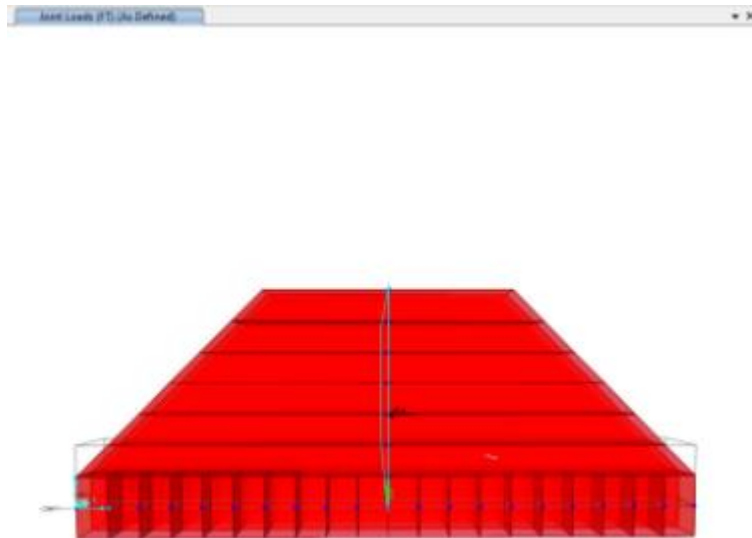
*Nota.* Visualización 3D del muro. Elaborado por: Los autores a través del programa Sap2000.

### 7.3 Asignación de cargas

El muro estará sometido a las cargas horizontales definidas en el Capítulo 6. Para simplificar el modelado se colocó únicamente la fuerza total definida en 6.3 con un valor de 2.4t/m.

**Figura 32.**

*Carga horizontal en el muro*



*Nota.* Visualización de la aplicación de la carga resultante en el centroide de la pantalla.

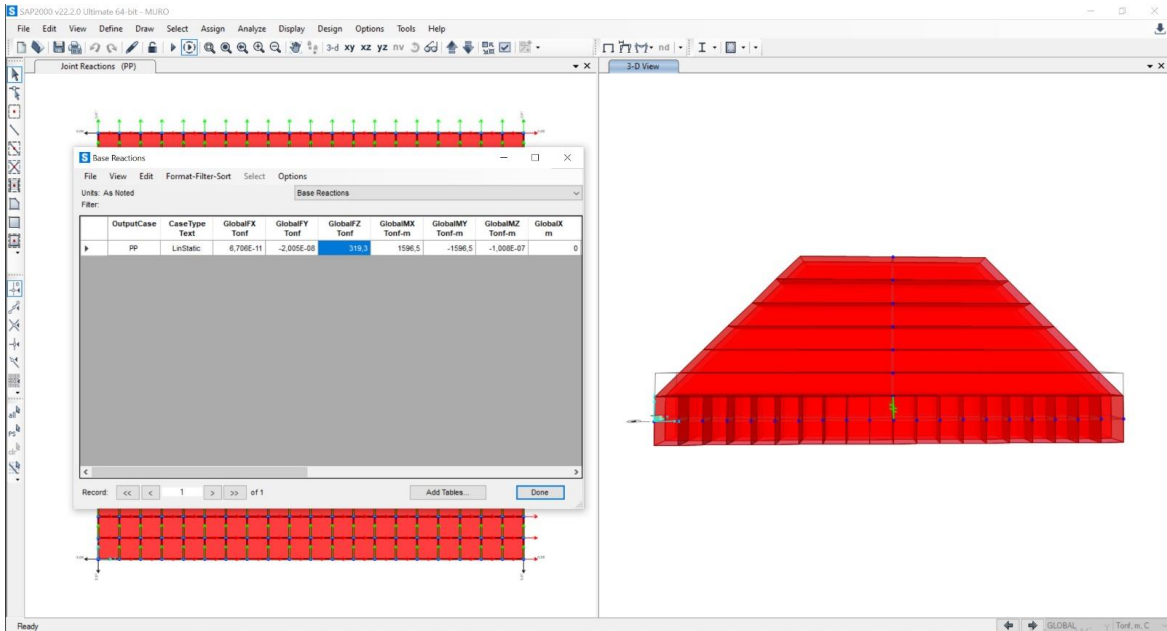
Elaborado por: Los autores a través del programa Sap2000.

### 7.4 Análisis de resultados

Del modelado se puede corroborar que el peso de la estructura corresponde con el obtenido en 6.4.3 de 31.8 t/m para la longitud modelada un total de 318 ton. En comparativa con el valor de 319.80 ton.

**Figura 33.**

*Peso propio del Muro*

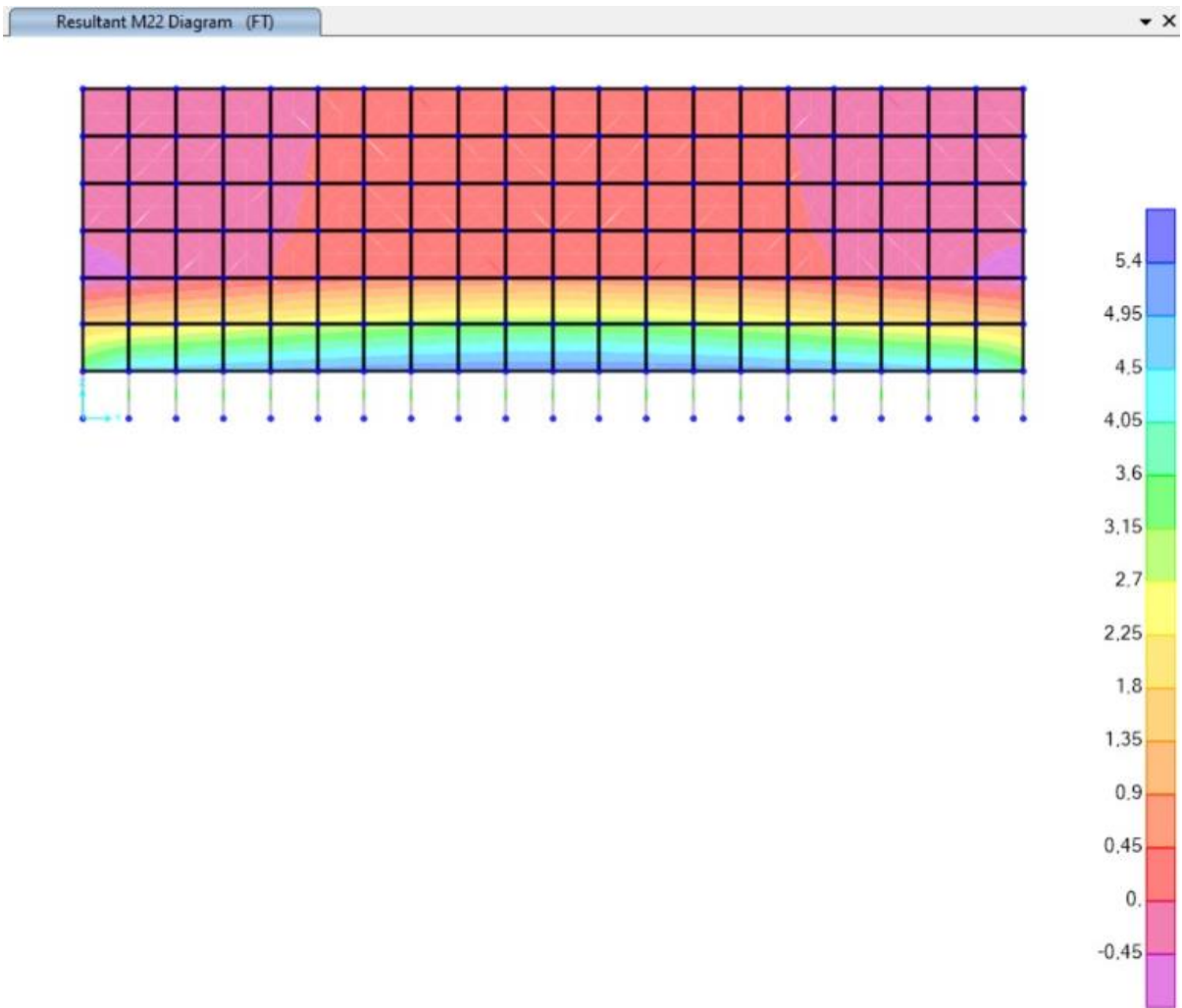


*Nota.* Visualización del peso propio del muro. Elaborado por: Los autores a través del programa Sap2000.

Además, se presenta el diagrama de esfuerzos en la pantalla del muro que muestra el incremento de esfuerzos conforme se alcanza mayor profundidad.

**Figura 34.**

*Diagrama de esfuerzos en la pantalla del muro*



Nota. Diagrama de esfuerzos en la pantalla del muro. Elaborado por: Los autores a través del programa Sap2000.

**CAPÍTULO VIII**  
**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**Tabla 10.**

*Replanteo y nivelación*

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
RUBRO:	REPLANTEO Y NIVELACIÓN				
DETALLE:				UNIDAD:	m2
<b>EQUIPOS</b>					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	$C = A \times B$	R	$D = C \times R$
Herramientas menores (5% M.O.)					0.01
Estación Total	1	5	5	0.02	0.10
SUBTOTAL M					0.11
<b>MANO DE OBRA</b>					
Descripción	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo
	A	B	$C = A \times B$	R	$D = C \times R$
Topógrafo Estr.Oc C1	1.00	4.55	4.55	0.0200	0.09
Cadenero estr. Oc D2	2.00	4.10	8.20	0.0200	0.16
SUBTOTAL N					0.25
<b>MATERIALES</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo	
		A	B	$C = A \times B$	
Clavo 2"	kg	0.10	1.90	0.19	
Piola	u	0.07	1.90	0.13	
Estacas	u	0.10	2.00	0.20	
SUBTOTAL O					0.52
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	Unidad	Distancia	Cantidad	Tarifa	Costo
			A	B	$C = A \times B$
SUBTOTAL P					0.00
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA					
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.88
COSTO INDIRECTO				20.00	0.18
COSTO TOTAL					1.06

*Nota.* La tabla muestra el análisis de los precios unitarios de replanteo y nivelación de la zona costera a realizar la obra. Elaborado por: Los autores.



**Tabla 11.***Geocontenedores*

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS									
RUBRO:	GEOCONTENEDORES				UNIDAD:	u			
DETALLE:									
<b>EQUIPOS</b>									
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo				
	A	B	C = A x B	R	D = C x R				
Herramientas menores (5% M.O.)					0.38				
Volqueta	1	36.37	36.37	0.1500	5.46				
Retroexcavadora	1	36.37	36.37	0.1500	5.46				
SUBTOTAL M					11.30				
<b>MANO DE OBRA</b>									
Descripción	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo				
	A	B	C = A x B	R	D = C x R				
Maestro Mayor	1.00	4.55	4.55	0.1200	0.55				
Peón	12.00	4.05	48.60	0.1200	5.83				
Chofer Volqueta	1.00	5.95	5.95	0.1200	0.71				
Operador Retroexcavadora	1.00	4.33	4.33	0.1200	0.52				
SUBTOTAL N					7.61				
<b>MATERIALES</b>									
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo					
		A	B	C = A x B					
Geocontenedor (3,00m x 1.50m x 0.75m)	u	1.00	120.00	120.00					
Relleno con suelo limoarenoso	m3	3.38	1.50	5.07					
SUBTOTAL O					125.07				
<b>TRANSPORTE</b>									
DESCRIPCION	Unidad	Distancia	Cantidad	Tarifa	Costo				
			A	B	C = A x B				
					0.00				
SUBTOTAL P					0.00				
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA					TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	143.98			
					COSTO INDIRECTO			20.00	28.80
					COSTO TOTAL				172.78

*Nota.* La tabla muestra el análisis de los precios unitarios de los geocontenedores que serán utilizados en el proyecto. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 12.***Suministros y colocación de piedra escollera*

<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
RUBRO:	Suministro y Colocación de Piedra Escollera					
DETALLE:				UNIDAD:	m3	
<b>EQUIPOS</b>						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
	A	B	$C = A \times B$	R	$D = C \times R$	
Excavadora	1.00	36.37	36.37	0.1200	4.36	
SUBTOTAL M					4.36	
<b>MANO DE OBRA</b>						
Descripción	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
	A	B	$C = A \times B$	R	$D = C \times R$	
Peón	1.00	4.05	4.05	0.1200	0.49	
Operador Retroexcavadora	1.00	4.33	4.33	0.1200	0.52	
SUBTOTAL N					1.01	
<b>MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
		A	B	$C = A \times B$		
Piedra Escollera	m3	1.10	35.00	38.50		
SUBTOTAL O					38.50	
<b>TRANSPORTE</b>						
DESCRIPCION	Unidad	Distancia	Cantidad	Tarifa	Costo	
			A	B	$C = A \times B$	
					0.00	
SUBTOTAL P					0.00	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA			TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		43.87	
			COSTO INDIRECTO		20.00	
			COSTO TOTAL		52.64	

*Nota.* La tabla muestra el análisis de los precios unitarios de suministros y colocación de la piedra escollera que se utiliza como recubrimiento de los geocontenedores. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 13.***Geotextiles tejidos de base*

<b>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>							
RUBRO:	GEOTEXTIL TEJIDO DE BASE						
DETALLE:				UNIDAD:	m2		
<b>EQUIPOS</b>							
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo		
	A	B	$C = A \times B$	R	$D = C \times R$		
Herramientas menores (5% M.O.)					0.02		
SUBTOTAL M					0.02		
<b>MANO DE OBRA</b>							
Descripción	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo		
	A	B	$C = A \times B$	R	$D = C \times R$		
Maestro Mayor	0.25	4.55	1.14	0.0250	0.03		
Peon	4.00	4.05	16.20	0.0250	0.41		
SUBTOTAL N					0.43		
<b>MATERIALES</b>							
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo			
		A	B	$C = A \times B$			
GEOTEXTIL TEJIDO DE BASE	M2	1.15	5.00	5.75			
SUBTOTAL O					5.75		
<b>TRANSPORTE</b>							
Descripción	Unidad	Distancia	Cantidad	Tarifa	Costo		
			A	B	$C = A \times B$		
					0.00		
SUBTOTAL P					0.00		
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA					TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	6.21	
					COSTO INDIRECTO	20.00	1.24
					COSTO TOTAL		

*Nota.* La tabla muestra el análisis de los precios unitarios de los geotextiles tejidos de base que cubrirán los geocontenedores. Elaborado por: Los autores.

**Tabla 14.***Transporte de piedra escollera*

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	Transporte de Piedra Escollera					
DETALLE:				UNIDAD:	u	
<b>EQUIPOS</b>						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
	A	B	$C = A \times B$	R	$D = C \times R$	
Volqueta	1.00	36.37	36.37	0.0080	0.29	
SUBTOTAL M					0.29	
<b>MANO DE OBRA</b>						
Descripción	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
	A	B	$C = A \times B$	R	$D = C \times R$	
Peón	1.00	4.05	4.05	0.0080	0.03	
Chofer Volqueta	1.00	5.95	5.95	0.0080	0.05	
SUBTOTAL N					0.08	
<b>MATERIALES</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo		
		A	B	$C = A \times B$		
				0.00		
SUBTOTAL O					0.00	
<b>TRANSPORTE</b>						
DESCRIPCION	Unidad	Distancia	Cantidad	Tarifa	Costo	
			A	B	$C = A \times B$	
					0.00	
SUBTOTAL P					0.00	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN EL IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			0.37	
		COSTO INDIRECTO		20.00	0.07	
		COSTO TOTAL			0.44	

*Nota.* La tabla muestra el análisis de los precios unitarios de transporte de la piedra escollera, al lugar donde se realizará nuestro proyecto. Elaborado por: Los autores.

## **CAPÍTULO IX**

### **VOLUMENES Y COSTOS**

Se procede a realizar la cuantificación de los volúmenes que se utilizarán en la obra, y a la vez los costos estimados en el mismo, los costos podrán variar entre más menos un 5%, dependiendo el instante en el que se va a realizar la obra, y la variación de los precios debido a la inflación.

1.-Replanteo y nivelación: tomaremos en cuenta el ancho y longitud del muro, para este proyecto se tomará una base de 10 metros, y una longitud de 260m teniendo un área total de 2600 metros cuadrados. Su precio unitario por metro es de 1.06 dólares legando a un valor por el trabajo de 2762.50 centavos.

2.- Geocontenedores: se utilizarán para la constitución del muro un total de 9 unidades por cada 3m lineales de muro., con las siguientes dimensiones, longitud de 3m, altura de 0.75cm y 1.5m de ancho. El proyecto abarca 260m de longitud, por lo que en total se necesitaran 783 unidades. El precio unitario es de 172.78 dólares, con lo que tenemos un valor estimado de 135574.95 dólares para la adquisición de los mismos.

3.- Piedra escollera: Se determinó un volumen de 6165.94 m<sup>3</sup> como se detalla en la tabla 14, viendo el costo referencial con los proveedores de este material se define 52.64 dólares en los que se incluye el manejo y colocación, dando un precio final de 324574.70 dólares. Se debe tener en cuenta que puede existir una variación entre un 5% más menos según el desperdicio que se encuentre al momento de su colocación.

4.- Geotextiles: se utilizarán en total 3660.25 m<sup>2</sup> para el proyecto los cuales se presupuestaron en 7.45 dólares el m<sup>2</sup> dando un total de 27254.70 dólares.

5.- Transporte de piedra escollera: se define en la cantidad de metros cúbicos por km. Teniendo en cuenta que, del proyecto a el lugar de abastecimiento hay una distancia de 55.1 km el precio referencial es de 0.44 dólares por cada metro cubico. Por ello multiplicado el volumen de la misma tenemos un valor de 149486.99 dólares.

**Tabla 15.**

*Transporte de piedra escollera*

<b>PRESUPUESTO</b>					
<b>N°</b>	<b>Rubros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
1	Replanteo y Nivelación	m2	2600.00	1.06	2762.50
2	Geocontenedores	Unidad	783.00	172.78	135287.13
3	Suministro y colocación de Piedra Escollera	m3	6165.94	52.64	324574.95
4	Geotextil Tejido	m2	3660.25	7.45	27254.70
5	Transporte de Piedra Escollera	m3*Km	339743.16	0.44	149486.99
				<b>Total</b>	639366.27
				<b>IVA (12%)</b>	76723.95
				<b>Total (Incluye IVA)</b>	716090.22

*Nota.* La tabla muestra un resumen de los presupuestos empleados en los materiales del muro. Elaborado por: Los autores.

## CONCLUSIONES

Diseñamos el muro sumergido tomando datos referenciales de la playa Súa cercana a Tonchigüe, obteniendo un muro de con coeficiente de seguridad de 2.52.

Hemos utilizado en el diseño del muro sumergido tres tipos de geotextiles para diferentes funciones específicas y piedra de escollera para proteger los geocontenedores de basura arrojada por el mar o posibles embarcaciones.

Para la obtención de la cota del proyecto se utilizó la tabla de mareas del INNOCAR, la cual indica los niveles de bajamar en cada uno de los días del año, obteniendo una cota de 0 msnm.

## **RECOMENDACIONES**

Para utilizar la fórmula de Miniken en el cálculo de estructuras marinas, sus variables deben estar en unidades del Sistema Internacional.

Para la implantación de los muros sumergidos se recomienda analizar la tabla del INNOCAR y conocer sus niveles de pleamar para estimar la altura del muro.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ArcelorMittal. (2019). *Tablaestacas de Acero*. Esch-sur-Alzette: ArcelorMittal.
- Ballester, F., Castro, D., & Gil, M. (2000). *Definición, función y clasificación de los geotextiles*. Cantabria : Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos.
- Caballero, C. (2012). *Procesos Sedimentarios*. Mexico D.F: UNAM.
- Cadena, M. (2010). *Amenazas Costeras*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Chico, L., & Vargas, Y. T. (2014). *Análisis y aplicación del uso de estructuras hidráulicas blandas empleando geosintéticos para la protección costera*. [Tesis de grado, Universidad de Cartagena] Repositorio Universidad de Cartagena. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/1362/Trabajo%20de%20Grado%20Final%20-%20Chico%20%26%20Tapias.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Clavero, M., & Ortega, M. (s.f.). *Proyecto y Construcción de Obras Marítimas*. Granada: Universidad de Granada.
- Davis, . P. (2019). *Recomendaciones para la ejecución y control de los muros*. Cuba: Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez.
- Díaz, P. (2015). Sistema de Asentamientos Humanos. En P. Díaz. Santa Cruz, Galápagos, Ecuador: Gobierno Territorial del Cantón Santa Cruz.
- Diferencia entre Geomallas y Geotextiles: Usos y Aplicaciones*. (20 de abril de 2022).
- Dirección General del observatorio ambiental. (2003). *Erosión Costera*. Florida: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Farías, F. (2016). *Propuesta de ordenamiento territorial turístico*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Repositorio Pucesa.

<https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/624/1/FARIAS%20INTRIAGO%20FANNY%20ALEJANDRA.pdf>.

G&G. (2022). *Soluciones con tecnología de punta*. Obtenido de <https://www.geoygeo.com/productos/geotextil-tejido/#:~:text=Los%20geotextiles%20tejidos%20son%20aquellos,m%C3%A1s%20fibras%2C%20hilos%20o%20filamentos>.

García, L., Navarrete, T., & Rocha, J. (2003). *Fuerza y Equilibrio*. México: Innovación Editorial Lagares .

GEOACE. (20 de abril de 2022).

Gracia, F., Sanjaume, E., Flor, G., Hernández, L., & Gómez, M. (2009). *Dunas Marítimas y Continentales*. Cadiz: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

Guardado, R. (2011). *Obras de protección costera; ¿un mal necesario en la Bahía de todos B:C,Mexico?* Mexico: Universidad Autónoma de Baja California.

Guisado, E., Málvarez, G., & Navas, F. (2010). *Los modelos de propagación de oleaje, simulación morfodinámica y las Tig*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Hans, W. (1990). *Dynamic forces due to waves breaking at vertical coastal structures*. Hannover: University of Hannover.

Inocar. (2014). *Condiciones Oceanográficas observadas en Ecuador*. Guayaquil: INOCAR.

Lopez, J., Montoya, J., Ramirez, R., & Segura, D. (2011). *Atlas de Mediciones de Oleaje*. Mexico D.F: AMIP.

Lozada. (Diciembre de 2014). *Tic's y Sociedad*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

- Marriott, P. A. (10 de febrero de 2023). Pulso Económico Ecuador. Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador. Obtenido de <https://www.economiasolidaria.gob.ec/ieps-impulsa-la-reactivacion-economica-de-esmeraldas/>
- Medina, A. (7 de Agosto de 2020). *Malecón destruido preocupa a moradores y sector turístico de Súa, en Esmeraldas*. Obtenido de El Comercio: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/malecon-moradores-turismo-sua-esmeraldas.html>
- Montaño, Y. (1 de febrero de 1983). *Ciencias del mar*. Obtenido de Biblioteca Digital Unam: <http://biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1985-1/articulo182.html#:~:text=Transporte%20litoral%20es%20el%20movimiento,presentado%20en%20el%20C3%A1rea%20costera>.
- Morachimo, K. (2016). *Planteamiento de un modelo teórico sobre "manejo integrado en zonas costeras"*. [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia] Riunet repositorio. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/61432/TFM%20-%20Kelly%20Morachimo%20Fiestas.pdf?sequence=1>.
- Morales, A., & Jiménez, J. (2006). *Construcción de Rompeolas, Bordos y Rellenos para la Ampliación del Puerto de Progreso, Yucatán*. [Tesis de grado, Instituto Politécnico Nacional de México D.F. Repositorio Instituto Politécnico Nacional. [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4514/286\\_CONSTRUCCION%20DE%20ROMPEOLAS%20BORDOS%20Y%20RELLENOS%20PARA%20LA%20AMPLIACION%20DEL%20PUERTO%20PROGRESO%20YUCATAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4514/286_CONSTRUCCION%20DE%20ROMPEOLAS%20BORDOS%20Y%20RELLENOS%20PARA%20LA%20AMPLIACION%20DEL%20PUERTO%20PROGRESO%20YUCATAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Olivo, E. (29 de Noviembre de 2021). *Tonchigüe promociona marca turística*. Obtenido de La hora: <https://www.lahora.com.ec/esmeraldas/tonchigue-promociona-marca-turistica/>

Peck, Hanson, & Thornburn. (1982). *Ingeniería de Cimentaciones*. México DF: Limusa.

Pedraza, M. (2021). *Perfil de equilibrio y procesos de acreción en playas con marea*. Cantabria: Universidad de Cantabria.

Prieto, B. (Junio de 2017). *SciELO*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-14722017000200056](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-14722017000200056)

Ramirez, A. (2017). *Procedimiento constructivo utilizando la tecnología de geotextiles para protección costera en cólan-piura*. [Tesis de grado, Universidad de Piura] Repositorio Institucional Pirhua. [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3060/ICI\\_238.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3060/ICI_238.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Sánchez, M., González, M., Sánchez, F., & Aparicio, M. (2010). *Estabilización de taludes mediante muros Krainer y empalizadas de troncos*. Madrid: Dirección Técnica de Tragsa.

Silva, J. r. (2020). *muro de protección sumergido de Sua*. Esmeraldas: Alcaldía de Atacames.

Soluciones Ambientales. (2017). *Geosai*. Obtenido de <https://www.geosai.com/geotextil/#:~:text=El%20geotextil%20es%20una%20malla,tracci%C3%B3n%20y%20a%20su%20capacidad%20drenante.>

Suárez, J. (2001). *Control de Erosión en Zonas Tropicales*. Bucaramanga: División Editorial y de Publicaciones Universidad Industrial de Santander.

Técnicas de ingeniería y bioingeniería para la restauración ambiental y el paisajismo. (24 de noviembre de 2013). <https://ingenieriayrestauracionambiental.wordpress.com/category/empalizada/>.

- Texdelta. (s.f.). *El blog de texdelta*. Obtenido de <https://texdelta.com/blog/geotextil-tejido-usos-y-aplicaciones/#:~:text=Se%20entiende%20como%20geotextil%20tejido,ejecuci%C3%B3n%20de%20un%20procedimiento%20textil>.
- Universidad Europea de Madrid. (2009). Diseño y cálculo de estructuras de contención. En *Cimentaciones* (pág. 45). Madrid: Universidad Europea de Madrid.
- Valenzuela, L. (mayo de 2020). *Gobierno de la provincia de buenos Aires*. Obtenido de [https://www.gba.gob.ar/hidraulica/interjurisdiccional/plan\\_de\\_la\\_costa#:~:text=La%20erosi%C3%B3n%20marina%20consiste%20en,que%20se%20desarrolla%20en%20forma](https://www.gba.gob.ar/hidraulica/interjurisdiccional/plan_de_la_costa#:~:text=La%20erosi%C3%B3n%20marina%20consiste%20en,que%20se%20desarrolla%20en%20forma)
- Yepes, V. (1999). *Las Playas en la Gestión Sostenible del Litoral*. Murcia: Universidad de Murcia.
- Yepes, V. (2013). *Hormigón en ambiente marino*. Madrid: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones.
- Zarza, L. (2023). *¿Qué es un dique y cuál es su función?* Obtenido de Iagua: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-dique-y-cual-es-funcion>