

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Propuesta de diseño del muelle La Flora de la Reserva Ecológica
Manglares de Churute

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Oceanográfico

Presentado por:

Carlos Eduardo Chica Campozano

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi familia que me apoyó y motivó durante mi carrera universitaria. A los profesores de la ESPOL de la facultad de marítima que me compartieron su conocimiento para mi formación como profesional y para el desarrollo de este proyecto. Al CADS que me ayudó con la toma de datos y su procesamiento para que puedan ser aplicados al proyecto. Y al personal de la Reserva Ecológica Manglares de Churute por permitirme desarrollar este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por darme la educación y amor para crecer como persona.

A mis hermanos por apoyarme en temas que no entiendo.

A mi tutora, Ph.D Indira Novilos por permitirme trabajar en este proyecto.

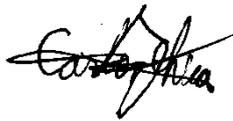
A mi cotutora, Ms.Sc Gina Andrade por enseñarme a ver las cosas desde el punto de vista moral y ético.

Agradezco a Dios por las bendiciones a lo largo de mi vida.

A todas las personas que me brindaron experiencias positivas y negativas.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Carlos Chica* doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Carlos Eduardo Chica
Campozano

EVALUADORES

.....
Msc. Jorge Espinoza

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Ph.D. Indira Nolivos

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El muelle “La Flora” ubicado en la Reserva Ecológica Manglares de Churute es un muelle utilizado por 16 asociaciones de cangrejeros y por distintas comunidades que se transportan fluvialmente. Sin embargo, el muelle se encuentra colapsado y dificulta el acceso al canal, por esta razón se diseñará un muelle apto a las condiciones del canal.

Para el desarrollo del proyecto se investigó proyectos similares en Ecuador, se analizó la información referente al muelle y se realizaron mediciones in situ de batimetría, velocidad de corriente y nivel de mareas utilizando un “Bathylogger” BL200, un equipo “Rrimble R8S”, un CTD “CastAway”, un ADCP, un correntómetro de perfil, un sensor de marea “Rugged TROLL 100”, todos referenciados al WGS84 y EGM96. Debido a que en Ecuador no hay normas utilizadas para el diseño de un flotante de hormigón, se recurrió a las descritas por Panama City, Florida, EUA y “Rules for Classification of Floating Docks” de Det Norske Veritas.

Se diseñó un muelle flotante en T de 16mx3mx1m de hormigón liviano de 1200 kg/m³ con 10 cornamusas para el amarre de las embarcaciones, 6 pilotes guías de acero, recubierto de una capa epóxica para prevenir deslizamientos e influencia del ambiente en el concreto y una protección contra impactos con caucho de 40 shore. Se calculó la longitud de la pasarela a uno de 12 m y los pasamanos fueron diseñados con madera plástica y cuerdas de nylon para disminuir el peso sobre el muelle y pasarela.

Se concluye que un muelle en T permite el acoderamiento simultáneo de más embarcaciones y, al ser de hormigón liviano, permite una mayor estabilidad y tiempo de vida. Al ser un diseño robusto cuenta con 6 pilotes guía. Finalmente, los elementos de acero deben ser galvanizados y estar recubiertos por una capa epóxica para prevenir la corrosión.

Palabras Clave: muelle flotante, Churute, hormigón liviano, manglar, diseño conceptual.

ABSTRACT

The “La Flora” floating dock located in the Manglares de Churute Ecological Reserve is a pier used by 16 crabbing associations and by different communities that transport themselves by river. However, the pier is collapsed and makes access to the channel difficult, for this reason a suitable pier will be designed for the conditions of the channel.

For the development of the project, similar projects in Ecuador were investigated, the information regarding the pier was analyzed and in situ measurements of bathymetry, current speed and tide level were made using a "Bathylogger" BL200, a "Rrimble R8S" equipment, a CTD “CastAway”, an ADCP, a profile current meter, a “Rugged TROLL 100” tidal sensor, all referenced to WGS84 and EGM96. Because in Ecuador there are no standards used for the design of a concrete float, those described by Panama City, Florida, USA and "Rules for Classification of Floating Docks" by Det Norske Veritas were used.

A 16mx3mx1m T-shaped floating dock of 1200 kg/m³ lightweight concrete was designed with 10 mooring post for mooring the boats, 6 steel guide piles, covered with an epoxy layer to prevent slipping and the influence of the environment on the concrete and a protection against impacts with a 40-shore rubber. The length of the walkway was calculated to be 12 m and the handrails were designed with plastic wood and nylon ropes to reduce the weight on the dock and walkway.

It is concluded that a T-shaped dock allows the simultaneous berthing of more vessels and, by being made of lightweight concrete, allows greater stability and lifetime. Being a robust design, it has 6 guide piles. Finally, the steel elements must be galvanized and covered with an epoxy coating to prevent corrosion.

Keywords: : floating dock, Churute, lightweight concrete, mangrove, conceptual design

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	5
RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	X
CAPÍTULO 1	11
1. Introducción	11
1.1 Descripción del problema	11
1.2 Justificación del problema	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo General	13
1.3.2 Objetivos Específicos.....	13
1.4 Alcance.....	13
1.5 Limitantes	13
1.6 Marco teórico.....	14
1.6.1 Área de estudio.....	14
CAPÍTULO 2	15
2. Información para el diseño.....	15
2.1 Mareas	15
2.2 Batimetría	16

2.3	Velocidad de corriente	17
CAPÍTULO 3		18
3.	Metodología	18
3.1	Requerimientos previos para el diseño del muelle.....	19
3.2	Determinación de cargas	19
3.2.1	Carga Muerta	19
3.2.2	Carga Viva	20
3.2.3	Fuerza de arrastre.....	21
3.3	Normativas para la construcción de muelles flotantes	21
3.4	Diseño del muelle	21
3.4.1	Embarcación de diseño.....	21
3.4.2	Servicio	22
3.4.3	Mareas	22
3.4.4	Batimetría.....	22
3.4.5	Flotabilidad.....	23
3.5	Diseño conceptual	24
3.5.1	Opción 1	24
3.5.2	Opción 2	25
3.6	Diseño estructural.....	25
3.6.1	Diseño del flotante	25
CAPÍTULO 4		29
4.	Resultados Y ANÁLISIS	29
4.1	Diseño del muelle	29
4.1.1	Pasamanos	29
4.1.2	Pasarela.....	29
4.2	Flotante	30

4.2.1	Longitud	30
4.2.2	Diseño.....	30
4.3	Pilotes	30
4.4	Costos	31
CAPÍTULO 5		33
5.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	33
	Conclusiones.....	33
	Recomendaciones.....	33
BIBLIOGRAFÍA		34
6.	Bibliografía.....	34
APÉNDICES.....		36

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

HWL High Water Level

LWL Low Water Level

REMC Reserva Ecológica Manglares de Churute

USAID Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

TNC The Nature Conservancy

MAATE Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

CADS Centro de Agua y Desarrollo Sustentable

MLWS Mean Low Water Springs

SIMBOLOGÍA

m	Metro
cm	Centimetro
Kg	Kilogramo
T	Toneladas
Ni	Níquel
C	Carbono
Mn	Manganeso
P	Fósforo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Ubicación del muelle "La Flora - El Gallo"	14
Figura 2-1: Tabla de mareas de la isla Puná (Obtenido de INOCAR)	15
Figura 2-2: Batimetría (Obtenido del sitio web gruasyaparejos.com)	16
Figura 2-3: Velocidad de corriente durante flujo y reflujó (Lange, 2017).	17
Figura 3-1: Metodología usada durante el proyecto.....	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Materiales utilizados con su peso.	19
Tabla 3-2: Componentes de la carga viva.	20
Tabla 3-3: Especificaciones de la embarcación de diseño.	21
Tabla 4-1: Niveles extremos registrados.	29
Tabla 4-2: Lista de precios de materiales y servicios.	31

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Implementación general del muelle
- PLANO 2 Ubicación de ánodos en tablestacado frontal
- PLANO 3 Ubicación de ánodos en tablestacado lateral norte y sur

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El 21 de abril de 2009, el muelle flotante “La Flora – El Gallo” fue inaugurado en la Reserva Ecológica Manglares de Churute (REMC) con el fin de potenciar económicamente a las comunidades locales mediante actividades turísticas sostenibles. El proyecto fue realizado con el trabajo coordinado de los ministerios del Turismo y del Ambiente, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y The Nature Conservancy (TNC). Siendo este último el responsable de construir y equipar el muelle flotante (Ministerio de Turismo, 2009).

El muelle se encuentra en el extremo sur del sendero “La Flora” ubicado en la Reserva Ecológica Manglares de Churute, en el sur de la parroquia Taura del cantón Naranjal. Para acceder al muelle hay que recorrer un sendero con una extensión aproximada de 315 m divididos en dos tramos: un tramo de tierra de 170 m y una pasarela elevada fija de 143.28 m para acceder al muelle, estos dos tramos son conectados por una rampa fija. Entre las actividades que se realizan dentro de la reserva son turismo y pesca, principal forma de ingreso de las comunidades cercanas. El muelle es aprovechado por 16 asociaciones de cangrejeros que operan en toda la reserva (Dirección de Comunicación, Ministerio del Ambiente , s.f.).

La regeneración del muelle proveerá el adecuado y seguro embarque y desembarque de los pasajeros y productos en el muelle y asegurará un área donde los cangrejeros puedan acoderar sus embarcaciones sin perjudicar la integridad del flotante.

1.1 Descripción del problema

En el sendero “La Flora” de la REMC existe un muelle flotante usado para el embarque y desembarque de pasajeros y productos. Posee una plataforma de 5 m x 3 m que se conecta al norte con la pasarela elevada mediante unos escalones a 0.8 m por debajo de la misma; y al sur se conecta al flotante

mediante una rampa de 4.14 m de longitud. El flotante tiene dimensiones de 3.66 m x 3.66 m x 0.63 y se mantiene en su lugar mediante dos pilotes de hormigón de 0.30 m de diámetro.

El comportamiento del canal no ha recibido un estudio adecuado y se desconoce si se realizaron suficientes estudios para la construcción del muelle. Sin embargo, los comentarios de los cangrejeros y los diferentes elementos oxidados del muelle han indicado que no se realizaron los estudios necesarios para su construcción.

Actualmente, el muelle no cumple con su función principal adecuadamente (embarque y desembarque de pasajeros y productos), pues varios de sus elementos se encuentran comprometidos, principalmente el flotante que no se encuentra en su lugar y el pilote oeste se encuentra caído en dirección de la corriente. Esto dificulta las actividades pesquera y turística de las comunas cercanas.

Entre las causas del estado precario del muelle se puede mencionar:

- Mantenimiento insuficiente del muelle, evidenciado por las juntas de metal que se encuentran oxidadas debido al ambiente salino del manglar.
- Inadecuado hincado de pilotes, evidenciado por el colapso de uno de sus pilotes y la inclinación del pilote restante.
- Velocidades de corriente cambiantes.
- Uso inadecuado de los elementos del muelle, las embarcaciones son amarradas a los pilotes guía del flotante.

Teniendo en cuenta esta información, para el diseño del muelle es necesario la batimetría del canal, la velocidad de las corrientes durante los cambios de marea y los niveles de marea al nivel del muelle. Se descartan el estudio de suelo y el análisis ambiental debido al tiempo y presupuesto.

1.2 Justificación del problema

La Reserva Ecológica Manglares de Churute se encuentra con la necesidad de la reconstrucción del muelle turístico y, junto al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) y el Centro de Agua y Desarrollo Sustentable (CADS), ha propuesto a la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) el diseño de un muelle duradero para las condiciones del canal y que facilite el tránsito de bienes y personas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un muelle para las condiciones hidrodinámicas del canal a la altura del sendero “La Flora”, en la Reserva Manglares de Churute, que facilite el tránsito de bienes y personas.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Analizar información documental y de parámetros medidos en campo para la identificación de parámetros de diseño óptimos.
2. Generar opciones de diseño que cumplan con los lineamientos dados por el cliente para la selección del diseño final

1.4 Alcance

Se pretende desarrollar un diseño conceptual del muelle que sirva como referencia a futuras alternativas de construcción del muelle “La Flora”.

1.5 Limitantes

Los limitantes del proyecto son de carácter físico, económico, informativo y temporal.

- Físico: Transporte de equipos y accesibilidad al muelle.
- Económico: Presupuesto de la obra y costo de estudios.
- Informativo: Datos históricos escasos.
- Temporal: Tiempo relativamente corto para un análisis profundo.

1.6 Marco teórico

1.6.1 Área de estudio

La Reserva Ecológica Manglares de Churute es un área protegida ubicado al sur del estuario del Golfo de Guayaquil, a 15 km al sur de Guayaquil y Duran. Cuenta con una extensión de 49.389 hectáreas, incluyendo 6 islas: Cabeza de Mate, Churutillo, Los Ingleses, Los Álamos, Malabrigo y Matorrillos. Fue creada en 1979, marcándola como una de las primeras áreas protegidas de la costa ecuatoriana y, en 1990 fue reconocida internacionalmente como un sitio Ramsar (Ministerio del Ambiente, s.f.).

El muelle La Flora se encuentra en el sendero La Flora al sur de la entrada principal de la Reserva Ecológica Manglares de Churute, el cual se accede por la Troncal de la Costa (E25) entre Cerritos y El Mango. El muelle tiene una extensión de 9 m y cuenta con una rampa fija de acceso de 143.28 m, una rampa móvil de acceso a la plataforma flotante y una plataforma flotante con un par de pilotes (Guerrero Vergara, Olmedo Junco, & Espinoza Rodríguez, 2014). Figura 1.1. Ejemplo de Figura

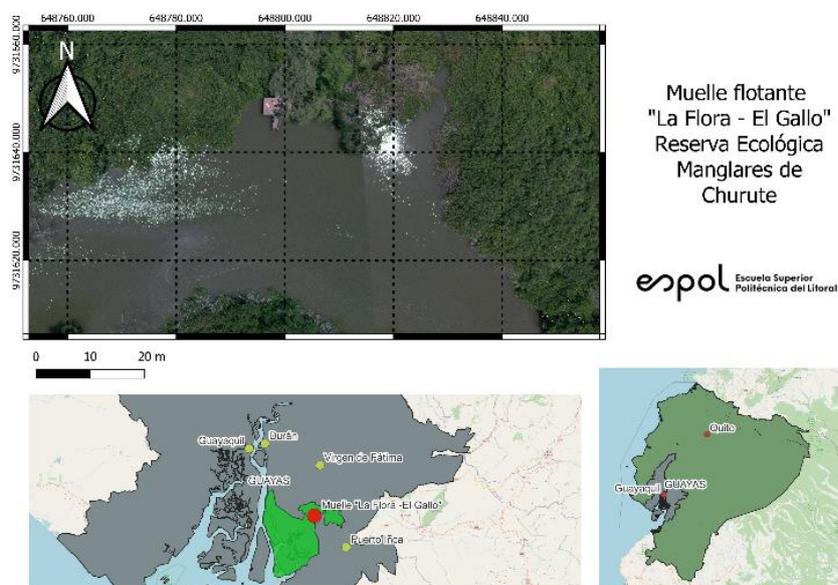


Figura 1-1: Ubicación del muelle "La Flora - El Gallo"

CAPÍTULO 2

2. INFORMACION PARA EL DISEÑO

Para el diseño de un muelle es necesario conocer diferentes parámetros clave como meteorología, oleaje, corrientes, vientos y geología (Córdova Rugel & Menoscal Piana, 2020). Pero debido a la ubicación del muelle y por factores económicos y de tiempo, se descarta oleaje, vientos y geología.

2.1 Mareas

Las mareas tienen un papel importante en la navegación de las embarcaciones, pues estas determinan la viabilidad del canal para embarcaciones de determinado calado. Las mareas son ascensos y descensos periódicos influenciados por las fuerzas gravitacionales del sol y la luna, siendo esta última la que tiene mayor influencia.

Se dividen según:

- Altura: mareas altas o pleamar y mareas bajas o bajamar.
- Fase lunar: cuadratura y sicigia.
- Ubicación geográfica: diurnas, mixtas y semidiurnas.

En el área de estudio las mareas son semidiurnas.

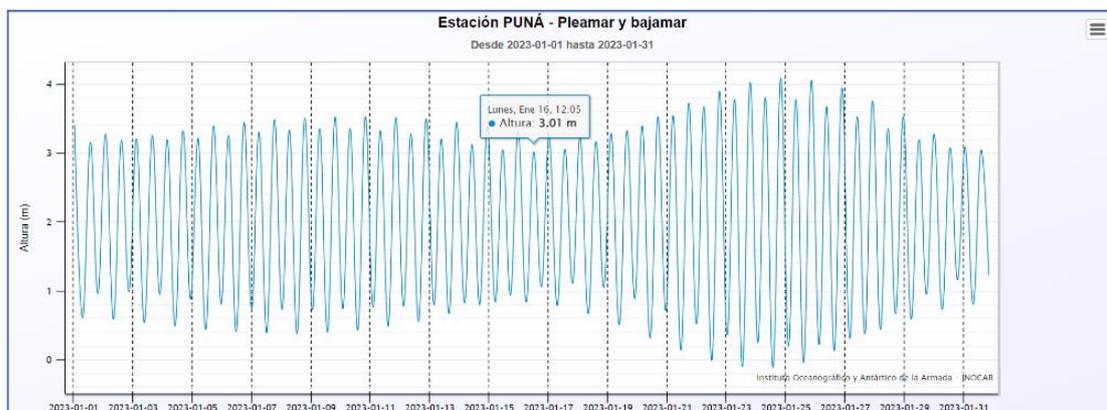


Figura 2-1: Tabla de mareas de la isla Puná (Obtenido de INOCAR)

2.2 Batimetría

La batimetría es una técnica que nos permite obtener valores de profundidad del agua con respecto a un nivel de referencia, en nuestro caso el EGM96, mostrándonos la morfología del fondo mediante isolíneas de profundidad. Es usada para diferentes fines, desde la construcción de estructuras costeras hasta el dragado de canales e incluso para estudios científicos. Para un muelle es importante ya que nos permite conocer la información detallada del fondo marino, lacustre o fluvial y así entender la morfología de la zona para el diseño del muelle (Centro de Investigaciones Medioambientales del Atlántico, 2022).

La batimetría puede ser obtenida mediante diferentes técnicas, entre las más comunes están las ecosondas monohaz y multihaz. Estas se montan bajo la quilla o en los costados de una embarcación y permiten medir la distancia del fondo u otros objetos sumergidos mediante ondas de sonido. Pueden trabajar junto a un sistema GPS para especificar la ubicación exacta al momento de realizar una lectura. Además, es necesario calibrar la temperatura, conductividad y densidad del agua, pues estos pueden alterar la velocidad del sonido en el agua.

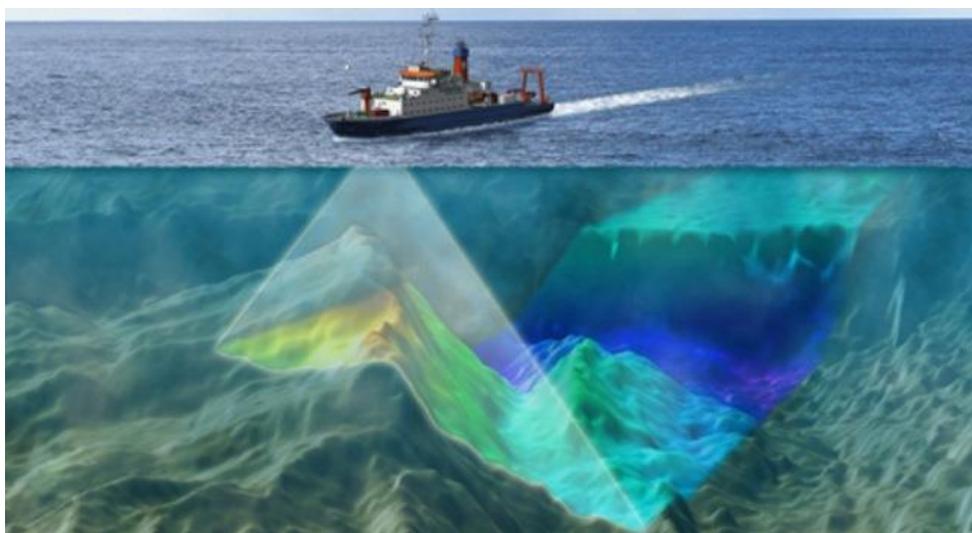


Figura 2-2: Batimetría (Obtenido del sitio web gruasyaparejos.com)

2.3 Velocidad de corriente

Las corrientes son afectadas por el viento, mareas y oleaje. Pueden medirse mediante boyas fijas que miden el caudal y velocidad del agua, o mediante ecosondas que miden la velocidad a lo largo de un trayecto. Estas corrientes pueden ejercer una fuerza importante en un flotante. En estuarios dominados por mareas la dirección y magnitud de la corriente puede cambiar con las mareas, durante la eosta de pleamar y bajamar la velocidad de la corriente puede llegar a cero. La velocidad cambia durante el flujo y reflujó del canal, siendo máxima a mitad de este periodo durante el reflujó.

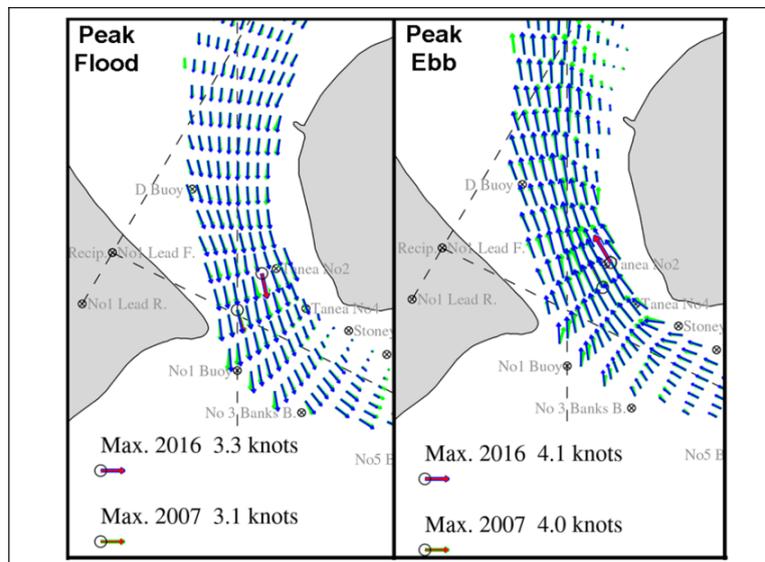


Figura 2-3: Velocidad de corriente durante flujo y reflujó (Lange, 2017).

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

Para la elaboración del diseño del muelle es necesario establecer un diagrama que describa los pasos que se siguieron durante el desarrollo del proyecto. El siguiente diagrama se basa en el método de “Design Thinking”.

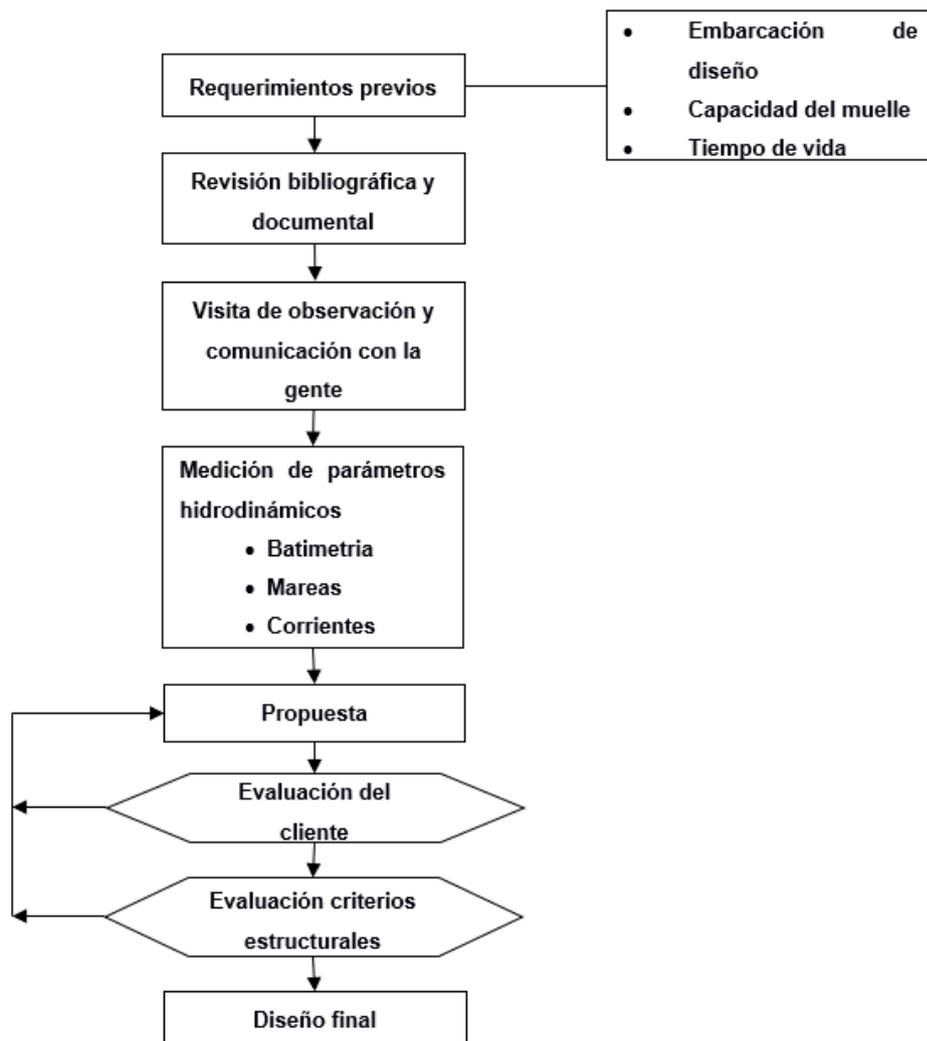


Figura 3-1: Metodología usada durante el proyecto.

3.1 Requerimientos previos para el diseño del muelle

Previo al diseño del muelle es necesario conocer los requerimientos del muelle ya que estos definirán los limitantes del muelle. Entre los requerimientos están:

- Tipo de embarcación: Es necesario conocer las diferentes embarcaciones que harán uso del muelle. En este caso es necesario conocer las dimensiones de la embarcación más grande que utilizará el muelle.
- Servicios: El único servicio que contará el muelle será el necesario para las maniobras de atraque y amarre de la embarcación.
- Condiciones ambientales: Estas pueden provocar cambios en el nivel del mar, por lo que es necesario diseñar el muelle para estos posibles cambios, en este caso no es necesario p.

3.2 Determinación de cargas

Como toda obra ingenieril, un muelle flotante debe soportar las fuerzas externas producidas por su entorno que causan esfuerzos en la estructura. Entre los esfuerzos más relevantes se pueden mencionar:

3.2.1 Carga Muerta

Es el peso propio de la estructura ejercida por todos los elementos que la conforman, en este caso el flotante del muelle.

Tabla 3-1: Materiales utilizados con su peso.

Flotante			
Material	<i>kg/m³</i>	<i>kg</i>	<i>kg/m</i>
Hormigón liviano	1200	--	--
Varillas de acero	7850	--	--
Paneles de malla electrosoldada 6x6 de 2.40 m x 6.25 m = 15 m ² con 15 cm de espaciado	--	44.578	--
Bloques de Poliuretano Expandido (EPS)	10	--	--
Cornamusas	--	1	--

Capa epóxica con poliuretano	1100	--	--
Caucho 40 shore	1050	--	--
Pasarela			
Madera plástica	673 - 960	--	--
Madera (Chalviande)	400 - 540	--	--
Tubo rectangular de acero galvanizado 10 x 15 cm ²	--	--	21.69
Pasamanos			
Cabo Nylon Wellington 3/16"	--	--	0.01
Madera plástica	673 - 960	--	

3.2.2 Carga Viva

Es la carga adicional que recibirá la estructura y que varía con el tiempo, en este caso es el peso de las personas que pueden estar a la vez encima del flotante y de los productos que pueden traer los cangrejeros. Considerando que el muelle puede ser visitado por hasta 36 turistas y por 4 embarcaciones con 5 cangrejeros cada uno se tiene que la carga viva es de (Guerrero Vergara, Olmedo Junco, & Espinoza Rodríguez, 2014):

Tabla 3-2: Componentes de la carga viva.

	Peso	Cantidad	Total
Turistas	75 kg	36	2700 kg
Cangrejeros	75 kg	20	1500 kg
Productos	5 kg	20	100 kg
Carga viva total			4300 kg

Pero como es poco probable que se acoderen 4 embarcaciones y desembarquen de manera simultánea estando los turistas en el muelle, se considerará el 70% de la carga viva total calculada, 3010 kg.

3.2.3 Fuerza de arrastre

La magnitud de la fuerza provocada por la corriente puede obtenerse mediante la siguiente fórmula:

$$F_c = \frac{\rho}{2} C_a V_c^2 A_c \quad [N]$$

Donde:

F_c : Fuerza de arrastre producida por la corriente [N]

ρ : Densidad del agua [kg/m³]

C_a : Coeficiente de arrastre

V_c : Velocidad de la corriente [m/s]

A_c : Área transversal sumergido y perpendicular a la corriente [m²]

3.3 Normativas para la construcción de muelles flotantes

En Ecuador no existen normativas para la construcción de muelles flotantes de hormigón, se opta por cumplir normativas internacionales. Las normas que se aplican son las siguientes:

- Especificaciones técnicas para un sistema de muelle flotante de hormigón (Panama City, 25)
- Rules for Classification of Floating Docks (Det Norske Veritas AS, 2012)

3.4 Diseño del muelle

3.4.1 Embarcación de diseño

Las especificaciones de la embarcación más grande que recibe el muelle son las siguientes:

Tabla 3-3: Especificaciones de la embarcación de diseño.

Eslora	7 m
Manga	1.9 m
Calado	50 cm

3.4.2 Servicio

El servicio que proveerá el muelle es el acoderamiento y amarre simultáneo de 4 embarcaciones mediante la incorporación de 10 cornamusas.

3.4.3 Mareas

Para el cálculo de mareas se tomó como referencia los datos de un sensor de marea "*Rugged TROLL 100 Data Logger*" ubicado a un lado del muelle, las mediciones del nivel del mar realizado con un equipo "*Trimble R8S*" y los datos de la estación de la isla Puná.

Los datos obtenidos del sensor de marea son niveles tomados cada 5 minutos durante 27 días y referenciados al modelo de geoide EGM96. Sin embargo, el sensor se encontraba en la zona intermareal del estero, por lo que no tomó datos durante la marea baja.

El 23 de diciembre del 2022 se tomaron datos de nivel de marea con el equipo "*Trimble R8S*" mediante un sistema GPS diferencial en modo de levantamiento RTK. Los datos medidos se tomaron cada 15 minutos conforme disminuía el nivel del agua y estuvieron referenciados al WGS84 y EGM96. El propósito de esta medición de bajamar era para determinar un nivel mínimo de marea durante un periodo de sicigia. Hay que considerar que este nivel mínimo no representa el MLWS real del área de estudio, sino es una referencia provisional debido a la falta de datos históricos. Este proceso se realizó durante el periodo de vaciado del canal durante luna nueva o novilunio, cerca del momento del perihelio (4 de enero del 2023) (Ormaza, 2022).

3.4.4 Batimetría

El levantamiento batimétrico fue realizado el 5 de octubre del 2022, en marea de cuadratura, durante la marea alta. Se utilizó un ecosonda monohaz "*Bathylogger*" *BL200* instalado a un costado de una embarcación de la localidad. Un CTD fue utilizado para medir la velocidad del sonido para corregir las lecturas de profundidad. La sonda batimétrica se lo conectó a un

sistema de antena GPS diferencial en modo de levantamiento RTK conectada a una antena “*Trimble R8S*” para obtener la ubicación con precisión milimétrica de los datos de profundidad. Los datos de profundidad se estimaron mediante la elevación de la ecosonda durante el levantamiento y la profundidad estimada. Luego la información de las antenas GPS fueron post-procesadas por CADS mediante el software *Trimble Business Center*.

El tramo del canal medido tuvo una longitud de 255 m aproximadamente, empezando a 159 m aguas arriba desde el muelle, hasta 93 m aguas abajo. En el área a nivel del muelle se tomaron datos por debajo y alrededor del muelle, cerca del pilote y en la costa opuesta del muelle. Los datos obtenidos fueron reportados en coordenadas UTM WGS 84. La elevación del fondo fue referida al geoide EGM96. Para obtener la profundidad se restó la elevación de la ecosonda de la profundidad medida.

Los puntos batimétricos luego fueron ingresados a QGIS, donde se realizó una interpolación “Multilevel B-Spline” del cual se obtuvieron las isolíneas del tramo del canal.

3.4.5 Flotabilidad

Es la capacidad de un cuerpo de mantenerse en un líquido. Es provocado por una fuerza vertical equivalente al peso del líquido del volumen sumergido de un cuerpo, en este caso del muelle. El muelle fue diseñado para que esté sumergido hasta la mitad con carga viva. La ecuación de flotabilidad es:

$$\text{Empuje} = \rho * g * V = N$$

Donde:

ρ : Densidad del líquido [kg/m^3]

g : aceleración de la gravedad [m/s^2]

V : Volumen sumergido del cuerpo [m^3]

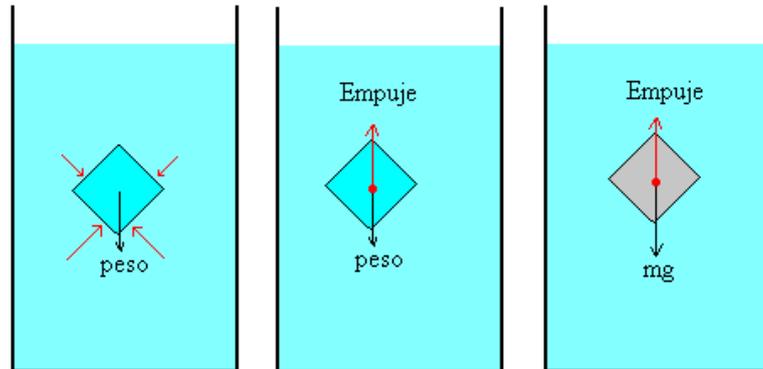


Ilustración 1: Representación de la flotabilidad (Obtenido de sc.ehu.es)

3.5 Diseño conceptual

El diseño conceptual se lo realizó en base a la funcionalidad del muelle y su potencial atractivo turístico. Se diseñaron dos opciones:

3.5.1 Opción 1

La primera opción se enfocó en la funcionalidad del muelle, con un muelle con forma de T para que puedan amarrar embarcaciones de forma simultánea y un techo en la sección de la plataforma.

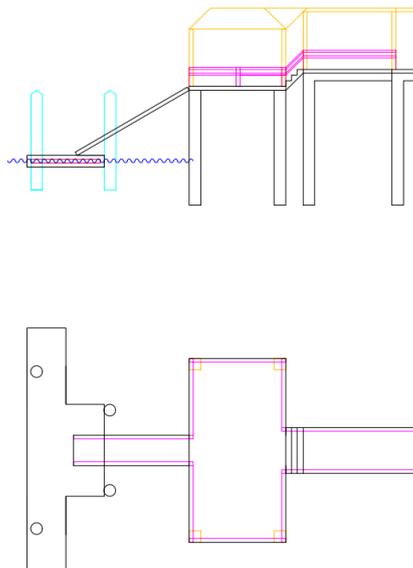


Ilustración 2: Diseño enfocado a la funcionalidad del muelle.

3.5.2 Opción 2

La segunda opción se enfocó más en el atractivo que generaría el muelle. Se diseñó un flotante pentagonal con techo para protección del clima y un segundo piso en la sección de la plataforma a modo de mirador.

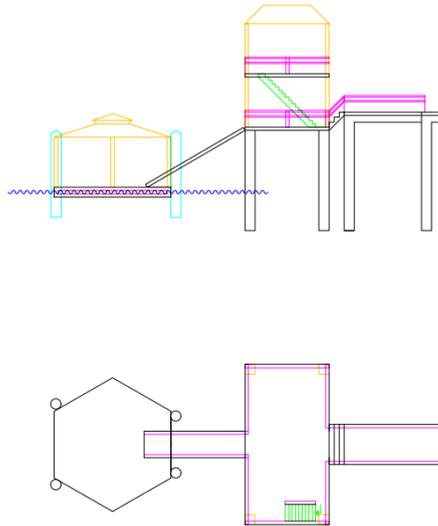


Ilustración 3: Diseño enfocado en el atractivo turístico.

3.6 Diseño estructural

El diseño estructural se dividió en dos partes: diseño del flotante y diseño de la barandilla. Para el diseño del flotante se consideró la batimetría, flotabilidad, fuerza de arrastre y rango de mareas. Para el diseño de la barandilla se consideró reducir su peso.

3.6.1 Diseño del flotante

Se propuso el diseño de dos flotantes de acuerdo con el material principal. Un flotante de hormigón liviano y un flotante de fibra de vidrio.

3.6.1.1 Material del flotante

3.6.1.1.1 Flotante de hormigón

El hormigón es una mezcla de cemento, agregados, aditivos y agua. Debido a su maleabilidad, resistencia a la compresión, aguante a la tensión y su secado rápido es usado en gran parte de las construcciones.

El hormigón utilizado para el diseño del flotante es un hormigón liviano, elaborado con agregados livianos o de su ausencia. Su densidad ronda entre los 300 y 2000 kg/m³, pero para un hormigón liviano estructural su densidad mínima es de 1440 kg/m³.

Entre las desventajas del hormigón liviano están:

- Los agregados livianos pueden ser más costosos, pero es compensado por un menor costo de transporte.
- Una mayor contracción por secado con respecto al hormigón normal.
- Su alta absorción puede provocar corrosión del hierro, puede evitarse con un mayor recubrimiento.



Ilustración 4: Bloque de hormigón liviano (Obtenido de sistemamid.com)

3.6.1.1.2 Flotante de fibra de vidrio

En la elaboración de flotadores, la fibra de vidrio es usada como recubrimiento final de estructuras de madera o para reforzar flotadores comerciales. Tiene una alta resistencia a la corrosión del ambiente o de componentes ácidos o alcalinos, al impacto y a los rayos ultravioleta y es fácil de usar sin equipos

especializados. Entre las desventajas están su fragilidad y su bajo módulo de elasticidad.



Ilustración 5: Muelle flotante recubierto de fibra de vidrio

3.6.1.2 Longitud del muelle

La longitud del muelle depende de su función, el volumen movido de los productos y las dimensiones de las embarcaciones. La longitud se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$L_{nec} = \frac{T}{R}$$

$$n = \frac{L_{nec}}{E * c}$$

$$L_{def} = n * E * c$$

Donde:

L_{nec} : Longitud necesaria [m]

T : Tonelaje a mover [t/año]

R : Rendimiento [t/año x m]

n : Número de puestos de atraque

E : Eslora del buque de diseño [m]

c : coeficiente corrector

L_{def} : Longitud definitiva del muelle [m]

3.6.1.3 Elementos estructurales

3.6.1.3.1 Flotante

Para cumplir con las especificaciones básicas del muelle y los servicios de amarre se incorporarán cornamusas, elementos de protección ante impactos y un recubrimiento para evitar deslizamientos.

3.6.1.3.2 Barandilla

La barandilla se diseñará para que tenga un menor peso y se disminuya el esfuerzo en sus juntas. Para esto se reducirá el uso de la madera plástica y se reemplazarán algunos elementos con cuerdas reemplazables resistentes a la intemperie.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Diseño del muelle

Mediante la retroalimentación con el cliente se seleccionó un flotante en T sin cambios estructurales adicionales en el muelle debido a que se piensa mantener los cimientos de hormigón.

4.1.1 Pasamanos

Para disminuir el peso de los pasamanos se utilizaron una menor cantidad de materiales y se reemplazaron sus componentes horizontales con cuerdas de nylon con 0.006 kg/m. Se asume una madera plástica de 900 kg/m³. Los planos de la pasarela pueden verse en el APENDICE F.

4.1.2 Pasarela

Para determinar la longitud de la pasarela es necesario la amplitud de marea y la distancia del flotante con respecto a la pasarela. A partir de los datos del sensor de presión y las mediciones de bajamar realizadas el 23 de diciembre se obtuvo los niveles máximo y mínimo del mar.

Tabla 4-1: Niveles extremos registrados.

Pleamar máxima	2.5061 m
Bajamar mínima	-2.347 m
Rango referencial	4.8531 m

Con la batimetría se determinó la distancia apropiada para el flotante, que es de 10 m desde el borde sur del muelle hasta el borde norte del flotante. Teniendo en cuenta ambos datos se estimó una longitud apropiada de 12 m con una pendiente máxima teórica de 28°. Los planos de la pasarela se pueden revisar en el APENDICE F.

4.2 Flotante

4.2.1 Longitud

De acuerdo con el Instituto de Altos Estudios Nacionales (Paredes M., 2000), En la REMC se captura entre 60 a 80 cangrejos diarios. Restando los dos periodos de veda de 31 días cada uno y considerando un peso promedio de 50 g cada cangrejo, se tiene un volumen promedio T de 1060.5 toneladas al año. Al ser un muelle mixto de pasajeros y pesca se tiene un rendimiento R de 600 toneladas/metro al año y un coeficiente corrector c de 1.1. Teniendo en cuenta la eslora del buque de diseño, se tiene una longitud definitiva de 8 m. Pero como es necesario el acoderamiento simultáneo de embarcaciones se lo amplía al doble, a una longitud de 16 m.

4.2.2 Diseño

Se seleccionó un flotante con forma de T debido a la capacidad de amarre por detrás del flotante. Su material fué de un hormigón liviano de 1200 kg/m^3 reforzado con mallas electrosoldadas y varillas de 8 mm. Será recubierto de una capa epóxica para prevenir fracturas y deslizamientos en su superficie. Además, se agregaron 10 cornamusas para el amarre adecuado de embarcaciones. Para la protección ante los golpes de las embarcaciones se agregó un caucho de 40 shore de 1 pulgada de espesor en la mitad superior de las caras laterales del flotante. Los planos del flotante se pueden revisar en los apéndices. El diseño del flotante puede observarse en el APENDICE E.

4.3 Pilotes

Se obtuvieron datos de velocidad máxima referencial de 0.33 m/s. El coeficiente de arrastre de un pontón es de 0.335 KN. Al ser una fuerza baja se pueden utilizar las dimensiones mínimas teóricas de pilotes. Debido a las condiciones del estero se eligieron pilotes de acero de 30 cm de diámetro, grosor de 5 mm y longitud de 15 m, recubiertos de una capa epóxica para prevenir la corrosión. Los pilotes también tendrán tapas de plástico para cubrir su interior. Las dimensiones del pilote puede observarse en el APENDICE E.

4.4 Costos

Para el cálculo de costos se referenció con proyectos similares, catálogos, lista de precios de materiales y consultas a diferentes distribuidoras y docentes.

Entre los documentos y personas de referencia están:

- Lista de precios de materiales de construcción (Información Ecuador, s.f.)
- Reconstrucción del muelle flotante en el área nacional de recreación Isla Santay e Isla del Gallo (SUBSECRETARIA DE GESTION MARINA Y COSTERA, 2018).
- Consultor: José Rodríguez
- Revista de la cámara de construcción del Guayas

Tabla 4-2: Lista de precios de materiales y servicios

Flotante				
Material	Cantidad	Unidades	Precio unitario	Total
Cornamusas	7	-	\$5.91	\$ 41.37
Pilote de acero diámetro 30 cm grosor 4mm longitud 12m	6	-	500	\$ 36,000.00
Hincado de pilotes	6		\$240 m/pilote	\$ 17,280.00
Caucho 1 pulgada 40 shore	533.4	kg	\$2	\$ 1,066.80
Tapón para pilote	6	-	\$15.99	\$ 95.94
Rodillos	24		\$187.90	\$ 4,509.60
Total				\$ 58,993.71
Concreto				
Material	Cantidad	Unidades	Precio unitario	Total
Hormigón liviano de 1200kg/m3	20	m3	\$17,000	\$ 48,000.00
Bloques de EPS de 12kg/m3 244x122x35cm3	36	-	\$117	\$ 4,212.00
Malla electrosoldada 16x10	182.272	m2	\$6.90	\$ 1,257.68
Varillas de 8mm de diámetro	16		\$1.37	\$ 21.92
Total				\$ 53,491.60
Pasarela				

Material	Cantidad	Unidades	Precio unitario	Total
vigas de acero negro 10x15	6		\$80	\$ 480.00
Madera plástica	24		57.42	\$ 1,378.08
Total				\$ 1,858.08
Plataforma				
Material	Cantidad	Unidades	Precio unitario	Total
Madera plástica	18		\$57.42	\$ 1,033.56
Cuerda de Nylon de 3/16"	80.4	m	\$0.026	\$ 2.11
Reutilización de piso de madera plástica	23		\$57.42	\$ 1,320.66
			Total	\$ 2,356.33
			Total	\$ 116,699.72

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El diseño del muelle en T propuesto satisface los requerimientos de uso del cliente porque proporciona espacio para el acoderamiento simultaneo de varias embarcaciones de diseño, adicionalmente facilita el tránsito de bienes y personas. El diseño del muelle es uno robusto con 6 pilotes y permite resistir la hidrodinámica del canal.

La implementación de un flotante de hormigón otorga más estabilidad al flotante además de tener una vida útil de al menos 50 años y cumple con la restricción económica establecida por el cliente.

El ambiente salino del estero es perjudicial para el acero común. Por lo tanto, es necesario utilizar acero inoxidable o galvanizado con anticorrosivo y recubierto de una pintura epóxica de poliuretano.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar mediciones batimétricas antes de la construcción del muelle debido a que la batimetría realizada no cubrió suficiente espacio y no se realizaron barridos de verificación.

La corriente medida es una máxima referencial durante el periodo de llenado del canal, se recomienda realizar mediciones durante el periodo de vaciado durante sicigias.

Es necesario realizar mediciones de nivel del mar para definir un MLWS referencial para el muelle.

BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA

- Centro de Investigaciones Medioambientales del Atlántico. (15 de Octubre de 2022). *Las batimetrías y su importancia*. Recuperado el 1 de Febrero de 2019, de CIMA: <https://cimacanarias.com/2019/02/01/las-batimetrías-y-su-importancia/>
- Córdova Rugel, K. K., & Menoscal Piana, S. (2020). *Soluciones Ingenieriles para la rehabilitación de un muelle turístico y comunitario en Subida Alta, Puná*. Proyecto Integrador, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, Guayaquil. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/52380/1/T-112840%20CORDOVA-MENOSCAL.pdf>
- Det Norske Veritas. (2012). *Rules for Classification of Floating Docks*. Det Norske Veritas. Obtenido de https://www.academia.edu/6536135/DNV_Rules_for_Floating_Docks
- Det Norske Veritas AS. (2012). *Rules for Classification of Floating Docks*. DET NORSKE VERITAS. Recuperado el 20 de Enero de 2023, de https://www.academia.edu/6536135/DNV_Rules_for_Floating_Docks
- Dirección de Comunicación, Ministerio del Ambiente . (s.f.). *17 Asociaciones de Cangrejeros de Churute se benefician con el Instructivo de Pesca Artesanal*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2022, de Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica: <https://www.ambiente.gob.ec/17-asociaciones-de-cangrejeros-de-churute-se-benefician-con-el-instructivo-de-pesca-artesanal/#:~:text=Las%20asociaciones%20son%3A%20Soledad%20Grande,%20Abril%20y%20La%20Flora.>
- Fuentes Salguero, K., & Jaime Goya, K. (2013). *DISEÑO DE UN PLAN DE PROMOCIÓN TURÍSTICA DE LA RESERVA ECOLÓGICA MANGLARES DE CHURUTE, PARA EL DESARROLLO ECOTURÍSTICO EN LA REGIÓN*. UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO, UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y COMERCIALES, Milagro. Obtenido de <https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/2583/1/DISE%C3%91O%20DE%20UN%20PLAN%20DE%20PROMOCI%C3%93N%20TUR%C3%8DSTIC>

A%20DE%20LA%20RESERVA%20ECOL%C3%93GICA%20MANGLARES%20DE%20CHURUTE,%20PARA%20EL%20DESARROLLO%20ECOTUR%C3%8DSTICO%20EN%20LA%20R.pdf

Guerrero Vergara, X. O., Olmedo Junco, M. B., & Espinoza Rodríguez, C. J. (Marzo de 2014). *Desarrollo de Actividades Productivas Sostenibles en la Reserva Ecológica Manglares Churute*. Tesis de Grado, ESPOL, Guayaquil. Recuperado el 10 de Octubre de 2022, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89625/D-P12132.pdf>

Lange, W. P. (2017). *Shoreline changes for southeastern Matakana Island (Panepane Point) following capital dredging (2015-16)*. The University of Waikato, Faculty of Science and Engineering, Hamilton. doi:10.13140/RG.2.2.24868.27522

Ministerio de Turismo. (18 de Abril de 2009). *Noticias*. Recuperado el 7 de Diciembre de 2022, de Turismoecuador: <https://cibermusicnet.es.tl/TURISMO/index-5.htm>

Ministerio del Ambiente. (s.f.). *Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador*. Recuperado el 11 de Octubre de 2022, de Reserva Ecológica Manglares Churute: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/areas-protegidas/reserva-ecol%C3%B3gica-manglares-churute>

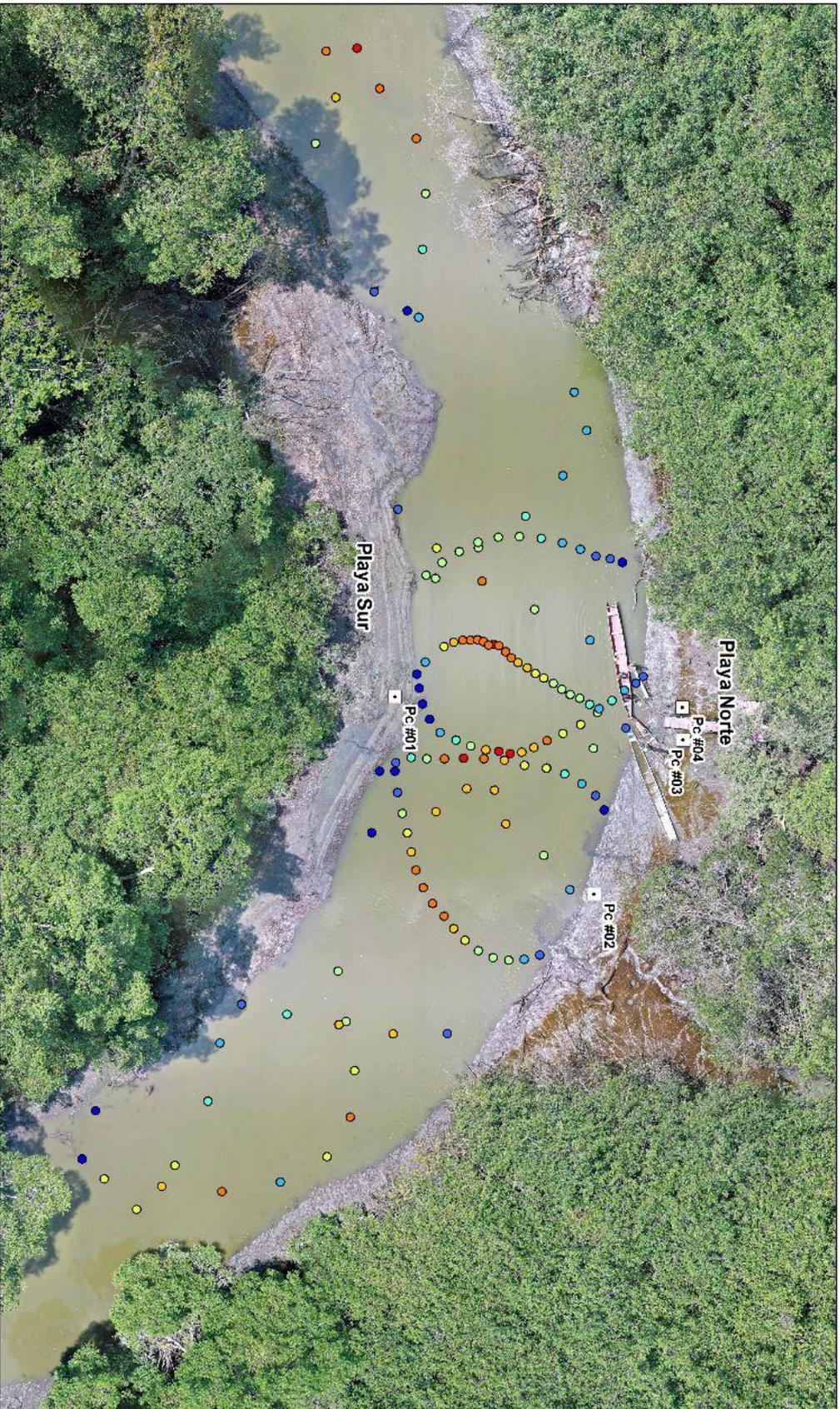
Panama City. (2018 de Junio de 25). *Document Center*. Recuperado el 15 de Enero de 2023, de Panama City: <https://www.panamacity.gov/DocumentCenter/View/865>

Paredes M., J. (2000). *APROVECHAMIENTO DE LA RIQUEZA MARINO COSTERA COMO ALTERNATIVA PARA EL DESARROLLO NACIONAL*. Tesis, INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS NACIONALES , Quito. Recuperado el 25 de Octubre de 2022, de <https://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/handle/24000/5249/PAREDES%20JOS E%202000.pdf?sequence=2>

Parra Urra, G. I. (2018). *DISEÑO DE UN MUELLE FLUVIAL PARA EL TRANSPORTE DE PASAJEROS*. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Valdivia. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2018/bmfcp258d/doc/bmfcp258d.pdf>

APÉNDICES

APÉNDICE A



Leyenda

Batimetría

- -4.151 - -3.926
- -3.925 - -3.691
- -3.690 - -3.523
- -3.522 - -3.292
- -3.291 - -3.040
- -3.039 - -2.796
- -2.795 - -2.565
- -2.564 - -2.336
- -2.335 - -2.013

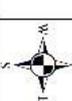
● Puntos de control

0 0.005 0.01 0.02 Km

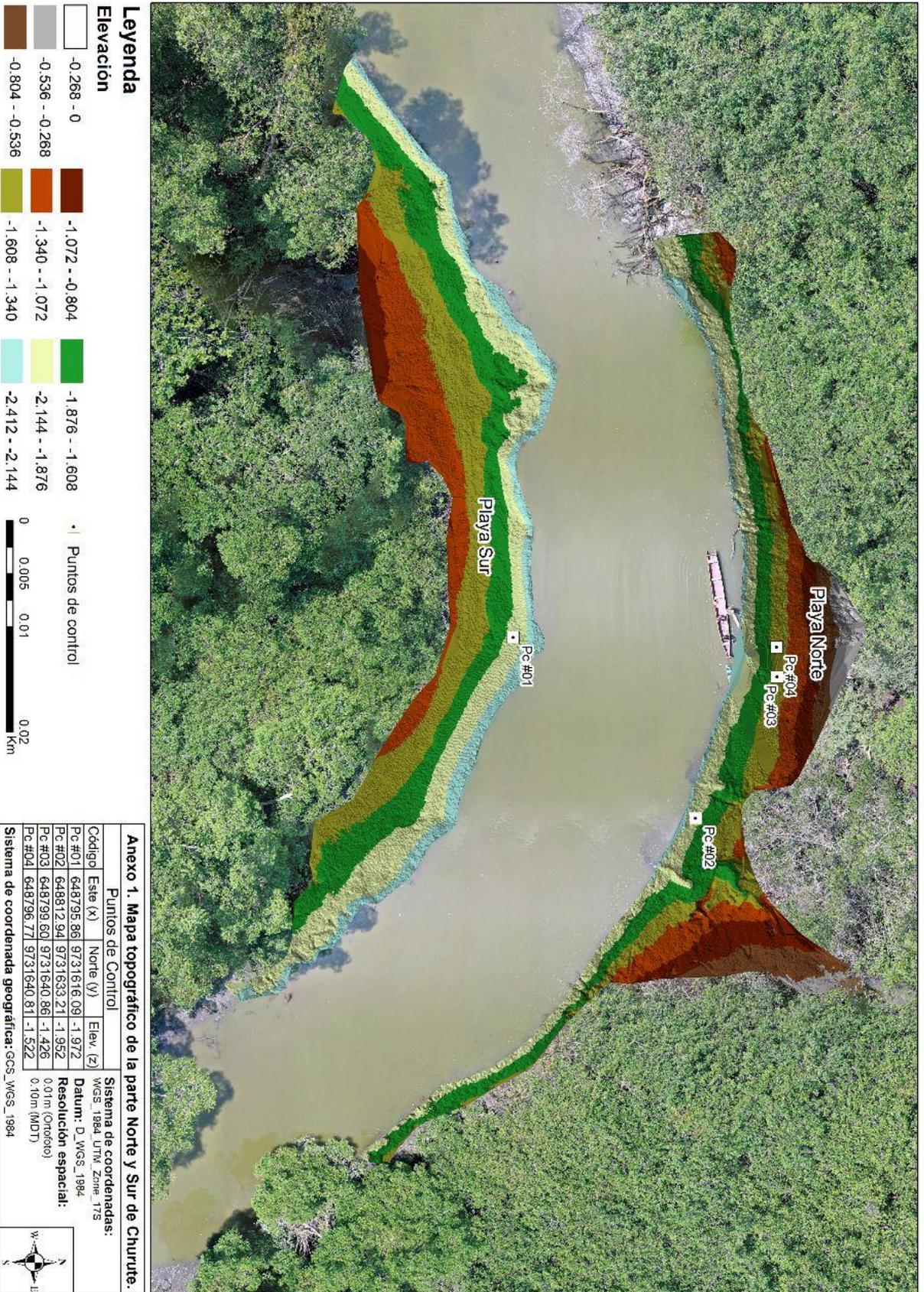
Anexo 2. Mapa Batimétrico de la parte Norte y Sur de Churute.

Puntos de Control			
Código	Este (X)	Norte (Y)	Elev. (Z)
Pc #01	648795.86	9731616.09	-1.972
Pc #02	648912.94	9731633.21	-1.952
Pc #03	648799.60	9731640.86	-1.426
Pc #04	648796.77	9731640.81	-1.522

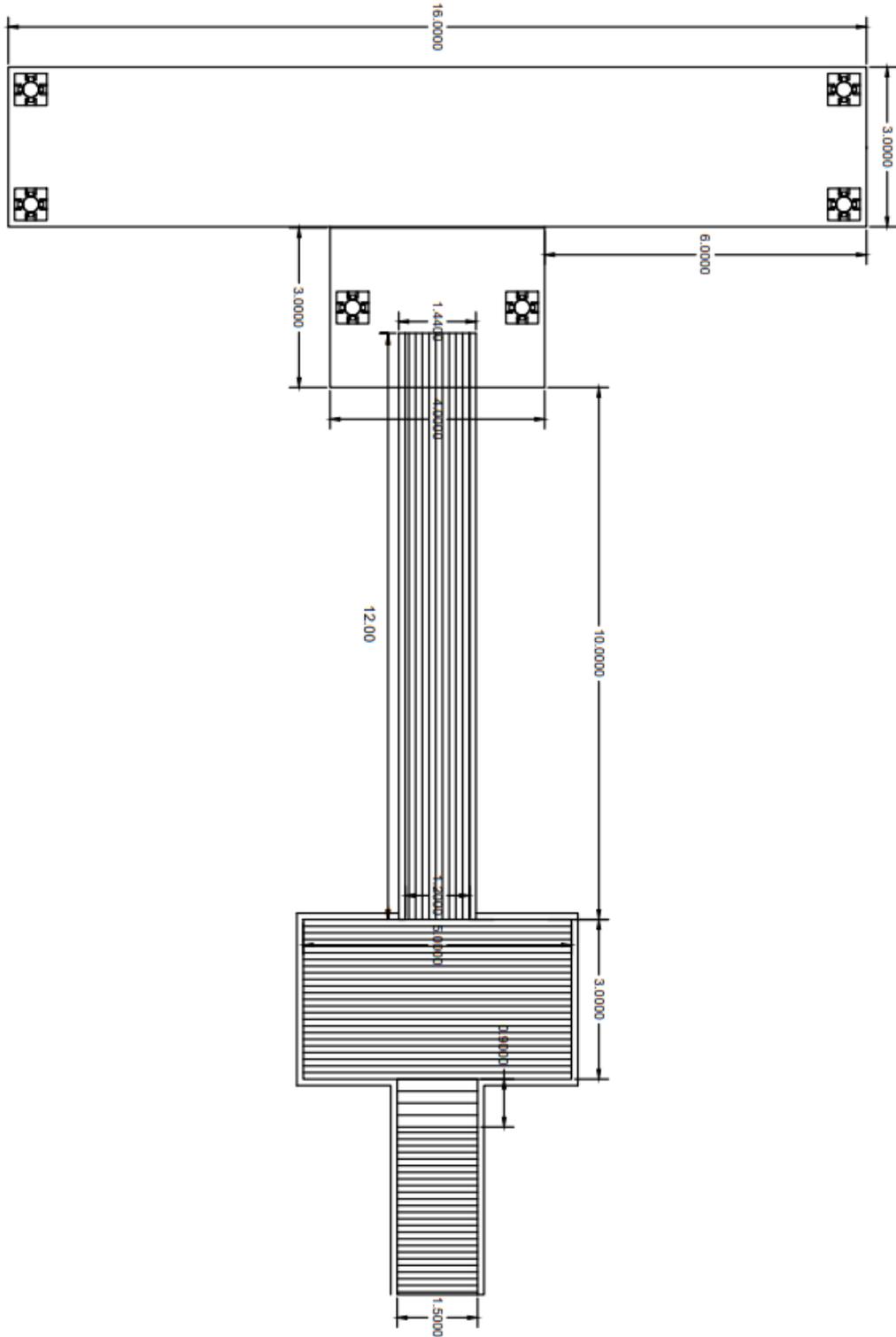
Sistema de coordenadas:
 WGS_1984_UTM_Zone_17S
Datum: D_WGS_1984
Resolución espacial:
 0.01m (Ortofoto)
 0.10m (IMDT)
Sistema de coordenadas geográficas: GCS_WGS_1984



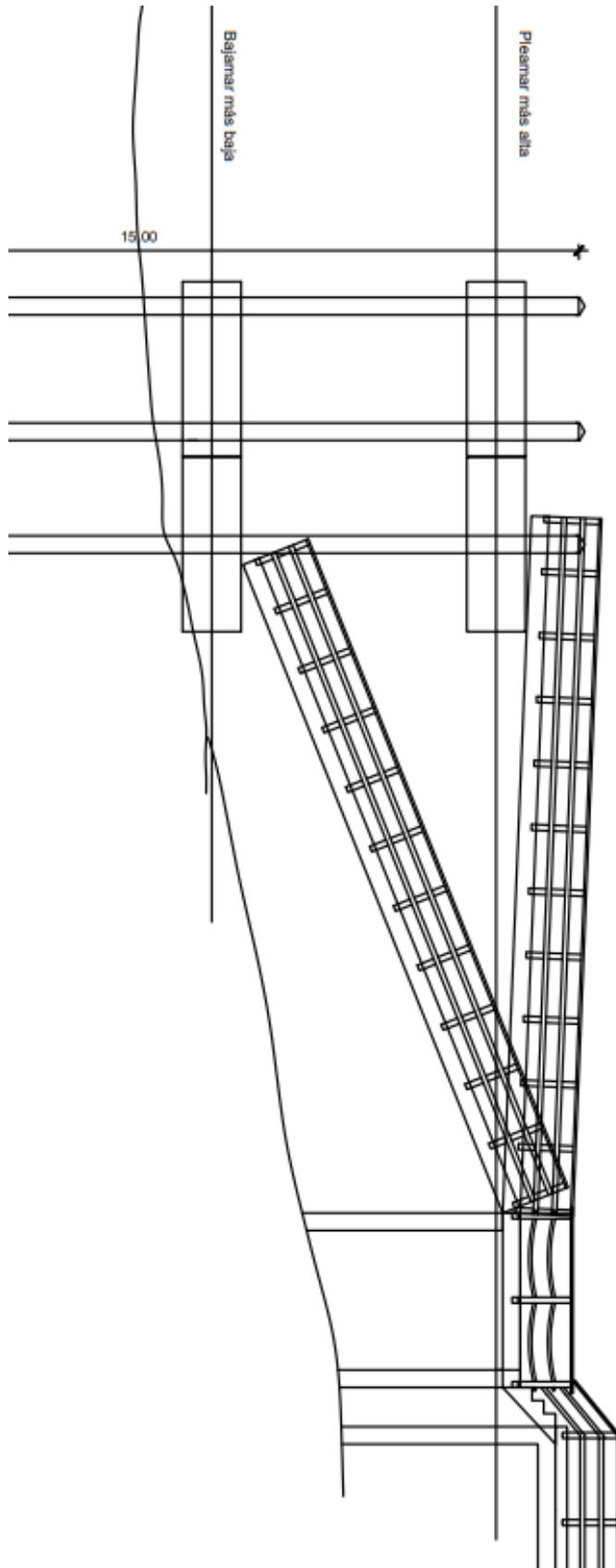
APÉNDICE B



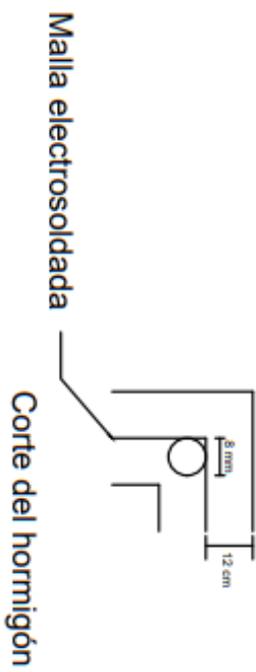
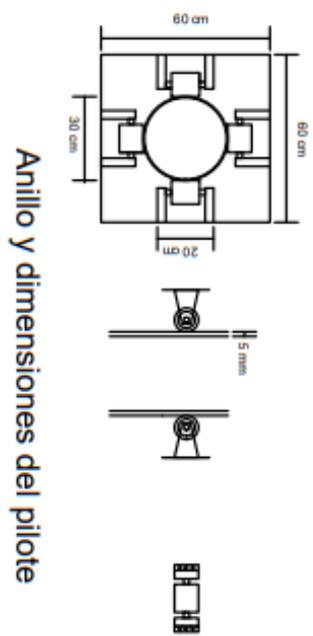
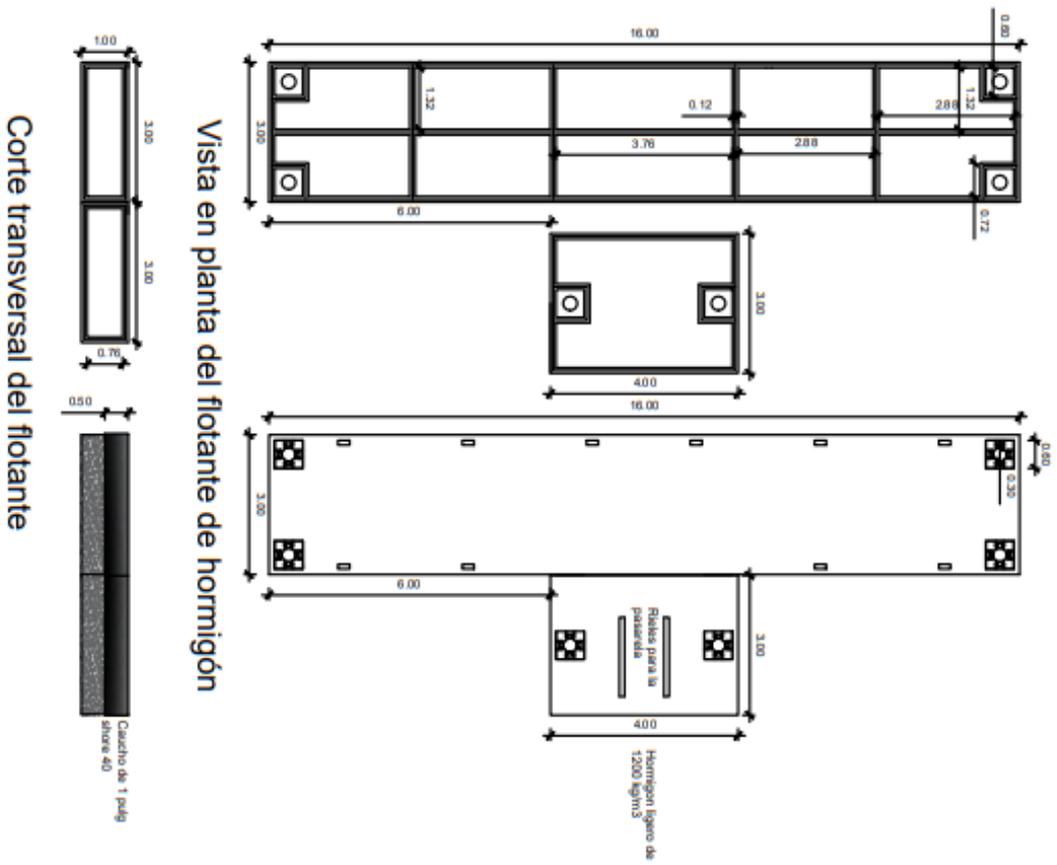
APÉNDICE C



APÉNDICE D

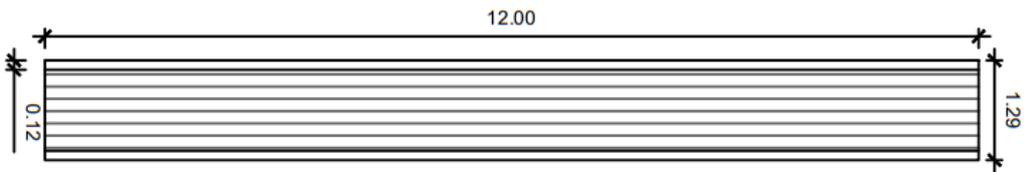
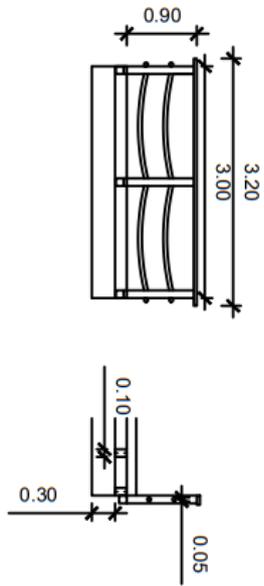


APÉNDICE E

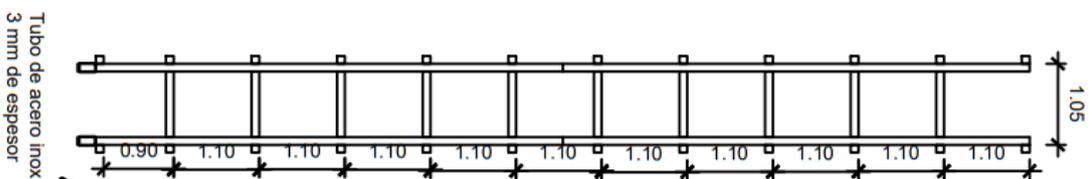
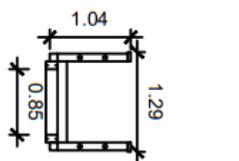


APÉNDICE F

Vista lateral y en corte de los pasamanos



Vista en planta y en corte de los pasarela

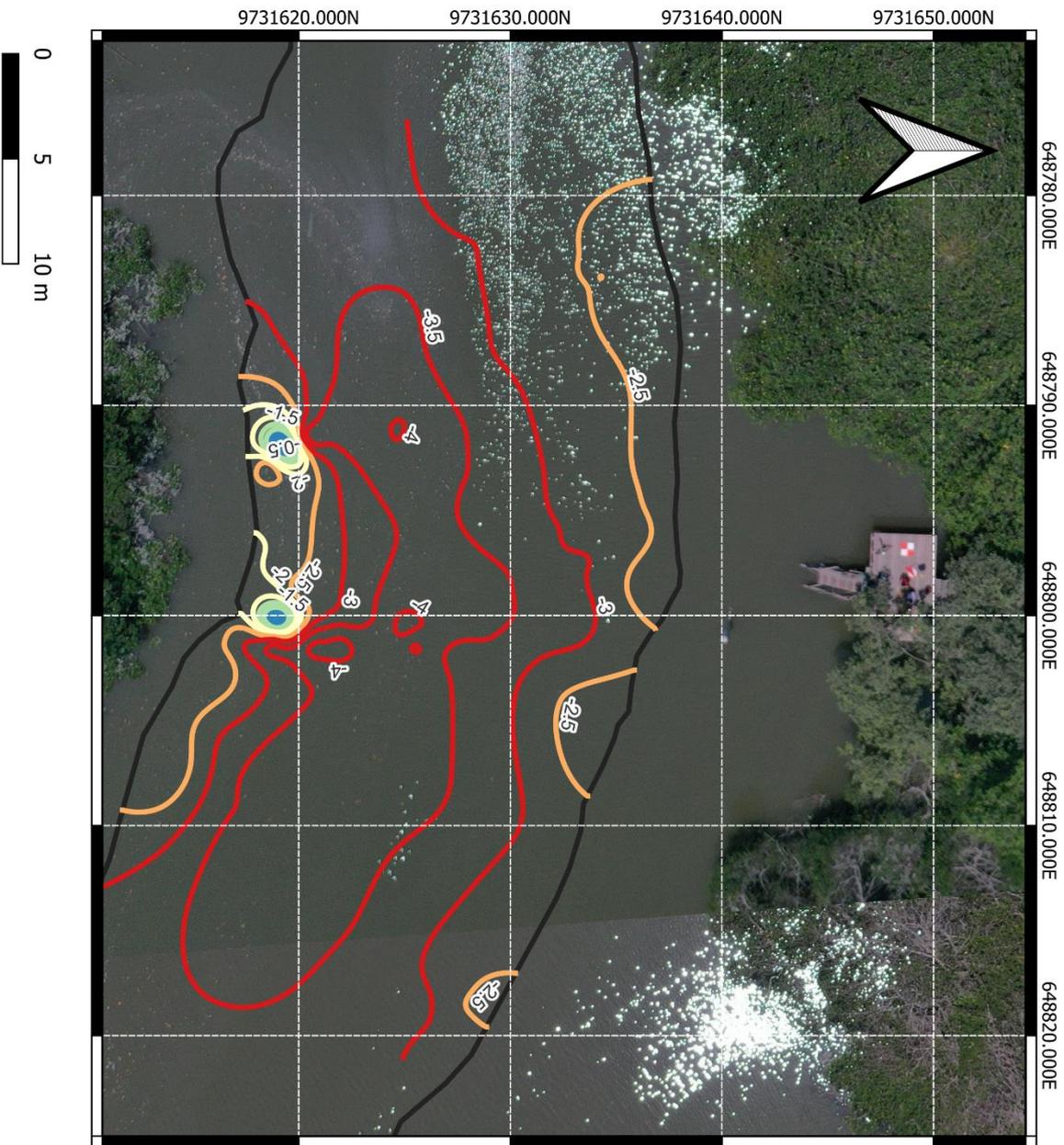


Tubo de acero inoxidable de 1" 3 mm de espesor



Pieza metálica soldada a la viga 35 cm x 10 cm y 5 mm de espesor

APÉNDICE G



Muelle flotante
"La Flora - El Gallo"
Reserva Ecológica
Manglares de
Churute