



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACION  
PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERIA CIVIL**

**TEMA  
REDISEÑO ESTRUCTURAL DEL MUELLE DEL TERMINAL  
PORTUARIO FERTISA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

**TUTOR  
Mgtr. MENDOZA VILLACIS KEVIN ANGEL**

**AUTORES  
CABRERA LUZURIAGA SMITH FRANKLIN  
JARA RAMÍREZ ELBA ELIZABETH**

**GUAYAQUIL  
2024**

## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

Rediseño Estructura del muelle del terminal Portuario Fertisa de la ciudad de Guayaquil

**AUTOR/ES:**

Cabrera Luzuriaga Smith Franklin  
Jara Ramírez Elba Elizabeth

**TUTOR:**

Mgtr. Mendoza Villacis Kevin Angel

**INSTITUCIÓN:**

Universidad Laica Vicente  
Rocafuerte de Guayaquil

**Grado obtenido:**

Ingeniero/a Civil

**FACULTAD:**

Ingeniería, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCION

**CARRERA:**

Ingeniería Civil

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

2024

**N. DE PÁGS:**

138

**ÁREAS TEMÁTICAS:** Arquitectura y Construcción

**PALABRAS CLAVE:** Instalación Portuaria, Hormigón, Obra Pública.

**RESUMEN:**

El presente documento describe un proyecto enfocado en el rediseño estructural del muelle del terminal portuario Fertisa en Guayaquil. Se plantea que la correcta distribución y condiciones estructurales de los muelles son esenciales para el éxito de las operaciones de comercio exterior. Fertisa, a pesar de ser uno de los principales puertos de la ciudad,

ha experimentado una disminución en la actividad operativa, evidenciando la necesidad de optimizar su infraestructura. La pregunta de investigación fue el producto de concatenar las interrogantes más relevantes en el comienzo de desarrollo de la temática: ¿Cómo mejorar el funcionamiento del muelle de Fertisa para aumentar su eficiencia operativa? Para ello, se diseñó el objetivo general el cual fue analizar y proponer un plan de rehabilitación para optimizar el muelle.

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (Web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Cabrera Luzuriaga Smith Franklin Jara Ramírez Elba Elizabeth	<b>Teléfono:</b> 0963090414 0969179828	<b>E-mail:</b> scabreral@ulvr.edu.ec ejarar@ulvr.edu.ec
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	Dr. Marcial Sebastián Calero Amores <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 <b>Ext.</b> 241 <b>E-mail:</b> mcaleroa@ulvr.edu.ec Torres Rodríguez Jorge Enrique <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 <b>Ext.</b> 242 <b>E-mail:</b> etorresr@ulvr.edu.ec	

# CERTIFICADO DE SIMILITUD

Cabrera\_Jara\_Turnitin .pdf

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>4%</b>	<b>3%</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>cdn.iic.org</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>vlex.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>abogadosecuador.wordpress.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad de Guayaquil</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>

Excluir citas    Apagado    Excluir coincidencias < 1%  
Excluir bibliografía    Apagado

**KEVIN ANGEL MENDOZA VILLACIS**  
Firmado digitalmente por KEVIN ANGEL MENDOZA VILLACIS  
Fecha: 2024.08.14 11:44:53 -05'00'

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El(Los) estudiante(s) egresado(s) ELBA ELIZABETH JARA RAMIREZ y SMITH FRANKLIN CABRERA LUZURIAGA, declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Rediseño estructural del muelle del terminal portuario fertisa en la ciudad de Guayaquil, corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (emos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores:

Firma: 

ELBA ELIZABETH JARA RAMIREZ

C.I. 0802838607

Firma: 

SMITH FRANKLIN CABRERA LUZURIAGA

C.I. 0942540394

## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación Rediseño Estructural del muelle del terminal Portuario Fertisa de la ciudad de Guayaquil, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, industria y construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Rediseño Estructural del muelle del terminal Portuario Fertisa de la ciudad de Guayaquil, presentado por los estudiantes ELBA ELIZABETH JARA RAMIREZ y SMITH FRANKLIN CABRERA LUZURIAGA como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

KEVIN ANGEL  
MENDOZA  
VILLACIS

Firmado digitalmente  
por KEVIN ANGEL  
MENDOZA VILLACIS  
Fecha: 2024.08.14  
11:44:53 -05'00'

Mgtr. KEVIN ANGEL MENDOZA VILLACIS

C.C. 0922290010

## **AGRADECIMIENTO**

Yo, Elba Elizabeth Jara Ramírez quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres y a Dios que estuvieron conmigo en este largo camino universitario y personal, agradezco a mi tutor de tesis Mgtr. Kevin Mendoza y al Mgtr. Marcelo Guevara, por su orientación, tiempo y paciéndolo que tuvieron para poder ayudarme a realizar la tesis con buenos métodos de aprendizaje. También quiero expresar mi gratitud al Terminal Portuario Fertisa por ayudarme con la información necesaria para poder llevar a cabo esta investigación y mucho esfuerzo. Finalmente, agradezco a todos los que creyeron en mí y en que podía lograr este gran paso muchas gracias.

Yo, Smith Franklin Cabrera Luzuriaga quiero agradecer a Dios por ser el creador de la humanidad, al hijo porque con su vida nos dio a conocer el padre y su gran amor por nosotros; al Espíritu Santo por llenarme con dones y frutos en el transitar de mi vida. A mi tutor de tesis Mgtr. Kevin Mendoza, por su motivación y apoyo constante, con profesionalismo, durante todo el desarrollo y elaboración de este trabajo de investigación. A mi compañera de tesis ya que por medio de su dedicación y preocupación de nuestra recopilación de información lo hemos logrado juntos. Y finalmente gracias a toda mi hermosa familia, que sin su apoyo incondicional y estímulo no habría sido posible culminar este proyecto.

## DEDICATORIA

Yo, Elba Elizabeth Jara Ramírez dedico esta tesis a mis padres Gunther Jara y Tania Ramírez y a mi pareja Ricardo Delgado, cuya presencia y apoyo incondicional han sido la fuente de mi fortaleza y motivación para poder culminar este semestre ya que sin su apoyo no lo hubiera podido lograr. A mis compañeros y colegas, quien han compartido cada momento risas, enojos y desafíos en este proceso universitario. Dedico este trabajo a todos los que han creído en mí, incluso en los momentos yo mismo dudaba que iba a poder lograrlo. Gracias por brindarme su confianza y se un pilar muy importante en mi vida y poder alcanzar este logro tan importante para mí.

Yo, Smith Franklin Cabrera Luzuriaga Dedico esta tesis a Dios, por ser mi guía, mi amigo, la sombra donde me refugio; porque me guarda me espera y le cobija en cada momento de mi vida, mis decisiones y mis proyectos. A mis padres sin los cuales no hubiese sido posible mi existir y con sus enseñanzas aprender a vivir. A mi esposa y a mis hermosos hijos que mi objetivo es demostrarle que yo cada día puedo ser mejor persona en la sociedad.

## RESUMEN

El presente documento describe un proyecto enfocado en el rediseño estructural del muelle del terminal portuario Fertisa en Guayaquil. Se plantea que la correcta distribución y condiciones estructurales de los muelles son esenciales para el éxito de las operaciones de comercio exterior. Fertisa, a pesar de ser uno de los principales puertos de la ciudad, ha experimentado una disminución en la actividad operativa, evidenciando la necesidad de optimizar su infraestructura. La pregunta de investigación fue el producto de concatenar las interrogantes más relevantes en el comienzo de desarrollo de la temática: ¿Cómo mejorar el funcionamiento del muelle de Fertisa para aumentar su eficiencia operativa? Para ello, se diseñó el objetivo general el cual fue analizar y proponer un plan de rehabilitación para optimizar el muelle.

Los objetivos específicos incluyeron la inspección de la estructura actual, consulta al personal, y la elaboración de una propuesta de mejoramiento basada en la consulta con expertos. El proyecto defiende la idea de que la rehabilitación estructural del muelle permitirá optimizar sus operaciones, lo que es fundamental dado el rol de Guayaquil como el principal puerto del Ecuador. Mientras tanto, las líneas de investigación seleccionadas se centraron en territorio, medio ambiente y construcción sustentable.

**Palabras Claves:** Instalación Portuaria, Hormigón, Obra pública, Estructura hidráulica.

## ABSTRACT

This document describes a project focused on the structural redesign of the dock of the Fertisa port terminal in Guayaquil. It is stated that the correct distribution and structural conditions of the docks are essential for the success of foreign trade operations. Fertisa, despite being one of the main ports in the city, has experienced a decrease in operational activity, evidencing the need to optimize its infrastructure. The research question was the product of concatenating the most relevant questions at the beginning of the development of the topic: How to improve the operation of the Fertisa dock to increase its operational efficiency? To this end, the general objective was designed, which was to analyze and propose a rehabilitation plan to optimize the pier. Specific objectives included inspecting the current structure, consulting staff, and developing a proposal for improvement based on consultation with experts. The project defends the idea that the structural rehabilitation of the dock will optimize its operations, which is essential given Guayaquil's role as Ecuador's main port. Meanwhile, the selected lines of research focused on territory, environment and sustainable construction.

**Keywords:** Port facility, Concrete, Public works, Hydraulic structure.

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
ENFOQUE DE LA PROPUESTA .....	3
1.1 Tema.....	3
1.2 Planteamiento del Problema .....	3
1.3 Formulación del Problema .....	5
1.4 Objetivo General .....	5
1.5 Objetivos Específicos.....	5
1.6 Idea a Defender .....	5
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad .....	6
CAPÍTULO II .....	7
2.1 Marco Teórico.....	7
2.1.1. Antecedentes.....	7
2.1.2. Fundamentación teórica .....	10
2.1.2.1 Puertos .....	10
2.1.2.2 Clasificación de los Puertos.....	28
2.1.2.3 Actividades que se Realizan en una Terminal Portuaria.....	30
2.1.2.4 Muelles .....	34
2.1.2.5 Tipo de Muelles .....	37
2.1.2.6 Elementos Básicos para la Construcción de Muelles .....	40
2.1 Marco Legal.....	53
CAPÍTULO III .....	55
3.1 Enfoque de la Investigación.....	55
3.2 Alcance de la Investigación .....	55
3.3 Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos.....	56
3.3.1 Observación.....	56
3.3.1.1 Instrumento Guía de Observación .....	56
3.3.2 Encuesta.....	57

3.3.2.1 Instrumento Cuestionario .....	57
3.3.3 Técnica Entrevista .....	58
3.3.3.1 Instrumento Cuestionario .....	58
3.4 Población y Muestra .....	60
CAPÍTULO IV .....	62
4.1 Presentación y análisis de resultados.....	62
4.1.1 Resultados de Observación.....	62
4.1.1.1 Análisis de la Observación.....	63
4.1.2.1 Análisis de Resultados a Pregunta 1 .....	64
4.1.2.2 Análisis de Resultados a Pregunta 2 .....	65
4.1.2.3 Análisis de Resultados a Pregunta 3 .....	65
4.1.2.4 Análisis de Resultados a Pregunta 4 .....	66
4.1.2.5 Análisis de Resultados a Pregunta 5 .....	67
4.1.2.6 Análisis de Resultados a Pregunta 6 .....	67
4.1.3 Resultados de la Entrevista .....	68
4.1.3.1 Mgtr. Luis Villavicencio .....	68
4.1.3.2 Mgtr. María Parra.....	70
4.2 Propuesta .....	72
4.2.1 Eje Estructural .....	73
4.2.1.1 Mortero para Reparación Estructural.....	74
Maxipatch 40 de la marca Intaco.....	74
4.2.1.2 Mortero para Reparación Estructural.....	76
Sikrep EC de la marca Sika.....	76
4.2.2 Eje Arquitectónico.....	82
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES .....	84
BIBLIOGRAFIA .....	85
ANEXOS .....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variación de operaciones portuarias periodo 2021-2022. ....	4
Tabla 2: Guía de observación. ....	57
Tabla 3: Diseño del cuestionario de la encuesta. ....	58
Tabla 4: Diseño del cuestionario de la entrevista. ....	59
Tabla 5: Resultados Guía de Observación.....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura de un puerto.....	12
Figura 2: Puerto de Guayaquil. ....	14
Figura 3: Clasificación de los puertos.....	29
Figura 4: Esquema general de componente de un muelle. ....	32
Figura 5: Análisis bivariado de datos de periodo y dirección de oleaje en el periodo 1996-2018. ....	35
Figura 6: Muelle de Terminal Portuaria Fertisa. ....	36
Figura 7: Muelles de gravedad.....	39
Figura 8: Muelles de pilotes. ....	39
Figura 9: Muelles de pantalla. ....	40
Figura 10: Actividades para ejecutar.....	59
Figura 11: Resultados pregunta 1. ....	64
Figura 12: Resultados pregunta 2. ....	64
Figura 13: Resultados pregunta 3. ....	65
Figura 14: Resultados pregunta 4. ....	66
Figura 15: Resultados pregunta 5. ....	66
Figura 16: Resultados pregunta 6. ....	67
Figura 17: Entrevista al especialista estructural Mgtr. Luis Villavicencio.....	68
Figura 18: Entrevista al especialista estructural Mgtr. María Parra. ....	70
Figura 19: Ficha técnica Maxipatch 40 – Parte I. ....	74

Figura 20: Ficha técnica Maxipatch 40 – Parte II. ....	75
Figura 21: Ficha técnica Sikarep EC – Parte I. ....	76
Figura 22: Ficha técnica Sikarep EC – Parte II. ....	77
Figura 23: Ficha técnica de Maxigrout – Parte I.....	78
Figura 24: Ficha técnica de Maxigrout – Parte II.....	79
Figura 25: Ficha técnica de Sika Grout Inyección – Parte I.....	80
Figura 26: Ficha técnica de Sika Grout Inyección – Parte II.....	81

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Parte posterior del puerto.....	92
Anexo 2. Área de transporte de carga pesada.....	93
Anexo 3. Material granular .....	94
Anexo 4. Área de carga al barco .....	95
Anexo 5. Parte lateral derecha del puerto.....	96
Anexo 6. Parte lateral izquierda del puerto .....	97
Anexo 7. Área de espera de transporte pesado.....	98
Anexo 8. Área de carga.....	99
Anexo 9. Falta de mantenimiento en la infraestructura del suelo.....	100
Anexo 10. Carga de materia .....	101
Anexo 11. Transporte del material .....	102
Anexo 12. Transporte de diferentes tipos de material.....	103
Anexo 13. Área de maquinaria pesada .....	104
Anexo 14. Área de operación de empleados del transporte del material .....	105
Anexo 15. Área de despacho .....	106
Anexo 16. Presentación de grietas horizontales .....	107
Anexo 17. Deterioro del suelo por maquinaria pesada .....	108
Anexo 18. Aguas lluvias estancadas.....	109
Anexo 19. Pequeños baches en diferentes parte del puerto.....	110
Anexo 20. Agrietamiento de la infraestructura del suelo .....	111
Anexo 21. Presencia de baches en diferentes tamaños .....	112
Anexo 22. Material de pavimentos secos.....	113

Anexo 23. Baches sin medidas de protección.....	114
Anexo 24. Falta de mantenimiento del suelo en el puerto.....	115
Anexo 25. Brea seca en diferentes partes del puerto .....	116
Anexo 26. Líneas de seguridad poco visibles .....	117
Anexo 27. Falta de seguridad en las orillas del puerto.....	118
Anexo 28. Falta de mantenimiento de seguridad en el puerto .....	119
Anexo 29. Presencia del suelo en malas condiciones.....	120
Anexo 30. Brea en el pavimento .....	121
Anexo 31. Grietas .....	122
Anexo 32. Brea y grietas .....	123

## INTRODUCCIÓN

Los terminales portuarios cumplen un rol importante para el desarrollo comercial de una ciudad y país, esto teniendo en consideración que la función de estas estructuras es lograr la transferencia de mercancías que ingresan o salen vía marítima para transportarlas y distribuir las a diversas latitudes impulsado por la oferta y demanda ciudadana y empresarial local y extranjera. Para tener una breve perspectiva de la importancia de estos terminales, desde datos provistos por la Autoridad Portuario de Guayaquil (2021) los ingresos entre el 2021 y 2022 fueron de aproximadamente \$24.9 millones de dólares.

Teniendo en consideración determinados factores como por ejemplo la estabilidad económica mundial, los servicios de comercio exterior suelen tener altas y bajas y con esto se genera toda una cadena de requerimientos como por ejemplo la transferencia de mercancías que consecuentemente pueden experimentar incremento y decremento, por mencionar un ejemplo de acuerdo a datos provistos por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2021), entre el 2020 y 2021 “los puertos del país a través de sus terminales portuarias públicas y privadas cerraron el año con un ligero incremento del 3,4%, en comparación con el 1.6% en el año 2020” (p.1), sin embargo, también existen factores como por ejemplo las características de los puertos que puede incidir a que crezca o se reduzca la afluencia de mercancías a transportar.

En contexto con el tema trazado, el proyecto que se presenta en este documento expondrá todo el proceso que demanda el análisis de rehabilitación estructural del muelle del terminal portuario Fertisa, teniendo como premisa principal, contribuir con su operatividad en relación a la constante y creciente demanda de los servicios portuarios que se prestan desde estas infraestructuras.

Este proyecto se estructurará a partir de cuatro capítulos, los cuales se describen puntualmente a continuación:

El capítulo 1 abarca toda la descripción del problema de investigación desde una perspectiva puntual y detallada, así como incluye la formulación del problema, definición de los objetivos, la idea a defender y la línea de investigación.

El capítulo 2 es la exposición del marco referencial, donde se incluye el marco teórico con los temas medulares en relación al análisis de rehabilitación estructural de muelles de terminal portuarios, entre otros que se encontrarán citados y referenciados de acuerdo a las normas de redacción dispuestas por la universidad y facultad, y no menos importante se desarrolla el marco legal en el que se exponen las normativas relacionadas al análisis de rehabilitación estructural de muelles portuarios, entre otros.

Dentro del capítulo 3 se explica la metodología de investigación que incluye la definición del enfoque, alcance, técnicas e instrumentos, población y muestra a considerarse para llevar a cabo el estudio de campo. De igual manera en este apartado se expondrán los resultados

El capítulo 4 abarcará la propuesta o informe, que básicamente será toda la explicación referente al análisis de rehabilitación estructural del muelle del terminal portuario Fertisa, donde se presentarán los aspectos técnicos que demandará la materialización de esta obra.

No menos importante se presentarán las conclusiones y recomendaciones que se describirán en relación a los objetivos establecidos, así como las referencias bibliográficas y los anexos del proyecto.

# CAPÍTULO I

## ENFOQUE DE LA PROPUESTA

### 1.1 Tema

Rediseño estructural del muelle del terminal portuario Fertisa en la ciudad de Guayaquil.

### 1.2 Planteamiento del Problema

Las operaciones que se llevan a cabo en los muelles de las terminales portuarias son esenciales para alcanzar el éxito de las actividades de comercio exterior. Bajo esta premisa, es indispensable que la distribución y las condiciones estructurales de los muelles sean óptimas para que los trabajos de carga y descarga de mercancía se lleven a cabo de forma eficaz y eficiente (Quintero, 2021).

Debido a que la dinámica de la globalización ha impulsado el comercio a escala internacional, la demanda de servicios portuarios continua en crecimiento, y en consecuencia se puede decir que un correcto funcionamiento de estas terminales constituye un factor clave para la optimización de la cadena de suministro, la disminución de los costos de transporte y el incremento de la satisfacción de los clientes; puesto que de lo contrario es posible que se generen una serie de dificultades como la formación de cuellos de botella, una baja eficiencia operativa, falta de espacio para almacenamiento, problemas para las asignaciones de muelles, entre otros que podrían afectar las operaciones portuarias esenciales para el comercio exterior.

En el Ecuador, al igual que en otros países de la región, el comercio exterior se ha constituido en una de las actividades de mayor importancia para el crecimiento económico, consecuentemente en las últimas dos décadas se han llevado a cabo proyectos para ampliar y mejorar la infraestructura de las terminales portuarias que se encuentran en funcionamiento.

Cabe señalar que actualmente el sistema portuario está integrado por cuatro puertos a escala nacional de los cuales tres poseen terminales delegadas, además de diez terminales privadas que se encuentran distribuidas entre las localidades de Guayaquil, Manta, Posorja y Puerto Bolívar (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2022).

Uno de los muelles privados que funciona en esta ciudad es el terminal de Fertisa, Fertilizantes, Terminales I Servicios C.L. que se encuentra en funcionamiento desde el año de 1964 y ofrece a sus clientes servicios de transferencia de mercancías (carga general, al granel y de banano), transferencia de contenedores (lentos y vacíos), almacenamiento y uso de muelles (Terminal Fertisa, 2023).

Actualmente, el terminal portuario Fertisa cuenta con una dimensión total de 13,28 hectáreas de las cuales 3,59 están destinadas al depósito temporal y 3,59 para la zona de almacenamiento, mientras que su muelle posee una longitud de 300 metros y una profundidad de 10,50 metros durante la marea. A pesar de que Fertisa se ubica en el tercer lugar según el ranking del tráfico de mercancías que gestiona, únicamente superada por Fertigran y Bananapuerto, durante el periodo 2022 experimentó una variación negativa de sobre el tráfico de operaciones según la tabla que se muestra a continuación:

**Tabla 1**  
Variación de operaciones portuarias periodo 2021-2022

Puertos	Importaciones y exportaciones en toneladas métricas			Naves arribadas de tráfico internacional		
	2021	2022	Variación %	2021	2022	Variación %
Fertigran	8.435.510	7.399.037	-12,29%	277	270	-2,53%
Bananapuerto	2.530.833	2.428.135	-4,06%	229	248	8,30%
Fertisa	2.009.335	2.001.575	-0,39%	131	117	-10,69%

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, (2023)  
Elaborado por: Cabrera & Jara, (2024)

En este caso, el terminal portuario Fertisa experimentó una reducción del 10,69% del número de naves arribadas de tráfico internacional, así como también registró una reducción de la carga movilizada en contenedores (TEU's) pasando de 5984 durante el periodo 2021 a un total de 1058 durante el periodo 2022. Estos escenarios ponen en evidencia una problemática a nivel de operatividad, por lo que se considera necesario que se desarrolle un proyecto que contribuya a optimizar el funcionamiento del muelle de esta terminal portuaria.

### **1.3 Formulación del Problema**

Con base en la problemática planteada, se formula la siguiente interrogante: ¿Cómo optimizar el funcionamiento del muelle del terminal portuario Fertisa de la ciudad de Guayaquil?

### **1.4 Objetivo General**

Analizar el estado estructural y proponer plan de rehabilitación del muelle Fertisa de la Ciudad de Guayaquil.

### **1.5 Objetivos Específicos**

- Recopilar información de la estructura del muelle mediante una inspección de campo para la generación de un diagnóstico.
- Procesar la información recopilada mediante una consulta al personal de trabajo diario del muelle para el establecimiento de la validación del diagnóstico.
- Realizar una propuesta de mejoramiento a la estructura basada en una consulta de expertos en el área estructural.

### **1.6 Idea a Defender**

El análisis de rehabilitación estructural del muelle del terminal portuario Fertisa de la ciudad de Guayaquil permitirá optimizar su funcionamiento y el desarrollo de las operaciones de carga y descarga de mercancías.

## 1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad

**Tabla 2**

Línea de investigación Institucional/Facultad

<b>Dominio</b>	<b>Institucional</b>	<b>Facultad</b>
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovable.	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables		

Fuente: ULVR, (2024)

## CAPÍTULO II

### MARCO REFERENCIAL

#### 2.1 Marco Teórico

##### 2.1.1. Antecedentes

Con el fin de obtener directrices generales para el desarrollo del proyecto, se llevó a cabo la revisión del repositorio de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte, y se analizaron cinco proyectos con temática similar a la expuesta en el presente trabajo de titulación, ya sea con relación al diseño o rediseño de muelles, terminales portuarias, embarcaderos o malecones, puesto que se buscó identificar los elementos claves y otros aspectos relevantes que se deben considerar para el desarrollo de este tipo de proyectos.

De acuerdo con Palma (2022), en el que el autor tuvo la intención de diseñar un muelle turístico para el cantón Durán. De acuerdo con el autor, los espacios como malecones, muelles, entre otros, deben ser gestionados de forma adecuada para garantizar que se encuentren en buenas condiciones para su uso por parte de la comunidad, esto implica proporcionar el respectivo mantenimiento para evitar el deterioro de la infraestructura.

Sin embargo, según lo señalado en dicho estudio, en el malecón del cantón Durán no solo se evidencian problemas a nivel de infraestructura debido a la falta de mantenimiento, sino que además carece de un muelle que le permita aprovechar el acceso fluvial que se posee en este espacio. Por lo tanto, el autor realizó un tipo de investigación de campo y bibliográfica, de alcance descriptivo y con enfoque mixto. Las técnicas aplicadas fueron la encuesta y la observación, mientras que la muestra estuvo conformada por la población local. Los resultados le permitieron establecer un diagnóstico inicial y definir los criterios de diseño del muelle que incluyó: áreas verdes, zona de descanso, mirador, zona de embarque y desembarque, zona comercial y parqueadero. En el proyecto, se describieron también los criterios de diseño, los planos y renders que permiten visualizar el muelle.

Según Urdialez (2022), se tuvo la intención de diseñar un embarcadero flotante para su implementación en una localidad del cantón Daule. De acuerdo con el autor, a través del río Daule navegan un sinnúmero de embarcaciones; no obstante, el lugar destinado para el embarque y desembarque no cuenta con las condiciones apropiadas, lo que lleva a los navegantes a realizar maniobras que pueden poner en riesgo la seguridad de las personas que trasladan o derivan en la pérdida de la mercadería.

Por lo tanto, en este estudio se aplicó un tipo de investigación de alcance exploratorio y descriptivo, con un enfoque mixto. En cuanto a la técnica aplicada por el autor, se destacó la encuesta que se aplicó a los habitantes de la parroquia. Los resultados evidenciaron la necesidad de proponer el diseño de un embarcadero construido con cubos de polietileno, de modo que la propuesta incluyó la descripción del sitio de intervención, el análisis de los aspectos tipográficos, climáticos y el entorno urbano. Además de los planos arquitectónicos y renders, se realizó un análisis de circulación lo que permitió concluir la eficiencia del diseño, considerando que el uso de los cubos de polietileno permite que el embarcadero pueda adaptarse a las condiciones de las mareas, lo que hace de esta una propuesta viable para su implementación en la parroquia y en localidades similares.

Según Salazar (2022), se tuvo la intención de analizar los diversos aspectos y factores bioclimáticos que pueden influir en el rediseño de un malecón que se encuentra localizado en la parroquia Puerto Bolívar. Según lo señalado por el autor, aspectos como la fauna de los alrededores, las condiciones del oleaje, entre otros aspectos pueden deteriorar la estructura de los malecones, por lo tanto, se requiere de planes de mantenimiento que permitan corregir de forma oportuna los daños detectados. Para llevar a cabo este estudio, se aplicó una investigación basada en el método analítico y sintético, con enfoque cuantitativo y mediante la aplicación de encuestas a los habitantes de la parroquia. Además, el autor realizó una revisión documental para obtener información que le permitió definir los parámetros necesarios para lograr un mejor aprovechamiento de las condiciones bioclimáticas (asoleamiento, recolección de aguas lluvias, vegetación ornamental) y posteriormente proponer el diseño de un malecón integrando dichos criterios.

De acuerdo con Ayoví (2022), quien desarrolló una investigación que se basó en el análisis de factibilidad para posteriormente diseñar un muelle recreativo en una playa de la provincia de Esmeraldas-Ecuador, esto teniendo como problemática de partida que en la localidad seleccionada no existen alternativas de entretenimiento para que las personas que habitan en la misma dispongan de espacios que contribuyan con su bienestar e interacción como sociedad, siendo pertinente establecer como objetivo general del proyecto analizar primero la factibilidad, para posteriormente diseñar el muelle recreativo.

Dentro de este proyecto se empleó una metodología bajo un enfoque cuantitativo, debido a la necesidad de conocer la perspectiva de las personas de la playa Las Palmas respecto al proyecto, el alcance del proyecto fue descriptivo y las técnicas de recolección de datos además incluyeron la observación, los ensayos de laboratorio. Los resultados dejaron en evidencia que el desarrollo de este tipo de proyectos no solo se percibe como obras que aportan a la plusvalía del lugar, generando consigo el desarrollo del turismo, sin que además ayuda a que las personas que habitan en sus alrededores puedan disponer de alternativas que sean altamente beneficiosas para su bienestar, al emplear estos espacios incluso para la interacción social o desarrollo de actividades físicas.

Según Taranto (2022), quien tuvo como finalidad proyectar una propuesta de diseño arquitectónico para el malecón de Sabanilla, y así consecuentemente incidir en la recuperación patrimonial del mismo y otros sectores aledaños. En este caso el autor partió de una problemática específica en la que se está perdiendo parte de la idiosincrasia del lugar y con ella la identidad de su población y las características culturales de la comunidad, lo cual precisa de la intervención a través de la potencialización de sus atributos naturales con una infraestructura que sea del agrado de los propios y visitantes, donde por consiguiente se generarían nuevos beneficios ligados principalmente con la parte del turismo.

La metodología que empleó este autor para llevar a cabo todo el proceso investigativo estuvo ligada con un tipo descriptivo de análisis, un enfoque mixto, es decir cualitativo y cuantitativo, y con la técnica de la encuesta que fue direccionada hacia la población de Sabanilla que de acuerdo a los datos que se evidencian en el documento son un total de 90.000. Los resultados obtenidos permitieron determinar

que este tipo de proyectos generará no solo una alternativa turística que consecuentemente interfiera favorablemente en el crecimiento económico de las personas, sino que además se logrará plasmar a través del mismo la identidad de la localidad, lo que de alguna manera generará un reconocimiento de su cosmovisión que podrá ser compartida con los turistas.

Revisadas las referencias que se consideraron dentro del presente apartado, es posible determinar que la materialización de proyectos como el análisis de rehabilitación estructural, diseño o rediseño son una alternativa altamente efectiva a nivel de la ingeniería, teniendo en consideración que se hace frente a satisfacer las necesidades no cubiertas en una infraestructura o lugar ya existente, y por lo tanto con las mejoras que se propongan respectivamente se generará un beneficio que va más allá del apartado estético, sino también funcional y con ello en la optimización de los procesos y procedimientos que se lleven a cabo, como lo que se busca lograr con el análisis de rehabilitación estructural del muelle del terminal portuario Fertisa.

Consecuentemente se procede en los siguientes apartados de este capítulo, empezar con la descripción teórica y referencial de los tópicos ligados con el contexto del proyecto, abarcándose desde referencias de validez científica, para lo cual se los considerará desde buscadores, bibliotecas digitales y revistas indexadas.

## **2.1.2. Fundamentación teórica**

### **2.1.2.1 Puertos**

En general, la estructura de un puerto marítimo se compone de varios elementos clave diseñados para soportar las operaciones portuarias y garantizar la seguridad de las embarcaciones, las mercancías y las personas. Los principales componentes de la infraestructura de un puerto marítimo incluyen:

Muelle o Dársena cuya función proporciona un área donde los barcos pueden atracar y cargar o descargar mercancías. Su estructura que generalmente consiste en una plataforma elevada que puede estar apoyada sobre pilotes o descansando en el fondo marino. Los materiales suelen ser hormigón armado, acero o madera.

Espigones y rompeolas cuya función: Proteger la zona portuaria del impacto directo de las olas, las corrientes y el viento. La estructura los rompeolas suelen ser barreras de hormigón o roca, colocadas en el mar para reducir la energía de las olas que entran al puerto. También pueden utilizarse para redirigir las corrientes marinas.

Pilotes y tablestacas cuya función es soportar la estructura del muelle, estabilizar el suelo y evitar la erosión. La estructura de los pilotes suelen ser de acero, hormigón o madera, y se hincan en el suelo marino para proporcionar estabilidad. Las tablestacas son láminas verticales (de acero o concreto) que forman una barrera contra el suelo y el agua.

Almacenes y areas de carga que tienen la función de proveer espacio para el almacenamiento temporal de mercancías, ya sea en contenedores o en almacenes cubiertos. Su estructura son áreas amplias con capacidad de soportar cargas pesadas, a menudo reforzadas con pavimento de hormigón o asfalto. Se integran con sistemas de grúas y transportadoras para facilitar el manejo de cargas.

Grúas portuarias con la función de levantar y mover contenedores y otras cargas pesadas desde los barcos hasta el muelle y viceversa. En su estructura existen diferentes tipos de grúas, como las grúas pórtico (grúas de muelle) y las grúas móviles, todas diseñadas para trabajar en condiciones marinas. Están montadas sobre rieles o neumáticos para moverse a lo largo del muelle.

Diques de carena (Diques Secos y Flotantes) que tienen la función de facilitar la reparación y mantenimiento de los barcos. En su estructura los diques secos son cavidades en tierra que pueden ser cerradas y drenadas de agua para permitir trabajos en la parte sumergida del casco de un barco. Los diques flotantes son plataformas que se sumergen bajo el barco y luego lo elevan.

Infraestructura de Apoyo Redes de agua y electricidad para el suministro de servicios a los barcos atracados. También cuentan con vías de ferrocarril y carreteras que conectan el puerto con la red de transporte terrestre como estructuras secundarias o complementarias.

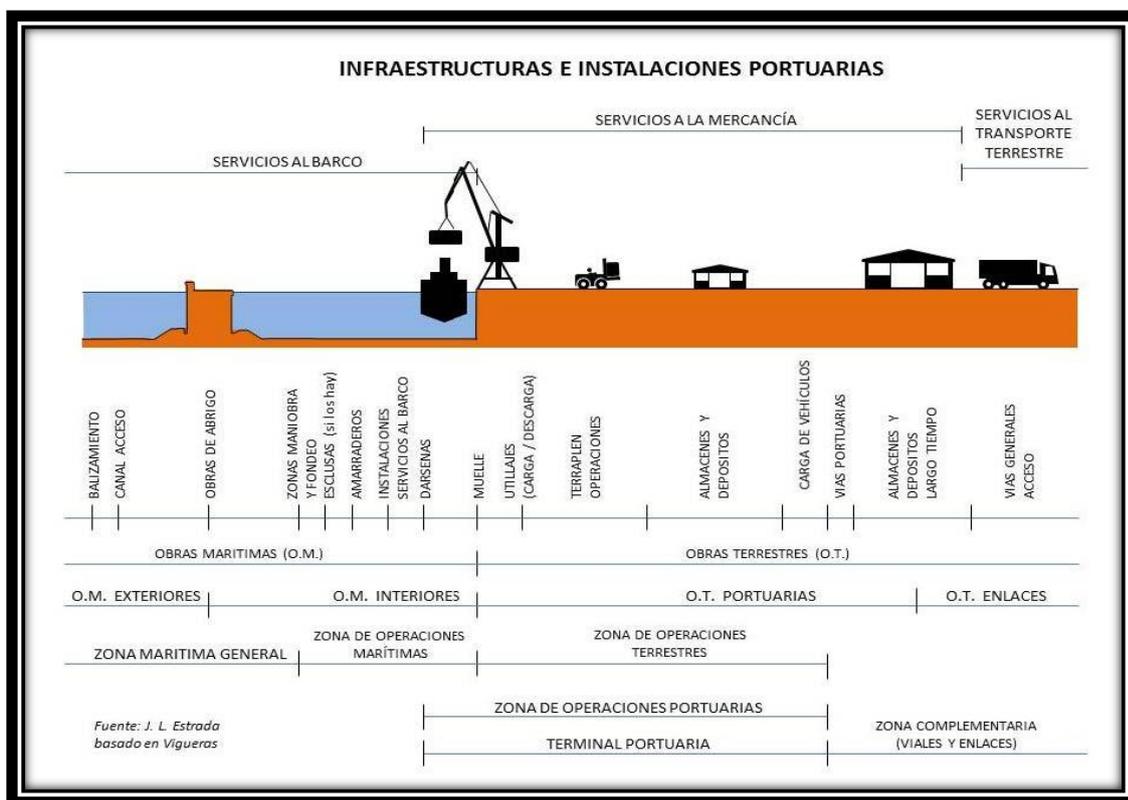
Seguridad y control aduanero constituidos por edificios y tecnologías de control para gestionar el flujo de mercancías y personas. Cuentan también con sistema de

drenaje y protección medioambiental cuya función es manejar las aguas residuales y prevenir la contaminación marina. Su estructura incluye sistemas de drenaje y tratamiento de aguas, así como barreras de contención para derrames de combustible.

Canales de Navegación y Boyas cuya función es permitir la entrada y salida segura de los barcos al puerto. En su estructura los canales se dragan para mantener una profundidad suficiente, y las boyas señalan las rutas seguras de navegación.

Cada puerto tiene características específicas que dependen de su tamaño, ubicación y función, pero estos componentes son esenciales para el diseño y operación de un puerto marítimo moderno.

**Figura 1**  
Estructura de un puerto



Fuente: Estrada, (2017)

En base a Mendoza (2020), muestra que el cambio climático ha generado un aumento de 0,6 °C en la temperatura del planeta en las últimas dos décadas, lo que afecta los ecosistemas y provoca fenómenos como las mareas rojas o "blooms" de fitoplancton, que pueden ser tóxicos y perjudiciales para la vida marina y la salud

humana. Este estudio se enfoca en evaluar el conocimiento de las comunidades costeras sobre el cambio climático y las mareas rojas, así como su respuesta ante estos fenómenos.

La investigación utilizó encuestas a 119 personas dedicadas a la pesca y la restauración en Posorja, Puerto Hondo (Guayas), y Santa Rosa (Santa Elena). También se realizó una revisión bibliográfica. Se concluyó que los habitantes asocian las mareas rojas con el cambio climático, particularmente durante la temporada invernal, pero no toman suficientes precauciones debido a la falta de conocimiento y de mecanismos de comunicación adecuados. Esto impide una respuesta efectiva ante el fenómeno.

El cambio climático es uno de los principales desafíos globales, y aunque los países han adoptado medidas para enfrentarlo, la población a menudo percibe incorrectamente sus causas y efectos debido a la falta de precisión científica. Entre los problemas asociados al cambio climático está el aumento de fenómenos como las mareas rojas, un tipo de proliferación de microalgas que puede ser tóxica y desequilibrar los ecosistemas marinos. Estas mareas son incentivadas por factores como el aumento de la temperatura y la contaminación costera.

El calentamiento global ha sido identificado como una de las causas principales del crecimiento de estas microalgas. Estudios muestran que, a medida que los océanos se calientan, las poblaciones de algas aumentan, incluso en épocas del año en las que antes no ocurrían estos fenómenos. Factores como la desaparición de especies depredadoras también contribuyen a su proliferación.

En Ecuador, las mareas rojas se han registrado en varias zonas costeras, principalmente causadas por dinoflagelados y otros microorganismos. Aunque la mayoría de las floraciones de algas son inofensivas, algunas pueden ser dañinas, afectando la salud humana, la pesca y el turismo. Además, las mareas rojas se ven agravadas por actividades humanas, como la contaminación orgánica y el uso excesivo de fertilizantes, que fomentan la eutrofización y el florecimiento de fitoplancton en zonas específicas.

En particular, el puerto Fertisa, situado en Guayaquil, es un terminal marítimo especializado en el manejo de carga general y graneles sólidos. Su capacidad de almacenamiento alcanza 120,000 toneladas de graneles y puede manejar hasta 5,500 TEUs (contenedores estándar). El puerto cuenta con dos atracaderos con una profundidad de hasta 11 metros, permitiendo una capacidad operativa anual de 2.5 millones de toneladas. Además, Fertisa juega un papel clave en la logística minera, como en la exportación de cobre desde el proyecto Mirador, y está equipado con tecnología avanzada y equipos como grúas móviles y básculas para la eficiente gestión de carga.

**Figura 2**  
Puerto de Guayaquil



Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas, (s.f.)

Este fenómeno no solo pone en riesgo la salud de quienes consumen productos del mar contaminados, sino que también impacta negativamente la economía y la calidad de vida de las comunidades costeras. Un ejemplo reciente es el archipiélago de Chiloé, en Chile, donde la contaminación por desechos orgánicos ha generado condiciones favorables para la proliferación de fitoplancton tóxico.

La investigación revela un alto grado de desconocimiento entre los comuneros sobre las mareas rojas, aunque aquellos que afirmaron estar informados las asocian principalmente con el cambio climático y las variaciones climáticas. Se observó que los comuneros reconocen un aumento en las mareas rojas durante la temporada de lluvias (diciembre-abril), coincidiendo con un incremento de las temperaturas y patrones irregulares de precipitación. Los pescadores se ven afectados por la

disminución de peces, y los comerciantes enfrentan precios más altos debido a la escasez.

A pesar de esto, la mayoría de los pobladores no toman precauciones ante las mareas rojas, tanto al consumir productos del mar como al bañarse en la playa durante la presencia de microalgas. Además, no cuentan con planes de contingencia para afrontar desastres climáticos como inundaciones, sequías o la escasez de recursos.

En términos de comunicación y conocimiento, no existen mecanismos para educar a las comunidades sobre los riesgos de las mareas rojas y el cambio climático. Se recomienda la implementación de campañas de concientización, tanto directas (como talleres) como indirectas (medios de comunicación masivos). Asimismo, la investigación señala que no se presta atención a los riesgos sanitarios asociados al consumo de mariscos contaminados, y los centros de salud no ofrecen capacitación sobre los peligros de ingerir productos marinos contaminados por microalgas tóxicas.

El texto propone diversas acciones para abordar los efectos de las mareas rojas en la población. Se sugiere desarrollar una campaña masiva y continua para informar sobre los riesgos de consumir productos del mar contaminados durante la temporada de lluvias (diciembre-abril). Además, se recomienda que el Estado ofrezca alternativas de trabajo para pescadores en épocas de lluvia, así como la instalación de semáforos de advertencia en puertos pesqueros para informar sobre la presencia de mareas rojas.

También se plantea la necesidad de implementar programas de contingencia para el abastecimiento de alimentos, como la creación de huertos familiares, en caso de desastres climáticos. Es crucial mejorar los canales de comunicación a través de medios radiales, televisivos y otros, para sensibilizar a la comunidad sobre las mareas rojas y sus efectos.

Los centros de salud deben fortalecer su comunicación sobre los riesgos asociados con la ingesta de alimentos contaminados por mareas rojas. Finalmente, se sugiere llevar a cabo programas de concientización en playas y restaurantes, informar a pescadores sobre métodos para diversificar su actividad económica (como la producción de harina de pescado), y fomentar la creación de huertos familiares

como una estrategia para mejorar ingresos y enfrentar las adversidades del cambio climático.

Según Berruz (2017), el Golfo de Guayaquil, la mayor entrante de agua del Océano Pacífico en Sudamérica, se extiende entre Punta de Santa Elena en Ecuador y Cabo Blanco en Perú, abarcando 230 km. Su profundidad varía desde 95 metros al noroeste de la Isla Santa Clara hasta solo 3 metros frente a Guayaquil, con fondos lodosos y pantanosos que dificultan el paso de grandes embarcaciones. Este golfo alberga 13 islas, destacando la Isla Puná con 920 km<sup>2</sup>.

El Puerto Marítimo de Guayaquil "Libertador Simón Bolívar" es el más importante de Ecuador, manejando el 53% del comercio exterior del país. Construido entre 1959 y 1963, su infraestructura moderna optimiza la logística y reduce tiempos de operación. Sus instalaciones incluyen 4 muelles de carga general, 5 muelles para contenedores con capacidad para 7.500 TEUs, y áreas específicas para carga a granel y líquidos. Las terminales CONTECON y ANDIPUERTO son clave en las operaciones portuarias.

El estudio concluye que varios factores influyen en la logística del Puerto Marítimo de Guayaquil, como el calado, la infraestructura, la seguridad y el número de terminales, que afectan su competitividad. Aunque tiene una ubicación estratégica, el puerto enfrenta problemas con la poca profundidad y los sedimentos en su canal de acceso, lo que dificulta la maniobra de grandes barcos como los Post-Panamax.

El puerto maneja el 53% del comercio exterior de Ecuador, con un volumen anual superior a 1.125.206 TEUs, destacando la importancia de las exportaciones e importaciones. Se analizaron los Incoterms y las regulaciones legales que rigen el puerto.

En comparación con otros puertos del Pacífico Sur, el Puerto de Guayaquil presenta una competitividad baja debido a deficiencias en infraestructura, tecnología, muelles y grúas. Para mejorar, se recomienda optimizar la eficiencia, la seguridad en las operaciones comerciales, y reducir los tiempos y trámites de carga, considerando el aumento de la competencia portuaria.

Las recomendaciones del estudio proponen:

- Optimizar los tiempos de nacionalización de carga en colaboración con la CENAE, para reducir el retraso en el tránsito de buques y agilizar la entrada y salida de carga contenerizada en el Puerto Marítimo Libertador Simón Bolívar.
- Realizar un estudio técnico para el dragado del canal de acceso a una profundidad de 11 metros, lo que permitiría la navegación de buques de mayor calado, ya que el límite actual de 9.75 metros afecta la competitividad global del puerto.
- Llevar a cabo un estudio técnico para ampliar la capacidad e infraestructura del puerto, e incorporar la automatización de procesos mediante tecnología avanzada para mejorar la eficiencia, reducir costos y gestionar mejor el comercio internacional del país.

De acuerdo con Calatayud & Katz (2019), son considerados como puntos que permiten la transferencia de comercio a nivel local e internacional, los puertos tienen alta relevancia en las economías de aquellos países con salida al mar, debido a que facilitan el traslado de las mercancías por vía marítima, lo que abre oportunidades de crecimiento directo e indirecto para toda la cadena de producción y logística que interviene en el mismo.

Con base a lo antes expuesto, es posible determinar que los puertos por lo tanto presentan características puntuales que los hacen reconocibles, tales como: Infraestructura, muelles, grúas y almacenes, cada uno cumpliendo un rol específico y que posibilitan como tal todo el proceso intrínseco del mismo. No menos importante, la ubicación de estos también es un diferenciador, siendo establecidos principalmente en zonas estratégicas cercanas a las vías navegables e industrias y comercios que efectivicen la logística de todo lo que conlleva a la importación y exportación.

Según Eslava (2019), la importancia de estos puertos no solo radica en la oportunidad para las ciudades y países enteros en dinamizar sus economías, sino que son la puerta para potencializar otras áreas de manera indirecta, como por ejemplo la producción y exportación de productos no tradicionales de los cuales surgen a su vez muchos derivados, siendo el punto de partida para éxito comercial y el bienestar de comunidades.

Cabe argumentar que estos puntos de transferencias por el entorno en los que están establecidos requieren de constantes evaluaciones y con ello la identificación de posibles aspectos que puedan repercutir de manera negativa en los procesos internos, por lo que el mantenimiento es esencial al igual que el aprovechamiento de mejoras para implementarlos y optimizar mucho más las gestiones que se administran desde estos.

La tecnología ha jugado un rol especial en materia de comercio exterior, no solo por la comunicación que puede tener el cliente con los vendedores de forma directa o indirecta, sino también en la posterior demanda que se genera de las mercancías, lo que repercute en la dinamización bidireccional de las economías. Lo mismo sucede con aquellos pequeños productores o emprendedores que se arriesgan a experimentar en el comercio exterior.

Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas MTOP (2021), en países como Ecuador los puertos marítimos representan una oportunidad para la industrialización, esto de alguna manera ha incidido a que en la región el país logre destacarse con la diversidad de productos que se exportan, lo que también ha incidido al tráfico de barcos que llegan con mercancía importada.

Por lo tanto, tomando en consideración que el presente proyecto tiene como objetivo general el análisis de rehabilitación estructural del muelle del terminal portuario Fertisa de la ciudad de Guayaquil, se precisa de un análisis general de todo lo que relacionado a estas infraestructuras para dimensionar los requerimientos que deben tenerse presente, así como teniendo en cuenta los elementos básicos y criterios para garantizar que sea un proyecto con una duración significativa y sobre todo funcional con el paso de tiempo.

De acuerdo con Ortiz (2023), el texto describe la globalización como un proceso multifacético que ha intensificado la interdependencia mundial en los ámbitos económico, social, político y cultural. En el aspecto económico, ha permitido una mayor integración de mercados, impulsando el comercio internacional, la inversión extranjera y el flujo de capitales, lo que ha beneficiado a empresas y consumidores. Un sector clave es la logística internacional, fundamental para la expansión de empresas y la optimización de la cadena de suministro global.

Colombia, gracias a su ubicación estratégica, ha jugado un papel importante en la logística y el comercio internacional, especialmente a través de sus diez puertos marítimos. Sin embargo, estos enfrentan desafíos relacionados con la infraestructura obsoleta y la falta de inversión gubernamental, lo que limita su competitividad. Diversos estudios, realizados por instituciones como la Cámara Colombiana de Infraestructura, el Banco Interamericano de Desarrollo, y universidades colombianas, han analizado la infraestructura y competitividad de estos puertos, identificando problemas y proponiendo soluciones.

A pesar de estos esfuerzos, muchos estudios son obsoletos, lo que subraya la necesidad de actualizaciones y análisis recientes. El texto culmina con la propuesta de una investigación para clasificar los puertos colombianos según su característica, con el fin de ofrecer una base sólida para futuras investigaciones y decisiones estratégicas para mejorar la competitividad portuaria.

El texto describe el sistema portuario colombiano, que comprende una red de puertos estratégicos en las costas del Caribe y el Pacífico, siendo los más importantes Cartagena, Barranquilla, Santa Marta, Buenaventura y Tumaco. Estos puertos manejan una amplia variedad de mercancías, desde productos agrícolas hasta químicos, y cuentan con modernas instalaciones que han sido mejoradas para aumentar su eficiencia.

La actividad portuaria en Colombia es fundamental para su economía y comercio internacional, debido a su ubicación geográfica privilegiada, con acceso a ambos océanos, lo que facilita la interconexión global. El Puerto de Cartagena es destacado como el principal puerto de exportación del país, con conexiones directas a más de 500 puertos en 140 países. Este puerto cuenta con modernas infraestructuras, una amplia gama de servicios y equipos avanzados para el manejo de cargas, y está certificado bajo diversas normas internacionales de calidad, seguridad y sostenibilidad.

En general, el Puerto de Cartagena es un motor económico para Colombia, impulsando el comercio, generando empleo y contribuyendo al desarrollo de la región, además de tener un impacto positivo en la comunidad local a través de programas de responsabilidad social.

El Puerto de Barranquilla, ubicado en la costa caribeña de Colombia sobre el río Magdalena, es un puerto fluvial y polifuncional que maneja carga general, contenedores, granel y líquidos. Es clave para la exportación de productos como carbón, petróleo y agrícolas, además de tener una terminal de cruceros. Con capacidad para movilizar hasta 9 millones de toneladas de carga al año, es uno de los puertos más importantes del Caribe colombiano.

El puerto ofrece una amplia gama de servicios, como muelles, grúas, almacenes, y logística para facilitar el comercio. Administrado por la Sociedad Portuaria de Barranquilla (SPB), cuenta con certificaciones internacionales en gestión de calidad, seguridad, medio ambiente y prevención de actividades ilícitas. También tiene una infraestructura moderna, una profundidad de navegación de hasta 10,5 metros, y una longitud de muelle de 1,6 kilómetros, lo que permite el manejo eficiente de diversas embarcaciones.

En general, el Puerto de Barranquilla es un puerto estratégico que impulsa el comercio en la región, con un fuerte compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad social. El Puerto de Santa Marta, ubicado en la costa caribeña de Colombia, es uno de los más importantes del país y el segundo más antiguo de América Latina. Con una capacidad de manejo de 12 millones de toneladas métricas anuales y 35.000 m<sup>2</sup> de almacenamiento, es especialmente relevante para la exportación de carbón, además de productos como café, frutas, flores y textiles.

El puerto cuenta con una infraestructura moderna, incluyendo 7 muelles de atraque con una longitud total de 935 metros y un canal de acceso con 18 metros de profundidad, lo que permite la llegada de grandes buques. También dispone de conexiones terrestres eficientes por carretera y ferrocarril, además de servicios fluviales hacia el interior del país.

Administrado por la Sociedad Portuaria de Santa Marta S.A., el puerto se distingue por su inversión en tecnología para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad, implementando prácticas que minimizan el impacto ambiental y promueven la seguridad ocupacional. Además, posee certificaciones internacionales como ISO 9001:2015 (Gestión de Calidad) e ISO 14001:2015 (Gestión Ambiental). Su rol es clave para el comercio y la economía tanto de la región como del país.

El Puerto de San Andrés, ubicado en la isla de San Andrés, Colombia, es clave para el transporte de carga y pasajeros, además de apoyar la industria pesquera local. Con un muelle de 450 metros de longitud y una profundidad de 7 metros, puede recibir hasta tres barcos simultáneamente y moviliza unas 800.000 toneladas de carga al año, incluyendo alimentos, combustibles y productos pesqueros como pescado y langosta.

Este puerto también es utilizado por cruceros turísticos, permitiendo a los visitantes acceder a las atracciones de la isla, como la playa de Spratt Bight y la Cueva de Morgan. En los últimos años, ha experimentado mejoras en su infraestructura para aumentar la eficiencia en sus operaciones. Administrado por la Sociedad Portuaria de San Andrés, el puerto facilita conexiones con otros puertos de Colombia y del Caribe, siendo fundamental para el abastecimiento de la isla.

El Puerto de La Guajira, también conocido como Puerto Bolívar, se encuentra en la costa Caribe de Colombia, en el departamento de La Guajira. Es un puerto clave para el comercio internacional, especialmente para la exportación de carbón, que es uno de los principales productos de exportación del país. Con una longitud de 350 metros y una profundidad de 19 metros, permite el atraque de buques de gran tamaño, hasta 175.000 toneladas de peso muerto.

Además de su papel en la exportación de carbón, también es importante para la importación de bienes de consumo y materias primas, y tiene relevancia en la industria petrolera, facilitando la salida de petróleo crudo y derivados. El puerto, administrado por la empresa Puerto Bolívar Cerrejón Zona Norte S.A., enfrenta desafíos climáticos debido a su ubicación en una zona árida con vientos fuertes, y también necesita modernizar su infraestructura. Sin embargo, el gobierno ha tomado medidas para mejorar su capacidad y logística, con el objetivo de fortalecer su posición como un puerto estratégico en el Caribe colombiano.

Finalmente, el puerto también juega un papel en el turismo, contribuyendo al atractivo de la región de La Guajira, que destaca por su diversidad cultural.

El puerto de Ciénaga, ubicado en la costa Caribe del departamento de Magdalena, Colombia, es uno de los principales puertos de la región. Este puerto facilita el comercio entre Colombia y países como Venezuela, Panamá y República

Dominicana. Su infraestructura permite manejar diversos tipos de carga, destacando la exportación de carbón, así como la importación de bienes de consumo y materias primas como maquinaria y productos químicos.

Con un muelle de 350 metros de longitud y una profundidad de 18,4 metros, puede recibir barcos de hasta 182.500 toneladas de peso muerto. El puerto ha incrementado su capacidad de manejo de carga a 25,7 millones de toneladas anuales, enviadas principalmente a América, Europa y Asia. Además, cuenta con una terminal de pasajeros que conecta a destinos turísticos como Santa Marta y Cartagena.

El puerto es administrado por la Sociedad Portuaria Puerto Nuevo S.A., que ha obtenido certificaciones de seguridad internacional como BASC y el código PBIP, garantizando el cumplimiento de estándares de protección y comercio seguro.

El Puerto del Golfo de Morrosquillo, ubicado en Tolú, Sucre, es un puerto especializado en la exportación de petróleo y sus derivados. El petróleo es transportado desde el interior de Colombia a través de un oleoducto de más de 800 km, y luego cargado en buques petroleros para su exportación internacional. El puerto tiene una línea de atraque de 410 metros, un calado de 10,5 metros, y una capacidad para atender buques de hasta 60.000 toneladas.

Además de petróleo, el puerto moviliza unos 2,5 millones de toneladas anuales de productos agrícolas como banano, algodón y maíz, así como productos pesqueros y carga general. También cuenta con una terminal de pasajeros para viajeros que se dirigen a destinos turísticos del Golfo de Morrosquillo.

La gestión del puerto está a cargo de la Compañía de Puertos Asociados S.A (COMPAS TOLÚ), que asegura el cumplimiento de los requisitos legales y ambientales, como las normativas ISPS y BASC.

El Puerto de Urabá, ubicado en el departamento de Antioquia, Colombia, es un puerto estratégico en el Golfo de Urabá, cercano a la frontera con Panamá. Es un importante punto de conexión entre el interior del país y el Caribe, con tres terminales en operación: dos públicas especializadas en carga de alimentos y una privada enfocada en transporte de combustible.

El puerto tiene una longitud de muelle de 920 metros y una profundidad de 12,5 metros, y moviliza aproximadamente 4 millones de toneladas de carga anualmente, principalmente productos agrícolas como banano, plátano y aguacate, además de productos químicos y combustibles.

La administración del puerto está a cargo de las empresas C.I Union de Bananeros de Urabá S.A-UNIBAN y Portuaria Punta de Vaca S.A. Debido a su ubicación geográfica, el Gobierno Colombiano ha aprobado inversiones para construir dos nuevas terminales, con proyecciones de movilización de carga que podrían alcanzar 8,3 millones de toneladas, lo que potenciará aún más la economía regional y nacional.

El puerto de Buenaventura es el principal puerto marítimo de Colombia en la costa del Pacífico, situado en el departamento del Valle del Cauca. Este puerto es fundamental para la conexión de Colombia con países del Pacífico como Estados Unidos, México, Perú, Ecuador y Chile. Su canal de acceso tiene una longitud de 31.5 kilómetros y una profundidad de hasta 13.5 metros, permitiendo la operación de 14 muelles.

Buenaventura es clave para la exportación de productos agrícolas, incluyendo café, banano y flores, y para la importación de materias primas y bienes de consumo. Maneja alrededor del 60% del total de mercancías que entran y salen de Colombia, movilizándolo aproximadamente 4.054.160 toneladas por trimestre.

El puerto cuenta con certificaciones de calidad y seguridad, como ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015, y está habilitado para manejar carga internacional. Sin embargo, enfrenta desafíos como la necesidad de modernizar su infraestructura, problemas de seguridad relacionados con grupos criminales y la falta de una conexión ferroviaria eficiente. A pesar de estos obstáculos, el gobierno colombiano está trabajando en mejoras para asegurar que Buenaventura siga siendo un punto clave para el comercio en la región del Pacífico.

El puerto de Tumaco, ubicado en la costa del Pacífico colombiano en el departamento de Nariño, es uno de los puertos más relevantes del país en términos de movimiento de carga y comercio internacional, conectando a Colombia con países como Estados Unidos, Japón y China.

Este puerto cuenta con dos muelles: uno para granel líquido, principalmente aceite comestible, y otro para cargas generales. Tiene una longitud de 308 metros, un calado de 4,2 metros y ofrece 6,000 metros cuadrados de bodegas de almacenamiento y 3,000 metros cuadrados de patios de carga. También incluye dos tanques para el almacenamiento de aceite de palma con capacidad de 6,000 toneladas y una Zona Franca que incentiva el establecimiento de empresas en la región.

El puerto es crucial para la importación y exportación de productos como trigo, maíz, soya, cemento, gasolina, madera, banano, flores, cacao y café. La administración del puerto está a cargo de la Sociedad Portuaria Regional Tumaco Pacific Port S.A. Además de su función comercial, Tumaco también juega un papel estratégico en la defensa nacional y la seguridad marítima de Colombia, y es un importante generador de empleo, con aproximadamente 3,000 empleos directos y 15,000 indirectos.

Según Salinas (2022), expresó que la ingeniería portuaria enfrenta retos relacionados con el movimiento de la línea de costa y daños en las estructuras costeras de los puertos. Las costas son infraestructuras naturales esenciales que ofrecen protección contra temporales y sostienen la economía y seguridad de las regiones costeras, al tiempo que conservan ecosistemas. Sin embargo, la constante acción del oleaje y las corrientes marinas genera cambios morfológicos en las playas y daños en las infraestructuras, afectando social y económicamente a las comunidades.

En respuesta a estos desafíos, se ha reconocido la necesidad de monitorear continuamente los cambios en la línea de costa y cuantificar los daños en las estructuras. El Instituto Mexicano de Transporte (IMT) propone un estudio que utilizará cámaras de alta resolución para registrar permanentemente los ensayos de estructuras marítimas de protección, lo que permitirá analizar y evaluar su deformación y evolución.

El IMT planea instalar un sistema de video en su Laboratorio de Hidráulica Marítima, que incluye un generador de oleaje para simular condiciones marinas. En futuras etapas, se prevé que este sistema se implemente en campo para monitorear

la línea de costa y el comportamiento de estructuras costeras. Este proyecto está alineado con el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, que busca desarrollar una infraestructura de transporte sostenible y multimodal, mejorando la conectividad y seguridad en el país.

Los modelos físicos de oleaje son herramientas que permiten analizar condiciones marinas a escala reducida, considerando simplificaciones necesarias. Para generar oleaje en estos modelos, se utiliza un sistema computarizado que controla las paletas generadoras, ajustándose a las condiciones requeridas para el estudio.

En este caso, se utilizó un canal de olas angosto en el Instituto Mexicano del Transporte, que opera mediante una computadora que genera señales digitales de oleaje irregular basadas en espectros Bretschneider-Mitsuyasu y JONSWAP. Estas señales se convierten en datos analógicos y se envían a un generador de oleaje. Para medir la altura de las olas, se emplearon sensores con una resolución de  $\pm 5$  volts, colocados a distancias específicas de la estructura.

El proyecto implicó la construcción de un modelo hidráulico para verificar la estabilidad estructural, utilizando un canal de olas de 50 metros de largo y 0.60 metros de ancho. La adecuación del canal incluyó la configuración batimétrica del perfil longitudinal y la verificación de la pendiente del fondo. El proceso de construcción del modelo consistió en trazar las secciones transversales, verificar y nivelar el fondo marino, y rellenar con grava y placas de acero de 3 mm de espesor para establecer la pendiente adecuada.

En la primera etapa del estudio sobre el sistema de monitoreo de estructuras portuarias y costeras mediante análisis de imágenes, se desarrolló un modelo hidráulico en el Laboratorio de Hidráulica Marítima. Se implementó una cámara de alta resolución 4K (3840x2160 píxeles), y se realizaron pruebas para determinar el ángulo y lado óptimos del canal angosto para la captura de imágenes.

Se evaluaron dos posiciones de la cámara: en el lado A y el lado B del canal. En el lado B, los resultados fueron desfavorables debido a reflejos de luz, sombras y ruido, lo que llevó a descartar esta ubicación. En cambio, al preparar el lado A, se

cubrió el paso de la luz natural y se sustituyó por luz artificial, lo que permitió obtener imágenes claras y uniformes.

Finalmente, se eligió el lado A para la instalación de la cámara, que se colocó a 2.00 metros de distancia del canal, centrada verticalmente sobre el modelo, garantizando así condiciones óptimas para el ensayo.

México posee varios puertos en el Golfo y el Pacífico, protegidos por estructuras como rompeolas, escolleras y espigones. Sin embargo, los fenómenos meteorológicos extremos han afectado estas estructuras de protección portuaria, lo que ha llevado a la necesidad de monitorear continuamente los cambios morfológicos en la línea de costa y cuantificar daños en las infraestructuras afectadas.

Para abordar esta necesidad, se utilizarán sistemas de monitoreo mediante imágenes. Una imagen digital se define como una representación bidimensional que puede ser tratada como una matriz de píxeles. Estas imágenes digitalizadas poseen atributos como dimensiones y tipos de codificación. Las cámaras modernas cuentan con sensores que producen imágenes de alta definición. Además, se deben considerar diversos métodos en el análisis de imágenes digitalizadas, como el método de DTL y el de rectificación métrica.

Según Cruz (2022), dijo que en el contexto nacional del Ecuador TERPORT S.A. es la tercera terminal portuaria más importante de Ecuador, moviendo 365,000 TEUs anualmente en importaciones y exportaciones. Según la Organización Mundial del Comercio (2020), la pandemia de Covid-19 provocó una desaceleración global del comercio entre un 13% y un 32% en 2020. En Ecuador, las importaciones disminuyeron un 15% debido al cierre de puertos que enviaban carga al país. Sin embargo, las exportaciones se mantuvieron relativamente normales gracias a las decisiones del gobierno que permitieron el flujo ininterrumpido de productos nacionales.

A pesar de los desafíos, la industria nacional continuó operando con servicios portuarios constantes, asegurando el abastecimiento interno y el cumplimiento de las entregas al exterior. Esto ha generado confianza en la producción a lo largo de la cadena productiva. En conclusión, Ecuador ha sido uno de los pocos países de la región que mantuvo abiertas sus conexiones al comercio exterior durante 2020 y el

inicio de 2021, lo que ha beneficiado a las líneas navieras al ofrecer una opción confiable para la transmisión de carga al mercado.

TERPORT S.A. se destaca por ofrecer servicios de alta calidad que fomentan el comercio en Ecuador y facilitan la entrada a nuevos mercados, garantizando que los barcos sean atendidos de manera oportuna. Según un estudio de la CEPAL, en 2020, los puertos de Guayaquil se posicionaron en el tercer lugar en movimiento de carga, con un crecimiento del 2% respecto a 2019. Esta información resalta la importancia del servicio para atraer inversiones en el sector.

En el ámbito comercial, Ecuador ocupó el sexto lugar en 2020, lo que aumenta su atractivo en el mercado internacional. La administración de TERPORT cuenta con una estructura organizativa sólida, compuesta por ocho departamentos de alta jerarquía, lo que facilita la gestión de operaciones y permite una buena gobernanza. Esto crea condiciones favorables para la toma de decisiones estratégicas, potenciando la competitividad y el valor de la empresa, así como su prestigio y reputación en el sector portuario.

La propuesta de valor de TERPORT S.A. se centra en mejorar el desempeño operativo a través de la infraestructura física y tecnológica, lo que incluye la reducción de tiempos de espera en el despacho de naves y una mayor disponibilidad de muelle, aumentando así su competitividad en el mercado. El muelle tiene dimensiones de 260 metros de largo por 35 metros de ancho, con una utilización actual del 57%, y es capaz de atender naves de hasta 95,000 toneladas de registro bruto y 260 metros de eslora, realizando hasta 90 movimientos de carga y descarga por hora.

Las actividades clave para el éxito de TERPORT incluyen el alquiler de muelle, suministro de energía para contenedores refrigerados, consolidación de carga suelta, y mantenimiento de contenedores según estándares internacionales. Entre los recursos estratégicos se destacan el muelle, una subestación eléctrica, equipo portuario, personal capacitado, equipos para inspección antidroga, y espacio para almacenar 7,900 TEUs en el terminal.

Para garantizar la sostenibilidad del proyecto, TERPORT ha establecido alianzas estratégicas, como contratos de manejo de carga con exportadoras de

banano y líneas navieras internacionales, así como acuerdos con fundaciones para actividades comunitarias.

Las inversiones de TERPORT se dividen en costos fijos, que incluyen el arriendo del espacio del terminal y servicios básicos, y costos variables, como el mantenimiento de instalaciones y equipos operativos, gastos administrativos, y servicios financieros.

### **2.1.2.2 Clasificación de los Puertos**

Con base a Estepa (2022), es posible identificar algunas clasificaciones referentes a los puertos marítimos, entre los cuales destacan los siguientes: por el tipo de actividad que se realizan desde estos como, por ejemplo, los puertos fluviales comerciales, los puertos marítimos de comercio, los puertos pesqueros. Sin embargo, existen otras categorizaciones que están divididas con base a variables más precisas.

Según González & Rodríguez (2023), que los puertos marítimos pueden tener una categorización a partir de las siguientes

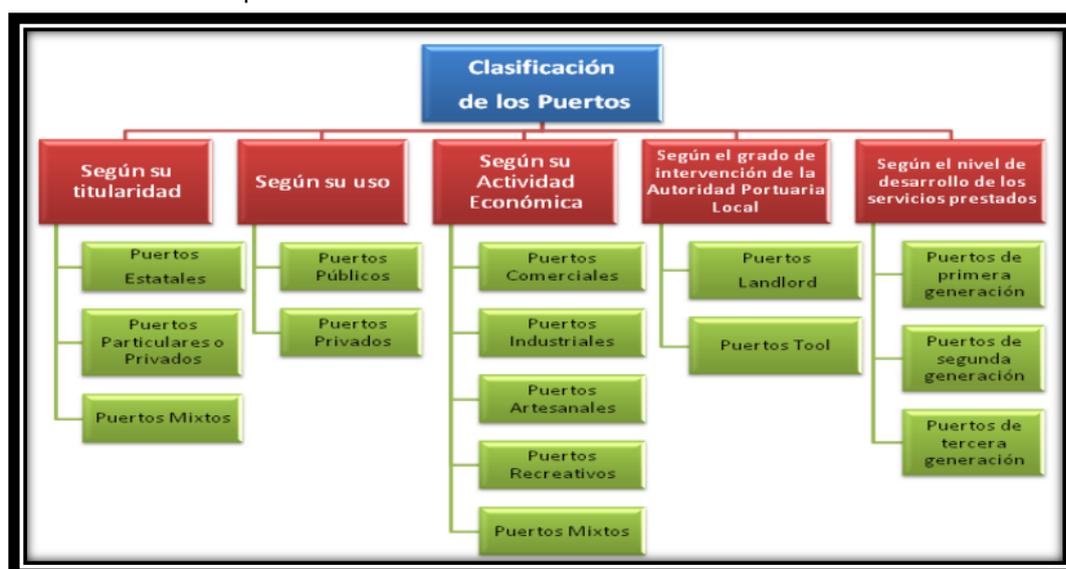
- Por su función: Se identifican a aquellos puertos que desempeñan funciones comerciales, puertos pesqueros, puertos turísticos, etc.
- Por su ubicación: Esta clasificación abarca los puertos interiores que son aquellos alejados de la costa o del mar, puertos costeros, puertos fluviales, etc.
- Por su tamaño: Puertos principales en los que se destinan actividades de mayor peso o en las que es significativa la afluencia de mercancía, lo que a su vez incide en el incremento del tráfico de camiones que cumplen el rol de transportarlos internamente y hacia el exterior; también destacan los puertos secundarios, los puertos locales donde es menor la actividad de logística.
- Por su especialización: Hace puntual referencia a aquellos puertos especializados por ejemplo para el almacenamiento de contenedores, de mercancía al granel, así como otros especializados en la recepción de materia prima como el crudo, por mencionar algunos ejemplos.
- Por su infraestructura: Abarca a todo el conjunto de puertos con terminales multipropósito, es decir, donde no solo se gestiona la transferencia de mercancías, sino que abarca infraestructura de terminales de cruceros en los

que se genera la afluencia de turistas, los mismos que se encuentran separados a partir de estructuras semiindependientes.

De acuerdo con Pichardo (2023), permite categorizar los puertos en función de su capacidad, tamaño y servicios ofrecidos, lo que facilita la planificación y toma de decisiones estratégicas a nivel interno como de cara a las gestiones hacia el mercado y los clientes como tal.

**Figura 3**

Clasificación de los puertos



Fuente: Superintendencia de Competencia, (2015)

Además, la clasificación ayuda a identificar los puertos más adecuados para diferentes tipos de carga y rutas comerciales, lo que optimiza la eficiencia de las operaciones logísticas que buscan categorizarse para así priorizar las de mayor nivel de viabilidad tanto técnica como económica. También proporciona información sobre la infraestructura y los servicios disponibles en cada puerto, lo que ayuda a las empresas a seleccionar el puerto más adecuado para sus necesidades.

En resumen, la clasificación de los puertos marítimos brinda una visión clara y organizada de las características y capacidades de cada puerto, lo que facilita el comercio y la logística local como internacional y se traduce posteriormente en beneficios de rentabilidad para la entidad a cargo del estado como tal.

### 2.1.2.3 Actividades que se Realizan en una Terminal Portuaria

Las actividades que se realizan en un puerto son diversas y están orientadas a facilitar la entrada, salida, y manejo de mercancías y embarcaciones. A continuación se describen las principales:

- **Carga y descarga de mercancías**

Función principal: Mover mercancías entre los barcos y las instalaciones portuarias o camiones/trenes.

Tipos de carga: Carga general (contenedores, vehículos, productos manufacturados) y graneles sólidos o líquidos (minerales, cereales, combustibles).

- **Almacenamiento y distribución**

Almacenamiento temporal: Los productos pueden ser almacenados en áreas designadas, como patios de contenedores o bodegas, hasta que sean distribuidos.

Distribución: Involucra la coordinación logística para la salida de mercancías hacia su destino final, ya sea vía terrestre o marítima.

- **Operación de naves**

Amarre y desamarre: Asistir en la correcta ubicación de los barcos en los muelles para que puedan ser cargados o descargados.

Servicios a la embarcación: Provisión de combustible, agua, alimentos, reparaciones y otros suministros.

- **Manipulación de graneles**

Los puertos especializados manejan graneles sólidos (minerales, carbón, cemento) y líquidos (petróleo, productos químicos) mediante equipos específicos como grúas, tolvas y tuberías.

- **Control y despacho aduanero**

Revisión y documentación: Las mercancías son inspeccionadas por las autoridades aduaneras para asegurarse de que cumplan con los requisitos legales antes de su despacho o exportación.

- **Inspección de seguridad y control de calidad**

Control de narcóticos y contrabando: Se implementan sistemas de control como CCTV, policía antinarcóticos y tecnología de rastreo para garantizar la seguridad del puerto.

Control de calidad: Especialmente en puertos que manejan productos perecederos o materiales sensibles, se realizan inspecciones de calidad para asegurar que los productos cumplan con las normativas internacionales.

- **Transbordo de mercancías**

Función: Algunos puertos funcionan como centros de redistribución de mercancías, donde las cargas son transferidas de una embarcación a otra para continuar su viaje hacia diferentes destinos.

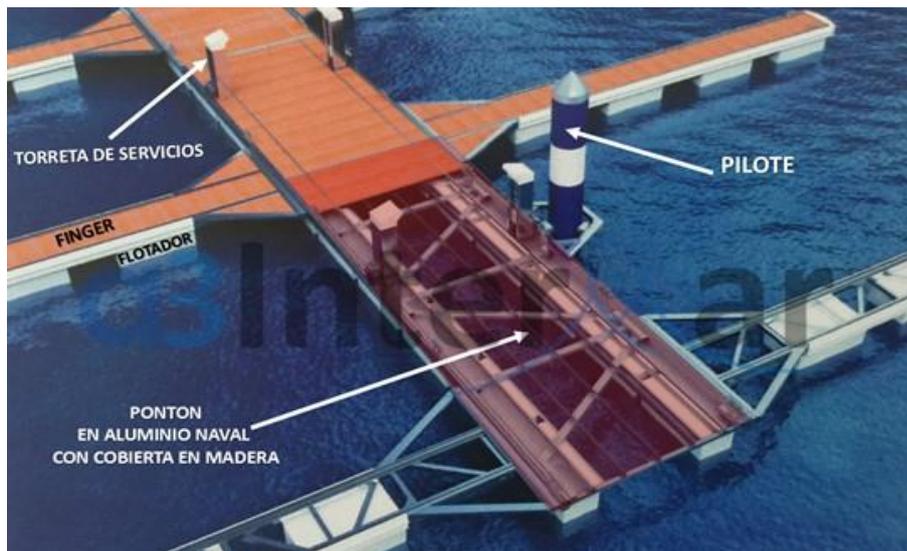
- **Servicios de mantenimiento y reparación de embarcaciones**

En los puertos con diques secos o flotantes, se realizan reparaciones y mantenimientos periódicos de las embarcaciones.

Estas actividades son esenciales para la operación eficiente de un puerto, y su escala puede variar dependiendo del tamaño y especialización del puerto en cuestión.

**Figura 4**

Esquema general de componente de un muelle



Fuente: A3INTERMAR, (s.f.)

Con base a Eslava (2019), en una terminal portuaria se realizan diversas actividades que más allá de representar un rubro de una actividad comercial como tal, generan valor a todo el sistema de comercio y logística, algunas de estas actividades incluyen:

- La carga y descarga eficiente de mercancías.
- El almacenamiento seguro de los productos.
- Distribución interna de las mercancías para su posterior distribución a los puntos finales.
- La gestión de inventarios.
- Permitir la movilización de los vehículos que contribuyen en el proceso logístico interno y externo.
- Movilización del personal interno que se encarga del control de todas las actividades logísticas.
- La consolidación y desconsolidación de contenedores garantizándose la seguridad, y
- La coordinación logística para garantizar la entrega oportuna de la carga.

Además, las terminales portuarias también ofrecen servicios que se consideran de valor agregado, como el etiquetado, embalaje, clasificación y distribución de la carga. Estas actividades contribuyen de manera significativa a agilizar la cadena de

suministro y mejorar la eficiencia en el movimiento de mercancías, lo que a su vez genera valor para las empresas, los clientes y todas las áreas relacionadas directa e indirectamente.

Según Flamarique (2019), es necesario tener presente que conforme pasa el tiempo el diseño de los terminales portuarios debe ser versátil en el sentido tal que pueda adaptarse a cada uno de los requerimientos que vayan suscitándose en el entorno, especialmente en materia de comercio exterior donde por las características innovadoras de los sistemas que se emplean para gestionar de forma remota las mercancías, al igual que por las prestaciones de las embarcaciones, es relevante que se apliquen a nivel del diseño de estos las consideraciones técnicas pertinentes que garantice la adaptabilidad de estas infraestructuras que se proyectan a funcionar a mediano y largo plazo para así también tener una proyección de su factibilidad.

De acuerdo con Calatayud & Katz (2019), al momento de aplicarse las mejoras respectivas a nivel de estos terminales portuarios, el disponer actividades optimizadas con tecnología de punta ofrece varias ventajas son:

- En primer lugar, la tecnología avanzada permite una mayor eficiencia en las operaciones portuarias, lo que se traduce en tiempos de carga y descarga más rápidos lo que por consiguiente se traduce en menores costos operativos.
- Además, la tecnología puede ayudar a mejorar la precisión y la seguridad en la manipulación de la carga, reduciendo así el riesgo de daños o pérdidas.
- También permite una mejor gestión de inventario y seguimiento de la carga en tiempo real, lo que facilita la planificación logística y la toma de decisiones.

En resumen, la tecnología de punta en los terminales portuarios mejora la eficiencia, la seguridad y la visibilidad de las operaciones, lo que beneficia tanto a las empresas como a los clientes, dado a que todo logra sincronizarse suponiendo a su vez una optimización en los tiempos de recepción y entrega de la mercancía, volviendo más competitivo al país en el que han implementado estas mejoras.

#### **2.1.2.4 Muelles**

De acuerdo con Córdova & Menoscal (2020), profundizaron en un trabajo que tuvo como objetivo diseñar una solución factible para proteger la zona de embarque y desembarque del muelle turístico y comunitario en la comuna Subida Alta, Puná. La iniciativa busca fomentar el desarrollo turístico y socioeconómico de la zona, alineada con los proyectos de la Municipalidad de Guayaquil.

Se utilizó una matriz de decisión para seleccionar la opción más viable, que resultó ser la construcción de pantallas disipadoras de oleaje. Estas pantallas protegerán el muelle, cuya zona enfrenta olas de 3 metros de altura provenientes de una dirección de 314°. El diseño preliminar propone una pasarela de 18.25 metros de longitud, inclinada 25° respecto al muelle, para soportar las pantallas de 35 cm de espesor.

El proyecto también incluyó una Evaluación de Impacto Ambiental y su respectivo Plan de Manejo. Se concluye que las pantallas disipadoras proporcionarán seguridad en el embarcadero, y se recomienda realizar estudios más detallados de batimetría y oleaje, así como implementar obras civiles complementarias para mejorar la infraestructura actual del muelle.

El análisis de oleaje en la zona de estudio utilizó datos del modelo Wavewatch III (WW3) de la NOAA, que genera predicciones cada tres horas con un horizonte de 180 horas (7.5 días). Se seleccionó la boya virtual más cercana a Subida Alta, ubicada en aguas profundas, con datos desde enero de 1996 hasta mayo de 2018.

Se realizó un análisis bivariado de frecuencias de periodo y dirección del oleaje para el periodo 1996-2018. Además, se analizó el oleaje extremo de enero de 1998, un año influenciado por el fenómeno El Niño. Este análisis permite caracterizar el oleaje incidente en la zona de estudio, crucial para el diseño y evaluación de la infraestructura portuaria.

**Figura 5**

Análisis bivariado de datos de periodo y dirección de oleaje en el periodo 1996-2018

		Dirección (grados)																		Suma
		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	
		20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	
		10	30	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250	270	290	310	330	350	
Periodo (segundos)	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.14	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.10	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
	18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Suma	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.38	0.44	0.06	0.03	0.02	0.04	0.00	0.00	1.00

Fuente: Córdova & Menoscal, (2024)

El análisis del oleaje para el muelle de Subida Alta comenzó con la descarga de datos de oleaje en aguas profundas mediante el modelo WW3. Sin embargo, para obtener las características del oleaje en aguas someras, se utilizó la teoría lineal de ondas y la ley de Snell, lo que permitió calcular los coeficientes de asomeramiento (KS) y refracción (Kr). El análisis incluyó un registro de altura, periodo y dirección de las olas.

La ola de retorno se calculó utilizando metodologías como Draper, Weibull y otras, transformando los datos de aguas profundas a aguas someras (veril de 2 metros). El estudio analizó las frecuencias bivariadas para determinar los valores más comunes de dirección y periodo del oleaje, incluyendo condiciones extremas como las de enero de 1998 (evento El Niño).

Para la refracción del oleaje, se siguió el método del Shore Protection Manual, que asume un flujo constante de energía entre ortogonales, y considera efectos como vientos y corrientes despreciables. Se utilizó una carta náutica y otros materiales para calcular la refracción del oleaje, determinando la influencia de la topografía marina en la zona de estudio.

**Figura 6**

Muelle de Terminal Portuaria Fertisa



Fuente: Asotep, (2024)

De acuerdo con Pejovés (2022), los muelles hacen referencia a aquellas estructuras de muro que se levantan con material de hormigón en alguna cosa o sobre el agua, y tiene como finalidad servir como punto de carga y descarga de mercancías de los barcos, buques y demás canales fluviales. Entre los aspectos característicos de estas obras, también destaca la plataforma en la que los barcos tienen la posibilidad de ejecutar operaciones de cargar y descarga.

En la construcción de estas obras, por lo general se toman en consideración los niveles de transferencia que se estiman a corto, mediano y largo plazo, para así estar equipados con la maquinaria respectiva con la que consecuentemente se faciliten las operaciones de comercio exterior y localmente.

Los muelles portuarios tienen varias características importantes, donde se destacan las siguientes:

- Los muelles suelen tener plataformas amplias y resistentes para facilitar la manipulación de la carga.
- También suelen contar con grúas, equipos y maquinaria especializada para mover y transportar los contenedores y mercancías de manera eficiente.

- Además, los muelles portuarios suelen tener sistemas de seguridad y acceso controlado para garantizar la protección de las instalaciones y la mercancía.

Cuando los muelles portuarios pierden su vida útil y se vuelven anticuados, representan varias desventajas. Por un lado, pueden tener limitaciones en términos de capacidad y eficiencia para manejar la carga de manera rápida y segura proveniente principalmente de barcos de grandes dimensiones que, por consiguiente, cargan una mayor cantidad de mercancías que requieren ser trasladadas de manera eficiente, es decir en corto tiempo. Esto puede resultar en retrasos en las operaciones portuarias y en costos adicionales para las empresas.

De acuerdo con Mauleón & Larburu (2021), los muelles anticuados pueden carecer de tecnología y equipamiento moderno, lo que dificulta la adaptación a las nuevas necesidades y tendencias de la industria siendo esta una desventaja significativa no solo para la localidad en la que están estos, sino también para el país en general. A su vez, esto puede afectar la competitividad del puerto y su capacidad para atraer negocios. Por lo tanto, es importante que los muelles portuarios se mantengan actualizados y se realicen inversiones para mejorar su infraestructura y capacidad.

Por lo tanto, en relación al contexto de la investigación, se precisa de un plan del análisis de rehabilitación estructural del muelle del terminal portuario Fertisa de la ciudad de Guayaquil, a fin de que se pueda dotar en este, todo lo necesario para actualizar los procesos logísticos que se llevan a cabo dentro de este, estableciendo las especificaciones técnicas y recursos requeridos para que el funcionamiento de esta obra esté acorde a los requerimientos actuales del mundo comercial, lo que podrá repercutir directa e indirectamente en la localidad en la que se encuentra establecido.

#### **2.1.2.5 Tipo de Muelles**

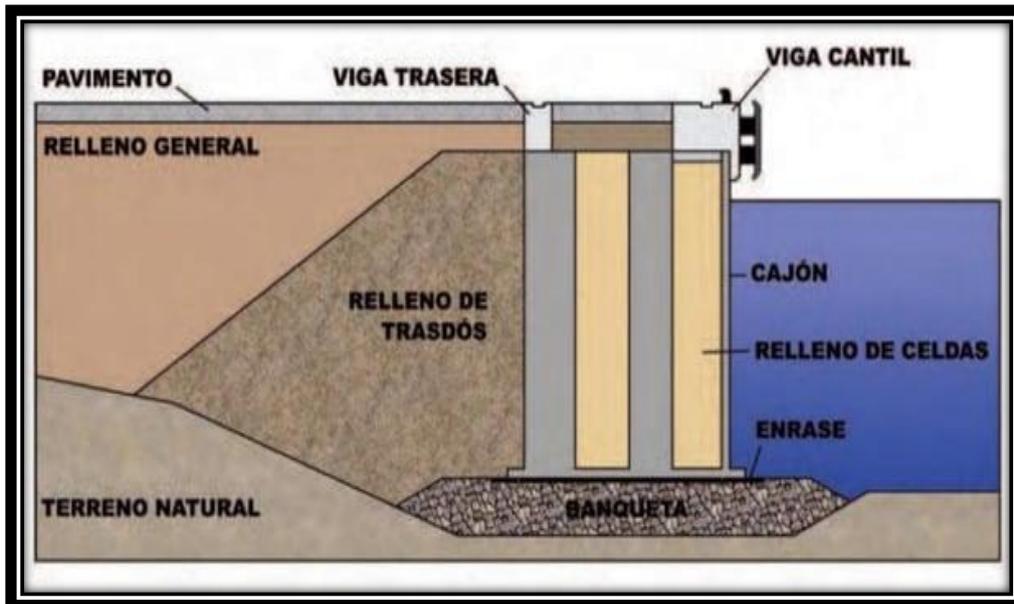
Según Negro (2023), un muelle es una estructura implementada en las zonas portuarias que sirve como enlace físico en la conexión entre la tierra y el mar. Conocidos también como atracaderos, concentran las operaciones de pasajeros y de carga/descarga de mercancías. Si bien existen diferentes tipos de muelles, se

identifican dos criterios generales a partir de los cuales se establece su clasificación: 1) el destino del atracadero establece el tipo de carga y de buques que lo frecuentan, lo que permite determinar criterios técnicos asociados con la longitud, la altura, entre otros aspectos; 2) el entorno es un criterio esencial para construir un atracadero más eficiente, se toman en consideración aspectos relacionados con las corrientes, maderas, el terreno, entre otros aspectos para la selección del tipo de muelle más adecuado para el área.

Según el tipo de uso, los muelles pueden construirse para trasladar diferentes tipos de carga: general (carga metálica, carga unitaria empaquetada, etc.), petróleo y a granel (para carbón y otras cargas a granel); para traslado de pasajero; o para tanques de sedimentación, para reparaciones de barcos. Partiendo de los criterios antes mencionados, se describen los principales tipos de muelles:

- De gravedad: Son atracaderos en los que el terreno se reduce al propio peso del atracadero, ocupan una superficie más reducida de modo que es más sencillo proporcionar el debido mantenimiento lo que incrementa su regularidad. Dentro de esta categoría se incluye tres tipos de muelle que son:
  - De cajones: Se construyen a partir de muros de hormigón armado en forma de cajones, los cuales se llevan hasta el lugar de emplazamiento para ser rellenos con otros materiales, dadas sus características estructurales suelen ser más vulnerables a las condiciones físicas del entorno, particularmente a las de carácter meteorológico.
  - De hormigón sumergido: Son atracaderos de contención que se colocan bajo el agua, con la finalidad de hacer más sencillo el proceso de encofrado, se acostumbra a mantener el mismo espesor o levemente escalonado.
  - De bloques prefabricados: En este tipo de atracadero se construye a partir de bloques de hormigón que se emplazan por medio de grúas, generalmente se emplean en puertos en los que el calado es menor y en consecuencia no es posible implementar los muelles de tipo de cajón.

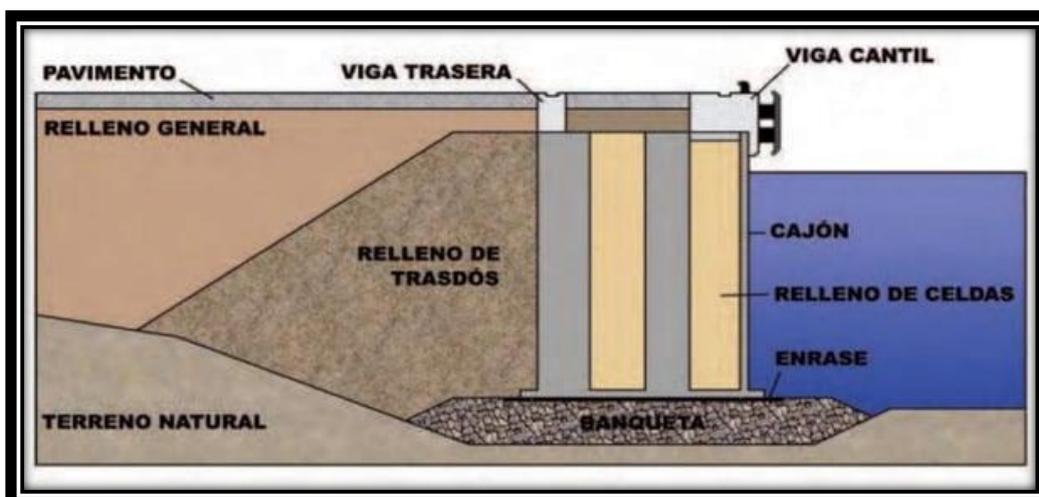
**Figura 7**  
Muelles de gravedad



Fuente: Structuralia, (2021)

El atracadero se encuentra soportado por pilotes que pueden ser prefabricados o en su defecto pueden construirse directamente en el lugar. Este tipo de muelles poseen una superficie más amplia, por lo que se corre el riesgo de un rápido deterioro si no se utilizan los materiales apropiados para soportar las condiciones del entorno. Se recomienda su uso principalmente en áreas de riesgo sísmico, áreas de mayor calado o zonas con limitada capacidad portante.

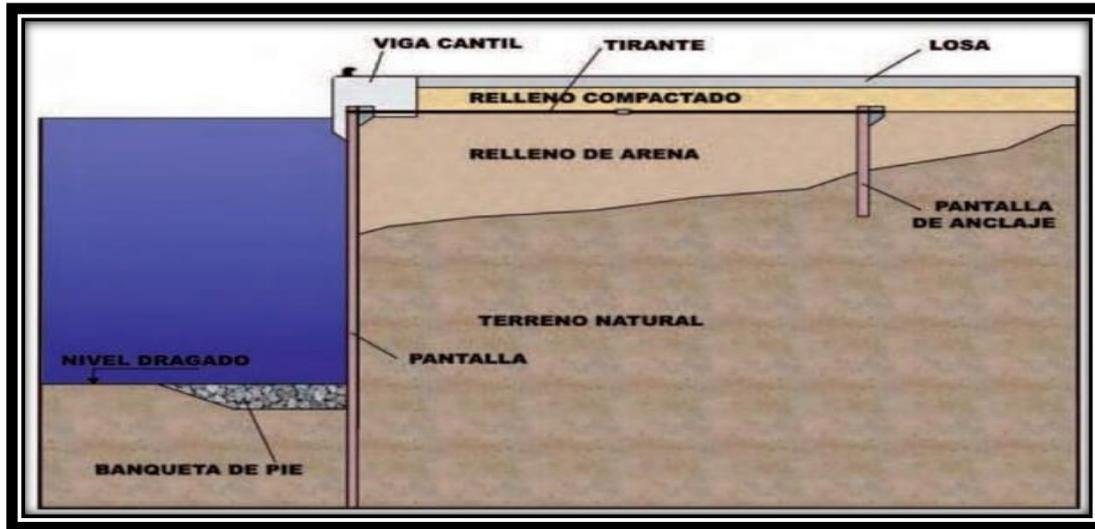
**Figura 8**  
Muelles de pilotes



Fuente: Structuralia, (2021)

Según González (2021), los muelles de este tipo están contruidos a partir de muros pantalla de hormigón que trasladan a la base del terreno por medio de empotramiento y anclaje. En comparación con los tipos de atracaderos antes señalados, estos ofrecen una vida útil más corta considerando que la superficie específica es más extensa.

**Figura 9**  
Muelles de pantalla



Fuente: Structuralia, (2021)

De acuerdo con Frías (2022), es importante señalar que independientemente del muelle que se construya, es importante contar con un equipamiento portuario adecuado a las condiciones del entorno físico y el tipo de uso que se le otorgará al atracadero. Una de las técnicas aplicadas para incrementar la vida útil de los muelles es la de implementar defensas que permiten captar las energías cinéticas de las embarcaciones que atracan en el puerto.

#### **2.1.2.6 Elementos Básicos para la Construcción de Muelles**

Según las Obras Portuarias de Chile (2024), para la construcción de muelles de gravedad, es importante considerar que el pontón no tiene una conexión rígida con la orilla y el fondo y puede ser fabricado con cualquier material; sin embargo, para áreas de mayor calado donde se requiere una superficie específica más amplia para

el traslado de carga, generalmente se utilizan muelles estacionarios, los cuales se instalan sobre pilotes sumergidos en el fondo del agua o en el suelo costero.

Según González (2024), el uso generalizado de pilotes en ingeniería hidráulica se debe al hecho de que su uso facilita y acelera enormemente el proceso de construcción de estructuras costeras, al tiempo que elimina los trabajos de excavación y la necesidad de drenar el sitio de construcción. Antes de disponer una base de pilotes, se elabora un proyecto teniendo en cuenta la ubicación del objeto en el suelo y las características del entorno. Es imperativo calcular la carga que se transferirá a los pilotes, teniendo en cuenta los fenómenos naturales y estacionales. Esto determina qué pilotes se utilizarán y el método de instalación. Como materiales para los pilotes se pueden utilizar madera, metal y hormigón o combinaciones de ellos.

Independientemente del tipo de pilotes, el trabajo preliminar incluye el estudio de la composición del suelo y las condiciones de la zona. Además, se puede hacer uso de diferentes tipos de pilotes para la instalación de:

- Pilotes de tubos metálicos: Los pilotes huecos tubulares pueden ser con la punta cerrada o abierta. Los que tienen la punta abierta posterior a la instalación se refuerzan y se rellenan con hormigón, su profundidad de buceo usualmente alcance los 20 metros.
- Hormigón armado: Los pilotes de hormigón armado pocas veces se utilizan, puesto que este material se deteriora de forma más rápida debido a la interacción constante con el agua y el proceso de instalación, mantenimiento y reemplazo demanda el uso de más tiempo y recursos. En los casos en los que se selecciona este tipo de material para la construcción de muelles de pilotes, suelen sumergirse hincándolos con martinetes.
- Alerce de madera: Las pilas de alerce son duraderas y solo ganan fuerza con el contacto con el agua; sin embargo, esta opción tampoco se utiliza con mucha frecuencia debido al elevado precio que implica su instalación y posterior mantenimiento.
- Tornillo de acero: Una pila de tornillos es una varilla de acero con una punta afilada y una cuchilla en forma de cono. La hoja no sólo crea la

posibilidad de una fácil inmersión en el suelo, sino que también fija la varilla en el suelo, evitando empujes y desplazamientos. El desmontaje también es sencillo, además es posible aumentar los pilotes a la longitud requerida durante el proceso de hinca.

Según Palacios (2019), la instalación de los pilotes se puede realizar manualmente o de forma mecanizada, en cuyo caso la profundidad se controla mediante marcas pre-aplicadas. Los pilotes no se sumergen completamente, dejando una pequeña zona por encima del agua para la colocación del pavimento, mientras que el arnés está hecho de metal o madera, y el piso también está fabricado a partir de este tipo de materiales.

Según Keller (2024), por lo general se realiza mediante hincado o vibración; la hinca se lleva a cabo por medio de martinets y martillos, teniendo en cuenta los resultados de las pruebas preliminares de los pilotes. Por lo tanto, es necesario determinar con anticipación la ubicación de la capa de suelo con la dureza óptima para que la fijación del pilote no se debilite debido a la erosión y, al mismo tiempo, el martillo no deforme la tablestaca durante el proceso de hincado. El proceso de instalación bajo este método se realiza a partir de los siguientes pasos:

- Como primer paso se coloca el aparejo de pilotaje en la orilla lo más estable posible.
- Seguido se marca la lengüeta para determinar la profundidad.
- Se coloca la lengüeta de forma vertical y se asegura al control deslizante.
- Se clava el pilote en el suelo con poca fuerza hasta que quede fijado.
- A alta potencia, se termina de clavar el pilote hasta la marca de diseño. Es importante que se sigan las marcas para no hundir la lengüeta a una mayor profundidad de lo que requiere el proyecto.

De acuerdo a Palacios (2019), cuando surgen problemas para clavar los pilotes la profundidad prevista se utiliza el método de socavamiento en cuyo caso se desciende hasta el fondo con una tubería a través de la cual se suministra agua a una presión de hasta dos megapascales; posteriormente se coloca un martillo encima del tubo garantizando el empuje simultáneo de la roca, el socavamiento se detiene un par de metros antes de la profundidad de diseño, luego se remata el pilote con un martillo.

Por otra parte, la inmersión por vibración es un método eficaz y productivo, se puede utilizar de forma independiente; en terrenos duros se utiliza una tecnología combinada: al comienzo del trabajo, la tablestaca se hinca mediante un método de vibración y en la etapa de acabado se alcanza la profundidad de diseño con un martillo.

Por otra parte, es importante señalar que para la protección de los pilotes y alargar su vida útil, se utilizan revestimientos como cintas engrasadas y fundas de protección mecánica en lo que respecta a la superficie del embarcadero, se utiliza tablones de madera de roble, pino y alerce, tratada con impregnaciones especiales, o un tablero compuesto de polímero (PVC), que combina las propiedades de los tableros naturales y proporciona ventajas adicionales debido a sus características tales como el hecho de que son respetuosos con el medio ambiente, no contienen componentes peligrosos y cumplen con los requisitos de seguridad contra incendios.

Según Muñoz (2020), los tipos modernos de tratamiento de tableros de madera permiten que se utilicen durante décadas bajo cualquier influencia externa; para la instalación de este tipo de superficie es importante dejar espacios entre las tablas, que son necesarios para una adecuada ventilación de la madera y deben tratarse periódicamente, cada dos o tres años, con materiales protectores especiales. Por otra parte, las superficies de PVC también tienen ventajas tales como su facilidad de instalación; los pisos hechos de compuestos poliméricos no tienen espacios y no son susceptibles al deterioro, resisten el contacto prolongado con el agua, la radiación ultravioleta y son antideslizantes lo que facilita la movilidad.

#### **2.1.2.2. Criterios para el funcionamiento y mantenimiento de terminales portuarios**

Con la finalidad de garantizar un óptimo funcionamiento de los terminales portuarios es necesario tomar en consideración una serie de criterios generales que incluyen desde la disposición de almacenes, equipos de carga y descarga de mercancía, equipos para el embarque y desembarque de la tripulación, hasta las tareas de mantenimiento y limpieza de cada área. En este caso, las tareas que se ejecutan pueden incluir:

- El mantenimiento de las estructuras portuarias debería incluir: trabajo para mantener los dispositivos de amarre y defensas, sistemas de drenaje, entre otros, desprendimiento de las condiciones del entorno se debe limpiar las pendientes de las estructuras de protección de las orillas de la contaminación, eliminar daños menores y defectos de la parte superficial de las estructuras, mantener la limpieza y el orden en los muelles, incluida la limpieza de los atracaderos de escombros, etc., así como observaciones para asegurar el control sobre el modo de funcionamiento establecido y el estado técnico de las terminales.
- Los trabajos de limpieza de fondos y otros trabajos submarinos relacionados con el mantenimiento de los atracaderos deben ser realizados por entidades especializadas.
- Si los dispositivos de amarre y defensas se dañan durante la operación de las estructuras de atraque, se deben tomar medidas de inmediato para corregir estos daños.
- Para realizar la reparación de estos dispositivos, la empresa portuaria deberá contar con un suministro mínimo de pedestales, bolardos, ojales, así como piezas, defensas o sus secciones terminadas.
- Si se producen deformaciones en las pendientes de las estructuras de protección de los bancos, se deben tomar medidas inmediatamente para restaurar el perfil de las pendientes y asegurarlas.
- Los reconocimientos de control e inspección de las estructuras portuarias deberían realizarse dependiendo del estado de las estructuras y sus condiciones de operación. Los plazos y el programa de los estudios de control e inspección de las estructuras deben desarrollarse de acuerdo con los requisitos.
- Como resultado de las inspecciones extraordinarias, se debe establecer la posibilidad de una mayor operación de las estructuras antes de realizar trabajos de reparación o restauración, una lista de trabajos de reparación prioritarios que deben realizarse para que las estructuras entren en funcionamiento y una lista de trabajos que deberán incluirse en el plan anual de trabajos de mantenimiento, con indicación del alcance y un cronograma de su ejecución.

- Las reparaciones actuales y mayores de las estructuras portuarias y del equipo de los atracaderos, planificadas con base en los resultados de inspecciones técnicas regulares y periódicas, deben ser realizadas por empresas especializadas con las que se haya tercerizado este servicio, y en ausencia de un acuerdo deben ser gestionadas por el personal que designe el propietario de la instalación portuaria.

El aumento de obras fluviales en ríos aluviales se debe a la creciente necesidad de gestionar y preservar los recursos hídricos. Para lograr una gestión integrada y sustentable, se requiere el uso de herramientas de modelación que faciliten la planificación, diseño y análisis de impactos ambientales. Este trabajo presenta la aplicación de modelación hidrodinámica y morfodinámica para analizar obras portuarias en el río Paraná, específicamente entre los kilómetros 460 y 462 de la ruta de navegación Santa Fe-Océano.

Se utilizaron modelos hidrodinámicos para definir variables como profundidad de flujo, velocidades y tensiones de corte en diferentes escenarios hidráulicos, lo que permitió identificar procesos de erosión y sedimentación en el cauce, así como la erosión local cerca de las estructuras portuarias. Se estudió un tramo del río Paraná desde el km 465.4 hasta el km 455, observando la ubicación de obras portuarias en la margen derecha.

Además, se emplearon relevamientos batimétricos y herramientas geoespaciales para definir los límites del cauce y caracterizar su morfología. Se constató que el cauce presenta islas vegetadas que dividen el flujo en dos brazos. La anchura del cauce varía entre 400 y 2300 metros, con profundidades que alcanzan hasta 27 metros en la zona del km 457.8, donde se encuentran las estructuras portuarias.

Para la modelación hidrodinámica del cauce del río, se utilizó el modelo 1D HEC-RAS (USACE, 2015). Se generaron secciones transversales cada 200 metros a lo largo de un tramo de 11.1 km, aumentando el detalle a cada 100 metros en la zona de las instalaciones portuarias (km 460.0–461.9). La distribución de caudales se determinó a partir de una modelación hidrodinámica 2D previa, estableciendo que el

caudal total se reparte en 50% para cada brazo del río aguas arriba y en 80% para el brazo derecho y 20% para el izquierdo en la bifurcación.

Se definieron tres escenarios hidráulicos para la simulación, basados en datos históricos de niveles hidrométricos (1970-2018) y aforos de caudales en diferentes estaciones. Los escenarios fueron: 1) Aguas Altas (R=100 años) con un caudal de 31,000 m<sup>3</sup>/s; 2) Aguas Medias-Bajas con 15,100 m<sup>3</sup>/s; y 3) Aguas Bajas con 10,100 m<sup>3</sup>/s.

El modelo fue calibrado y validado, ajustando parámetros como el coeficiente de rugosidad de Manning y los coeficientes de contracción y expansión. Los valores adoptados tras la calibración fueron: coeficiente de rugosidad de Manning de 0.030 s/m<sup>1/3</sup>, y coeficientes de contracción y expansión de 0.2 y 0.3, respectivamente. Se presentaron resultados que comparan los niveles hidrométricos observados y calculados, así como errores porcentuales y calificaciones de ajuste.

Para determinar los procesos de erosión-sedimentación en el cauce del río bajo tres condiciones hidráulicas (aguas altas, medias-bajas y bajas), se empleó un modelo morfodinámico que resuelve la ecuación de continuidad de sedimentos en 1D utilizando diferencias finitas. Se estableció un intervalo de tiempo de 10 días para cada caudal, basado en un análisis previo. Las curvas granulométricas del sedimento del lecho del río Paraná se recopilaron, adoptándose un tamaño de sedimento d<sub>50</sub>=0.3 mm para calcular el transporte utilizando la ecuación de Engelund y Hansen (1967).

Para visualizar los procesos de erosión y sedimentación, se distribuyeron las variaciones del nivel medio del lecho en 2D en cada sección transversal del subtramo. Los resultados mostraron las variaciones del nivel del lecho para las tres condiciones hidráulicas, incluyendo las estructuras portuarias.

Según Jones & Sheppard (2000), se basa en la ecuación de erosión local de la Colorado State University (CSU). Esta metodología suma las contribuciones de elementos estructurales como columnas, cabezales y pilotes. Se presentó una tabla con resultados para el escenario de aguas altas, que incluye variables como la velocidad media, profundidad de flujo, número de pilotes y variación del nivel del lecho por erosión local.

La erosión local total se calcula sumando las erosiones-sedimentaciones generales del cauce y las erosiones locales en las estructuras portuarias. Esta erosión total aumenta cuando se produce erosión general del lecho y disminuye en situaciones de sedimentación. Los valores de variación del nivel del lecho ( $\Delta z_b$ ) se seleccionaron de una distribución 2D simulada, y se presentan resultados específicos para aguas altas.

Se observaron distribuciones 2D de erosión y sedimentación general del cauce, superpuestas con las erosiones locales en dolphins de amarre y muelles. Se concluye que el efecto morfodinámico de las instalaciones es local y no altera los procesos de erosión-sedimentación en tramos aguas arriba o abajo. Esto indica que las estructuras portuarias no modifican el patrón hidrodinámico del río Paraná ni afectan la erosión y sedimentación general del cauce.

La estructura de las instalaciones es altamente "transparente", presentando un obstáculo mínimo al flujo global del río en todos los caudales modelados. Las estructuras están ubicadas en secciones del cauce con anchos de 1100 m y 800 m, y sus áreas mojadas durante aguas altas son de 20,000 m<sup>2</sup> y 17,000 m<sup>2</sup>, respectivamente. Estas áreas representan solo el 1% y 2% del flujo global, lo que se considera insignificante en el contexto del comportamiento hídrico y sedimentario del río.

De acuerdo con Balón & Burgos (2019), dijeron que en su trabajo se requería diseñar un muelle de atraque y un puente de acceso con capacidad para recibir un buque multipropósito de 76 m de eslora, 16 m de manga y un desplazamiento de 2300 toneladas. El muelle tendrá una longitud de 86 m y se complementará con muelles flotantes para 4 unidades menores de hasta 26 m de eslora. La estructura se compondrá de una plataforma en forma de "L", construida con hormigón o acero, con un ancho de 5 m y una longitud de 75.9 m, además de un puente de acceso de 5 m de ancho y 90 m de largo.

La estructura se apoyará en pilotes, cuya altura variará según el informe de geotecnia, y deberá soportar cargas muertas, vivas y de embarque. Se incluirá una grúa tipo pescante de 5 toneladas en la plataforma de cabecera. También se

requerirán dos dolphins de amarre de 5 m x 5 m, cada uno con capacidad para soportar hasta 10 toneladas.

El muelle principal contará con tres muelles flotantes de 4 m de ancho y 9 m de largo, hechos de aluminio naval, con boyas de polietileno y pilotes guías. Además, se instalará una plataforma flotante lateral compuesta por 6 pontones de 2.5 m de ancho y 10 m de largo, apoyados en pilotes guías.

El proyecto se desarrollará en Posorja, Guayaquil, y se enfrentará a restricciones debido a la falta de estudios de suelo en la ubicación, por lo que se utilizarán estudios previos del "Puerto de aguas profundas" de Posorja para estimar las propiedades del suelo y su estratigrafía. Asimismo, se carece de información oceanográfica detallada, por lo que se utilizarán valores referenciales para los cálculos.

Los criterios de diseño para estructuras marinas deben establecerse tras una cuidadosa evaluación de diversos requisitos operativos y ambientales. Estos incluyen:

- a) Dimensiones y configuración de la estructura.
- b) Elevación de la cubierta.
- c) Profundidad del agua.
- d) Cargas de la cubierta.
- e) Cargas de atraque, considerando el diseño de embarcaciones y sus ángulos de aproximación.
- f) Cargas de amarre, que involucran viento, oleaje, corrientes y acciones de otras embarcaciones.
- g) Requisitos de vida útil y durabilidad.
- h) Materiales y métodos de construcción.
- i) Tensiones permitidas y factores de seguridad.
- j) Cumplimiento de códigos y normas aplicables.

La exposición de un sitio a las condiciones del viento y el mar influye significativamente en el diseño de las estructuras. Históricamente, los muelles se

ubicaban en puertos naturales protegidos, pero la construcción de terminales marinas ha aumentado en áreas más expuestas debido al uso de buques de calado profundo.

Además, los grandes proyectos portuarios requieren estudios previos exhaustivos, que incluyen monitoreo y análisis de información meteorológica, oceanográfica, geotécnica y geofísica, antes de proceder al diseño de la estructura.

El procedimiento de diseño de un puerto se puede dividir en las siguientes actividades clave:

- a) Establecimiento de criterios de diseño: Se consideran las cargas ambientales y operativas, su probabilidad de ocurrencia, y la fiabilidad estructural, que se mide mediante factores de seguridad y esfuerzos permisibles.
- b) Determinación de la configuración estructural óptima: Implica la evaluación preliminar de alternativas estructurales y métodos de construcción.
- c) Cálculo de fuerzas para condiciones de diseño: Se incluyen combinaciones de cargas normales a corto plazo y cargas extremas a largo plazo.
- d) Determinación de la respuesta estructural: Consiste en un análisis preliminar de elementos estructurales y disposiciones hasta lograr una estructura óptima, considerando la retroalimentación de cargas dinámicas y respuestas estructurales.
- e) Comparación de respuestas estructurales con criterios de servicio: Se asegura el cumplimiento de requisitos mínimos de seguridad y se verifica la rentabilidad del diseño.

Las olas oceánicas se originan principalmente por la acción del viento sobre el agua, generando un proceso complejo que da lugar a ondas de diversas alturas, longitudes y períodos, que viajan en múltiples direcciones. Tras su formación, estas olas pueden recorrer grandes distancias, disminuyendo en altura pero manteniendo su longitud de onda y período. En las zonas de tormenta, la energía de las olas de alta frecuencia se disipa y se transfiere a frecuencias más bajas, afectando el estado del mar. Las olas de baja frecuencia, que viajan más rápido, producen condiciones de

oleaje más regulares en comparación con las olas de tormenta, que son más irregulares.

Al acercarse a la costa, las olas experimentan cambios en su altura y longitud debido a la refracción y finalmente rompen en la orilla, entrando en la zona de surf. En esta zona, se producen transformaciones complejas, que incluyen la generación de corrientes costeras y el transporte de sedimentos de playa.

La estructura del muelle estará sujeta a dos tipos de cargas: operacionales y ambientales.

### **1. Cargas Operacionales: Incluyen:**

- Peso propio de los elementos estructurales.
- Carga muerta, que abarca elementos no estructurales.
- Carga viva, que incluye cargas distribuidas y móviles como vehículos y grúas.
- Cargas laterales provocadas por el atraque y amarre de buques.

### **2. Cargas Ambientales: Comprenden:**

- Cargas por viento, sismos, corrientes y oleaje, así como la degradación de materiales.
- Las cargas de olas son dinámicas, pero en profundidades de interés pueden tratarse como cargas estáticas equivalentes. El método de cálculo de estas cargas depende de la relación entre el diámetro (D) y la longitud de onda (L):
  - Para  $D/L \leq 0.2$  /  $L \leq 0.2D$ : se utilizan las ecuaciones de Morison.
  - Para  $D/L > 0.2$  /  $L > 0.2D$ : se aplican teorías de difracción.
  - Para  $D/L > 1.0$  /  $L > 1.0D$ : se consideran condiciones de reflexión pura.

Se utiliza la ecuación de Morison para calcular la carga sobre pilotes individuales en estructuras marítimas, considerando factores como el peso específico del agua, la aceleración de la gravedad y los coeficientes de arrastre e inercia.

La energía de ataque, generada por el movimiento de un buque hacia la estructura de amarre, debe ser disipada mediante un sistema de defensa diseñado según las propiedades del buque. Este sistema reduce las fuerzas inherentes y contrarresta el movimiento, con su eficacia medida por una ecuación que incorpora varios coeficientes relacionados con la geometría del buque y el sistema de defensa.

Se analizarán dos alternativas para el diseño del muelle, cada una con diferentes configuraciones estructurales, principalmente en su subestructura:

- Alternativa A: Utiliza pilotes metálicos tubulares que se hincan en el suelo hasta alcanzar 2 metros de empotramiento en el estrato de roca. Además, los pilotes están arriostrados junto al pilote inmediato.
- Alternativa B: Consiste en pilotes pre-barrenados que se elevan hasta la altura media del mar. Estos pilotes se funden en un cabezal, sobre el cual se instalan dos pilas que soportan las vigas. Al igual que en la Alternativa A, los pilotes están empotrados 2 metros en la roca.

El estudio batimétrico, realizado por el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), proporciona información sobre la batimetría de la zona de Posorja y determina el nivel medio del mar en el sector. Dado que no existe un estudio geotécnico específico para la futura ubicación del muelle, se utilizará información de un estudio realizado 1 km aguas arriba en el actual puerto de aguas profundas de Posorja (DP-World) por la consultoría Grupo Vera & ASOC. Este estudio indica que la mayoría de los ensayos revelan la presencia de un suelo limo-arcilloso, y a 100 metros de la costa, las estructuras se verían más afectadas por este tipo de suelo. El estrato subyacente al suelo limo-arcilloso está compuesto por limolita, que es una roca sedimentaria.

El texto de los autores abordó el diseño de losas macizas, destacando varios aspectos clave:

1. Espesor mínimo: Las losas se consideran como vigas flexionadas cuando la longitud del vano es mayor que cuatro veces el peralte de la losa. De lo contrario, su comportamiento se asemeja al de un muro sometido a momentos internos. La normativa española ROM 2.0 -11 recomienda que el espesor de las losas para plataformas de atraque y amarre sea igual o mayor que las dimensiones transversales del apoyo (pilote) para prevenir el refuerzo por punzonamiento.
2. Secciones críticas: La ACI 318-14S indica que se debe considerar una expansión de la sección crítica igual a la mitad del diámetro del apoyo.
3. Análisis estructural: Se propone modelar la losa como un muro en software de análisis de elementos finitos, que incluye definir la cuadrícula, materiales, modelado y asignación de cargas.
4. Resultados de momentos y fuerzas internas: Utilizando software, se determinan los momentos máximos en direcciones X y Y, analizando el momento interno generado por cargas laterales y gravitacionales.
5. Refuerzo de losa maciza: Se calcula a través de iteraciones utilizando fórmulas que consideran el momento interno actuante, el peralte de la losa y el ancho del elemento.
6. Comprobación por punzonamiento: El punzonamiento se refiere al esfuerzo tangencial causado por cargas localizadas en superficies pequeñas, generalmente en pilares o cimentaciones. Se presentan fórmulas para determinar el esfuerzo y el valor crítico de punzonamiento según la normativa ACI 318-14S, así como parámetros para columnas o pilotes circulares.

El texto enfatiza la importancia de seguir las normativas adecuadas y realizar análisis estructurales detallados para garantizar la seguridad y funcionalidad de las losas macizas en estructuras de construcción.

## 2.1 Marco Legal

Particularmente los artículos en los que se contempla la ejecución de actividades portuarias en el país:

Art. 261.- El Estado central tendrá competencias exclusivas sobre:

10. El espectro radioeléctrico y el régimen general de comunicaciones y telecomunicaciones; puertos y aeropuertos.

Art. 314.- El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley.

El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación.

Art. 394.- El Estado garantizará la libertad de transporte terrestre, aéreo, marítimo y fluvial dentro del territorio nacional, sin privilegios de ninguna naturaleza. La promoción del transporte público masivo y la adopción de una política de tarifas diferenciadas de transporte serán prioritarias. El Estado regulará el transporte terrestre, aéreo y acuático y las actividades aeroportuarias y portuarias.

Así mismo, se toma en consideración lo dispuesto en Ley de Régimen Administrativo Portuario Nacional (1976), donde se establece lo siguiente:

Art. 1.- Los puertos de la República del Ecuador contarán para su administración, operación y mantenimiento como Autoridades Portuarias, organizadas como entidades de derecho público, personería jurídica, patrimonio y fondos propios, y sujetas a las disposiciones de la Ley General de

Puertos, de la presente Ley, y a las normas generales o especiales que afecten su vida administrativa.

Art. 2.- Las Autoridades Portuarias ejercerán su jurisdicción exclusivamente sobre las zonas portuarias que se hubieren determinado mediante Ley; correspondiendo al Consejo Nacional de la Marina Mercante y Puertos delimitar el área de dicha jurisdicción.

Art. 3.- Son fines específicos de las Autoridades Portuarias, dentro de sus respectivas jurisdicciones, planear, construir, mejorar, financiar, administrar y mantener los terminales marítimos y fluviales a su cargo; sujetándose en cada caso, a las limitaciones de la Ley.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Enfoque de la Investigación**

Según Arias & Cangalaya (2021), la investigación se desarrolló de acuerdo con un enfoque mixto, el cual según lo manifestado “El diseño de investigación de métodos mixtos incluye diseños de investigación cuantitativa y cualitativa”. Por lo tanto, se puede decir que los estudios de carácter mixto proporcionan información complementaria, necesaria para esclarecer las interrogantes de investigación y obtener directrices que permitan orientar una propuesta de solución al problema identificado.

En este caso en particular, no solo se requirió obtener información por parte de quienes actualmente laboran en el terminal portuario Fertisa, cuyos datos fueron procesados de forma cuantitativa (estadística) para establecer tendencias con respecto a la percepción de este personal sobre las necesidades del análisis de rehabilitación estructural del muelle del terminal; así mismo, se buscó obtener información cualitativa referente a las condiciones en las que se encuentra el muelle a partir de una observación in situ, a fin de identificar qué áreas necesitan ser mejoradas.

#### **3.2 Alcance de la Investigación**

Según Hernández & Coello (2020), la investigación se desarrolló por medio de un alcance de investigación exploratorio y descriptivo. Los estudios exploratorios se llevan a cabo cuando la disponibilidad de la información concerniente al problema de estudio es limitada o no se encuentra actualizada, por lo tanto permite recopilar datos preliminares para describir con mayor claridad la situación problemática, así como también brinda datos sobre aspectos generales relacionados con el tema. En cuanto al estudio descriptivo, permite abordar de manera más profunda la situación de análisis, proporcionando información concerniente a las percepciones, opiniones y/o

características de los sujetos que forman parte de la investigación o de la situación en particular que se pretenda analizar.

Por lo tanto, a partir del estudio exploratorio se obtuvo información preliminar con relación a la importancia de los puertos para el desarrollo del comercio exterior en el Ecuador, así como también las necesidades de mantener operativas cada una de las áreas. Por otra parte, mediante la investigación descriptiva se recopiló información más específica relacionada con las opiniones del personal de terminal portuario Fertisa y de las condiciones en que se encuentra actualmente el muelle.

### **3.3 Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos**

A partir de los aspectos previamente establecido, se determinó que, para el cumplimiento de los objetivos investigativos planteados inicialmente, las técnicas e instrumentos utilizados para recopilar la información serían las siguientes:

#### **3.3.1 Observación**

Se caracteriza por permitir obtener información a partir de como su nombre lo indica, visualizar cuales son las condiciones actuales del entorno objeto de estudio. En este caso, a través de esta técnica, fue posible diagnosticar las condiciones en las que se encuentra actualmente el terminal portuario Fertisa, a través de un estudio de campo.

##### **3.3.1.1 Instrumento Guía de Observación**

Se diseñó una ficha de observación a partir de las variables más destacables respecto al objeto de estudio que, en este caso particular, permitieron evaluar cuál es el estado actual del terminal portuario, para con base a esto diseñar el plan de rehabilitación estructural del muelle.

**Tabla 2**

## Guía de observación

Técnica Observación						
<b>Observadores:</b>		ELBA ELIZABETH JARA RAMÍREZ, SMITH FRANKLIN CABRERA LUZURIAGA				
<b>Fecha</b>		15 de julio de 2024				
Criterio	Descripción	SI	NO	N/A	Observaciones	Registro Fotográfico (número de anexo)
Estado físico de la infraestructura	Signos de deterioro superficial					
	Signos de deterioro profundo					
Actividades humanas	Tránsito pesado					
	Atención al cuidado					
	Mantenimiento					

Elaborado por: Cabrera & Jara, (2024)

La guía contiene una serie de criterios y casillas a modo de checklist para recopilar datos cuando se detecte un cambio en alguno de los criterios.

### 3.3.2 Encuesta

Esta se caracteriza por permitir recopilar información de manera precisa sobre una situación en particular, estableciendo para ello interrogantes preferiblemente cerradas y con opciones múltiples. En este caso particular, se aplicó la encuesta al personal del terminal portuario Fertisa, lo que permitió reconocer sus requerimientos y necesidades para optimizar su labor en relación con la funcionalidad que deberá tener el análisis de rehabilitación estructural del mismo.

#### 3.3.2.1 Instrumento Cuestionario

El cuestionario como instrumento se elabora por lo general con interrogantes cerradas para que al momento de tabular la información sea mucho más eficiente el proceso. En el presente caso, se diseñó el cuestionario con alternativas múltiples y bajo la escala de Likert, considerando interrogantes que permitieron determinar las especificaciones técnicas y recursos requeridos por el personal de este terminal al momento de realizarse la rehabilitación estructural.

**Tabla 3**

Diseño del cuestionario de la encuesta

Técnica Ecnuesta	SI	NO	Poco	Normal	Mucho	Bueno	Regular	Malo
¿Ha notado usted algún signo de deterioro en la estructura general del muelle?								
¿En qué nivel ha notado algún signo de deterioro en la estructura general del muelle?								
¿Considera que la maquinaria pesada que labora en el muelle podría comprometer la estructura del muelle?								
¿Cree usted que sea necesario renovar la estructura de muelle?								
¿Cree usted que exista algún problema de la estructura que impida la operación parcial o total del muelle?								
¿Cómo calificaría usted el estado en general del muelle?								

Elaborado por: Cabrera &amp; Jara, (2024)

Se realizaron preguntas cerradas de respuestas monosílabas dado que el efecto de este instrumento es recolectar estadísticas.

### 3.3.3 Técnica Entrevista

La entrevista es una técnica que se caracteriza por ser mucho más formal, esto debido a que se suele considerar a un público con conocimiento más extenso y vasto e inclusive técnico sobre un tema en particular según Silva (2021). Por ello, se consideró aplicar una entrevista a tres expertos en ingeniería, industria y construcción, quienes aportaron con sus conocimientos sobre el análisis de rehabilitación estructural del muelle y las especificaciones técnicas y recursos requeridos para el mismo.

#### 3.3.3.1 Instrumento Cuestionario

El guion de preguntas se caracteriza contar con interrogantes abiertas, para que los entrevistados puedan explayarse en cada una de las respuestas, lo cual representa un mayor nivel de detalle para el presente caso, y el análisis de rehabilitación estructural del muelle del terminal portuario Fertisa de la ciudad de Guayaquil.

**Tabla 4**

Diseño del cuestionario de la entrevista

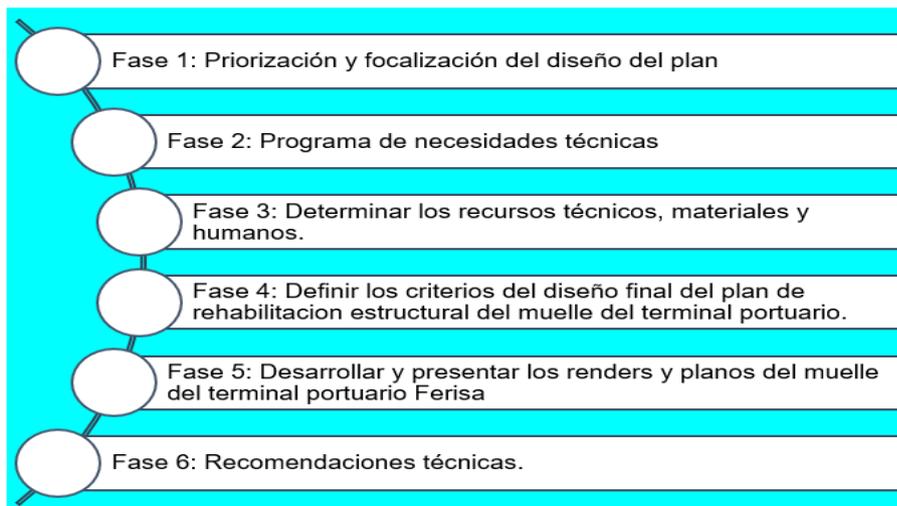
Técnica Entrevista		
Entrevistado	Preguntas	Respuestas
	¿Qué signos de deterioro en la estructura de un muelle consideraría usted que son suficientes para recomendar una rehabilitación estructural?	_____
	¿Cómo influye en la estructura de un muelle el periodo de retorno de mareas?	_____
	¿Cuál sería el procedimiento para rehabilitar la estructura general de un muelle?	_____
	¿Cuál sería el procedimiento para rehabilitar la infraestructura de la cimentación de un muelle?	_____
	¿Tiene usted alguna idea de la cifra monetaria que se requiera para ejecutar la rehabilitación general de la estructura de un muelle?	_____
	¿Bajo esa misma cifra se podría construir un muelle nuevo desde cero?	_____

Elaborado por: Cabrera & Jara, (2024)

Se diseñaron preguntas abiertas para que el entrevistado pueda expresar de forma libre su opinión basada en sus experiencias.

**Figura 10**

Actividades para ejecutar



Elaborado por: Cabrera & Jara, (2024)

Hoja de ruta para realización de actividades a desarrollar en la planificación del proyecto.

### 3.4 Población y Muestra

La población dentro de proyectos de investigación es aquella unidad de análisis hacia la cual se aplican las técnicas de recolección de datos respectivas y así responder parte de los objetivos de investigación de acuerdo a Campos (2021). Por ello, a partir del objeto de estudio definido, la población en este caso estuvo conformada por los trabajadores actuales del terminal portuario Fertisa y que, de acuerdo a la nómina proporcionada previamente, son un total de 80. De igual manera tal como se estableció previamente, se trabajó con tres expertos en ingeniería, industria y construcción.

En lo que respecta a la muestra, partiendo de la base actual de los trabajadores del terminal portuario Fertisa, se determina que se aplicó el cálculo de la fórmula sobre la población de 80 trabajadores de la nómina de Fertisa.

- Nivel de confianza (Z): 95% (1.96)
- Error muestral (e): 5%
- Probabilidad de éxito (p): 50%
- Probabilidad de fracaso (q): 50%
- Población (N): 80

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2 (N - 1) + (p)(q)(Z)^2}$$

$$n = \frac{1.96^2 * 0.50 * 0.50 * 80}{0.05^2 (80 - 1) + (0.50)(0.50)(1.96)^2}$$

$$n = \frac{3,8416 * 0.50 * 0.50 * 80}{0.0025 (79) + (0.50)(0.50)(3,8416)}$$

$$n = \frac{3,8416 * 0.50 * 0.50 * 80}{0,1975 + 0,9604}$$

$$n = \frac{768.320}{1,1579}$$

$$n = 67$$

- Ecuación y cálculo de la cantidad de encuestados en la muestra.

Por lo tanto, se terminó que la población de trabajadores a los que se encuestó fue de 67 trabajadores. Esto permitió determinar que el tipo de muestreo a considerarse fue aleatorio simple y por conveniencia, dado a que se trabajará con el personal que tenga la disponibilidad de participar en la encuesta en el momento en que esta se esté ejecutando.

**CAPÍTULO IV**  
**PROPUESTA O INFORME**

**4.1 Presentación y análisis de resultados**

**4.1.1 Resultados de Observación**

**Tabla 5**  
Resultados Guía de Observación

<b>Técnica Observación</b>						
<b>Observadores:</b>		ELBA ELIZABETH JARA RAMÍREZ, SMITH FRANKLIN CABRERA LUZURIAGA				
<b>Fecha</b>		15 de julio de 2024				
<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>N/A</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Registro Fotográfico (número de anexo)</b>
Estado físico de la infraestructura	Signos de deterioro superficial	✓			Se constató el estado de la capa superficial de pavimento la cual presentaba signos de deterioro	16,17, 18, 19, 20, 21, 31, 32
	Signos de deterioro profundo	✓			Se detectó un empozamiento considerablemente grande	18
Actividades humanas	Tránsito pesado	✓			Se lograron observar en actividad vehículos de tránsito pesado y extre pesado	2, 3, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16,
	Atención al cuidado		✓		Existe algunos signos de falta de atención al cuidado e incluso alguno que atenta contra la seguridad industrial y salud ocupacional	9, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29
	Mantenimiento		✓		Se pudo observar señalética vetusta lo cual fue un signo claro de falta de mantenimiento	22, 26, 27

Elaborado por: Cabrera & Jara, (2024)

#### **4.1.1.1 Análisis de la Observación**

En general la infraestructura del pavimento se presentó como vetusta y aunque presumiblemente se haya diseñado para soportar las cargas generadas por el tránsito pesado y extrapesado que se detectó, superficialmente empieza evidenciarse cedencia. El pavimento presente fue de tipo semirrígido, específicamente de adoquín, lo cual indicó que los bloques confinados de este tipo de pavimento deben tener una resistencia nominal entre 29.4 MPa a 3.92 MPa las cuales son los valores en los que oscila la resistencia de los adoquines para tránsito. Sin embargo, se logró constatar que estos, al menos superficialmente, ya presentaban signos de fractura.

En cuanto al deterioro profundo, se logró identificar una zona de empozamiento de agua con un tamaño considerable. Este empozamiento puede deberse a distintas causas en general, sin embargo, teniendo en cuenta el tránsito pesado y extrapesado al cual está sometido el pavimento, puede deberse a un asentamiento en las capas de la estructura del pavimento. Esto sin duda es un indicador visual claro de un probable daño más profundo.

Existieron otros signos de deterioro como la propia desatención al cuidado con una espesa capa de grasa mezclada con polvo y arena sobre ciertas zonas del muelle. Además de una pequeña estructura de horamen que vulnera genera una condición subestándar por su tamaño y baja visibilidad. Por otro lado, la falta de mantenimiento fue notoria al detectar vestigios de señalética horizontal y nada barandales dispuestos en el límite perimetral del muelle. Todo esto vulnera evidentemente las condiciones de seguridad y salud ocupacional considerando que existe tránsito peatonal a lo largo de toda la estructura del muelle.

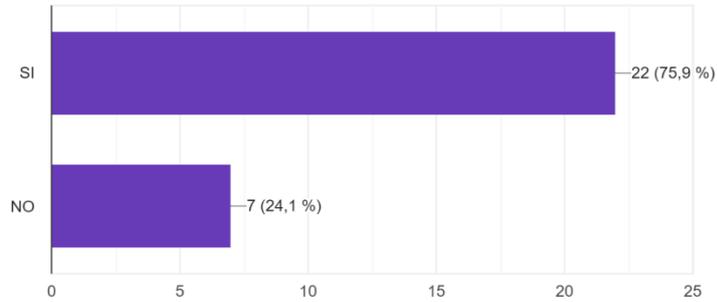
## 4.1.2 Resultados de Encuesta

**Figura 11**

Resultados pregunta 1

¿Ha notado usted algún signo de deterioro en la estructura general del muelle?

29 respuestas



Elaborado por: Cabrera & Jara, (2024)

### 4.1.2.1 Análisis de Resultados a Pregunta 1

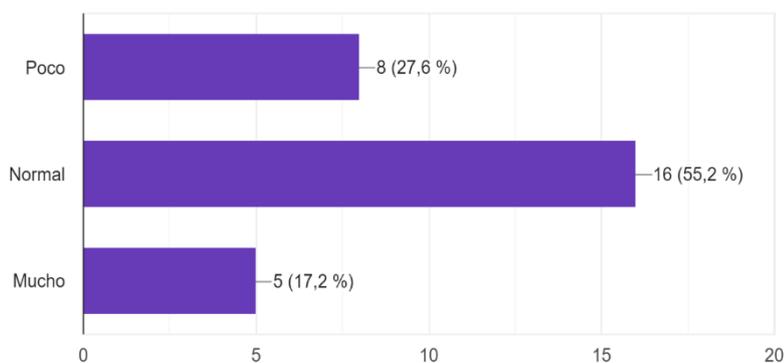
De acuerdo con aproximadamente las tres cuartas partes del personal encuestado han sido testigos de signos de deterioro. Esto es un indicador que valida el primer punto a tomar en cuenta el cual es el alcance de los daños. Con esto los daños pasan a tener un alcance visual en primera instancia.

**Figura 12**

Resultados pregunta 2

¿En qué nivel ha notado algún signo de deterioro en la estructura general del muelle?

29 respuestas



Elaborado por: Cabrera & Jara, (2024)

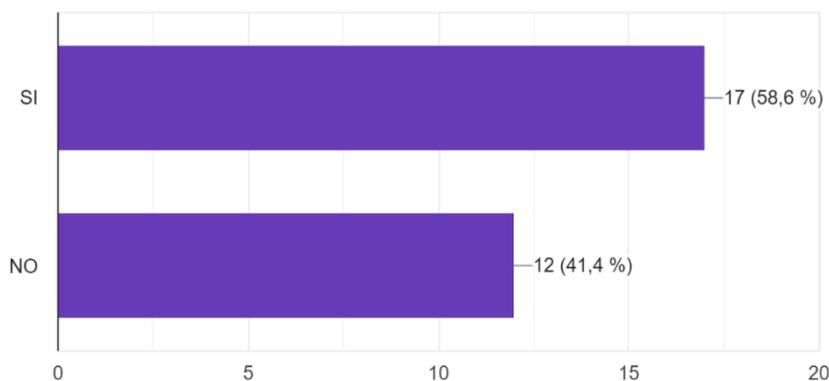
#### 4.1.2.2 Análisis de Resultados a Pregunta 2

En estos resultados, la mitad de los encuestados coinciden en que el nivel del deterioro es normal. Esto sugiere que gran parte de este deterioro se debe al proceso de reducción de la vida útil de las estructuras con el paso del tiempo más que por la mera acción de origen humano.

**Figura 13**  
Resultados pregunta 3

¿Considera que la maquinaria pesada que labora en el muelle podría comprometer la estructura del muelle?

29 respuestas



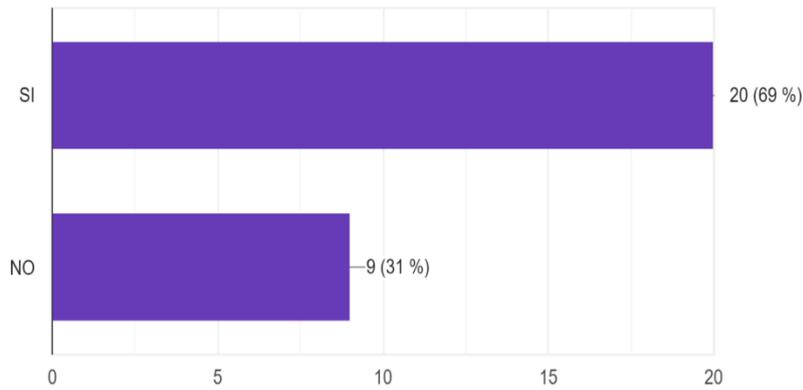
Elaborado por: Cabrera & Jara, (2024)

#### 4.1.2.3 Análisis de Resultados a Pregunta 3

En estos resultados, las perspectivas están divididas casi equitativamente, aunque la balanza se inclina un poco hacia una perspectiva de que sí es posible que la maquinaria termine afectando a la estructura. Es muy probable que los encuestados consideren que el diseño del muelle haya cumplido su vida útil.

**Figura 14**  
Resultados pregunta 4

¿Cree usted que sea necesario renovar la estructura de muelle?  
29 respuestas



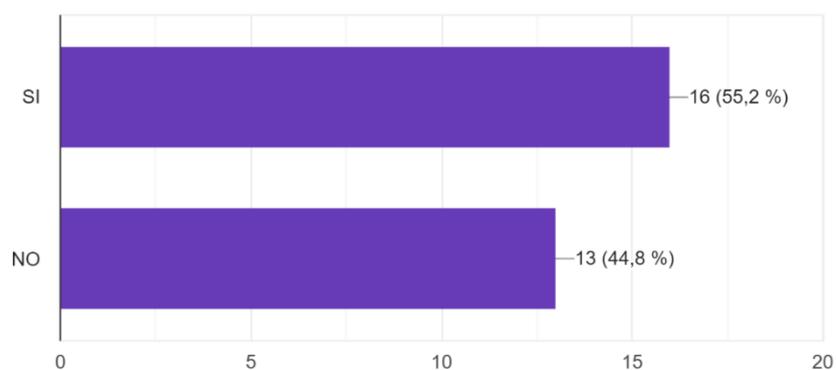
Elaborado por: Cabrera & Jara, (2024)

#### 4.1.2.4 Análisis de Resultados a Pregunta 4

Una gran parte de los encuestados consideraron que sí era necesaria la renovación de la estructura, lo cual fue un indicativo de la percepción del alcance de los daños sobre los operadores.

**Figura 15**  
Resultados pregunta 5

¿Cree usted que exista algún problema de la estructura que impida la operación parcial o total del muelle en un futuro?  
29 respuestas



Elaborado por: Jara & Cabrera, (2024)

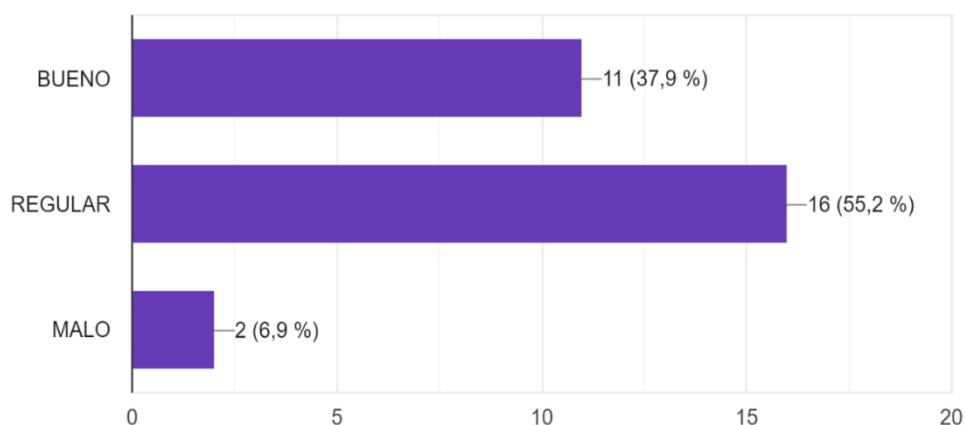
#### 4.1.2.5 Análisis de Resultados a Pregunta 5

En esta ocasión, los resultados demostraron una división casi equitativa de los puntos de vista. Sin embargo, la tendencia a que la estructura ha sufrido el pasar del tiempo y la acción humana como para requerir una renovación.

**Figura 16**  
Resultados pregunta 6

¿Cómo calificaría usted el estado en general del muelle?

29 respuestas



Elaborado por: Cabrera & Jara, (2024)

#### 4.1.2.6 Análisis de Resultados a Pregunta 6

En este punto, los resultados ya han mostrado que, pese a tener un punto de vista regular o normal sobre el alcance de los daños, los operarios consideraron que una renovación estructural puede generar beneficios para el estado actual del muelle.

### 4.1.3 Resultados de la Entrevista

#### 4.1.3.1 Mgtr. Luis Villavicencio

Figura 17

Entrevista al especialista estructural Mgtr. Luis Villavicencio



Elaborado por: Cabrera & Jara, (2024)

El profesor e Ing. Civ. Luis Villavicencio realizó una breve reseña basada en las preguntas de la entrevista a las cuales respondió de forma abierta según su criterio.

**1. ¿Qué signos de deterioro en la estructura de un muelle consideraría usted que son suficientes para recomendar una rehabilitación estructural?**

Existen algunos, por ejemplo:

- Si se encuentra algo de deflexión que pueda llevar a problemas de funcionamiento.
- También si hay niveles considerables de fisuración que puedan comprometer la integridad de la estructura.

- Signos de carbonatación del hormigón porque los muelles son estructuras que van a estar sometidas a ciclos de marea, es decir, de subida y bajada de agua. Estas estructuras quedan expuestas a partes húmedas con salinidad y otra parte a la intemperie.

## **2. ¿Cómo influye en la estructura de un muelle el periodo de retorno de mareas?**

Como en cualquier análisis que se pueda realizar, a mayor tiempo de periodo de retorno, se tiene mayor influencia y mayores probabilidades de suceso de un evento particularmente intenso de mareas.

## **3. ¿Cuál sería el procedimiento para rehabilitar la estructura general de un muelle?**

El procedimiento para rehabilitar un muelle va a depender meramente de las patologías que existiesen. Por lo general, las patologías que pueden existir son carbonatación, deflexiones y fisuras. Entonces, en términos generales, a las fisuras tratarlas hasta donde puedan ser reparadas. En el caso de la carbonatación tratarla con aditivos pasivos para evitar la propagación y si hubiere patologías muy complejas llegaría la hora de ir pensando en la demolición. y/o reconstrucción.

## **4. ¿Cuál sería el procedimiento para rehabilitar la infraestructura de la cimentación de un muelle?**

Lo mismo que en la anterior pregunta, pero la cimentación puede tener dos problemas: asentamientos o círculos de falla en la geotecnia. Entonces, si hay asentamientos habría que buscar una metodología que solucione o evite el asentamiento y recuperar la forma; y si hay un problema de círculos sería igual, se podría hacer un encamisado para la ampliación de la cimentación. En el caso de que haya pilotes, habría que considerar la idea de aumentar pilotes.

## **5. ¿Tiene usted alguna idea de la cifra monetaria que se requiera para ejecutar la rehabilitación general de la estructura de un muelle?**

El presupuesto va a estar ligado a la incidencia, es decir, puede ser algo muy económico como, por ejemplo, resanar. Esto puede estar en el orden de entre \$4000

a \$5000, y si son más profundas estas rehabilitaciones podría llegar desde \$10000 a \$50000.

**6. ¿Bajo esa misma cifra se podría construir un muelle nuevo desde cero?**

Va a depender de los números y habría que analizarlo no solo desde la parte económica, sino también desde la funcionalidad porque si al rehabilitar un muelle existiera aún la incertidumbre de si se recuperase la funcionalidad, entonces si habría que pensar en hacer un muelle nuevo desde cero.

**4.1.3.2 Mgtr. María Parra**

**Figura 18**

Entrevista al especialista estructural Mgtr. María Parra



Elaborado por: Cabrera & Jara, (2024)

La profesora e Ing. Civ. María Parra realizó una breve reseña basada en las preguntas de la entrevista a las cuales respondió de forma abierta según su criterio.

**1. ¿Qué signos de deterioro en la estructura de un muelle consideraría usted que son suficientes para recomendar una rehabilitación estructural?**

Entre los más comunes puede estar la corrosión de los refuerzos y elementos metálicos, fisuras, asentamientos diferenciales, desgaste y erosión, daños por impacto y también la degradación de los mismos materiales.

## **2. ¿Cómo influye en la estructura de un muelle el periodo de retorno de mareas?**

El periodo de retorno indica la frecuencia de mareas altas extremas e influye considerablemente en el diseño y mantenimiento del muelle. Por ejemplo, durante mareas altas extremas la estructura del muelle se enfrenta a mayores fuerzas hidrodinámicas y presiones y eso puede causar erosión en la cimentación, sobrecargas en la estructura e incluso incremento en la corrosión.

## **3. ¿Cuál sería el procedimiento para rehabilitar la estructura general de un muelle?**

El procedimiento podría empezar por una inspección y evaluación para poder identificar el alcance de los daños. Luego, obviamente haría falta un estudio técnico que pueda determinar el origen de los daños y a su vez proponer soluciones.

Otra parte importante sería el plan de rehabilitación en donde se va a desarrollar una ruta de trabajo que considere los materiales y los métodos. Ya una vez concretados estos procesos se realizaría la preparación del sitio para comenzar la reparación estructural en donde se restaura o se reemplazan los elementos estructurales que pueden ser los pilotes, las vigas, las losas, etc.

Posteriormente, ya una vez aplicado todo esto se procedería a la protección anticorrosiva. En esta fase se aplicarían recubrimientos o tratamientos para evitar una corrosión en el futuro.

## **4. ¿Cuál sería el procedimiento para rehabilitar la infraestructura de la cimentación de un muelle?**

Bueno, con respecto a la cimentación el proceso sería básicamente el mismo que la rehabilitación general, pero habría que tener un enfoque más acentuado sobre los pilotes, por ejemplo, se podría introducir la idea de reforzar los que existen o en su defecto reemplazarlos de ser el caso. Otra técnica que existe también es la

inyección de lechada, es decir, inyectar lechada para rellenar los vacíos y estabilizar el suelo de soporte. Y claro, ya luego como en la pregunta anterior, aplicar una protección para daños futuros y realizar el respectivo monitoreo y mantenimiento.

**5. ¿Tiene usted alguna idea de la cifra monetaria que se requiera para ejecutar la rehabilitación general de la estructura de un muelle?**

En realidad, el presupuesto puede variar muchísimo y depende de algunos factores como, por ejemplo, habría que primero diagnosticar la extensión del daño y en base a ese diagnóstico proponer los materiales que sean necesarios. Entonces, ahí es donde empieza a funcionar la estimación de costos.

El tamaño del muelle también influiría, pero más que nada en determinar la complejidad de la estructura. El factor logístico también influiría en el presupuesto y por supuesto, la mano de obra.

**6. ¿Bajo esa misma cifra se podría construir un muelle nuevo desde cero?**

Se tendría que valorar primero que es más importante tanto económica como funcionalmente. Construir un muelle desde cero inevitablemente es mucho más caro que una rehabilitación, pero también depende de muchos factores. Uno de esos factores es la etapa de diseño porque un muelle nuevo quizás pueda necesitar diseño más avanzado. También está el asunto de los permisos y estudios.

Por otro lado, una rehabilitación bien puede aprovechar la infraestructura ya existente, es decir, partes desde algo ya construido y con estudios que lo sustentaron en su debido momento.

## **4.2 Propuesta**

De acuerdo con los resultados obtenidos se propuso un rediseño al muelle de Fertisa basado en dos ejes principalmente. El primero y el más crítico de acuerdo a las necesidades y condiciones actuales del muelle fue el eje estructural. Posteriormente, se desarrolló un eje de propuesta de carácter arquitectónico ya que, la perspectiva de la arquitectura incluye consideraciones sobre el propósito y la funcionalidad de una estructura.

### **4.2.1 Eje Estructural**

Según López (2021), buscó la rehabilitación estructural de un muelle que ha experimentado un deterioro significativo debido al ambiente marino y a un mantenimiento correctivo inadecuado a lo largo de sus 40 años de existencia. El objetivo fue aumentar su capacidad, productividad y prolongar su vida útil mediante reparaciones y refuerzos conforme a las normas establecidas vigentes en su medio. De acuerdo con el autor, en su obra se pasará del enfoque de un mantenimiento correctivo a uno preventivo.

El investigador sostuvo que se buscaron varios métodos para realizar las labores de reparación, entre esos, se ha considerado la hidrodemolición para demoler elementos de hormigón degradados, debido a su baja generación de polvo y ausencia de residuos tóxicos. Se establecerán medidas para evitar la caída de elementos sólidos o productos químicos al agua. Los productos utilizados fueron inocuos para el ambiente marino.

En dicho sentido, para la aplicación de las teorías del autor al objeto de estudio de la presente investigación se propusieron algunos morteros de alta resistencia para realizar las labores de resane del hormigón despostillado. A saber, los productos propuestos fueron:

## 4.2.1.1 Mortero para Reparación Estructural

Maxipatch 40 de la marca Intaco:

Figura 19

Ficha técnica Maxipatch 40 – Parte I

REPARACIÓN DE CONCRETO Y ANCLAJES

# MAXIPATCH® 40

Mortero para reparaciones estructurales de concreto

---

**DESCRIPCIÓN**

Maxipatch® 40 es un mortero sin contracción, de fraguado rápido, que desarrolla alta resistencia a temprana edad, especialmente formulado para reparar pisos y paredes de concreto y mampostería estructural en instalaciones comerciales e industriales, estructurales y no estructurales.

**EN**

- Concreto.
- Mampostería estructural.

**USOS**

- Reparaciones industriales de pisos, bodegas, talleres, parqueos, rampas.
- Reparaciones estructurales de muelles, andenes, columnas, vigas, muros, túneles.
- Reparaciones rápidas.
- Reparación de juntas, huecos, imperfecciones, grietas.

**VENTAJAS**

- Alta adherencia y resistencia a la tensión, compresión y flexión.
- Alta resistencia a temprana edad.
- Resistente a tránsito peatonal en 24 horas y tránsito con ruedas neumáticas en 72 horas.
- Fraguado inicial en aproximadamente 40 minutos.
- Coeficiente de expansión similar al del concreto.
- Apto para aplicaciones en horizontal, vertical o sobre-cabeza.
- Puede estar en contacto con agua potable.
- No encoge, no se fisura, no se corroe.
- Rápido de preparar, sólo agregue agua.
- Duradero, contiene arena de alta calidad y limpia. No contiene arena de mar ni de río.

**PRESENTACIONES DISPONIBLES**

Costa Rica / Nicaragua / Panamá	Ecuador
5 kg y 25 kg	5 kg
Gris	Gris

**RENDIMIENTO (L)**

Volumen producido	
Empaque de 5 kg	Saco de 25 kg
2,5 L	12,5 L

Este rendimiento es aproximado. Realice pruebas previas para estimar el rendimiento real en la obra.

**MODO DE EMPLEO**

**DOSIFICACIÓN DE AGUA**

Empaque	Costa Rica / Nicaragua / Panamá	Ecuador
Empaque 5 kg	0,8 L a 0,9 L	0,8 L a 0,9 L
Saco de 25 kg	3,8 L a 4,4 L	-

**PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE**

La superficie debe estar limpia, bien adherida y libre de polvo, aceite, grasa, cera, pintura eflorescencia y cualquier otro contaminante. Si la superficie supera los 30 °C, humedézcala con agua para bajar la temperatura. Para mejores resultados corte los bordes del parche en ángulo recto con la superficie. Lave con agua el área a trabajarse para retirar el material suelto y para humedecer la superficie, pero evite dejar empozamientos. Para imprimir el parche, utilice Maxicri® Industrial o prepare una lechada de Maxipatch® 40 con agua en una relación 1:1 por peso (1 kg de polvo por 1 litro de agua), y aplíquelo con un cepillo de cerda dura. Si requiere una adherencia estructural entre Maxipatch® 40 y la superficie, utilice Maxistik® 580-LPL como adhesivo. Coloque el mortero antes de que se seque el puente de adherencia o en los siguientes 15 minutos.

**MEZCLADO**

Agregue Maxipatch® 40 al agua limpia de acuerdo con el cuadro de dosificación de agua. Mezcle por 3 a 5 minutos hasta obtener un mortero plástico y homogéneo. Si utiliza un mezclador mecánico, debe ser de baja velocidad (400 rpm - 600 rpm). No prepare más material del que pueda colocar en los siguientes 15 minutos. En reparaciones mayores de 15 mm y hasta 20 mm de espesor, agregue al mortero un 40% de su peso en piedra de 6 mm.

**COLOCACIÓN**

Utilice una lana metálica para colocar el mortero y darle el acabado deseado. Trabaje el parche del centro hacia los bordes y evite ontrampar aire en el mortero. En el caso de reparaciones que requieran capas múltiples para alcanzar el espesor deseado, raye con la punta de la lana la capa inferior antes de colocar la siguiente. Para mejorar sus propiedades de adherencia, puede añadirle de 1 L a 2 L de Maxicri® en lugar de esa misma cantidad de agua.

**LIMPIEZA**

Limpe las herramientas con agua y jabón, luego de su uso.

**CURADO**

Mantenga húmedo Maxipatch® 40 al menos durante las primeras 24 horas luego de su fragua final. Procure extender el curado por 72 horas. En clima caliente, extienda el curado por 7 días.

www.INTACO.com

Fuente: Intaco, (2024)

Maxipatch® 40 es un mortero de fraguado rápido y sin contracción, diseñado para desarrollar alta resistencia en poco tiempo. Está especialmente formulado para reparar pisos y paredes de concreto y mampostería estructural en instalaciones comerciales e industriales, tanto en aplicaciones estructurales como no estructurales.

**Figura 20**  
Ficha técnica Maxipatch 40 – Parte II

### DATOS TÉCNICOS

Información		Costa Rica / Nicaragua / Panamá
Densidad húmeda		2,005 kg/L
Flujo ASTM C 1437		106%
Contenido aire ASTM C 231		10,2%
Contenido VOC		0,0 g/L
Contracción		0%
Fragua ASTM C 266	Inicial	40 min
	Final	98 min
Resistencia compresión ASTM C 109	1 día	17,2 MPa
	3 días	35,5 MPa
	7 días	40,4 MPa
	28 días	51,6 MPa
Resistencia flexión ASTM C 580	7 días	8,3 MPa
	28 días	8,9 MPa
Resistencia tensión ASTM C 307	7 días	2,2 MPa
	28 días	2,7 MPa

Estos datos técnicos corresponden con una mezcla de mortero sin piedra.

Espesores recomendados	
Mínimo	5 mm
Máximo sin piedra	15 mm
Máximo con piedra	20 mm

### CONTRIBUCIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE

Información de contribución con el medio ambiente	
Desvío del vertedero	Los empaques de INTACO están hechos de papel y/o plástico que pueden ser desviados del vertedero.
Materiales regionales	Lugar de extracción de los agregados y de fabricación del cemento gris (para morteros de color gris) están dentro de un radio de 804 km de la planta de fabricación.
Bajas emisiones de VOC	Contenido de VOC: 0,0 g/L (menos agua). Cumple con niveles VOC del South Coast Air Quality Management District. Pruebas bajo método de ASTM D6886-03.

### RECOMENDACIONES

El exceso de agua en la mezcla disminuye las propiedades mecánicas y la calidad del mortero. En condiciones climáticas adversas utilice cortinas o pantallas para evitar los rayos directos del sol y fuertes corrientes de viento. No utilice agua para mezclar con temperatura mayor de 20 °C. Aplique Maxipatch® 40 solamente entre 10 °C y 32 °C de temperatura ambiente.

### LIMITACIONES

No lo aplique sobre fisuras o rajaduras activas sin antes prever cualquier movimiento que pueda ocurrir. Maxipatch® 40 no debe utilizarse en áreas sujetas a vibración extrema, donde la temperatura de servicio exceda los 100 °C o donde haya peligro de estar en contacto con ácidos o álcalis.

### VIDA Y CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

La vida útil es de 12 meses en presentación de 5 kg y de 6 meses en presentación de 25 kg, a partir de la fecha de fabricación en su empaque original cerrado. Conserve el producto en un lugar fresco, seco, cerrado y bajo techo.

### PRECAUCIONES

Puede producir irritación o quemaduras en ojos, piel y vías respiratorias. Use equipo de protección personal adecuado. Ventile el área de uso.

Primeros auxilios:  
Contacto con ojos, lave con agua por 15 minutos. Ingestión, tome agua. Irritación de piel, problemas respiratorios o en caso de intoxicación, lleve al paciente al médico y aporte el empaque de este producto o la Ficha de Seguridad.

### GARANTÍA

INTACO garantiza que este producto está libre de defectos y que se desempeñará de la manera descrita en la hoja técnica, siempre y cuando se sigan las instrucciones de aplicación y recomendaciones del fabricante. INTACO repondrá el valor de compra de cualquier producto que se pruebe defectuoso. INTACO no se responsabiliza por daños indirectos, consecuentes o resultantes del mal uso del producto, negligencia o incumplimiento de las condiciones de la garantía. Los datos de dosificación y rendimientos son susceptibles de variación debido a las condiciones particulares de cada construcción. Es responsabilidad del cliente comprobarlos y definirlos en cada obra. INTACO se reserva el derecho de modificar la actual ficha técnica sin previo aviso.

Última versión: 2022-10-07



#### COSTA RICA

 clientes.cr@intaco.com  
 (506) 2205-3333

#### ECUADOR

 clientes.ec@intaco.com  
 (593) 1700-100-200

#### PANAMÁ

 clientes.pa@intaco.com  
 (507) 840-1200

#### NICARAGUA

 clientes.ni@intaco.com  
 (505) 2238-0120

Fuente: Intaco, (2024)

Instrucciones para preparar una superficie antes de aplicar un mortero. La superficie debe estar limpia y libre de contaminantes como polvo, aceite, grasa, cera o pintura. Si la temperatura de la superficie supera los 30 °C, debe humedecerse con agua para reducirla

#### 4.2.1.2 Mortero para Reparación Estructural

Sikrep EC de la marca Sika.

**Figura 21**

Ficha técnica Sikrep EC – Parte I



## HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO

# SikaRep® EC

MORTERO CEMENTICIO MONOCOMPONENTE PARA REPARACIÓN ESTRUCTURAL.

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaRep-EC, es un mortero tixotrópico de un sólo componente de alta calidad. Viene listo para usar y está fabricado en base a cemento, agregados naturales, sílica fume, fibras sintéticas y aditivos.

### USOS

SikaRep-EC es un mortero multipropósito con excelente trabajabilidad y propiedades tixotrópicas, utilizable en las siguientes aplicaciones:

- Reparación del hormigón.
- Reperfilado de estructuras.
- Recuperación de áreas deterioradas en superficies verticales u horizontales.

### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

SikaRep-EC proporciona las siguientes ventajas:

- Fácil de usar.
- Buena adherencia a la mayoría de los materiales usados en la construcción.
- Buena estabilidad dimensional.
- Módulo de elasticidad y coeficiente de expansión térmica, similar al hormigón.
- Altas resistencias a la compresión, flexión y tensión.
- Tiempo de vida del mortero fresco similar a la del mortero convencional.
- Buen acabado final.
- Fácil de colocar, incluso sobre cabeza.

### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	Sacos de 25 kg
Apariencia / Color	Polvo gris cemento
Vida en el recipiente	6 meses en su envase original bien sellado, bajo techo
Condiciones de Almacenamiento	
Densidad	2.1 kg/l aprox.
Tamaño máximo del grano	Máximo 2mm de diámetro

### INFORMACIÓN TÉCNICA

Resistencia a Compresión	Norma: ASTM C-109. 1 día 120 kg/cm <sup>2</sup> aprox. 3 días 250 kg/cm <sup>2</sup> 7 días 350 kg/cm <sup>2</sup> 28 días 400 kg/cm <sup>2</sup>
--------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Hoja Técnica de Producto  
SikaRep® EC  
Noviembre 2021, Versión 01.02  
020302040030000119

1 / 3

Fuente: Sika, (2024)

SikaRep-EC, es un mortero tixotrópico de un sólo componente de alta calidad. Viene listo para usar y está fabricado en base a cemento, agregados naturales, sílica fume, fibras sintéticas y aditivos.

## Figura 22

### Ficha técnica Sikarep EC – Parte II

Consistency	Plástica y tixotrópica
Tiempo de Aplicación	1 hora a 20°C

#### NOTAS

Los usuarios deben referirse siempre a la versión local más reciente de la Hoja Técnica del Producto cuya copia será suministrada al ser solicitada.

#### LIMITACIONES

La temperatura mínima de aplicación es de 5 °C. La superficie final de la aplicación del SikaRep-EC, debe mantenerse húmeda y protegida de la acción directa de los rayos solares y del aire.

#### ECOLOGIA, SALUD Y SEGURIDAD

#### INSTRUCCIONES DE APLICACION

##### CALIDAD DEL SUSTRATO PRE-TRATAMIENTO

##### Preparación de la superficie

La superficie deberá estar sana, limpia y exenta de grasa o aceites. Si la superficie de hormigón es muy lisa deberán volverla rugosa, mediante procedimientos mecánicos.

Antes de proceder a aplicar el SikaRep-EC, la superficie debe ser saturada con agua, evitando los empozamientos, ya que esto disminuye la adherencia.

##### Preparación del producto

Mezclar un saco de polvo de 25 kg con 4.5 a 5 litros de agua con mezclador mecánico de bajas revoluciones o a mano, hasta conseguir una mezcla homogénea.

##### APLICACIÓN

SikaRep-EC puede ser aplicado con bailejo en reparaciones pequeñas o mediante lanzado con máquina en áreas grandes. Las capas no deben sobrepasar los 2 cm de espesor. Para un mejor acabado, use una llana metálica o una esponja húmeda. Las herramientas tiene que lavarlas con agua, antes que el producto haya endurecido.

#### RESTRICCIONES LOCALES

Este producto puede variar en su funcionamiento o aplicación como resultado de regulaciones locales específicas. Por favor, consulte la hoja técnica del país para la descripción exacta de los modos de aplicación y uso.

#### NOTAS LEGALES

La información, y en particular las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos Sika, se proporcionan de buena fe, con base en el conocimiento y la experiencia actuales de Sika sobre los productos que han sido apropiadamente almacenados, manipulados y aplicados bajo condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones actuales de las obras son tales, que ninguna garantía con respecto a la comercialidad o aptitud para un propósito particular, ni responsabilidad proveniente de cualquier tipo de relación legal pueden ser inferidos ya sea de esta información o de cualquier recomendación escrita o de cualquier otra asesoría

Hoja Técnica de Producto  
SikaRep® EC  
Noviembre 2021, Versión 01.02  
020302040030000119

2 / 3

Fuente: Sika, (2024)

BUILDING TRUST



SikaRep-EC proporciona las siguientes ventajas:

- Fácil de usar.
- Buena adherencia a la mayoría de los materiales usados en la construcción.
- Buena estabilidad dimensional.
- Módulo de elasticidad y coeficiente de expansión térmica, similar al hormigón.
- Altas resistencias a la compresión, flexión y tensión.

Aparte de una línea de morteros, también se propusieron artículos para la rehabilitación en un sentido geotécnico, especialmente considerando la existencia de empozamientos que evidencian probables fallas en las estructuras del pavimento. Por ello, para estabilizar dicha estructura se cuenta con una línea de mortero expansivos para inyección:

**Figura 23**  
 Ficha técnica de Maxigrout – Parte I



REPARACIÓN DE CONCRETO Y ANCLAJES

**MAXIGROUT®**

Mortero expansivo superfluido para inyección

---

**DESCRIPCIÓN**

Maxigrout® es un mortero expansivo, no metálico, superfluido, que desarrolla alta resistencia a temprana edad, especialmente formulado para inyecciones y para ser bombeado en sistemas de cables de acero de difícil acceso, en concreto.

**USOS**

- Inyección en ductos con cables de acero pre y post tensados.
- Reparaciones estructurales de columnas, vigas.
- Inyección en roca para la estabilización de suelos.
- Anclaje de pernos.
- Reparación de pequeñas fisuras, grietas.

**VENTAJAS**

- Consistencia superfluida para ser inyectado o bombeado.
- Máximo anclaje al acero, excelente transmisión de esfuerzos.
- No exuda, no se segrega.
- Expansión controlada hasta 0,3%, asegura una mayor área de contacto con la superficie.
- Alta resistencia a temprana edad.
- Relleno resistente a movimientos debidos a cambios de temperatura y humedad.
- No se fisura, no se corroe.
- No contiene partículas ferrosas.
- No contiene cloruros.
- Interiores y exteriores.
- Rápido de preparar, sólo agregue agua.
- Duradero, contiene arena de alta calidad y limpia. No contiene arena de mar ni de río.
- Cumple la norma ASTM C 1107 Grados A, B y C.

**PRESENTACIONES DISPONIBLES**

Costa Rica / Nicaragua / Panamá	Ecuador
5 kg y 25 kg Grs	20 kg Grs

**RENDIMIENTO (L)**

Volumen producido		Costa Rica / Nicaragua / Panamá	Ecuador
5 kg	25 kg	3,6 L	20 kg
		18 L	13 L

Estos rendimientos son aproximados. Realice pruebas previas para estimar el rendimiento real en la obra.

**MODO DE EMPLEO**

**DOSIFICACIÓN DE AGUA**

Empaque	Costa Rica / Nicaragua / Panamá	Ecuador
Bolsa de 5 kg	1,8 L a 1,9 L	-
Saco de 20 kg	-	6,8 L a 7,2 L
Saco de 25 kg	9,0 L a 9,5 L	-

**PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE**

La superficie que vaya a estar en contacto con Maxigrout® debe estar limpia, bien adherida y libre de polvo, aceite, grasa, cera, pintura, eflorescencia y cualquier otro contaminante. Humedezca la superficie antes de inyectar el producto, pero elimine los empozamientos.

**MEZCLADO**

Agregue el polvo al agua limpia de acuerdo con el cuadro de dosificación de agua para la consistencia deseada. Mezcle preferiblemente por medio mecánico de baja velocidad (500 rpm) hasta obtener una consistencia plástica y homogénea.

**COLOCACIÓN**

Utilícelo inmediatamente después de mezclado mediante un equipo de bombeo. Asegure la salida del aire atrapado por el mortero, a fin de producir un relleno que tenga contacto total con las superficies.

**LIMPIEZA**

Limpie las herramientas con agua y jabón, luego de su uso.

Maxigrout® es un mortero expansivo, no metálico y superfluido, diseñado para alcanzar alta resistencia en poco tiempo. Está especialmente formulado para inyecciones y es ideal para ser bombeado en sistemas de cables de acero en concreto que son de difícil acceso.

**Figura 24**  
Ficha técnica de Maxigrout – Parte II

### DATOS TÉCNICOS

Cumple la norma ASTM C 1107 Grados A, B y C.

Información	Costa Rica / Nicaragua / Panamá		Ecuador
Densidad húmeda	kg/litro	2,0	2,01
Fluidez ASTM C 939	Segundos	26	20 a 30
Contenido aire ASTM C 231	Porcentaje	3,0	1,8
Contenido VOC	g/L	0,0	0,0
Expansión ASTM C 1107	Porcentaje	< 0,3	< 0,3
Fragua ASTM C 266	Inicial (min)	315	180
	Final (min)	550	270
Resistencia compresión ASTM C 109	3 d (MPa)	24,2	-
	7 d (MPa)	30,9	29,5
	28 d (MPa)	42,4	44,4
Resistencia flexión ASTM C 580	7 d (MPa)	3,4	4,1
	28 d (MPa)	5,3	7,1
Resistencia tensión ASTM C 307	7 d (MPa)	1,3	2,1
	28 d (MPa)	1,9	3,7

### CONTRIBUCIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE

Información de contribución con el medio ambiente	
Desvío del vertedero	Los empaques de INTACO están hechos de papel y/o plástico que pueden ser desviados del vertedero.
Materiales regionales	Lugar de extracción de los agregados y de fabricación del cemento gris (para morteros de color gris) están dentro de un radio de 804 km de la planta de fabricación.
Bajas emisiones de VOC	Contenido de VOC: 0,0 g/L (menos agua). Cumple con niveles VOC del South Coast Air Quality Management District. Pruebas bajo método de ASTM D6886-03.

### RECOMENDACIONES

El exceso de agua en la mezcla disminuye las propiedades mecánicas y la calidad del mortero. No utilice agua para mezclar con temperatura mayor de 25 °C. Superficies de concreto deben tener una edad mínima de 28 días.

### LIMITACIONES

No lo inyecte en fisuras o rajaduras activas. No use aditivos o fluidificantes adicionales. No instale Maxigrout® si la temperatura cae por debajo de 10 °C. Evite movimientos por un tiempo mínimo de 24 horas luego de aplicado el producto.

### ALMACENAMIENTO

El tiempo de almacenamiento es de 3 meses en su empaque original cerrado, en un lugar fresco, seco, cerrado y bajo techo..

### PRECAUCIONES

Puede producir irritación o quemaduras en ojos, piel y vías respiratorias. Use equipo de protección personal adecuado. Ventile el área de uso.

Primeros auxilios:

Contacto con ojos, lave con agua por 15 minutos. Ingestión, tome agua. Irritación de piel, problemas respiratorios o en caso de intoxicación, lleve al paciente al médico y aporte el empaque de este producto o la Ficha de Seguridad.

### GARANTÍA

INTACO garantiza que este producto está libre de defectos y que se desempeñará de la manera descrita en la hoja técnica, siempre y cuando se sigan las instrucciones de aplicación y recomendaciones del fabricante. INTACO repondrá el valor de compra de cualquier producto que se pruebe defectuoso. INTACO no se responsabiliza por daños indirectos, consecuentes o resultantes del mal uso del producto, negligencia o incumplimiento de las condiciones de la garantía. Los datos de dosificación y rendimientos son susceptibles de variación debido a las condiciones particulares de cada construcción. Es responsabilidad del cliente comprobarlos y definirlos en cada obra. INTACO se reserva el derecho de modificar la actual ficha técnica sin previo aviso.

Última versión: 2022-01-20



<p><b>COSTA RICA</b></p> <p> clientes.cr@intaco.com</p> <p> (506) 2205-3333</p>	<p><b>ECUADOR</b></p> <p> clientes.ec@intaco.com</p> <p> (593) 1700-100-200</p>	<p><b>PANAMÁ</b></p> <p> clientes.pa@intaco.com</p> <p> (507) 840-1200</p>	<p><b>NICARAGUA</b></p> <p> clientes.ni@intaco.com</p> <p> (505) 2298-0120</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Intaco, (2024)

Para aplicar Maxigrout®, la superficie de contacto debe estar limpia, bien adherida y libre de contaminantes como polvo, aceite, grasa, cera, pintura y eflorescencia. Se recomienda humedecer la superficie antes de inyectar el producto, pero es importante eliminar cualquier acumulación de agua.

**Figura 25**

Ficha técnica de Sika Grout Inyección – Parte I



## HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO

# Sika® Grout Inyección

---

GROUT CEMENTICIO LIBRE DE ALUMINIO Y CERO EXUDACIÓN

---

<p><b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b></p>	<p>Sika Grout Inyección es un grout cementicio con expansión controlada y aditivos especiales. No contiene aluminio ni cloruros.</p> <p><b>USOS</b> Sika Grout Inyección se usa para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relleno de ductos horizontales y verticales en estructuras postensadas.</li> <li>• Para rellenar o reparar vacíos de ductos en elementos postensados, para proteger de la corrosión.</li> <li>• Para el relleno de rocas.</li> </ul> <p><b>VENTAJAS</b> Cuando se usa Sika Grout Inyección se puede obtener las siguientes ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Libre de polvo de aluminio o cualquier componente que genere gas hidrógeno, dióxido de carbono u oxígeno.</li> <li>• Fabricado con certificaciones ISO 9001 y 14001.</li> <li>• Contiene silica fume para bajar la permeabilidad.</li> <li>• Fácil de usar, sólo agregue agua.</li> <li>• Cero exudación inclusive a alta fluidez.</li> <li>• Excelente bombeabilidad.</li> <li>• No corrosivo, no contiene cloruros.</li> </ul>
	<p><b>MODO DE EMPLEO</b> <b>Preparación de la superficie:</b> Ductos: asegúrese que los ductos, vacíos, aberturas y los accesos del grout estén limpios y libres de aceites, u otros contaminantes todo el tiempo. Otras aplicaciones de llenado: remover toda basura, aceites, grasas y cualquier otro material que afecte la adherencia. Formaletas: asegúrese que las formaletas y ductos por donde pase el grout estén libres de filtraciones.</p> <p><b>Mezcla:</b> Para mejores resultados utilizar un mezclador coloidal que tenga 1800 rpm aproximadamente. Mezcle por 3 minutos aproximadamente hasta que la mezcla esté homogénea. Continúe mezclando durante la inyección. Añada aproximadamente entre 6,7 a 6, 8 litros por saco de 20 kg. en el mezclador. Agregue el polvo poco a poco, y mezcle hasta que este completamente homogénea.</p>

Hoja técnica de producto  
Sika Grout Inyección  
Edición Nº4 - 04-2014  
Identificación n° 020201010010000069

Fuente: Sika, (2024)

Se utiliza para rellenar ductos horizontales y verticales en estructuras postensadas, reparar vacíos en estos ductos para proteger contra la corrosión, y para el relleno de rocas.

## Figura 26

### Ficha técnica de Sika Grout Inyección – Parte II

<b>Aplicación:</b> Asegúrese que todos los materiales y equipos estén disponibles. El Sika Grout Inyección debe ser usado dentro de los siguientes 30 minutos de haber terminado de mezclarse. El método de bombeado, debe asegurar un completo llenado de los ductos o cavidades.	
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<p><b>Aspecto:</b> Polvo gris cemento.  <b>Fluidez:</b> Entre 20 y 30 segundos.  <b>Expansión:</b> &lt; 2%  <b>Exudación:</b> 0% a las 3 horas.  <b>Relación a/c:</b> &lt; 0.4  <b>Fraguados:</b> &lt; 12 horas.  <b>Resistencia a la compresión:</b> &gt; 400 kg/cm2 a los 28 días.  <b>Almacenamiento:</b> 6 meses en su empaque original bien sellado, bajo techo.  <b>Presentación:</b> Sacos de 20 kg.</p> <p><b>RECOMENDACIONES</b>          No se debe utilizar para la elaboración de grouts de nivelación y el anclaje de pernos. La mezcla húmeda debe mantenerse en permanente agitación, durante el proceso de inyección.          La mezcla debe colocarse durante los 30 minutos siguientes a su elaboración en condiciones de temperaturas normales.          Como todo material cementicio, evite el contacto con aluminio, para prevenir cualquier reacción química adversa y la posible falla del producto.</p> <p><b>SEGURIDAD</b>          Manténgase fuera del alcance de los niños. Usar guantes de caucho, gafas de protección y máscara para polvo durante su manipulación.          Consultar Hojas de Seguridad del producto.          Transportar en vehículos cerrados, protegidos de la humedad y lluvia.</p> <p><b>CÓDIGOS R/S</b>          R: 20          S: 2/22/39</p>
<b>NOTA LEGAL</b>	<p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y uso final de los productos Sika son proporcionados de buena fe, basados en el conocimiento y experiencia actuales de Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados y manipulados, así como aplicados en condiciones normales de acuerdo a las recomendaciones Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra son tan particulares que de esta información, cualquier recomendación escrita o cualquier otro consejo no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad en particular, así como ninguna responsabilidad que surja de cualquier relación legal. El usuario del producto debe probar la conveniencia del mismo para un determinado propósito. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos. Se debe respetar los derechos de propiedad de terceros. Todas las órdenes de compra son aceptadas de acuerdo con nuestras actuales condiciones de venta y despacho. Los usuarios deben referirse siempre a la edición más reciente de la Hoja Técnica local, cuyas copias serán facilitadas a solicitud del cliente.</p>

Sika Ecuatoriana S.A. dispone de un sistema de gestión de la calidad y ambiental certificado de acuerdo a las normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015 respectivamente, por SGS.

Sika Ecuatoriana S.A. <http://ecu.sika.com>  
 Durán.- Km. 3 1/2 vía Durán - Tambo (Casilla 10093) PBX (593-4) 2812700 Fax (593-4) 2801229  
 Quito.- Av. Naciones Unidas entre Iñaquito y Núñez de Vela. Edificio Metropolitano. PBX (593-4) 2812700  
 Cuenca.- Av. Ordoñez Lasso y Los Claveles. Edf. Palermo Tel: +5937 4 089725 - 4102829

Hoja técnica de producto  
 Sika Grout Inyección  
 Edición N°4 04-2014  
 Identificación n° 02.02010100100000069



Fuente: Sika, (2024)

Ofrece varias ventajas, incluyendo: Libre de polvo de aluminio y otros componentes que generen gases como hidrógeno, dióxido de carbono u oxígeno y contiene sílice fume para reducir la permeabilidad.

#### **4.2.2 Eje Arquitectónico**

La investigación de Arce (2024), se centró en la rehabilitación y revitalización del muelle en San Lorenzo, provincia de Esmeraldas, Ecuador, con el objetivo de recuperar este patrimonio histórico y cultural. El muelle es un símbolo de identidad para la comunidad local y tiene el potencial de impulsar el desarrollo económico y turístico de la región costera.

A lo largo del tiempo, el muelle ha perdido su esplendor y funcionalidad debido a la falta de mantenimiento e infraestructura adecuada, afectando negativamente la reputación turística y el bienestar de los residentes. La investigación buscó diseñar un nuevo muelle que responda a las necesidades de la comunidad, incorporando principios de arquitectura pasiva, sostenibilidad ambiental y participación comunitaria.

El trabajo analizó la situación actual del muelle, desarrolló criterios de diseño, propuso soluciones innovadoras y presentó una memoria constructiva detallada. La propuesta integral pretendió revitalizar el muelle y fortalecer el tejido social y económico de San Lorenzo.

Se utilizaron materiales eco-amigables, como madera plástica, sistemas fotovoltaicos, tubos de ventilación natural, madera reciclada y concreto reforzado, reflejando el compromiso con la sostenibilidad y la identidad cultural local. La topografía del sitio, con relieves entre 46 y 150 metros sobre el nivel del mar, y la presencia de manglares y suelos arcillosos, ofrece un entorno natural valioso.

El diagnóstico del sitio destacó la importancia económica de la actividad del muelle y los desafíos ambientales. Por ello, la propuesta buscó revitalizar el muelle como un punto central que refleje la identidad histórica, económica y cultural de San Lorenzo, integrándose efectivamente en la vida comunitaria y mejorando la calidad de vida en la región.

## CONCLUSIONES

- El objetivo número uno fue logrado al recopilar información mediante una inspección planificada en la cual se establecieron claramente los objetivos de la inspección, como identificar daños estructurales, evaluar la integridad del muelle, y recolectar datos específicos sobre materiales y condiciones actuales. La ejecución de la actividad objetivo se inició al realizar una inspección visual para identificar cualquier signo de deterioro, como grietas, corrosión, deformaciones, desgaste de materiales, asentamientos o cualquier otra anomalía. Además, todo se documentó mediante fotografías que fueron útiles para registrar áreas específicas que requieran atención.
- Posteriormente, el objetivo dos se logró cumplir al procesar la información y ello requirió enfoque estructurado mediante encuestas para complementarlo con un análisis riguroso de las respuestas obtenidas. Para eso, se realizó previamente la preparación para la consulta en donde se identificó el personal clave. Seleccionar al personal que tiene un conocimiento profundo de las operaciones del muelle, como supervisores, operadores de maquinaria, personal de mantenimiento, y gestores de operaciones.
- Para realizar una propuesta de mejoramiento fue necesario seguir un proceso sistemático que combine la evaluación técnica de la situación actual con el conocimiento especializado de los expertos. Por esa razón, se diseñaron preguntas abiertas que permitieron concretar el objetivo tres al recopilar las opiniones basadas en la experiencia técnica de los entrevistados. Esto últimos fueron individuos con alto perfil académico especializados en el área estructural.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir un proceso sistemático para implementar la propuesta planteada, esto incluye la solicitar la asesoría técnica de las marcas provistas dado que, en general, estas marcas ofrecen el servicio de asesoría técnica que no tiene costo. Esto debido a que es evidente que a la marca le conviene generar lazos vinculantes con sus clientes y que estos usen sus productos.
- Se recomienda generar una base de datos de acceso público y con información técnica como planos y diseños de obras públicas realizadas, en construcción o en planificación para poder generar conocimientos nuevos desde la academia. Esto debido a que es precisamente en la academia donde se generan los primeros estudios para plantear soluciones factibles a problemas interés tanto nacional como local.
- Se recomienda adquirir el proceso de rehabilitación estructural, sea que se tome como referencia este documento o no para mejorar la operatividad y sobre todo, las condiciones de trabajo actuales del muelle Fertisa en materia de seguridad y salud ocupaciones, al tiempo que estructuralmente como lo denota el objetivo de esta tesis.

## BIBLIOGRAFIA

- A3INTERMAR. (s.f.). *A3INTERMAR*. Marinas con muelles fijos y flotantes:  
<https://www.a3intermar.com/marinas-con-muelles-flotantes-y-fijos/>
- Álvarez, J. (2021). *Transporte internacional de mercancías 2.a edición*. Ediciones Paraninfo, S.A.  
[https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Transporte\\_internacional\\_de\\_mercanc%C3%ADas/eHI-EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Transporte_internacional_de_mercanc%C3%ADas/eHI-EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Arce Cabezas, C. A. (2024). *Diseño arquitectónico para rehabilitación del Muelle de San Lorenzo provincia de Esmeraldas*. Repositorio Digital ULVR:  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/7173>
- Arias, D., y Cangalaya, L. (2021). *Investigar y escribir con APA 7*. (1ª ed.). Ediciones de la U.  
[https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Investigar\\_y\\_escribir\\_con\\_APA\\_7/\\_AAyEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Investigar_y_escribir_con_APA_7/_AAyEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Asociación de Terminales Portuarios Privados del Ecuador. (s.f.). *Asotep*. Muelle Fertisa: <https://asotep.org/?socios=terminal-portuario-multiproposito-fertisa>
- Autoridad Portuario de Guayaquil . (2021). *Informe Anual*. Autoridad Portuario de Guayaquil .
- Ayovi, D. (2022). *Análisis de factibilidad para el diseño de un muelle recreativo en la playa de Las Palmas, ubicado en la ciudad de Esmeraldas, Ecuador*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte. Universidad Laica Vicente Rocafuerte.  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5400>
- Balón Cortez, A. A., y Burgos Guizado, P. J. (2019). *Diseño estructural de la infraestructura portuaria de la capitanía de Posorja*. DSpace ESPOL:  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/54923>
- Basile, P., Riccardi, G., Peruzzo, F., y García, M. (2019). Modelación hidromorfodinámica para proyectos de obras portuarias en ríos aluviales:

Aplicaciones en el río Paraná. *XIII Jornada de Ciencia y Tecnología 2019 (CyT 2019)*.

Berruz Monar, L. J. (2017). *Análisis de la competitividad del Puerto Marítimo de Guayaquil con los Puertos Marítimos de la Región del Pacífico Sur*. DSpace UPacífico: <https://uprepositorio.upacifico.edu.ec/handle/123456789/109>

Calatayud, A., y Katz, R. (2019). *Cadena de suministro 4.0*. Inter-American Development Bank.  
[https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Cadena\\_de\\_suministro\\_4\\_0/CuW3DwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Cadena_de_suministro_4_0/CuW3DwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)

Campos, A. (2021). *Métodos mixtos de investigación*. Magisterio.

Constitución de la República [Const]. (2008). *Registro Oficial 449 de 20-oct-2008*. (Ecuador).

Córdova Rugel, K. K., y Menoscal Piana, S. (2020). *Soluciones Ingenieriles para la rehabilitación de un muelle turístico y comunitario en Subida Alta, Puná*. DSpace ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52380>

Cruz Barzola, R. B. (2022). *Expansión de la infraestructura portuaria para atención naves en atracadero de carga y descarga contenerizados en un terminal portuario ubicado en la ciudad de Guayaquil en Ecuador*. DSpace ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/61245>

Decreto Supremo No. 290. (1976). *Ley de Régimen Administrativo Portuario Nacional*.

Dirección de Obras Portuarias de Chile. (11 de febrero de 2024). *Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras*. ABC Puertos:  
[http://www.abcpuertos.cl/documentos/MOP/MOP\\_Vol\\_1\\_Introduccion\\_Parte\\_1.pdf](http://www.abcpuertos.cl/documentos/MOP/MOP_Vol_1_Introduccion_Parte_1.pdf)

ESC Group. (24 de septiembre de 2022). *Diferentes tipos de cimientos de pilotes utilizados en la construcción*.

<https://www.esccglobalgroup.com/es/post/diferentes-tipos-de-cimientos-de-pilotes-utilizados-en-la-construcci%C3%B3n>

- Eslava, A. (2019). *Logística de transporte de mercancías en contenedores marítimos*. Ediciones de la U.  
[https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Log%C3%ADstica\\_de\\_transporte\\_de\\_mercancias\\_e/VTSjDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Log%C3%ADstica_de_transporte_de_mercancias_e/VTSjDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Estepa, M. (2022). *Análisis de la política pública sobre los puertos de interés general*. Marcial Pons.  
[https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/An%C3%A1lisis\\_de\\_la\\_pol%C3%ADtica\\_p%C3%BAblica\\_sobre/3dCUEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/An%C3%A1lisis_de_la_pol%C3%ADtica_p%C3%BAblica_sobre/3dCUEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Estrada, J. L. (2017). *Cómo es el puerto: Las infraestructuras más características del puerto*. PORTUS: <https://portusonline.org/como-es-el-puerto-las-infraestructuras-mas-caracteristicas-del-puerto/>
- Flamarique, S. (2019). *Manual de gestión de almacenes*. ICG Marge, SL.  
[https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Manual\\_de\\_gesti%C3%B3n\\_de\\_almacenes/P7SPDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Manual_de_gesti%C3%B3n_de_almacenes/P7SPDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Frías, C. (2022). *Evaluación estructural estática y dinámica del muelle marítimo ubicado en la Base Naval Sur Guayas, en la ciudad de Guayaquil*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional de Universidad Técnica de Ambato  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/35458/1/Tesis%20I.C.%201578%20-%20Frias%20C%C3%B3rdova%20Christian%20Fabi%C3%A1n.pdf> .
- González, F., y Rodríguez, M. (2023). *Anuario de Estudios Marítimos (Volumen II)*. Aranzadi.  
[https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Anuario\\_de\\_Estudios\\_Mar%C3%ADtimos\\_Volumen\\_I/0IbAEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Anuario_de_Estudios_Mar%C3%ADtimos_Volumen_I/0IbAEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)

- González, G. (2021). *Propuesta de diseño para un muelle de servicio y atraque para el terminal de Quintero*. [Tesis de pregrado, USM]. Repositorio institucional de USM <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/50450/m18746820-5.pdf?sequence=1>.
- González, M. (10 de enero de 2024). *Construya muelles resistentes con pilotes: El método ideal para estabilidad*. <https://gemaarquitectes.es/edificaciones/construccion-de-muelles-con-pilotes/>
- Hernández, R., y Coello, S. (2020). *El proceso de investigación científica*. (1ª ed.). Editorial Universitaria. [https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/El\\_proceso\\_de\\_investigaci%C3%B3n\\_cient%C3%ADfica/03n1DwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/El_proceso_de_investigaci%C3%B3n_cient%C3%ADfica/03n1DwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Keller. (14 de febrero de 2024). *Pilotes prefabricados hincados*. <https://www.keller.com.es/experiencia/tecnicas/pilotes-prefabricados-hincados>
- López Martín, C. (2021). *Proyecto para rehabilitación estructural de muelle de carga de graneles líquidos*. Depósito de Investigación - Universidad de Sevilla: <https://idus.us.es/handle/11441/127235>
- López Poveda, J. (2021). *Estudio de rehabilitación sostenible del muelle de carga de la estación de ferrocarril de Novelda*. Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante: <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/117032>
- Mauleón, M., y Larburu, P. (2021). *Logística Outbound*. Ediciones Díaz de Santos. [https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Log%C3%ADstica\\_Outbound/yHcZEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Log%C3%ADstica_Outbound/yHcZEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Mendoza Avilés, H. E. (2020). *Percepción del riesgo climático de mareas rojas en las comunidades costeras de: Puerto Hondo, Posorja y Santa Elena*. DSpace ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/49670>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (3 de Junio de 2021). *Puertos del Ecuador ocupan el séptimo lugar de mayor comercialización en la Región durante el 2021*. <https://www.obraspublicas.gob.ec/puertos-del-ecuador-ocupan-el-septimo-lugar-de-mayor-comercializacion-en-la-region-durante-el->



- Ortiz Camacho, I. A. (2023). *Clasificación de los puertos marítimos colombianos según características de infraestructuras y operación*. Repositorio Documental - Universidad de Valladolid:  
<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/67973>
- Palacios, J. (2019). *Estado del arte del proceso de instalación de pilotes por presión estática, analizando las técnicas y características que permitan establecer su potencial de uso como alternativa de cimentación profunda en Colombia*. [Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio institucional de Universidad Militar Nueva Granada  
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32182/PalaciosGaviriaJhonFernando2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Palma, L. (2022). *Diseño arquitectónico de muelle turístico complementario al Malecón María Piedad del cantón Durán*. [Tesis, ULVR].  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5937>.
- Pejovés, J. (2022). *Derecho marítimo y comercio internacional: Capítulos sobre puertos, transporte y comercio marítimo*. Universidad de Lima.  
[https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Derecho\\_mar%C3%A9Dtimo\\_y\\_comercio\\_internacion/AFuIEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/Derecho_mar%C3%A9Dtimo_y_comercio_internacion/AFuIEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Pichardo, R., Treviño, J., y Rolón, J. (2023). *Tópicos selectos de ingeniería y ciencias ambientales*. Editorial Fontamara S. A. de C. V.  
[https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/T%C3%B3picos\\_selectos\\_de\\_ingenier%C3%ADa\\_y\\_cienc/I5DiEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0](https://doi.org/https://www.google.com.ec/books/edition/T%C3%B3picos_selectos_de_ingenier%C3%ADa_y_cienc/I5DiEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0)
- Quintero, M., Almanza, K., & Pimienta, S. (2021). Estrategias para potenciar la competitividad internacional de Puertos Marítimos en contextos globalizados. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(3), 250-271.  
<https://www.redalyc.org/journal/280/28068740016/html/>
- Robles, L. (2020). *Estudios de las obras de atraque y sus características o fases constructivas*. [Tesis de grado, UTMACH]. Repositorio institucional de la UTMACH

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15874/1/ECFIC-2020-IC-DE-00042.pdf>.

Salazar, R. (2022). *Criterios bioclimáticos para el rediseño de un malecón*. [Tesis, ULVR]. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5789>.

Salinas Córdova, H. A. (2022). *Estructura física portuaria del muelle San Nicolás de Marcona para aumentar las exportaciones de hierro fino en una empresa minera año, 2021*. Repositorio Digital Institucional - Universidad César Vallejo: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92136>

Salvador, C. (19 de diciembre de 2019). *Instrucción técnica de operaciones portuarias*. <https://www.pasaiaport.eus/images/compromiso/medioambiental/Calidad-Aire/instruccion-tecnica-operaciones.pdf>

Silva, H. (2021). *Marketing internacional en América latina*. Alpha Editorial.

Sintemar. (11 de febrero de 2024). *Protección de pilotes marinos*. <https://www.sintemar.com/es/servicios/sector-naval/proteccion-de-pilotes-marinos>

Taranto, J. (2022). *Propuesta de diseño arquitectónico del malecón sabanilla para recuperación patrimonial*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte. Universidad Laica Vicente Rocafuerte. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5812>

Terminal Fertisa. (diciembre de 2023). *Servicios portuarios*. <https://terminalfertisa.com/servicios-portuarios/>

Urdialez, E. (2022). *Diseño de embarcadero flotante implementando cubos de polietileno en la parroquia Los Lojas del cantón Daule*. [Tesis, ULVR]. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5943>.

## ANEXOS

Anexo 1. Parte posterior del puerto



**Anexo 2. Área de transporte de carga pesada**



Anexo 3. Material granular



**Anexo 4. Área de carga al barco**



**Anexo 5. Parte lateral derecha del puerto**



**Anexo 6. Parte lateral izquierda del puerto**



**Anexo 7. Área de espera de transporte pesado**



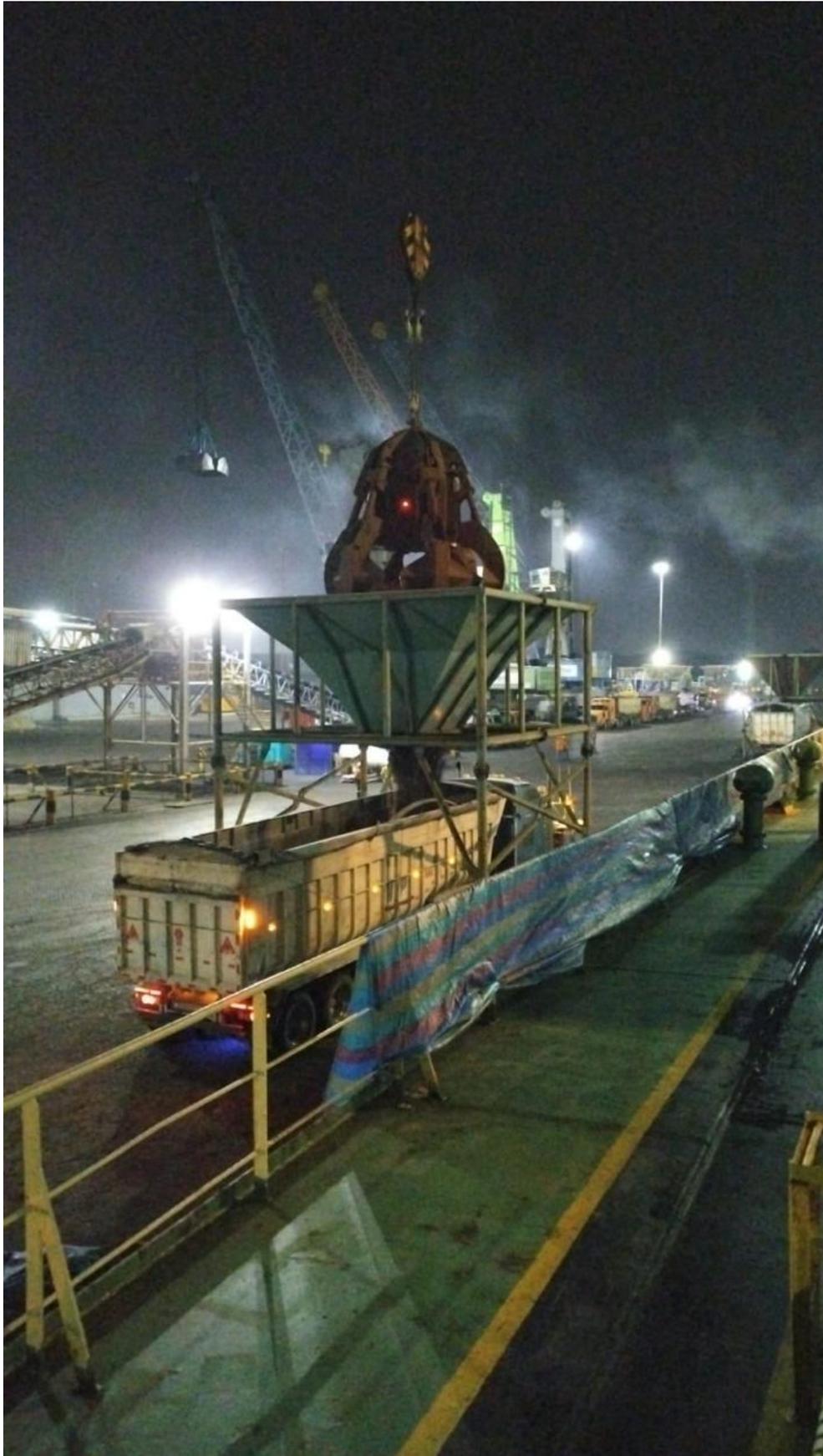
Anexo 8. Área de carga



**Anexo 9.** Falta de mantenimiento en la infraestructura del suelo



Anexo 10. Carga de materia



Anexo 11. Transporte del material



**Anexo 12.** Transporte de diferentes tipos de material



**Anexo 13. Área de maquinaria pesada**



**Anexo 14.** Área de operación de empleados del transporte del material



**Anexo 15. Área de despacho**



**Anexo 16. Presentación de grietas horizontales**



**Anexo 17. Deterioro del suelo por maquinaria pesada**



**Anexo 18.** Aguas lluvias estancadas



**Anexo 19.** Pequeños baches en diferentes parte del puerto



**Anexo 20.** Agrietamiento de la infraestructura del suelo



**Anexo 21.** Presencia de baches en diferentes tamaños



**Anexo 22.** Material de pavimentos secos



**Anexo 23.** Baches sin medidas de protección



**Anexo 24.** Falta de mantenimiento del suelo en el puerto



**Anexo 25.** Brea seca en diferentes partes del puerto



**Anexo 26.** Líneas de seguridad poco visibles



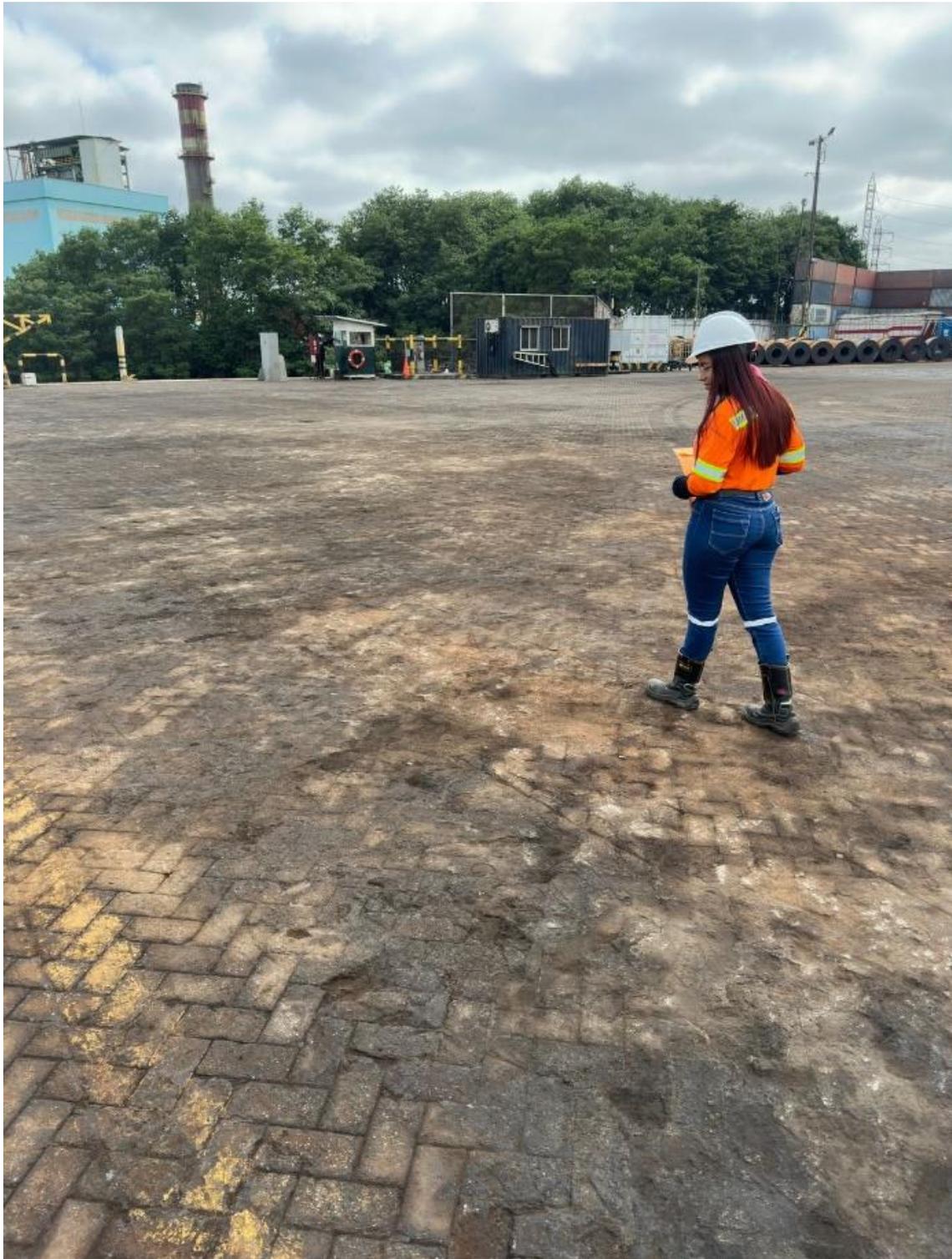
**Anexo 27.** Falta de seguridad en las orillas del puerto



**Anexo 28.** Falta de mantenimiento de seguridad en el puerto



**Anexo 29.** Presencia del suelo en malas condiciones



**Anexo 30.** Brea en el pavimento



**Anexo 31. Grietas**



**Anexo 32. Brea y grietas**

