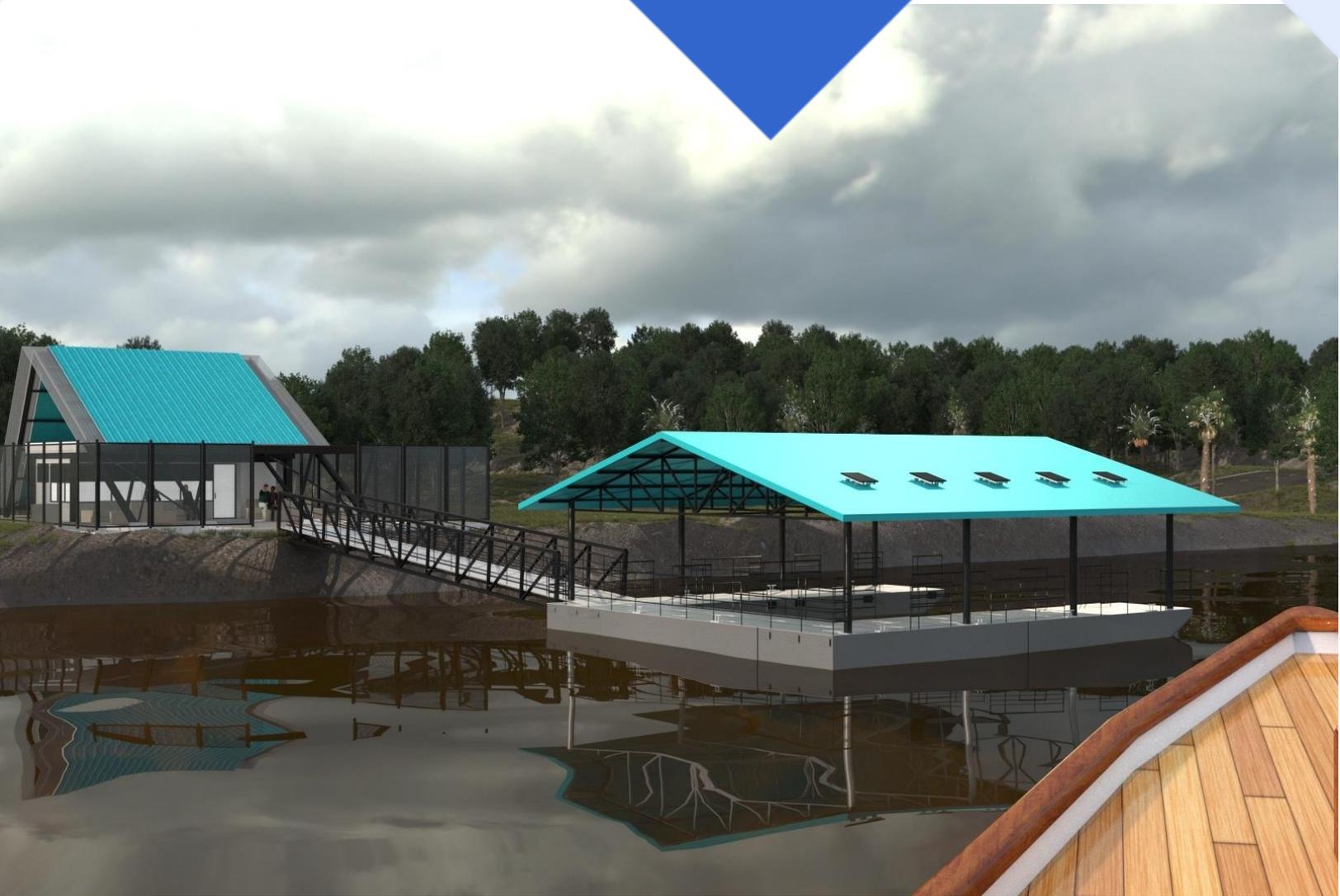


# Proyectos **TIPO**



## Construcción Terminal Fluvial

Versión 1.0, mayo de 2022



El futuro  
es de todos

DNP  
Departamento  
Nacional de Planeación



**Dirección General DNP**  
Alejandra Botero Barco

**Subdirección General del Sistema General de Regalías**  
Amparo García Montaña

**Dirección de Gestión y Promoción del Sistema General de Regalías**  
Paula Andrea López Vendemiati

**Subdirección Gestión de Proyectos**  
Lina Zuluaga Aranzazu

**Dirección de Infraestructura y Energía Sostenible**  
Jonathan David Bernal González

**Subdirección de Transporte**  
Felipe León Montenegro

**Subdirección General de Inversiones, Seguimiento y Evaluación**  
Yesid Parra Vera

**Dirección de Proyectos e Información para la Inversión Pública**  
Diana Carolina Escobar

**Subdirección de Proyectos**  
Yasmín Lucía Durán

**Coordinación Metodológica de Apoyo a Proyectos Tipo**  
Zulma Yohana Espinosa

**Asesora Dirección de Gestión y Promoción del Sistema General de Regalías**  
Ana Matilde Juvinao Carbonó

**Equipo Proyectos Tipo Dirección de Gestión y Promoción del Sistema General de Regalías**  
Elvia Elena Pacheco Romero  
Ricardo Andrés Rebolledo Peluffo  
Jeison Alejandro Villamil Moreno

**Dirección de Infraestructura y Energía Sostenible**  
**Subdirección de Transporte**  
Mónica Sarache Silva  
Lincoln Gómez Gómez

**Ministra de Transporte**  
Ángela María Orozco Gómez

**Viceministra de Infraestructura**  
Olga Lucía Ramírez Duarte

**Dirección de Infraestructura (E)**  
Esperanza Ledesma Lloreda

**Dirección de Infraestructura**  
Gerardo Baquero Ortega  
Carlos Alberto Micán Nechiza

**Instituto Nacional de Vías**  
**Subdirección Marítima y Fluvial**  
Roger Rodríguez Moreno  
Humberto Calderón Calderón  
Gerson Lugo Grandez  
María Fernanda Cifuentes

**Cormagdalena**  
**Oficina Asesora Planeación**  
Coronel (R) Germán Puentes Aguilar  
Kamila Andrea Peñaloza  
Carlos Andrés Tolosa

© DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN  
CALLE 26 13 19, BOGOTÁ, COLOMBIA  
PBX: 381 5000  
BOGOTÁ D.C. 2022



# ω Contenido

<b>GLOSARIO</b> .....	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>1. OBJETIVOS DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>16</b>
1.1. OBJETIVOS GENERALES .....	16
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>17</b>
<b>3. MARCO NORMATIVO</b> .....	<b>22</b>
3.1. NORMATIVA GENERAL .....	22
<b>4. RECURSOS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>26</b>
4.1. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	26
<b>5. CONDICIONES MÍNIMAS POR CUMPLIR PARA IMPLEMENTAR EL PROYECTO</b> .....	<b>28</b>
5.1. CONDICIONES DE IMPLEMENTACIÓN .....	29
5.2. ¿SE CUMPLE CON LAS CONDICIONES DE IMPLEMENTACIÓN? .....	32
5.3. ¿QUÉ ESTUDIOS SE NECESITAN PARA EL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN? .....	33
<b>6. ALTERNATIVA PROPUESTA</b> .....	<b>82</b>
6.1. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA .....	83
6.2. CONFIGURACIONES Y COMBINACIONES DE MÓDULOS.....	96
6.3. PROCESO CONSTRUCTIVO .....	100
6.4. INTERVENTORÍA Y SUPERVISIÓN DEL PROYECTO .....	102
<b>7. PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA</b> .....	<b>104</b>
7.1. PRESUPUESTO .....	104
7.2. PRESUPUESTO DE LA INTERVENTORÍA .....	106
7.3. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN .....	107

7.4.	DOTACIÓN.....	107
7.5.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	107
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>110</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>111</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1.	Criterios para la implementación del proyecto tipo.....	29
Tabla 2.	Tamaños de muestra según el tamaño de la población.....	35
Tabla 3.	Valores umbrales sísmicos empleados en la tipificación.....	54
Tabla 4.	Características estructurales y cargas de cimentación de las estructuras en tierra....	60
Tabla 5.	Ejemplo de secciones tubulares para pilotes metálicos.....	63
Tabla 6.	Recursos geográficos de referencia.....	67
Tabla 7.	Recomendaciones de máxima equidistancia entre secciones transversales según la tipología del canal del río.....	71
Tabla 8.	Parámetros de representación del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA – SIRGAS.....	74
Tabla 9.	Coordenadas MAGNA – SIRGAS de los orígenes de las zonas de proyección Gauss – krüger en Colombia.....	75
Tabla 10.	Parámetros para el sistema de proyección único.....	75
Tabla 11.	Descripción sistemas de atraque.....	95
Tabla 12.	Costos de los estudios de preinversión.....	105
Tabla 13.	Presupuesto referencia del proyecto.....	106
Tabla 14.	Cronograma del proyecto.....	107
Tabla 15.	Egresos proyectados durante el primer año del proyecto.....	108
Tabla 16.	Egresos proyectados durante los primeros 5 años del proyecto.....	108

## Índice de Gráficos

Gráfico 1: Estado de los puertos fluviales públicos administrados por el INVIAS ..... 19

## Índice de Figuras

Figura 1. Árbol de problemas ..... 20

Figura 2. Árbol de objetivos ..... 21

Figura 3. Espectros sísmicos de los umbrales sísmicos seleccionados ..... 32

Figura 4. Componentes del estudio hidrológico ..... 40

Figura 5. Rangos de variación de los niveles en función de la altura de llenado del cauce.... 42

Figura 6. Componentes de estudios hidráulicos..... 43

Figura 7. Componentes de estudios de socavación ..... 45

Figura 8. Componentes de estudios de sedimentación..... 45

Figura 9. Marco metodológico para el desarrollo del componente de suelo y subsuelo del proyecto tipo ..... 50

Figura 10. Umbrales sísmicos empleados para la tipificación ..... 53

Figura 11. Esquema general de carga para pilotes en el agua ..... 62

Figura 12. Esquema general de carga para pilotes en el agua ..... 63

Figura 13. Esquema general del terminal fluvial (configuración pasajeros) (BID, 2020) ..... 82

Figura 14. Concepto de rompecabezas proyecto tipo fluvial ..... 83

Figura 15. Prototipo de pasarela..... 91

Figura 16. Opción configuración de pasajeros. .... 96

Figura 17. Opción configuración de turismo. .... 97

Figura 18. Opción configuración de carga de servicios. .... 98

Figura 19. Opción configuración dual de pasajeros y carga. .... 99

Figura 20. Opción configuración doble transporte fluviomarítimo. Fuente: (BID, 2020) ..... 99

## 9 Glosario

### A

**Abarloar:** Es la acción de arribo y amarre de una embarcación al costado de otra que se encuentra en condición de atraque.

**Actividad portuaria fluvial:** Se consideran actividades portuarias fluviales la construcción, mantenimiento, rehabilitación, operación y administración de puertos, terminales portuarios, muelles, embarcaderos, ubicados en las vías fluviales (Ley 1242 de 2008).

**Área de fondeo:** Zona definida del espejo de agua cuyas condiciones permiten el fondeo o anclaje para que las embarcaciones esperen un lugar de atraque o el inicio de una operación portuaria, la inspección, cuarentena o aligeramiento de carga (Ley 1242 de 2008).

**Arqueo:** Determinación de la capacidad remolcadora, transportadora y total de una embarcación (Ley 1242 de 2008). Es la expresión que se refiere a la capacidad de una nave y/o artefacto naval determinada en función del volumen de sus espacios cerrados. Esta capacidad se expresará en Unidades de Arqueo "UA", siendo la sigla "UAB" la utilizada para representar el Arqueo Bruto y la sigla "UAN", el Arqueo Neto.

**Arribada:** Llegada de la embarcación a un puerto (Ley 1242 de 2008).

**Artefacto fluvial:** Es toda construcción flotante que carece de propulsión propia, que opera en medios fluviales, auxiliar de la navegación mas no destinada a ella, no comprendida en la definición de embarcación fluvial, sujeta al régimen de documentación y control del Ministerio de Transporte (Ley 1242 de 2008).

**Artefacto naval:** Es la construcción flotante, con características propias de una embarcación, se rige por las normas de la construcción naval tal como estabilidad, flotabilidad, estanqueidad e integridad y resistencia estructural; carece de propulsión propia, opera en el medio marino o fluvial y puede ser auxiliar o no para el transporte, tiene condiciones náuticas y seguridad para el comportamiento acuático.

**Artefacto flotante de atraque:** Artefacto naval adosado a una infraestructura en tierra mediante pasarelas para permitir el atraque de embarcaciones fluctuando en flotación con los niveles del río.

**Atracar:** Maniobra consistente en amarrar una embarcación a un muelle o embarcadero (Ley 1242 de 2008).

**Autoridad fluvial:** Es la entidad o el funcionario público a quien, de conformidad con la ley o las normas vigentes, corresponde la organización y control de la navegación fluvial (Ley 1242 de 2008).



## B

**Barcaza:** Artefacto naval destinado al transporte o auxiliar de la navegación, sin capacidad de autosuficiencia, su operación requiere el apoyo de remolcadores, existen de diferentes características dependiendo del servicio a que sean destinadas.

**Barcaza autopropulsada:** Artefacto naval con autonomía y propulsión propia, existen diferentes tipologías de acuerdo con el servicio a que serán destinadas.

**Barco, nave o buque:** Nave con cubierta y superestructura permanente. (Definición aplicable para los efectos de la Resolución 220 de 2012, artículo 5°).

**Buque tipo de proyecto:** Es la embarcación cuyos parámetros permiten el diseño de canales de navegación, el dimensionamiento y tipología de los terminales fluviales y son características de la embarcación para satisfacer la demanda de carga.

## C

**Calado:** Altura de la parte sumergida del casco (Ley 1242 de 2008). Es la distancia vertical que media desde la línea de quilla a media eslora hasta la flotación que se considere. (Definición aplicable para los efectos de la Resolución 220 de 2012, artículo 5°).

**Canal de navegación:** Canal natural o artificial con forma alargada y estrecha, en aguas superficiales, naturales o artificiales que permiten la navegación (Ley 1242 de 2008).

**Canal navegable:** Es la parte dentro de un cauce o cuerpo de agua natural o artificial por donde navegan las embarcaciones. Los canales navegables en función de su profundidad se clasifican en canales navegables para embarcaciones menores, mayores o ambas (Ley 1242 de 2008).

**Capitanía de Puerto:** Autoridad delegada de la Autoridad Marítima Nacional DIMAR, con jurisdicción en los puertos marítimos y en los fluviales fronterizos.

**Carga:** Es toda aquella cosa mueble, con peso o volumen, ordenada, acondicionada y caracterizada para ser manipulada, transportada en vehículos de todos los modos, y arrumada en plataformas en tierra para su procesamiento, trasbordo o distribución. La carga puede ser general suelta, unitarizada o al granel.

**Carga en tránsito:** Es toda aquella carga que espera en un terminal o en plataformas logísticas, para ser transferida al Territorio Aduanero Nacional, a Zonas Francas o para trasbordo.

**Carga doméstica:** Es toda aquella carga destinada a satisfacer necesidades de desarrollo y sobrevivencia de una localidad, del puerto o de la región, generalmente son productos e insumos.





**Carga de abastecimiento:** Es toda la carga compuesta de mercancías, abarrotos, herramientas utensilios y productos de uso cotidiano para la subsistencia, la administración, la seguridad, la limpieza e higiene de la población.

**Cobertizo:** Cubierta que cubre parcialmente un espacio y lo protege de las inclemencias y de los rayos del sol.

**Convoy:** Conjunto de embarcaciones ligadas entre sí que navegan impulsadas por uno o varios remolcadores (Ley 1242 de 2008). Conjunto de barcasas no propulsadas, empujadas por un remolcador o empujador, que al encontrarse firmemente amarradas se configuran como una unidad monolítica de transporte.

**Cubierta:** Piso o tapa firme y estructural de una embarcación o artefacto naval.

**Cubierta de cierre o de arqueo:** Es la cubierta más elevada hasta la que llegan los mamparos estancos transversales.

## D

**Desplazamiento:** Es la medida del peso de un buque o un artefacto naval, equivalente al peso del volumen de agua desplazada por el artefacto en flotación.

**Desplazamiento en rosca:** Es el peso del buque tal como lo entrega el astillero; esto es, sin combustible, pertrechos, víveres ni tripulantes.

**DIMAR:** Dirección General Marítima

**Dragado:** Obra de ingeniería hidráulica. Procedimiento mecánico mediante el cual se remueve material del fondo o de la banca de un sistema fluvial en general de cualquier cuerpo de agua, para disponerlo en un sitio donde presumiblemente el sedimento no volverá a su sitio de origen (Ley 1242 de 2008).

## E

**Embarcación fluvial:** Construcción principal o independiente, apta para la navegación cualquiera que sea su sistema de propulsión, destinada a transitar por las vías fluviales de la Nación, sujeta al régimen de documentación y control del Ministerio de Transporte (Ley 1242 de 2008).

**Embarcación fluvial menor:** Toda embarcación fluvial con capacidad transportadora inferior a 25 toneladas. Igualmente son consideradas las embarcaciones con motor fuera de borda o semifuera de borda (Ley 1242 de 2008).

**Embarcaciones fluviales mayores:** Toda embarcación fluvial con capacidad transportadora



6 superior a 25 toneladas (Ley 1242 de 2008).

**Embarcaciones en tránsito:** Son aquellas embarcaciones o artefactos navales fluviales que permanecen en el terminal inertes, sin remolcador o sin movilidad, en espera de cargue o descargue o en expectativa de una nueva singladura o itinerario.

**Embarcadero:** Construcción realizada, al menos parcialmente en la ribera de los ríos para facilitar el cargue y descargue de embarcaciones menores (Ley 1242 de 2008). Infraestructura de una instalación o terminal fluvial especialmente adecuada y autorizada para el embarque y desembarque seguro de pasajeros, de actividades turísticas, recreativas o de semovientes, generalmente apta para el atraque de embarcaciones menores.

**Eslora:** Longitud horizontal de una nave o artefacto naval, medida entre los puntos más salientes del casco en la proa y en la popa.

**Estación portuaria:** Es la infraestructura o instalaciones portuarias diseñadas y equipadas para para el servicio del transporte y albergue de pasajeros, turistas o carga.

**Estructura de atraque:** Son aquellas estructuras que permiten el arribo, aseguramiento o abarloadamiento de las embarcaciones y se constituye en la relación segura y firme de una embarcación con tierra, permitiendo realizar las actividades portuarias, hay diferentes tipos de estructuras.

**Equipaje de pasaje fluvial:** Se conoce como equipaje al conjunto de maletas, valijas y bolsos que una persona acarrea normalmente consigo cuando viaja de un lugar a otro, el equipaje puede incluir numerosos tipos de elementos, puede incluir grandes valijas y bolsos, cajas y botellas manuales como equipaje de mano fragmentado.

## F

**Flota fluvial:** Se conoce al conjunto diverso de buques, artefactos navales, lanchas y todo tipo de embarcaciones registradas y licenciadas para la operación, que son utilizadas en actividades comerciales, recreativas de investigación generalmente destinadas en su mayoría al transporte y distribución de productos o pasajeros entre puertos fluviales y lacustres.

**Francobordo:** Distancia vertical en el costado de un buque o artefacto naval, medida entre la línea de máxima carga y el borde superior de la cubierta de francobordo. (Definición aplicable para los efectos de la Resolución 518 de 2000, artículo 5°).

## I

**Inspección Fluvial:** es la Autoridad Fluvial y Portuaria delegada por el Ministerio de Transporte para ejercer las funciones que le determina la ley en su jurisdicción.



**INVIAS:** Instituto Nacional de Vías

L

**Lancha:** Nave sin cubierta principal ni cabinas habitables permanente y con propulsión mecánica.

M

**Malecón:** Muralla o muro construido en la ribera de un río, anexando zona de uso público al ordenamiento urbano, además se construye para la protección de la ribera y contra inundaciones del territorio.

**Manga:** Es la medida en el punto medio o media cubierta hasta la línea de trazado de la cuaderna si el buque es de forro metálico y hasta la superficie exterior del casco si el buque es de forro de cualquier otro material. (Definición aplicable para los efectos de la Resolución 220 de 2012, artículo 5°).

**Mercancías:** Es toda cosa mueble susceptible de compra o venta, acondicionada y alistada para el negocio, el almacenamiento, la distribución y el mercadeo, según las normas de calidad de la Superintendencia de Industria y Comercio o de los organismos de control de alimentos y fármacos.

**MT:** Ministerio de Transporte.

**Muelle:** Construcción en el puerto o en las riberas de las vías fluviales, donde atracan las embarcaciones para efectuar el embarque o desembarque de personas, animales o cosas (Ley 1242 de 2008).

**Muelles flotantes:** Están conformados por una plataforma de concreto en tierra unida a una pasarela metálica y está a un módulo flotante metálico para las actividades de embarque y desembarque (Ley 1242 de 2008).

**Muelles marginales:** Se construyen sobre la orilla de los ríos o sobre la línea litoral como estructuras de concreto, metálicas o de madera, apoyadas sobre pilotes de concreto, metálicos o de madera y algunos con escaleras laterales o frontales para las actividades de embarque y desembarque. En algunos proyectos las tipologías estructurales pueden ser tablestacados o muros de gravedad (Ley 1242 de 2008).



## N

**Nave artesanal:** Es una nave no construida en serie, en material de madera, plástico reforzado en fibra de vidrio o cualquier otro material, sin cubierta principal ni cabinas habitables, y su sistema de propulsión puede ser a remo, vela o motor fuera de borda.

**Nave de pasaje:** Es la embarcación diseñada y equipada para prestar el servicio de transporte de personas, con fines comerciales, incluyendo los turísticos y deportivos.

**Nave de transporte mixto:** Nave con arqueo superior a veinticinco (25) UAB apta para el intercambio comercial, transportando pasajeros y carga.

**Navegación fluvial:** Acción de viajar por vías fluviales en una embarcación fluvial (Ley 1242 de 2008).

## O

**Operador portuario fluvial:** Es la persona natural o jurídica, que presta servicios en los puertos de: cargue y descargue, almacenamiento, estiba y desestiba, manejo terrestre o porteo de la carga, clasificación y reconocimiento de la carga, entre otras actividades y sujetas a la reglamentación de la autoridad competente (Ley 1242 de 2008).

## P

**Pasajero:** Es la persona que mediante un contrato de transporte se traslada en una embarcación de servicio público, de un punto de origen a uno de destino, y mediante el pago de una tarifa, la empresa de transporte emite un tiquete, un pasaje o un pasabordo para comprobar el pago y garantizar el servicio. Por pasajero también se entiende toda persona que no sea: El capitán y los miembros de la tripulación, u otras personas empleadas o contratadas para las labores a bordo de la nave, y un niño menor de un año.

**Pasarela:** Es un puente o pasillo pequeño construido con materiales livianos de tránsito peatonal o de equipos rodantes pequeños, que se emplea para integrar la zona de tierra o la estación portuaria con el sistema de atraque de un embarcadero o un terminal.

**Peso muerto (DWT) o (TPM):** Diferencia, expresada en toneladas métricas, entre el desplazamiento del buque en agua a plena carga, y el desplazamiento del buque en rosca; es la capacidad de transporte de carga, respetando el francobordo y línea de máxima flotación segura.

**Puerto de origen:** Es aquel en el cual una embarcación inicia un viaje, previo permiso de zarpe (Ley 1242 de 2008).



**Puerto de destino:** Es aquel en el cual una embarcación finaliza un viaje, cumpliendo un itinerario anunciado y reportándose ante la autoridad competente (Ley 1242 de 2008).

**Puerto fluvial:** Es el conjunto de elementos físicos que incluyen accesos, instalaciones (terminales, muelles, embarcaderos, marinas y astilleros) y servicios, que permiten aprovechar una vía fluvial en condiciones favorables para realizar operaciones de carga y descarga de toda clase de naves e intercambio de mercancías entre tráfico terrestre, marítimo y/o fluvial (Ley 1242 de 2008).

**Puntal:** Distancia vertical medida desde la línea de quilla hasta la cara alta del bao de la cubierta de trabajo en su intersección con el costado, el puntal de trazado se medirá hasta el punto de intersección de las líneas de trazado de la cubierta con la lámina de cierre lateral del forro.

## R

**Registro de zarpe:** Registro electrónico o manual que realiza el tripulante responsable de la embarcación, el armador, el agente fluvial o quien haga sus veces, en el registro nacional fluvial (RNF), para que una embarcación inicie o continúe su viaje (Ley 1242 de 2008).

**Ribera:** Terreno colindante con un cuerpo de agua (Ley 1242 de 2008).

## S

**Sociedad Portuaria:** Son sociedades constituidas con capital privado, público o mixto, cuyo objeto social será: la construcción, mantenimiento, rehabilitación, administración y operación de los terminales (Ley 1242 de 2008).

Las sociedades que tengan que desarrollar actividades portuarias dentro de su cadena productiva para servicio privado, no necesitan concurrir a formar una sociedad portuaria de objeto único, bastará para ellas la ampliación de su objeto social a la realización de actividades portuarias. Esta disposición se aplicará en lo pertinente a todo tipo de sociedades que desarrollen actividades portuarias (Ley 1242 de 2008).

## T

**Terminal fluvial:** Infraestructura autorizada por autoridad competente para la explotación de actividades portuarias (Ley 1242 de 2008).

**Terminal fluvial de servicio privado:** Es aquel en donde sólo se prestan servicios a empresas vinculadas jurídica o económicamente con la empresa concesionaria o administradora de la infraestructura (Ley 1242 de 2008).



**Terminal fluvial de servicio público:** Es aquel en donde se prestan servicios a todos quienes están dispuestos a someterse a las tarifas y condiciones de operación (Ley 1242 de 2008).

**Transporte fluvial:** Actividad que tiene por objeto la conducción de personas, animales o cosas mediante embarcaciones por vías fluviales (Ley 1242 de 2008).

**Transporte fluvial de apoyo social:** Es el que se realiza sin fines de lucro (Ley 1242 de 2008).

**Transporte fluviomarítimo:** Corresponde al traslado o transferencia de carga, mercancías, pasajeros o semovientes en embarcaciones fluviales o en buques de registro marítimo, desde o hacia puertos sobre vías fluviales o hidrovías, combinando el tránsito entre un segmento marítimo y otro fluvial.

**Transporte turístico:** Es aquel transporte que se desarrolla como una actividad recreacional o vacacional en contacto con el agua, compartiendo el tránsito náutico con el disfrute de la naturaleza, este transporte obedece a circuitos diseñados por agencias autorizadas con base en programas culturales, lúdicos, deportivos y de integración social, el pago del servicio incluye el transporte, las actividades y los seguros.

**Tripulación:** Conjunto de personas embarcadas, debidamente identificadas y provistas de sus respectivos permisos o licencias, destinadas para atender los servicios de la embarcación (Ley 1242 de 2008).

## V

**Vías fluviales:** Son vías para la navegación fluvial los ríos, canales, caños, lagunas, lagos, ciénagas, embalses y la bahía de Cartagena, aptas para la navegación con embarcaciones fluviales (Ley 1242 de 2008).

## Z

**Zona de navegación o de flotación:** Es la zona en el cauce fluvial o en hidrovía donde se permite la flotación y la navegación permanente de la embarcación tipo de diseño de la vía fluvial, generalmente está circunscrita entre el eje del cauce y el eje del Thalweg.

**Zona portuaria:** Es la zona categorizada y definida dentro de un área geográfica como apta y adecuada morfológica e hidráulicamente para el desarrollo de instalaciones o terminales, y la infraestructura de actividades no portuarias.



# 14 Introducción



Bienvenido.

En sus manos se encuentra un **PROYECTO TIPO** que contiene los aspectos estándar, metodológicos y técnicos para que las Entidades Territoriales o del orden nacional que requieran atender un problema específico, puedan de manera ágil hacer realidad la solución en el territorio. Su aplicación genera dos importantes ahorros:

- **Hasta el 70% de los costos calculados de preinversión.**
- **Hasta cuatro meses en la formulación y estructuración.**

Para la correcta y eficiente formulación de la iniciativa de inversión, este proyecto tipo debe acompañarse de dos herramientas:

- El material de apoyo para formular y estructurar proyectos de inversión. Estas guías contienen los aspectos conceptuales necesarios para la formulación de un proyecto de inversión pública y puede ser consultada en la página web <https://www.dnp.gov.co/NuevaMGA/Paginas/Ayuda-de-la-MGA.aspx>
- Los contratos y pliegos Tipo que servirán de referencia para la fase contractual y referentes a la adquisición de bienes y servicios, se pueden encontrar en el siguiente enlace: <https://www.colombiacompra.gov.co/content/documentos-tipo-de-infraestructura-de-transporte>

Este documento contiene la guía o **PROYECTO TIPO** para **LA CONSTRUCCIÓN DE UN TERMINAL PARA EL TRANSPORTE FLUVIAL**, que consiste en brindar una alternativa de solución a la problemática relacionada con la dificultad para atender la demanda de transporte de pasajeros y carga por las vías fluviales de la entidad territorial bajo condiciones de servicio seguras, confortables, controladas y accesibles para todos los usuarios.

Esta alternativa de solución está diseñada cumpliendo con las directrices dadas por el Ministerio de Transporte para este tipo de inversiones.

El contenido de este documento le permitirá avanzar de manera guiada en la formulación y estructuración del proyecto, con el fin de lograr su financiación y ejecución; se incluye:

- **Identificar y dimensionar el problema**
- **Detalle técnico de la alternativa propuesta y su costo estimado.**



- **Cronograma estimado para la ejecución**
- **Identificación de los recursos requeridos para su mantenimiento y operación**

Es importante que tenga en cuenta que, para la formulación de este proyecto, se necesitará ajustar la información suministrada según las realidades particulares de su entidad territorial y/o de la localización específica del proyecto.

Para facilitar la formulación del proyecto, se anexa como ejemplo una ficha MGA-Web diligenciada, la cual debe ser ajustada con los datos reales de la entidad territorial.

En este documento se utilizan dos íconos de referencia para diferenciar el contenido de mayor relevancia para quienes estructuran el proyecto y para quienes tienen la responsabilidad técnica de ejecutarlo.



**Indica información de interés para la FORMULACIÓN del Proyecto.**



**Indica información de interés para la EJECUCIÓN del proyecto.**

La información contenida en este documento puede ser actualizada, tanto en sus cifras, como en las normas que aplican para su formulación. Recomendamos consultar la página <https://proyectostipo.dnp.gov.co> con el fin de verificar si el presente documento ha sido actualizado.



# 16 1. Objetivos del documento



## 1.1. Objetivos Generales

El objetivo de este documento es presentar un **PROYECTO TIPO** que sirva a las entidades territoriales o del orden nacional que hayan identificado como problemática la dificultad para atender la demanda de transporte de pasajeros y carga por las vías fluviales de la entidad territorial bajo condiciones de servicio seguras, confortables, controladas y accesibles para todos los usuarios. Además, que hayan establecido que el problema puede solucionarse con la **CONSTRUCCIÓN DE UN TERMINAL FLUVIAL**, que corresponde a infraestructura autorizada por la autoridad competente para la explotación de actividades portuarias fluviales.

## 1.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos de este documento de **PROYECTO TIPO** son:

- Aportar una alternativa de solución, agilizando las tareas de formulación y estructuración, generando ahorros en costos y tiempo.
- Mejorar las prácticas de estructuración de proyectos, mediante la definición y desarrollo de los aspectos técnicos esenciales necesarios para la ejecución de este tipo de proyectos.
- Guiar a las Entidades en las actividades de formulación y estructuración de proyectos para contribuir al fortalecimiento de los procesos de gestión de recursos públicos.

## 2. Descripción del problema



Este numeral identifica el problema y define los objetivos dirigidos a solucionarlo o mitigarlo mediante la ejecución de un proyecto de **CONSTRUCCIÓN DE UN TERMINAL FLUVIAL**.

El primer paso para formular el proyecto es identificar el alcance y trazar los objetivos para solucionar la situación encontrada. Para ello, se utiliza como metodología el árbol de problemas, el cual ayuda a identificar las causas y efectos derivados del mismo.

Por ello, se hace necesario realizar la siguiente pregunta:

**¿La entidad territorial o del orden nacional tiene necesidad de atender la demanda de transporte de pasajeros y carga en condiciones de servicio seguras, confortables, controladas y accesibles para todos los usuarios, a través de las vías fluviales, con la construcción de un terminal fluvial?**



El Ministerio de Transporte, el Instituto Nacional de Vías - INVIAS y la Corporación Autónoma Regional del río Grande de la Magdalena - Cormagdalena, con la promoción y desarrollo del modo fluvial, optimizarán el nivel de los servicios que se prestan en la red fluvial, buscando una mayor accesibilidad de los territorios y mayor movilidad de la población, y para ello, con el apoyo del DNP, estructurará proyectos tipo de infraestructura fluvial, con el fin de que los entes territoriales o del orden nacional que así lo requieran, cuenten con una herramienta que les permita desarrollar su infraestructura con un enfoque costo eficiente, en concordancia con las Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 Pacto por Colombia, pacto por la equidad .

Fuente imagen: <https://sectormaritimo.es/los-diez-rios-navegables-mas-largos-del-mundo>

Actualmente, existe una dificultad para atender la demanda de transporte de pasajeros y carga<sup>1</sup> de la entidad territorial que emplea las vías fluviales de su territorio. Esta situación se presenta porque no se aprovecha la capacidad total de transporte que tiene la red fluvial nacional, que cuenta con 18.225 kilómetros navegables que potencialmente pueden atender

<sup>1</sup> Entiéndase carga como toda la mercancía, carga de abastecimiento o carga doméstica que se transporta en la zona de estudio.



dicha demanda. Lo anterior se da porque no se cuenta con la infraestructura suficiente que permita realizar las operaciones de embarque y desembarque de una manera segura, confortable, controlada y en condiciones accesibles, especialmente para aquellos usuarios que presenten alguna restricción en su movilidad. Adicionalmente, muchas poblaciones construyen accesos artesanales que no les brindan condiciones seguras ni dignas para las operaciones de transporte, presentándose también que en el lado tierra hay una ausencia de zonas destinadas para atención a los pasajeros o a la carga que se transporta.

También porque el modo de transporte fluvial es el modo que menos recursos recibe del presupuesto general de la nación para su intervención en comparación con los otros modos de transporte, lo que lo pone en una condición de desventaja y lo limita en cuanto a la infraestructura que se puede construir anualmente a través de las entidades ejecutoras de dichos recursos. De esta manera, el desarrollo del transporte fluvial del país está rezagado, y aunque se ha realizado un importante ejercicio de diagnóstico y propuesta de estrategias en el Plan Maestro Fluvial<sup>2</sup>, este se encuentra sin recursos suficientes para su implementación.

Adicionalmente, debido al desgaste por el uso recurrente y por acción de la naturaleza, la infraestructura existente presenta deterioro en su estado por falta de mantenimiento o por intervenciones que se realizan muy distantes en el tiempo, lo que en muchas ocasiones genera la pérdida de dicha infraestructura y conlleva a un elevado riesgo de accidentalidad o la presencia de operaciones de transporte con baja calidad para los usuarios.

El anterior es un problema generalizado en todas las cuencas hidrográficas del país. De acuerdo con el inventario del INVIAS de puertos fluviales de servicio público, la situación del estado de estos no es alentadora (Gráfico 1).

Durante los procesos de diseño de los terminales fluviales o las infraestructuras de atraque que se han construido en el país se encuentra la necesidad de considerar las condiciones hidrológicas y dinámicas de los ríos, incluyendo, además, los procesos de socavación, erosión, sedimentación y variación de niveles del agua. Estos procesos naturales han afectado directamente la situación y la conservación de los terminales y los sistemas de atraque convirtiéndolos en no funcionales o técnicamente inseguros.

---

<sup>2</sup> Plan maestro elaborado conjuntamente entre el Ministerio de Transporte y el DNP en 2015 con el objetivo de obtener un sistema de transporte más competitivo, limpio, seguro y beneficioso para el desarrollo social.

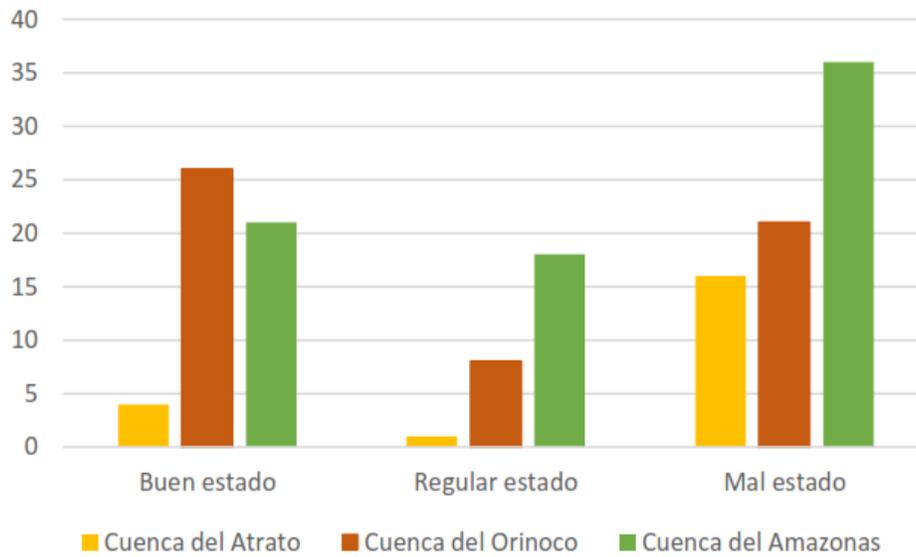


Gráfico 1: Estado de los puertos fluviales públicos administrados por el INVIAS

Fuente: (BID, 2020) con base en datos de la Superintendencia de Transporte, 2018

Esta condición conlleva a que haya una baja conectividad en las regiones más apartadas del país, las cuales en muchas ocasiones cuentan únicamente con el modo de transporte fluvial para su movilidad, así como una consecuente dificultad para acceder a bienes y servicios que mejoren su calidad de vida.

Por otra parte, se cuenta con una limitada normatividad técnica colombiana para la implementación y formalización de infraestructura con carácter social en la red fluvial nacional, muchas veces porque los recursos se focalizan en la atención a las necesidades de otros modos de transporte, especialmente el carretero, lo que conlleva a una alta informalidad, así como a elevados costos para la economía regional.

Si bien en el ámbito de la infraestructura, la normativa del país se encuentra en constante actualización, es común encontrar que las estructuras hidráulicas o las construcciones que componen los terminales fluviales no se encuentran cobijados por ellas. Debido a lo anterior existen vacíos al momento de realizar tanto el diseño como la ejecución de los proyectos, para lo cual deberá formularse la regulación técnica respectiva.

La Figura 1 presenta el Árbol de Problemas, asociado a la situación presentada.

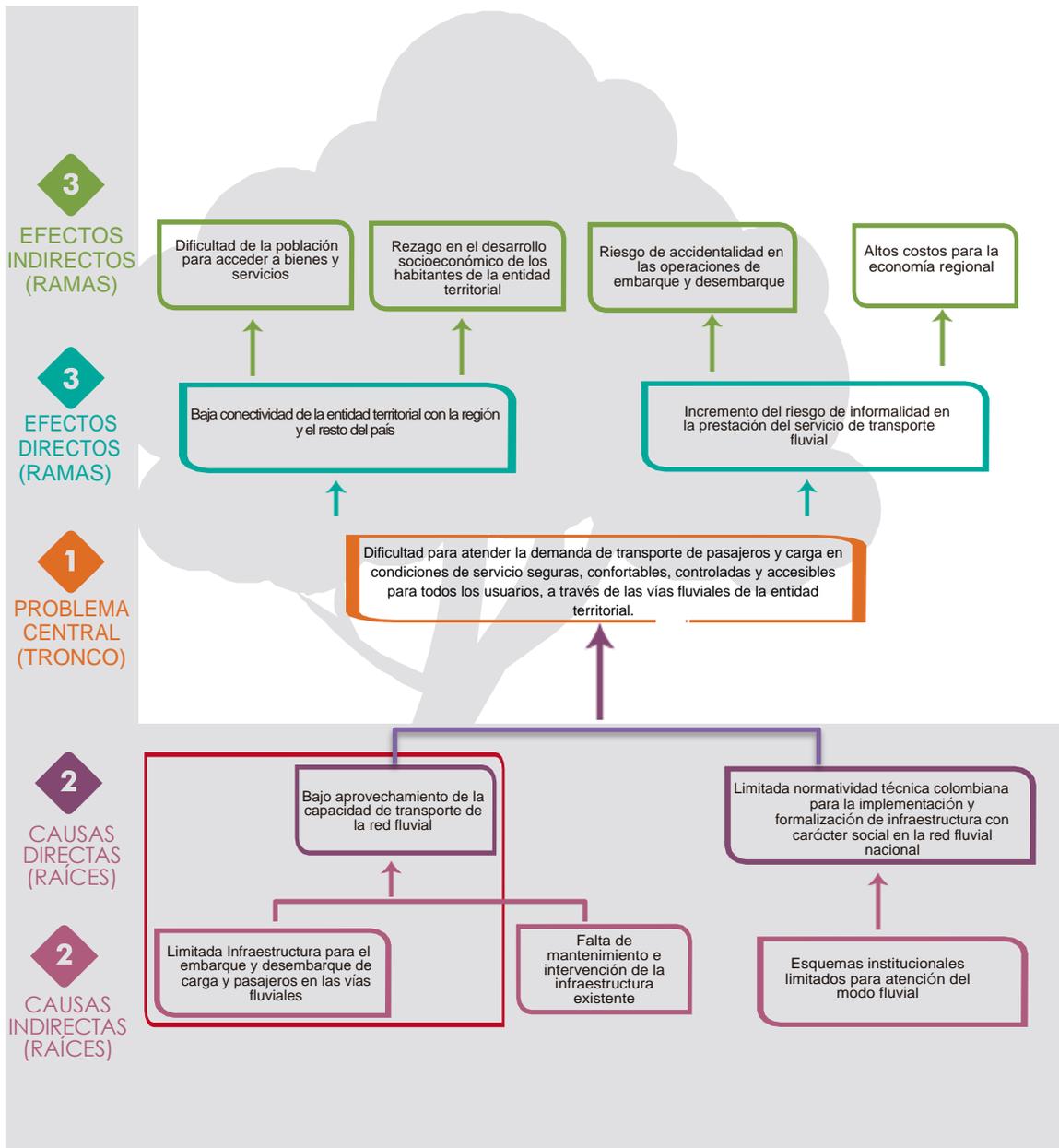


Figura 1. Árbol de problemas

Fuente: DNP, MT, INVIAS, Cormagdalena 2021

Causas que busca resolver el **Proyecto Tipo**

Teniendo claro que esta es una necesidad en su entidad territorial o nacional, el siguiente paso es conocer y entender la solución propuesta en este **PROYECTO TIPO**, la cual empieza por analizar el árbol de objetivos (Figura 2).

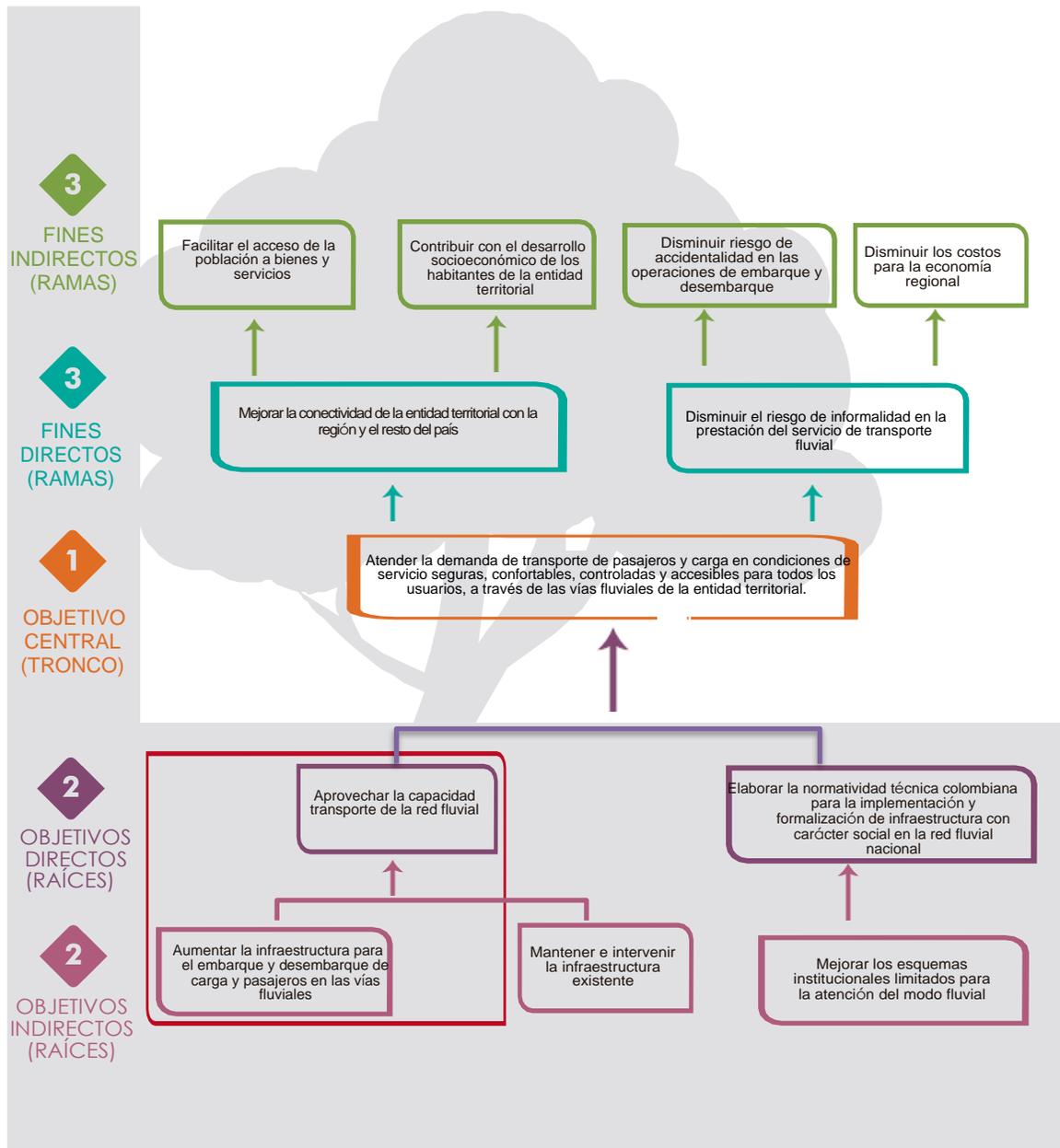


Figura 2. Árbol de objetivos

Fuente: DNP, MT, INVIAS, Cormagdalena, 2021

Líneas de objetivos del presente **Proyecto Tipo**

## 22 3. Marco normativo



Este **PROYECTO TIPO** está diseñado cumpliendo con todas las normas que le son aplicables. A manera de información, se presenta a continuación el marco normativo relevante para este **PROYECTO TIPO**.

En la construcción de proyectos pertenecientes al sector transporte, se deben considerar los lineamientos establecidos por el Ministerio de Transporte y sus entidades adscritas, como es el caso del Instituto Nacional de Vías - INVIAS quien tiene a cargo la red fluvial nacional, o Cormagdalena, quien tiene a su cargo la red fluvial del río Magdalena, el Canal del Dique y la parte baja del río Cauca.

En este sentido se revisa la normatividad general y técnica en materia de diseño y construcción de infraestructura fluvial vigente en el país, así como las que estén relacionadas con el sector de transporte fluvial.

### 3.1. Normativa General

El desarrollo de proyectos que promueven la infraestructura del transporte en las vías fluviales está bajo la vigilancia y control del Estado. La infraestructura de transporte fluvial está integrada, entre otros, por los terminales fluviales. Estos materializan, junto con otras obras, el interés general previsto en la Constitución Política para el desarrollo y crecimiento económico del país.

A continuación, se presentan las normas aplicables a este proyecto tipo, no obstante, se recomienda tener en cuenta aquellas normas que las complementen o sustituyan.

Bajo la **Ley 105 de 1993** "Por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dicta otras disposiciones" se establecen parámetros para el sector transporte y su infraestructura en cabeza del Ministerio de Transporte.

Así mismo, la **Ley 336 de 1996** "Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Transporte" tiene como objeto unificar los principios y los criterios que servirán para la regulación y reglamento del Transporte Público Aéreo, Marítimo, **Fluvial**, Férreo, Masivo, Terrestre y su operación en el Territorio Nacional. Por su parte, el **Decreto 3112 de 1997** "Por el cual se reglamenta la habilitación y la prestación del servicio público de transporte fluvial, establece las disposiciones que aplicarán al servicio público de transporte fluvial, de acuerdo con lo establecido en la **Ley 336 de 1996**.

También es pertinente mencionar que la **Resolución 664 de 1999** "Por medio de la cual se expide el reglamento de construcción de obras fluviales", adopta el reglamento de obras fluviales y su aplicabilidad será para todo lo relacionado con la construcción de obras fluviales que afecten la navegabilidad en las vías fluviales navegables del territorio nacional. Determina las clases de obras que se podrán realizar y las autorizaciones requeridas.



Igualmente, la Resolución 2106 del 15 de octubre de 1999 del Ministerio de Transporte “Por la cual se expide el reglamento para puertos, muelles y bodegas en el modo fluvial”, establece que su ámbito de aplicación está dado a las personas naturales o jurídicas de carácter público o privado que desarrollen actividades y utilicen las facilidades físicas, instalaciones o servicios de los puertos, muelles, embarcaderos y espacios de almacenamiento en el modo fluvial. (Esta resolución tiene un proyecto de reforma en curso).

También se destaca **la Ley 1242 de 2008** “Por la cual se establece el Código Nacional de Navegación y Actividades Portuarias Fluviales y se dictan otras disposiciones”, contiene las normas que rigen la navegación y el transporte fluvial en todo el territorio nacional.

Por su parte, en el **artículo 5 de la Ley 1682 de 2013**, se establece como función pública las acciones de planificación, ejecución, mantenimiento y mejoramiento de los proyectos y obras de infraestructura de transporte, en el cual se materializa el interés general previsto en la Constitución Política, al fomentar el desarrollo y crecimiento económico del país; su competitividad internacional; la integración del territorio nacional, y el disfrute de los derechos de las personas.

Estas funciones se ejercen a través de las entidades y organismos competentes de orden nacional, departamental, municipal o distrital, directamente o con la participación de los particulares.

Así mismo, el **Decreto 2618 de 2013** “Por el cual se modifica la estructura del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y se determinan las funciones de sus dependencias” establece que el Instituto tendrá como objeto la ejecución de las políticas, estrategias, planes, programas y proyectos de la infraestructura no concesionada de la Red Vial Nacional de carreteras primaria y terciaria, férrea, **fluvial** y de la infraestructura marítima, de acuerdo con los lineamientos dados por el Ministerio de Transporte.

Igualmente, La ley 161 de 1994 “Por la cual se organiza la Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena, se determinan sus fuentes de financiación y se dictan otras disposiciones” establece que la Corporación tiene como objeto la recuperación de la navegación y de la actividad portuaria, la adecuación y conservación de tierras, la generación y distribución de energía así como el aprovechamiento sostenible y la preservación del medio ambiente, los recursos ictiológicos y demás recursos naturales renovables.

Por otra parte, a continuación, se mencionan las normas técnicas empleadas para el diseño del presente proyecto tipo.

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (**NSR-10**), revisión hecha con el **Decreto 945 del 5 de junio de 2017**.

Norma Técnica Colombiana **NTC 5832**. Prácticas normalizadas para fabricación y montaje de estructuras de acero. Edificios y puentes.

Recomendaciones para requisitos sísmicos de estructuras diferentes de edificaciones y naves industriales, **AIS 180-13**.

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico Ambiental – **RAS** – Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico 2010.

Norma Técnica Colombiana **NTC-1500** Código Colombiano de Instalaciones 2017 tercera edición. Icontec.

**Ley 373 de 1997** uso eficiente y ahorro del agua. República de Colombia.

**Resolución No 0631 del 17 de marzo de 2015** – Vertimientos puntuales a cuerpos de agua y alcantarillado público. Ministerio de Ambiente y Desarrollo.

**Resolución 0549 de 2015**, Ministerio de vivienda, ciudad y territorio.

Norma Técnica Colombiana **NTC 1669** NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE CONEXIONES DE MANGUERAS CONTRA INCENDIO.

Norma Técnica Colombiana **NTC 2301** NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE ROCIADORES.

Norma Técnica Colombiana **NTC 2885 - 2009** EXTINTORES PORTÁTILES CONTRA INCENDIOS.

La reglamentación internacional considerada es la siguiente:

**AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, ABS:** Reglas de Construcción y Clasificación de Embarcaciones Fluviales 2017.

**Recomendaciones de Obras Marítimas, ROM 3.1-99** – Proyecto de la Configuración Marítima de los Puertos, Canales de Acceso y Áreas de Flotación. Puertos del Estado, España 2014.

**Approach Channels a Guide for Design:** La Asociación Mundial de Infraestructuras del Transporte Acuático, PIANC, (antiguamente: Permanent International Association of Navigation Congresses -PIANC).

**Hydraulic Design of Deep-Draft Navigation Projects, USACE.** El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos USACE, (United States Army Corps of Engineers) en el año 2006 proporciona una guía de diseño para mejorar los proyectos de navegación de calados profundo.

**REPORT N° 141 - 2019 Design Guidelines for Inland Waterway Dimensions:** La Asociación Mundial de Infraestructura del Transporte Acuático PIANC, elaboro recientemente este informe con información y recomendaciones sobre buenas prácticas para el diseño y la operación de la infraestructura y la navegación en aguas interiores.

**REPORT No 34 – 2001 Seismic Design Guidelines for Port Structures:** La Asociación Mundial de Infraestructura del Transporte Acuático PIANC, Los objetivos de las pautas de diseño sísmico para estructuras portuarias presentadas en este informe son abordar las limitaciones presentes en el diseño convencional y establecer el marco de referencia para un nuevo enfoque en el



diseño de infraestructuras sumergidas o confinadas sobre cuerpos de agua.

**Steel Vessels for Service on Rivers and Intracoastal Waterways 2018.** Este manual de la American Bureau of Shipping ABS edición 2018, Tiene como objetivo especificar los requisitos únicos aplicables a las embarcaciones de acero para servicio en ríos y canales intracosteros.

Building Code Requirements for Structural Concrete (**ACI 318-08**) and Commentary (ACI 318R-08).

Specification for Structural Steel Buildings (**ANSI/AISC 360-10 & 360-16**).

Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (**ASCE/SEI 7-10 & 7-16**).

Steel Construction Manual, 14th Ed. (**AISC-14**).

International Building Code (IBC).

LRFD Guide Specifications for the Design of Pedestrian Bridges - AASHTO.

Standard Specifications for Structural Supports for Highway Signs, Luminaires, and Traffic Signals - AASHTO Signs.

AASHTO LRFD Bridge Design Specifications.

Steel Construction Manual, 14th Ed. (AISC-14).

## 4. Recursos necesarios para la implementación del proyecto



Teniendo claridad sobre el problema que se requiere solucionar y las normas que aplican al proyecto, la siguiente pregunta que debe hacerse es:

**¿Mi entidad territorial o del orden nacional tiene los recursos necesarios para construir un terminal para el transporte fluvial?**

Las entidades territoriales cuentan con diversas fuentes de financiamiento como el Sistema General de Regalías (SGR), Sistema General de Participaciones (SGP), recursos propios, el apoyo del Gobierno Nacional a través del Presupuesto General de la Nación (PGN) y otras fuentes de financiación del sector privado, cooperativo y no gubernamental.

Todas estas fuentes deben ser consultadas, identificando los recursos que pueden financiar el proyecto y los requisitos por cumplir para tener acceso a cada una de ellas.

Conozca cuál es el alcance del proyecto y sus objetivos, con el fin de tener una descripción técnica de la solución para hacer un presupuesto del mismo.

### 4.1. Presupuesto del Proyecto

El proyecto cuenta con tres capítulos principales que deben ser financiados:

- **Pre-inversión:** el **PROYECTO TIPO** al definir los aspectos técnicos requeridos para su implementación, genera un ahorro en los costos correspondientes a pre-inversión. Sin embargo, en este capítulo se deben incluir los costos para realizar el diagnóstico técnico (levantamiento de la condición actual), estudio de suelos, estudio topográfico y batimétrico, estudio hidrológico e hidráulico, socialización del proyecto y demás estudios, diseños y licencias requeridas para su desarrollo.

Los costos de pre-inversión son asumidos por parte de la entidad territorial y deben considerarse como un aporte en especie dentro del ciclo total de la estructuración de proyectos. Por lo tanto, este costo no se incluye dentro de la cadena de valor de la MGA. No obstante, se han estimado unos costos de pre-inversión de \$102.500.000 para una configuración de terminal fluvial correspondiente a un módulo tipo A para la atención de pasajeros, dos pasarelas de embarque de ancho 1,8m y longitud 17m, dos flotantes intermedios y un sistema de atraque dual (pasajeros y carga). Este costo no incluye la compra de predios.

- **Inversión:** Culminada la etapa de pre-inversión, se podrá continuar el ciclo de vida del proyecto y dar paso a la etapa de inversión. Esta etapa se distingue de las demás porque en esta se ejecutan las actividades propias del proyecto y se produce la entrega de los bienes y/o servicios contemplados para atender las necesidades que le dieron origen al proyecto de inversión.



Se estima que el valor total para la construcción de un terminal fluvial con una configuración correspondiente a un módulo tipo A para la atención de pasajeros, dos pasarelas de embarque de ancho 1,8 m y longitud 17 m, dos flotantes intermedios y un sistema de atraque dual (pasajeros y carga) es de \$1.591.683.535, con costos de interventoría de \$107.623.600 (precios del 2020).

- **Operación y mantenimiento:** La etapa de operación comprende el período en que el proyecto entra en funcionamiento y por ende se generan los beneficios estimados en la población, según los objetivos establecidos.

Los recursos con los que debe contar la entidad territorial para realizar la operación y el mantenimiento del terminal fluvial se estiman en \$181.100.000 anuales como un costo promedio para los cinco primeros años del horizonte del proyecto. Este valor incluye los rubros de nómina, mantenimiento, servicios públicos, seguros, entre otros.

Estos valores son de referencia y deberán ajustarse dependiendo del modelo de operación que emplee cada entidad territorial.



## 28 5. Condiciones mínimas por cumplir para implementar el proyecto



Para el uso e implementación de este **PROYECTO TIPO**, la entidad debe dar cumplimiento a los siguientes criterios mínimos de entrada, los cuales propenden por el éxito y sostenibilidad del proyecto:

Aspecto	Descripción	Requisito
Lote estación en tierra	Área mínima (m <sup>2</sup> )	Pasajeros: 92,84
		Ampliación pasajeros: 92,11
		Básico de carga: 99,91
		Ampliación de carga: 100,97
		Espacios flexibles: 99,32
		Cafetería: 99,05
	Pendiente máxima (%)	5
Tipo de embarcaciones  (Decreto 2049 de 1956, Ley 1242 de 2008)	Embarcaciones de pasajeros	Capacidad de 30 a 40 pasajeros (incluida tripulación)
	Embarcaciones de carga de abastecimiento	Capacidad hasta 50 ton de carga
	Embarcaciones de carga doméstica y cabotaje mixto	Capacidad hasta 300 ton de carga y hasta 100 cabezas de ganado



Aspecto	Descripción	Requisito
Hidráulica	Variaciones del nivel del agua en función del llenado de la sección transversal	Ríos que fluctúen la mayor parte del tiempo dentro de las variaciones bajas y medias entre el 25% y 50% del llenado de la sección del cauce
	Ubicación con respecto al alineamiento del río	Seleccionar un tramo recto del río para la implantación
Suelo y subsuelo	Amenaza sísmica de la población objetivo	Espectros cuyos umbrales se encuentren entre los umbrales U1 y U2 contemplados para este proyecto tipo
Disponibilidad servicios	Servicios públicos	Acueducto Alcantarillado o solución alternativa (sistema de manejo de aguas residuales) Energía o solución alternativa (sistema solar fotovoltaico)

Tabla 1. Criterios para la implementación del proyecto tipo

Fuente: (BID, 2020)

La entidad territorial debe garantizar el acceso tanto de pasajeros como de carga al terminal fluvial, para su óptimo funcionamiento.

Es importante que tenga en cuenta que en este documento algunos datos fueron asumidos. Esto implica que, para formularlo, usted debe ajustar la información con la realidad correspondiente a su entidad territorial.

### 5.1. Condiciones de implementación

Para la implementación del **PROYECTO TIPO**, la entidad territorial debe tener en cuenta las siguientes consideraciones que permitan identificar la justificación de esta inversión.

Los procedimientos y estudios que la entidad territorial debe desarrollar para identificar si cumple con los criterios mencionados, se obtienen de **i. Diagnóstico técnico, ii. Estudio de mercado y demanda de transporte fluvial, iii. Estudio náutico del transporte fluvial, iv. Estudio hídrico, fluvial y fluviomarítimo, v) Estudio cartográfico, topográfico y batimétrico y vi. Estudio de suelo y subsuelo** que contengan como mínimo los siguientes elementos:

**i. Diagnóstico técnico:** Corresponde a una visita de campo al punto o tramo de río que se va a intervenir. Dicha visita deberá realizarse por parte de un profesional en ingeniería civil o en ingeniería de transporte o experto en modo fluvial, para obtener una descripción cualitativa de la situación existente con respecto al problema, así como realizar una identificación y descripción de la necesidad y de las condiciones particulares del sitio de implementación.

**ii. Estudio de mercado y demanda de transporte fluvial:** Se requiere contar con información actualizada y tomada en campo, que permita conocer el funcionamiento o las necesidades del transporte actuales en sitio. Adicionalmente, conocer cuál ha sido el comportamiento del transporte en los últimos periodos, para identificar las tendencias para proyectar dichas necesidades en los horizontes de planeación, logrando que la infraestructura cumpla su propósito y sea funcional durante su vida útil.

El objetivo de este estudio es conocer las zonas o puntos entre los cuales se llevan a cabo los viajes o desplazamientos, así como también establecer los horarios, modos, propósitos, costos de los desplazamientos, etc. De igual manera, se podrán utilizar aforos para identificar los movimientos de pasajeros, carga y semovientes en cada municipio, así como las frecuencias de las rutas fluviales existentes. A partir de la información recolectada, el ente gestor podrá determinar la demanda del lugar y los módulos a los que optará construir en el terminal fluvial.

**iii. Estudio náutico del transporte fluvial:** Comprende un análisis de la flota existente en la región y que llegaría a atender la demanda de transporte del lugar donde se pretende implementar el proyecto, demanda cuya definición se realiza en el estudio de mercado y demanda de transporte fluvial. Mediante este estudio se realiza una recolección de información relacionada con las embarcaciones y empresas existentes vinculadas al transporte fluvial y/o de cabotaje que operan o que potencialmente llegarían a operar en el punto de implementación del proyecto.

**iv. Estudio hídrico, fluvial y fluviomarítimo:** El componente hídrico y más específicamente el fluvial, es un elemento clave en varias etapas asociadas al desarrollo de un terminal fluvial, porque aborda criterios que van desde la ubicación y localización con respecto a las características hidráulicas de un río, hasta elementos asociados a la operación del terminal, porque de la hidrodinámica del río dependen las posibilidades y limitaciones en términos de tránsito, así como también los riesgos hidrológicos que pueden afectar la estabilidad de la obra a través del tiempo. Como parámetro de diseño importante está la variación de llenado de la sección transversal del río, por lo cual es necesario conocer la variación máxima y mínima del nivel de agua donde se pretende implementar el proyecto junto con la batimetría del tramo respectivo.

Otro componente que se debe tener en cuenta es la ubicación del proyecto respecto a la alineación del río, dado que, al ubicarlo se debe seleccionar un tramo recto del río, lo anterior debido a que, en las curvas o meandros, es donde suceden los procesos de erosión y sedimentación, que hacen que el fondo del cauce cambie, es decir, la forma de la sección transversal cambia constantemente por efectos de erosión y sedimentación, generando inestabilidad en las orillas y riesgo de daño a la estructura.

**v. Estudio cartográfico, topográfico y batimétrico:** Determinar las características físicas y geográficas del sitio del proyecto corresponde a uno de los primeros pasos en la búsqueda de la adaptación del proyecto tipo a las condiciones propias del punto de emplazamiento de la infraestructura.

Consiste en la recopilación de información cartográfica que permita entender el contexto físico del entorno en el que se desarrollará el proyecto, mediante el análisis de toda la información de referencia disponible. La gestión de la información geográfica en Colombia la adelanta el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, por tanto, dado que esta entidad desarrolla una serie de productos documentales, normativos y técnicos de gran utilidad, es posible acudir a sus bases de datos oficiales en lo relacionado con información geográfica y cartográfica.

Por su parte, los levantamientos topográficos y batimétricos corresponden a trabajos de campo únicos de la zona de implantación del proyecto. Estos trabajos de campo se realizarán en los sitios donde se determine la construcción de todos los componentes del terminal fluvial para conocer la morfología del cauce y las formas del terreno adyacente en la ribera.

**vi. Estudio de suelo y subsuelo:** Por su naturaleza, las actividades geológicas y geotécnicas son específicas para cada ubicación en donde se desarrolle el proyecto. Los suelos y las rocas suelen ser altamente variables en el espacio, por lo que el diseño de detalle de las obras de cimentación y los estudios geotécnicos definitivos tendrán que adelantarse de forma particular para cada ubicación en donde se pretenda implantar el terminal. Por lo tanto, para la ejecución del proyecto tipo, la amenaza sísmica debe evaluarse de forma específica para cada lote donde se proyecte el desarrollo y empleando los parámetros geotécnicos obtenidos en la exploración del terreno.

El estudio de suelos de detalle deberá evaluar la amplificación sísmica en sitio específico del proyecto y construir los espectros de respuesta en cada población. Esta evaluación se debe realizar de acuerdo con los requisitos normativos del código de construcción sismo resistente colombiano (NSR-10) o aquel que esté vigente durante la planeación de las obras.

El espectro que se obtenga a partir de la evaluación anterior se debe comparar con los umbrales de la Figura 3. Si el espectro entre 0,2 y 2 segundos es igual o menor al umbral 1 (U1) en todos los puntos, se podrán emplear las obras diseñadas bajo este umbral en el proyecto. Si el espectro es superior al umbral 1 (U1) pero menor al umbral 2 (U2) en todos los puntos, se podrán emplear las estructuras diseñadas con el umbral 2. Por último, si el espectro local es superior al umbral 2 (U2) en algún punto, se deberá adelantar un proyecto estructural independiente que ajuste los diseños estructurales tipo o que proponga estructuras a la medida, por lo tanto, no se podrá emplear el presente proyecto tipo.

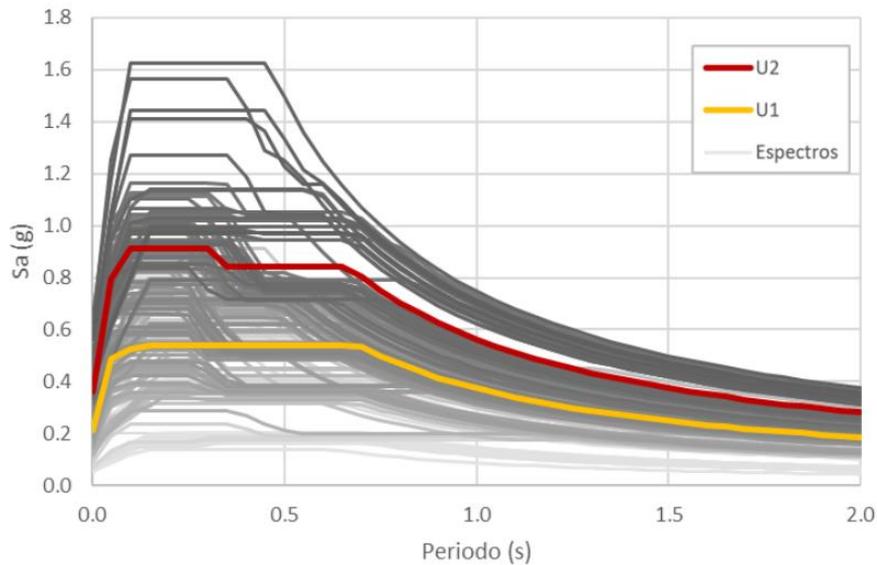


Figura 3. Espectros sísmicos de los umbrales sísmicos seleccionados

(BID, 2020)

**vii. Disponibilidad del terreno y de servicios públicos.** Para la implementación del proyecto, la entidad territorial debe contar con la disponibilidad de un predio cercano a la ribera del río para la construcción de la estación en tierra de acuerdo con la configuración y tamaño que requiera cada punto específico, teniendo en cuenta, además, las delimitaciones de zonas de amenaza definidas en los instrumentos de planificación territorial (POT, EOT, etc.) y la delimitación de las zonas de uso público como las rondas hídricas. Así mismo, debe contar con la disponibilidad del servicio de acueducto para el suministro de agua a los módulos en tierra, con el servicio de alcantarillado<sup>3</sup> y energía eléctrica<sup>4</sup>.

En cuanto a las condiciones urbanísticas del proyecto, es pertinente mencionar que la entidad territorial deberá realizar un análisis del entorno y establecer las intervenciones del espacio público y del paisajismo que más se ajusten a sus condiciones particulares, las cuales no se incluyen en el presente proyecto tipo. Como referencia se puede consultar el Anexo 09, correspondiente al Volumen IX. *Estudio social, territorial y ambiental*, de la consultoría encargada de diseñar este proyecto.

## 5.2. ¿Se cumple con las condiciones de implementación?

Una vez realizados los anteriores estudios se podrá determinar si las condiciones propias de la región y afluente cumplen con los criterios establecidos en la Tabla 1. En caso de cumplir se

<sup>3</sup> En el caso de no contar con este servicio se debe implementar una solución alternativa, como un sistema de manejo de aguas residuales.

<sup>4</sup> En el caso de no contar con este servicio se debe implementar una solución alternativa, como un sistema solar de paneles fotovoltaicos.

debe adecuar el proyecto a la realidad de la entidad territorial o sitio de implementación. Para eso se debe contar con un profesional en ingeniería civil o en vías y transporte, o un experto en el modo fluvial o ingeniería de ríos, que se encargue de diseñar la alternativa más apropiada costo-eficiente. Es importante tener en cuenta que, si existen condiciones extremas en el comportamiento del río como lo son arrastre de sedimentos y sólidos de gran tamaño, dinámica fluvial muy alta, actividad geológica crítica, problemas activos de inestabilidad de orillas, fenómenos de licuefacción muy complejos, no se deben implementar las soluciones como están contempladas en el presente **PROYECTO TIPO**.

Es importante tener en cuenta que las obras de infraestructura fluvial presentan condiciones propias en aspectos técnicos, ambientales, sociales, geográficos, etc., por lo que se pueden considerar únicas desde su diagnóstico hasta su puesta en ejecución para el servicio público, por lo que los criterios mencionados deben tenerse en cuenta en la formulación y estructuración de los proyectos relacionados.

En caso de que este modelo definitivamente no se adecue a las condiciones de la entidad territorial en cuanto a los requisitos del proyecto tipo, pero se mantenga la problemática planteada y se considere que la construcción de un terminal fluvial aporta a la solución, más adelante, se presenta un resumen de las actividades, estudios y diseños que se deben tener en cuenta como insumo para la estructuración integral de un proyecto de inversión, los cuales también se contemplan como insumos y componentes en la implementación de este proyecto tipo.

### 5.3. ¿Qué estudios se necesitan para el proceso de implementación?

Aunque contar con los lineamientos de un proyecto tipo representa un adelanto significativo en el proceso de pre inversión para estudios y diseños, de ninguna manera se puede afirmar que la fase de estructuración desaparece del ciclo de proyecto. Sin embargo, la implementación de un proyecto tipo, requiere de un proceso final de validación ajustado a las condiciones reales del sitio donde se va a implementar.

#### 5.3.1 Estudio de mercado y demanda del transporte

Con el fin de ajustar el presente componente a los objetivos del proyecto, se realiza la definición de *poblaciones objetivo* y se consideran cinco posibles vocaciones de transporte en el terminal fluvial que se llegue a ejecutar, que pueden ser:

- Un terminal de pasajeros, con el cual se implementará un sistema de transporte público eficiente, cómodo y seguro que dé conexión a los habitantes del municipio con otras poblaciones ribereñas y sus áreas de influencia. Este terminal atenderá las necesidades de sus usuarios de llevar equipaje acompañado adimensional o fragmentado, es decir que no cumplen con medidas estandarizadas. Este terminal también podrá implementarse como una variante atractiva para las poblaciones con vocación turística o con atractivos fluviales ambientales, con el cual se agregará valor a la explotación de esta riqueza natural.

- Un terminal denominado dual en el cual se sirve al transporte de carga de abastecimiento con embarcaciones hasta de 50 toneladas de capacidad y puede recibir igualmente embarcaciones con pasajeros, por lo tanto, tendrá una disposición de la infraestructura que atienda, dentro de las normas, a los dos servicios.
- Un terminal de carga doméstica que pueda atender embarcaciones o convoyes hasta de 300 toneladas de capacidad, el cual será exclusivo y con suficientes capacidades para generar un servicio de intermodalidad por cuanto su función le permite interactuar con otros modos de transporte en beneficio local o de una región tanto para el desarrollo de la infraestructura, los servicios y el crecimiento social y económico.
- Un terminal para el transporte mixto de cabotaje fluvio-marítimo, con capacidad de servir tanto de carga doméstica como al transporte de pasajeros, para zonas donde necesariamente los abastecimientos y los servicios provienen de puertos marítimos y su derrota se hace desde el mar hacia segmentos fluviales para alcanzar las poblaciones y los terminales adecuados para este fin.
- Un terminal fluvial para semovientes, el cual tiene como propósito estimular el tránsito de ganado para su comercialización y exportación en las grandes zonas de explotación de este recurso, así como para formalizar y controlar este tipo de transporte.

La recolección de información que se da a través de encuestas consiste en la toma de datos de los viajes diarios que realizan los usuarios y pobladores de cada municipio, en un día típico de la semana que será definido de acuerdo con las dinámicas de cada población, esto a través de un cuestionario estructurado y organizado de tal manera que pueda ser aplicado de manera sencilla y correcta por cada aforador, en el punto o zona de implementación del proyecto. De manera anexa se adjuntan formatos que servirán como guía (Anexo 02 Volumen II. Estudios de mercado y demanda del transporte fluvial).

En el caso de las encuestas, la muestra se calculará, al considerar las poblaciones como finitas, utilizando la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

N: Total de la población

$Z_{\alpha}$ : valor Z de la distribución normal dependiendo el nivel de confianza (1,96 para un nivel de confianza del 95%)

p: proporción esperada (si no se conoce utilizar un 50%)

q: 1-p

d: margen de error (recomendado 5%)

De acuerdo con lo anterior, para diferentes valores de población se presentan a manera de ejemplo, los siguientes tamaños de muestras aleatorias para el desarrollo de las encuestas a pasajeros:

Tamaño de la población (No. de habitantes)	Tamaño de muestra
1.000	278
5.000	357
10.000	371
20.000	378
40.000	381

Tabla 2. Tamaños de muestra según el tamaño de la población

Fuente (BID, 2020)

Para poder realizar la encuesta es necesario la utilización de un equipo dedicado a esta actividad, el cual debe ubicarse en el puerto o muelle existente y en caso de que este no exista en los centros atractores y generadores del transporte fluvial del municipio<sup>5</sup>, como lo pueden ser plazas de mercado, escuelas o centros de producción, con el fin de interceptar la mayor cantidad de personas posibles.

Los formatos propuestos para realizar la encuesta a los pasajeros cuentan con las siguientes características:

- Objetividad en la formulación de preguntas
- Suficiencia de la información para el diagnóstico de la movilidad

<sup>5</sup> En aquellas zonas apartadas y que no cuenten con centros atractores o generadores de carga o pasajeros de fácil identificación, se recomienda realizar la toma de información en aquellos puntos que se consideren como alternativas para la implementación del presente proyecto tipo.

- Información y preguntas enfocadas en el marco del proyecto
- Estructura de fácil entendimiento para el manejo de los encuestadores

Como mínimo el cuestionario contará con la consulta de la siguiente información:

- Información sociodemográfica y socioeconómica del usuario: Género, edad, ocupación principal.
- Caracterización de los viajes: motivo del viaje, medio utilizado para el desplazamiento, tiempo de viaje promedio, tiempo de espera promedio, escogencia modal, frecuencia en que realiza el viaje (diario, semanal, mensual), calificación del servicio actual.
- Desplazamientos realizados por el usuario: distribución modal, distribución de viajes realizados por motivos obligados, cotidianos y no cotidianos, distancias promedio de los viajes realizados.
- Preferencia declarada: De construir un terminal fluvial, estaría en disposición de utilizar el modo para sus desplazamientos.

El objetivo final corresponde a lograr construir una red de transporte entre las poblaciones ribereñas de un río o una región, lo que facilitaría a futuro la realización de modelos de generación y atracción de viajes para el modo fluvial, que facilite el acceso a la información y permita llegar a construir infraestructura adecuada para las demandas puntuales.

Por otra parte, el desarrollo de aforos permitirá obtener la cantidad de pasajeros, carga y semovientes que se lleguen a movilizar en el lugar. Los aforos deberán realizarse al menos durante un día típico (lunes, martes, miércoles, jueves o viernes) y uno atípico (sábado, domingo) en el horario de 6 am a 6 pm, coincidiendo en el intervalo en que las embarcaciones menores tienen permitido navegar según lo estipulado en la Ley 1242 de 2008.

Para el caso del transporte de carga se debe identificar el tipo de carga transportada, su origen y destino y si requiere de almacenamiento. De igual forma en el transporte de semovientes se deberá identificar el número de animales que arriban o zarpan del lugar.

Por último, se obtendrá información complementaria al consultar a lancheros, armadores y población en general sobre las condiciones de la operación del lugar, experiencias, sugerencias y comentarios que deberán ser registrados y que tendrán relevancia y aportarán en la determinación de la demanda de la infraestructura.

Con este estudio se busca obtener algunos lineamientos que se deben considerar de manera específica, con respecto a la vocación y la magnitud de la demanda del transporte, ya sea de pasajeros, de pasajeros y carga de abastecimiento, de carga doméstica, de semovientes o de cabotaje fluviomarítimo. Con este estudio y el resto de parámetros emitidos por otros estudios se logrará definir la dimensión de la infraestructura, las obras requeridas, los tipos y frecuencias de las embarcaciones y en general las dimensiones del terminal fluvial. A partir de ello se podrían llevar a cabo las siguientes acciones:

- Establecer las características demográficas y económicas de cada población, que permitan determinar para cada una de ellas su vocación y por ende la o las tipologías a diseñar.
- Realizar una estimación de la demanda que sirva como punto de partida para el diseño de la infraestructura modular, teniendo en cuenta su vocación.
- Realizar una estimación de la operación del terminal fluvial en cada una de sus tipologías, a partir de la demanda de transporte estimada.

En el Anexo 02, Volumen II. Estudios de mercado y demanda del transporte fluvial, se encuentran más detalles sobre este componente.

### 5.3.2 Estudio náutico del transporte fluvial

En consideración con las estadísticas y colección de datos de las diferentes Inspecciones Fluviales del Ministerio de Transporte y de las Capitanías de Puerto de Buenaventura, Tumaco, Bahía Solano y Guapi, se seleccionaron una tipicidad de embarcaciones susceptibles de ser el prototipo de embarcaciones para estandarizar los modelos que usarán los terminales fluviales en los cuales el umbral permite la utilización de todo el espectro de embarcaciones clasificadas en el Decreto 2049/1956 "Reglamento de Construcción, Clasificación, Inspección y Reparaciones de Embarcaciones Fluviales", los cuales son:

- **Embarcaciones de pasajeros:** Este tipo de embarcación es un bote que se caracteriza por ser construido en fibras poli estéricas, algunos de ellos en aluminio naval y muy pocas con un casco metálico, pero con una superestructura en materiales livianos. Tiene dimensiones de eslora entre los 8 y los 12 metros; la manga de 1,50 a 3 metros y por lo general se maneja un puntal entre 1 y 1,2 metros. A partir de estas características se definen los siguientes parámetros para la embarcación tipo de pasajeros:
  - Embarcación construida en fibra poli estérica reforzada.
  - Eslora: 35 pies (10,6 metros).
  - Manga: 8 pies (2,4 metros).
  - Puntal: 4 pies (1,20 metros).
  - Calado de cálculo: 2 pies (0,60 metros).
  - Desplazamiento a plena carga: 5.2 ton.
  - Desplazamiento en rosca: 2,2 ton.
  - Motores 2 x 200 hp.
  - Capacidad: de 30 a 40 pasajeros (incluida la tripulación).
- **Embarcaciones de carga de abastecimiento:** Este tipo de embarcaciones oscilan sus dimensiones desde esloras de 15 metros, manga 2 metros y un puntal de 1,2 metros las cuales pueden cargar hasta 15 toneladas, hasta embarcaciones de esloras hasta de 25 metros, manga de 3,2 metros y puntal hasta 1,50 metros, igualmente son embarcaciones sin cubierta de arqueo, y su reserva de flotabilidad se mantiene con tanques vacíos estancos; su morfología y arquitectura naval pueden considerarse entre embarcaciones fluviales menores, y



embarcaciones fluviales mayores, pues llegan a tener capacidad para el transporte hasta 50 ton de carga.

- Eslora de diseño: 25 metros.
- Manga: 3 metros.
- Puntal: 1,5 metros.
- Calado de cálculo: 3 pies (0,90 metros).
- Desplazamiento a plena carga: 75 ton.
- Desplazamiento en rosca: 25 ton.

• **Embarcaciones de carga doméstica:** Estas barcasas van desde planchones, botes o barcasas con cubierta de arqueo y cargas sobre cubierta o barcasas abiertas y consideran su flotabilidad con base en tanques vacíos y cofferdams. Este tipo de embarcaciones son construidas en acero con arquitectura resistente a la navegación fluvial.

Este tipo de barcasas reciben también denominaciones como botes, bongos o gabarras. De igual manera, estas embarcaciones son utilizadas para el transporte de semovientes como unidades independientes o en convoy con una capacidad hasta de 100 cabezas de ganado bovino. Sus dimensiones se caracterizan:

- Eslora promedio de cálculo: 30 metros.
- Manga: 4 metros.
- Puntal 1,50 metros.
- Calado de operación: 1,2 metros.
- Desplazamiento a plena carga: 210 ton.
- Desplazamiento en rosca: 60 ton.
- Propulsión: dos motores internos de 200 HP cada uno.

• **Embarcaciones de transporte de cabotaje fluviomarítimo:** Embarcaciones destinadas para el transporte mixto, es decir, carga y pasajeros, tiene medidas como las siguientes:

- Eslora de registro: 25,7 m.
- Manga de registro: 6,6 m.
- Puntal de registro: 3,66 m.
- Calado mínimo: 1,6 m.
- Calado máximo: 2,95.
- Francobordo: 0,71.
- UAB: 198,04 TR.
- UAN: 95,96 TR.
- Desplazamiento máximo: 390,82 Tm a 618,22 Tm.
- Desplazamiento en lastre: 189,56 Tm a 215,7 Tm.
- DWT (Tonelaje de Peso Muerto): 200,82 Tm a 402,52 Tm.

Con este estudio se deberá realizar una caracterización de la flota y de las embarcaciones, lo cual se realizará mediante una aproximación general según las tipologías de común uso en el río y con una evaluación final del tipo de río o de sitio de implantación. Además de la vocación



se hará el ajuste final para definir el buque o embarcaciones tipo de proyecto con lo cual también se podrá definir las condiciones de la estación y del sistema de atraque tipo de proyecto.

De esta manera, cada implementador del proyecto deberá establecer la embarcación o las embarcaciones tipo de proyecto según sus necesidades de demanda de transporte, de acuerdo con las características descritas anteriormente.

En el Anexo 03, *Volumen III. Estudio náutico del transporte fluvial*, se encuentran más detalles sobre este componente.

### 5.3.3 Estudio hídrico fluvial y fluviomarítimo

La evaluación objetiva de un sistema hídrico o río, en sus componentes de hidrología e hidráulica brinda elementos y criterios técnicos útiles, como las cotas o elevaciones de operación, el análisis detallado que elimina posibilidades ante efectos de socavación que pongan en riesgo las obras alojadas en los bordes de los ríos, entre otros.

El análisis del río debe ser lo más detallado posible y contemplar todos los aspectos de ingeniería, para garantizar que el río mismo no se convierta en el mayor elemento de riesgo e incertidumbre sobre el proyecto, sino por el contrario, su conocimiento objetivo, permita la reducción o anulación de cualquier posibilidad de afectación que el río pueda imponer.

Previo a desarrollar componentes profundos de hidrología e hidráulica, se debe realizar el levantamiento de información primaria, incluyendo visita al lugar donde se desarrollará el proyecto para inspeccionar el río y su entorno, consultar experiencias con habitantes del sector e identificar problemáticas asociadas a navegabilidad. Lo anterior es fundamental, ya que si se identifican falencias frente a las consideraciones técnicas usadas para la tipificación de los terminales o problemas de difícil solución que afecten la navegabilidad y los tránsitos por los cuerpos de agua, se estaría a tiempo para tomar decisiones tempranas sobre nuevos enfoques que solucionen las problemáticas existentes.

Todos los trabajos de campo como son batimetrías y levantamientos topográficos, son fundamentales para tener una descripción real y actualizada de la superficie del cuerpo de agua, tanto en su fondo, como en sus bancas y superficies aledañas, lo cual sirve de insumo fundamental en el posterior modelamiento hidráulico, que permitirá analizar la hidrodinámica y sus efectos en el transporte de embarcaciones para garantizar una operación adecuada y efectiva del futuro proyecto de infraestructura fluvial.

Los niveles máximos y mínimos del río y el aspecto de fluctuación o cambio de la profundidad, son criterios de mayor incertidumbre para desarrollar un proyecto de infraestructura fluvial, por lo cual se deben hacer esfuerzos en conocer y tener certeza de la hidrodinámica del río o cuerpo de agua, estos parámetros de profundidad y sus variaciones, son los que viabilizan o imposibilitan la continuidad y desarrollo de terminales fluviales.

## Lineamientos técnicos y aspectos metodológicos asociados a la hidrología

### I. Estudios hidrológicos y sus componentes

Se requiere la determinación del caudal de creciente para el período de retorno recomendado por el especialista, para lo cual se puede hacer uso de determinados análisis hidrológicos en función de la calidad y cantidad de información existente para el sitio de interés. Para aclarar mejor los conceptos, en la siguiente figura se presentan los distintos componentes que integran un estudio hidrológico, de tal manera que el especialista debe, de acuerdo con las condiciones propias del sitio de interés, seleccionar la metodología que más le convenga.

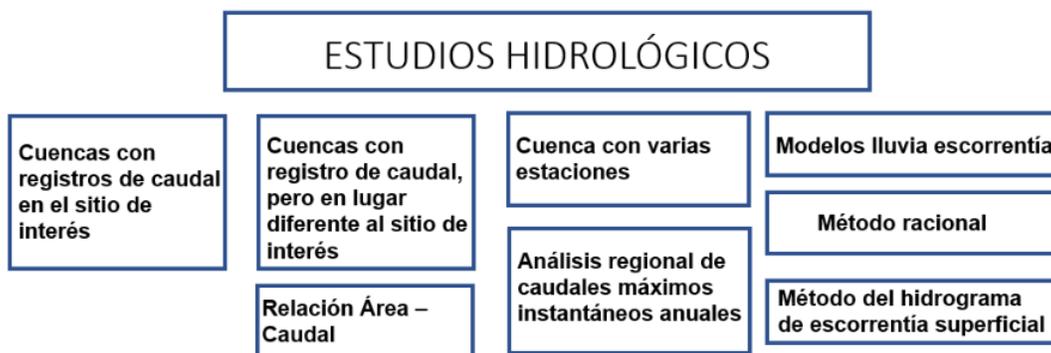


Figura 4. Componentes del estudio hidrológico

Fuente: (BID, 2020)

#### 1.1.1. Generación de caudales pico

A continuación, se presenta el software de mayor utilización en Colombia para generar los picos de caudal en términos máximos, el cual es de descarga gratuita y cuenta con una interfaz amigable.

El modelo HEC-HMS (“Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System”) fue diseñado para simular procesos de lluvia-escorrentía en sistemas dendríticos de cuencas. Es un programa gratuito, de dominio público y fue desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE.UU. El HEC-HMS se usa para simular la respuesta hidrológica de una cuenca. Incluye los modelos de cuenca, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada. El software HEC HMS se puede descargar directamente de la página del cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos<sup>6</sup> y el

<sup>6</sup> <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>

manual<sup>7</sup> respectivo también se puede descargar en línea<sup>8</sup>.

## Lineamientos técnicos y aspectos metodológicos asociados a la hidráulica

### I. Análisis y consideraciones técnicas en ríos que desembocan en el mar

Se recomienda hacer una revisión cartográfica preliminar, es decir, sobre un software libre, fácilmente descargable como QGIS<sup>9</sup>, el cual es gratis y permite cargar los archivos en formato shape<sup>10</sup>, para revisar las distancias desde la ubicación de la futura infraestructura fluvial hasta la desembocadura del río en el mar<sup>11</sup>.

Las distancias van a ser determinantes en los patrones de flujo y esto va a tener efectos en el alcance y profundización de los diseños, porque involucrar el análisis de las mareas impone esfuerzos técnicos y costos mayores. Cuando se realice el diseño de alguna infraestructura fluvial sobre un río que presenta mareas y flujos en 2 direcciones, se debe analizar el efecto de la pluma oceanográfica, en términos de distancia.

En caso de encontrarse ríos con efecto de mareas, se debe hacer un análisis de la hidrodinámica del río y la influencia que el océano genera en éste, es decir, ante la presencia de mareas consecutivas, se debe analizar la presencia de flujos y reflujos, revisando la frecuencia en que suceden en términos diarios; debido a que van a tener un efecto importante en la navegación.

Los tiempos de ascenso y descenso en la lámina del agua, son los que van a determinar los tiempos de tránsito en los cuales las embarcaciones podrán desplazarse, entonces las mareas afectan directamente las profundidades y el sentido del flujo, por tal motivo, la observación y análisis de estos aspectos debe realizarse de manera profunda y detallada.

Se recomienda la realización de aforos y mediciones de caudal, que incluya la toma de profundidades y sentido del flujo en un tramo importante de por lo menos 500 metros, frente al lugar donde se construirá la futura infraestructura fluvial, con el fin de tener conocimiento de las profundidades asociadas a caudales y sentido del flujo. Se deben realizar dichos aforos en días seguidos y con una duración de unas 15 horas o si es posible hacerlo continuo en 24 horas, para poder evidenciar los cambios o alteraciones de los patrones de flujo.

### II. Procedimiento básico para establecer el rango de variación de niveles de un río

Uno de los efectos más relevantes en la dinámica de la infraestructura fluvial, es la fluctuación

<sup>7</sup>[https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation/HEC-HMS\\_Users\\_Manual\\_4.3.pdf](https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/documentation/HEC-HMS_Users_Manual_4.3.pdf)

<sup>8</sup> Este software se plantea como una sugerencia, pero el implementador puede hacer uso de las herramientas que considere más pertinentes para el desarrollo de su proyecto.

<sup>9</sup> Sitio donde se descarga el software QGIS, <https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html>

<sup>10</sup> El Shapefile es un formato de representación vectorial, consta de un número variable de archivos, en los que se almacena digitalmente la localización de los elementos geográficos junto con sus atributos o características.

<sup>11</sup> Este software se plantea como una sugerencia, pero el implementador puede hacer uso de las herramientas que considere más pertinentes para el desarrollo de su proyecto.

o la variación de niveles de la lámina de agua. Se propone realizar un levantamiento topobatemétrico del río frente a la ubicación del terminal fluvial, en un tramo de por lo menos 500 metros, con secciones transversales cada 5 metros, debido a que se requiere un muy buen detalle de todas las modificaciones que sufre el cauce en su sección transversal, es importante aclarar que, si se cuenta con unos equipos y tecnología disponible, se puede utilizar un ecosonda de buena resolución que permita tener un muy buen detalle del fondo del cauce.

Estos dos elementos establecen una proporción importante anchura: profundidad, la cual se considera clave al momento de revisar rangos de variación. Se aclara que se recomienda concentrar la atención en la profundidad o variación de los niveles, porque esta fluctuación está asociada a elementos de riesgo y estabilidad en las orillas.

Un parámetro de diseño importante corresponde a la variación en función del llenado de la sección transversal del río. Como es importante establecer hasta donde la variación de los niveles es baja o alta, se han determinado para este proyecto tres rangos de variación (variaciones bajas, media y altas).

A manera ilustrativa, tomado como referencia una profundidad total o nivel máximo de 8 metros, en el cual se considera cauce lleno (Figura 5), se explica el concepto de estabilidad del cauce.

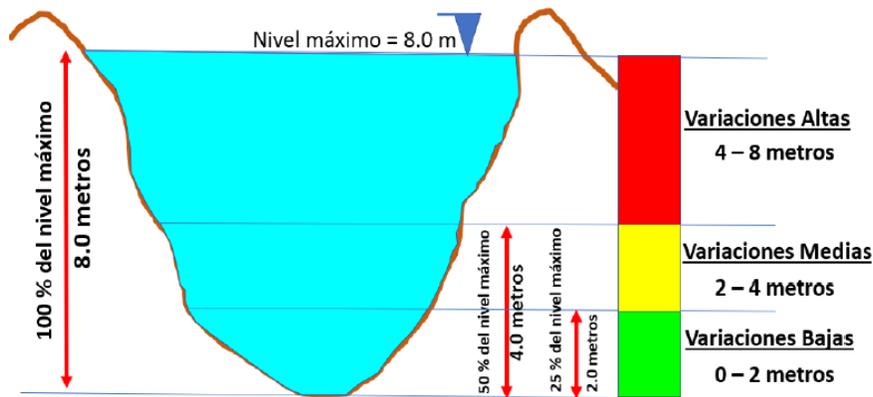


Figura 5. Rangos de variación de los niveles en función de la altura de llenado del cauce

Fuente: (BID, 2020)

Un cauce se considera estable completamente hasta un llenado del 50%, a esa altura los jarillones o las barreras perimetrales del río no presentan riesgo de desborde o falla, por tal motivo se recomienda Incluir los 2 primeros rangos (variaciones bajas y medias) dentro del 50% del nivel máximo del río o la mitad de la altura total de la sección.

A partir del llenado del 50%, a medida que aumenta el nivel de agua en el río, el riesgo de estabilidad y falla de los jarillones empieza a ser relevante, por tal motivo se propone denominar *variaciones altas* a los valores que correspondan al llenado entre el 50% y 100 % del cauce.

Se consideran condiciones más favorables aquellas con ríos que fluctúen la mayor parte del

tiempo dentro de las variaciones bajas y medias, si hay predominio de variaciones altas, se debe contemplar realizar un proyecto a la medida, por lo cual este proyecto tipo no tendría aplicación.

### III. Estudios hidráulicos y sus componentes

El modelo hidráulico tiene básicamente dos insumos de entrada y un motor de cálculo. El primer insumo corresponde a la topología del modelo, es decir, el conjunto de datos del modelo, como son secciones transversales, orillas, ejes del cauce. El otro insumo de entrada son los caudales a transitar y el motor de cálculo corresponde al modelo hidráulico empleado para realizar el tránsito hidráulico de los caudales calculados sobre el tramo evaluado.

En la siguiente figura se presentan los distintos elementos que integran un estudio hidráulico. Se deben incluir todos los componentes para que el análisis y modelo hidráulico satisfagan las necesidades del proyecto.

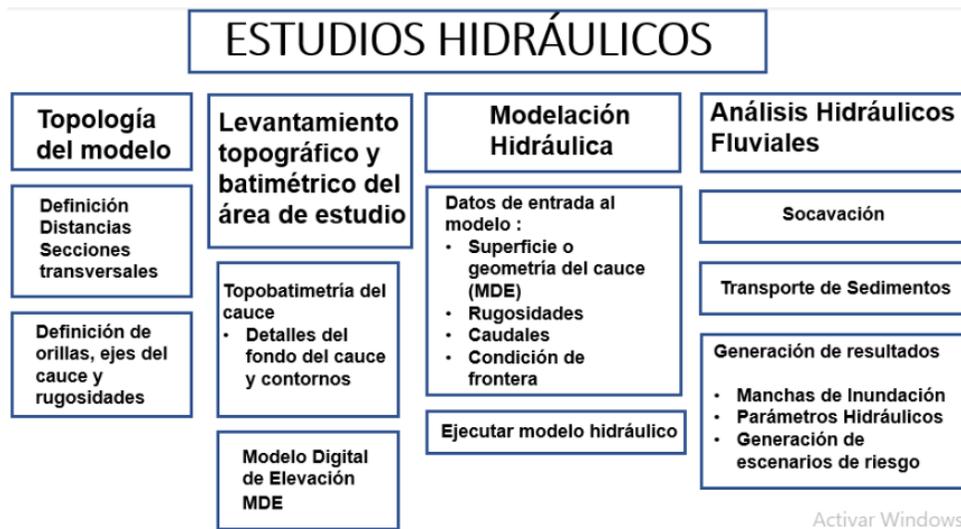


Figura 6. Componentes de estudios hidráulicos

Fuente: (BID, 2020)

Es muy importante contar con un modelo continuo de superficie, que integre el cauce, los jarillones y la planicie de inundación; con el objeto de poder hacer análisis de manchas de inundación y escenarios de riesgo. De acuerdo con la geomorfología del cauce, el modelo de terreno se discretiza en secciones transversales al eje del canal que definen el área transversal y cota batea del vaso, así como la morfología y pendiente transversal del área aferente. Es importante resaltar que actualmente no existe una normatividad específica asociada a definir cuál es la distancia deseada entre secciones transversales, lo cierto es que entre más próximas las secciones transversales, más preciso es un levantamiento topobatimétrico.

Es potestad de cada especialista definir la distancia entre secciones transversales, dependiendo de la necesidad, además de qué tan detallado se requiere analizar un sistema

hídrico y qué necesidad se quiere satisfacer, ya que existen proyectos complejos que requieren secciones transversales cada 5 metros.

#### IV. Software de modelación hidráulica

Hoy en día se dispone de diversos tipos de software especializados de modelación hidráulica que facilitan la entrada de datos y permiten visualizar gráficamente los resultados, incluso exportarlos en forma de tablas. Entre todos ellos, destaca sin duda el software HEC-RAS<sup>12</sup> ya que es uno de los programas de referencia dentro de su campo. Se trata de un software gratuito que se puede descargar directamente de la página del cuerpo de ingenieros<sup>13</sup>, por lo tanto, su uso se ha generalizado y se encuentra en un proceso constante de actualización al introducir continuas mejoras<sup>14</sup>.

#### V. Estudios de socavación y sus componentes

La siguiente figura resume los diferentes componentes que hacen parte de un estudio de socavación. Se recomienda realizar los cálculos de Socavación por estos 2 métodos (Maza Álvarez y Lischtván – Lebediev), (se pueden realizar en paralelo), comparando los resultados y tomando los valores más conservadores, el mayor valor obtenido producto de los cálculos.

Se debe realizar una correcta cuantificación de la socavación, orientada a estructuras específicas dentro de los ríos, como son las estructuras de transición (pasarela) y la estructura flotante de atraque, debido a que la socavación pone en riesgo estas estructuras que son vitales para el funcionamiento de la infraestructura, este es un problema dinámico, que avanza y va destruyendo de forma lenta pero contundente, las obras presentes en cualquier río.

<sup>12</sup> HEC - RAS "Hydrological Engineering Center – River Analysis System", desarrollado por el cuerpo de ingenieros de los estados unidos, US Army Corps of Engineers, USACE.

<sup>13</sup> <https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/download.aspx>

<sup>14</sup> Este software se plantea como una sugerencia, pero el implementador puede hacer uso de las herramientas que considere más pertinentes para el desarrollo de su proyecto.





Figura 7. Componentes de estudios de socavación

Fuente: (BID, 2020)

### VI. Estudios de sedimentación y sus componentes

La siguiente figura resume los diferentes componentes que hacen parte de un estudio de sedimentación. El método más utilizado y reconocido en Colombia es el de Meyer Peter and Muller. Se recomienda como primera medida utilizar Meyer Peter and Muller y a partir de los resultados obtenidos, se podría hacer un marco comparativo con métodos como Van Rijn (1987) y Einstein y Barbarrosa (1952). Pero lo que hay que tener en cuenta es que los métodos aplican para determinados diámetros de partículas, entonces la escogencia del modelo depende de aspectos de granulometría.

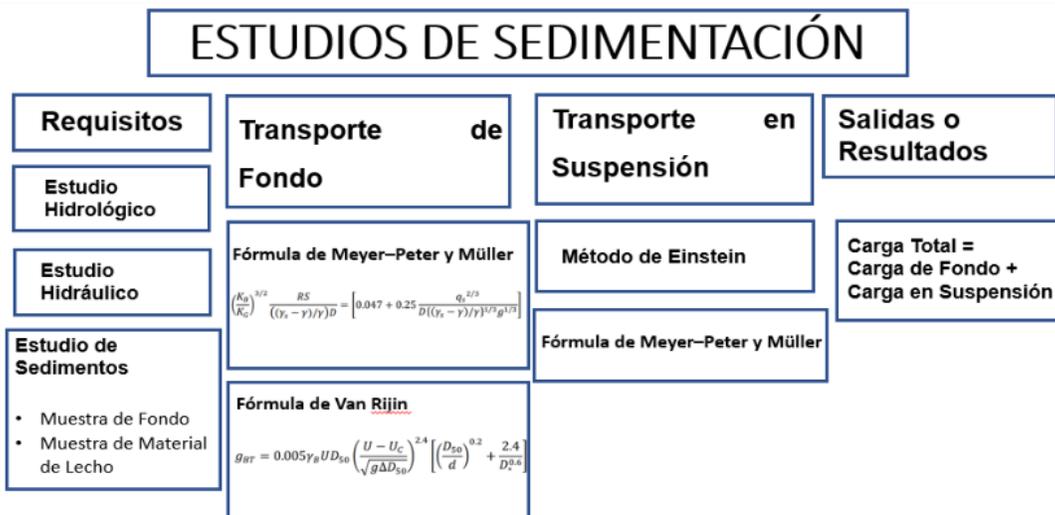


Figura 8. Componentes de estudios de sedimentación

Fuente: (BID, 2020)

## Otros lineamientos técnicos

### I. Ubicación de un proyecto de infraestructura fluvial con respecto al alineamiento de un río

Un río experimenta en sus curvas cambios de velocidad. Las velocidades del flujo en las curvas exteriores son significativamente mayores que las velocidades en las curvas interiores; mientras que en la curva exterior se espera erosión, en la curva interior se espera sedimentación. Lo anterior es muy importante y los especialistas que intervienen en la ubicación del terminal fluvial, deben tener en cuenta los efectos adversos que se presentan cuando se construye un proyecto en una curva o meandro, esta situación se debe evitar en la medida de lo posible.

Además de lo anterior, se deben revisar los procesos de socavación y transporte de sedimentos mencionados anteriormente, que ponen en riesgo el normal tránsito de embarcaciones, porque afectan precisamente la navegabilidad.

### II. Aspectos asociados a trabajos topográficos y batimétricos

- Topobatimetría del cauce

Se debe realizar un levantamiento topográfico y batimétrico que integren las últimas tecnologías y software disponible, con el objeto de generar el conocimiento de la superficie del agua; en la escogencia del tipo de tecnología o mecanismo se deben tener en cuenta las condiciones propias del cuerpo de agua a analizar, las profundidades y condiciones físicas del lugar del levantamiento. Dentro de los diferentes métodos existentes, el método de posicionamiento para el levantamiento topográfico es el de poligonal abierta, el cual consiste en la lectura de ángulos y distancias, para la determinación de la altura se debe leer el ángulo vertical, para finalmente calcular la diferencia de altura que con las correcciones correspondientes se obtiene el valor de la altura de la posición medida.

Se pueden considerar desde métodos de vadeo, el uso de ecosondas o inclusión de tecnología como LIDAR. Estos levantamientos de campo se deben complementar con estudios de dinámica multitemporal y con referencias de marcas de inundación históricas reportadas por los habitantes del sector.

- Modelo digital de terreno DEM

Es importante resaltar la trascendencia e importancia que tienen los trabajos de campo, como son la batimetría y topografía, porque su perfecta integración desde la geodesia y articulación técnica permite generar superficies continuas que incluyen la forma del cauce, conectándolas con las llanuras aluviales aledañas al río. Lo anterior, con el objeto de poder realizar modelaciones hidráulicas que integren las manchas de inundación extendidas, generando escenarios de riesgo muy precisos que reflejan la realidad del sitio de estudio. Este tipo de análisis se considera muy importante al momento de alojar un terminal fluvial, porque analiza los riesgos de inundación, contextualiza efectos y viabiliza soluciones técnicas desde etapas tempranas del proyecto.



Como lo que se obtiene de la topografía y batimetría es la generación de la superficie, dicha información debe exportarse en un formato geográfico (shp, GeoJson, gml, etc.), continuo como TIN o en formato raster (tiff, img, GeoTiff, etc.) como modelo digital de terreno DEM, para incorporar procesos de información geográfica (SIG) que sirven de tránsito hacia la construcción del modelo hidráulico.

La calidad del DEM dependerá del número de datos de la muestra y de la distribución espacial que tengan estos puntos en el área de muestreo. Cuanto mayor sea el número de puntos y mejor distribuidos se encuentren, mejores serán los resultados.

En el Anexo 04, *Volumen IV. Estudios hídrico fluvial y fluviomarítimo*, se encuentran más detalles sobre este componente.

### 5.3.4 Estudio de suelo y subsuelo

La implantación de las estructuras del terminal fluvial tipo requiere de la identificación de los riesgos geológicos que puedan influir o condicionar su desarrollo. Por lo tanto, es necesario evaluar el comportamiento mecánico y las imposiciones derivadas de los suelos o rocas sobre las que se apoye la infraestructura. Para ello es necesario adelantar estudios geológicos y geotécnicos que permitan dimensionar las estructuras de cimentación y dar solución a las necesidades del proyecto.

#### Alcances técnicos del componente

Por su naturaleza, las actividades geológicas y geotécnicas son específicas para cada ubicación en donde se desarrolle el proyecto. Los suelos y las rocas suelen ser altamente variables en el espacio, por lo que el diseño de detalle de las obras de cimentación y los estudios geotécnicos definitivos tendrá que adelantarse de forma particular para cada ubicación en donde se pretenda implantar el terminal. En otras palabras, antes de proceder con la construcción del proyecto será necesario contratar un estudio de suelos específico para el lote del proyecto.

El alcance del componente en el proyecto tipo no contempla la ejecución de diseños detallados, sino la caracterización de escenarios de diseño y tipologías de cimentación probables, y la definición de lineamientos de acuerdo con las características de la población objetivo y la infraestructura tipo definida. El diseño detallado de las obras geotécnicas del terminal será responsabilidad de los estudios geotécnicos de detalle.

#### Componentes principales del proyecto tipo

Para efectos de los estudios geológico-geotécnicos del terminal fluvial tipo se distinguen cinco componentes estructurales y arquitectónicos:

- Estructuras en tierra: Edificaciones ligeras en pórticos metálicos, con niveles arquitectónicos en superficie y grandes luces. Son unidades estructurales de categoría baja según la

clasificación del artículo H.3.1 de la NSR-10. Estas estructuras contienen las áreas necesarias para las actividades logísticas y operativas.

Para las estructuras en tierra se deben definir el tipo y las dimensiones de los cimientos para los apoyos de las estructuras, así como los asentamientos esperados. En algunos casos serán necesarias recomendaciones para estructuras complementarias como tanques de agua u otras estructuras menores.

- Pavimentos losas: Zonas duras necesarias para actividades logísticas, parqueaderos, andenes o demás elementos contemplados en los programas urbanísticos de la implantación del terminal fluvial.

Para los pavimentos será necesario definir los espesores y tipos de materiales a emplear para la construcción de las zonas duras incluyendo las losas de contrapiso de las edificaciones.

- Flotante de atraque: Elementos flotantes para el atraque y cargue de las embarcaciones del terminal. Serán estructuras metálicas flotantes ancladas horizontalmente al lecho del río. Para ellas, se deben definir los tipos y las dimensiones de los elementos que se empleen como anclajes, que comúnmente serán pilotes instalados en el cauce del río.
- Estructuras para la protección o control del margen del río: Son las estructuras que sirven para la contención de tierras y la protección del margen del río e incluyen el punto de apoyo de las estructuras de transición entre tierra y agua. Para ellas se debe definir su tipología, dimensiones y procesos constructivos. Se deben además proveer las consideraciones pertinentes para la protección del terreno ante los efectos de erosión o deposición.
- Pasarelas u elementos de transición: Son los elementos que conectan las estructuras en tierra y los elementos flotantes. En general serán pasarelas metálicas articuladas en los extremos, que pueden en algunos casos tener flotantes intermedios. Estas pasarelas se apoyan comúnmente en pilotes colocados en el cauce del río.

Para el diseño de estos elementos se deben definir la configuración geométrica, dimensiones, especificaciones y tipos de pilotes por emplear en el apoyo de las estructuras. Por su naturaleza estarán condicionadas por las dinámicas del río, la estructura del flotante y la estructura de protección del margen.

### Metodología general para el desarrollo del estudio geotécnico

El estudio geológico-geotécnico para el diseño de obras de infraestructura implica la interpretación de información multidisciplinar en varias etapas. Partiendo de que se trata de terminales fluviales con estructuras de tamaño moderado (categorías bajas a media según la tabla H.3.1-1 de la NSR-10), es posible definir una secuencia lógica de pasos comunes a cualquier caso de aplicación. Esta secuencia de pasos describe una metodología general para la realización del estudio que se resume esquemáticamente en la Figura 9.

Se parte de la información topográfica del lote del terminal y de su área de influencia, así como de la información secundaria disponible, para adelantar los estudios geológicos de detalle. Durante estas actividades se deben describir las unidades geológicas del área de influencia, la geología estructural y la geomorfología de la zona, con el fin de esclarecer la dinámica del río y los tipos de materiales que componen el lecho del cauce y el área de influencia.

Durante esta etapa es imperativo situar el proyecto dentro de un contexto regional y nacional con el fin de identificar posibles riesgos y amenazas para el proyecto. Entre estos riesgos, la geología estructural y la información secundaria deben servir para evaluar la amenaza sísmica de la ubicación del proyecto o identificar otros riesgos, como, por ejemplo, el derivado de procesos volcánicos. Integrando todos los resultados, con el apoyo de la especialidad hidráulica se caracteriza la dinámica del río en términos de niveles de agua, profundidad de socavación y transporte de sedimentos.

En este punto es conveniente conocer parte de la historia geológica y de los efectos temporales que pueden haber afectado el cauce del río en estudio. Por ejemplo, es conveniente evaluar la susceptibilidad del cauce a sufrir afectaciones por procesos de remoción en masa que causen cambios en el río como obstrucciones u otros efectos. Para ello es conveniente realizar entrevistas con las comunidades que habitan el área del proyecto con el fin de identificar posibles riesgos a partir de las vivencias de los habitantes. De igual manera conviene contar con la percepción de la comunidad respecto a eventos sísmicos o volcánicos que hayan ocurrido en el área del proyecto.

El contexto geológico es el fundamento inicial de los análisis geotécnicos. Los resultados de los estudios de geología deben servir para planear adecuadamente la exploración, además de identificar aspectos relevantes para las condiciones de diseño. Con estos resultados y con la información secundaria disponible en la zona se conducen ensayos de caracterización del suelo o roca tanto en campo como en laboratorio cuyos resultados alimentan el modelo geológico geotécnico del área de estudio.

El contexto de amenaza sísmica del lote y el modelo geotécnico permiten evaluar las amplificaciones sísmicas y otros efectos de sitio. Con ellos se define el espectro sísmico de diseño que la especialidad estructural emplea para el dimensionamiento de la estructura. En depósitos cercanos a cuerpos de agua, como los que se esperan en el proyecto tipo, se debe evaluar cuidadosamente la susceptibilidad del depósito al fenómeno de licuación.

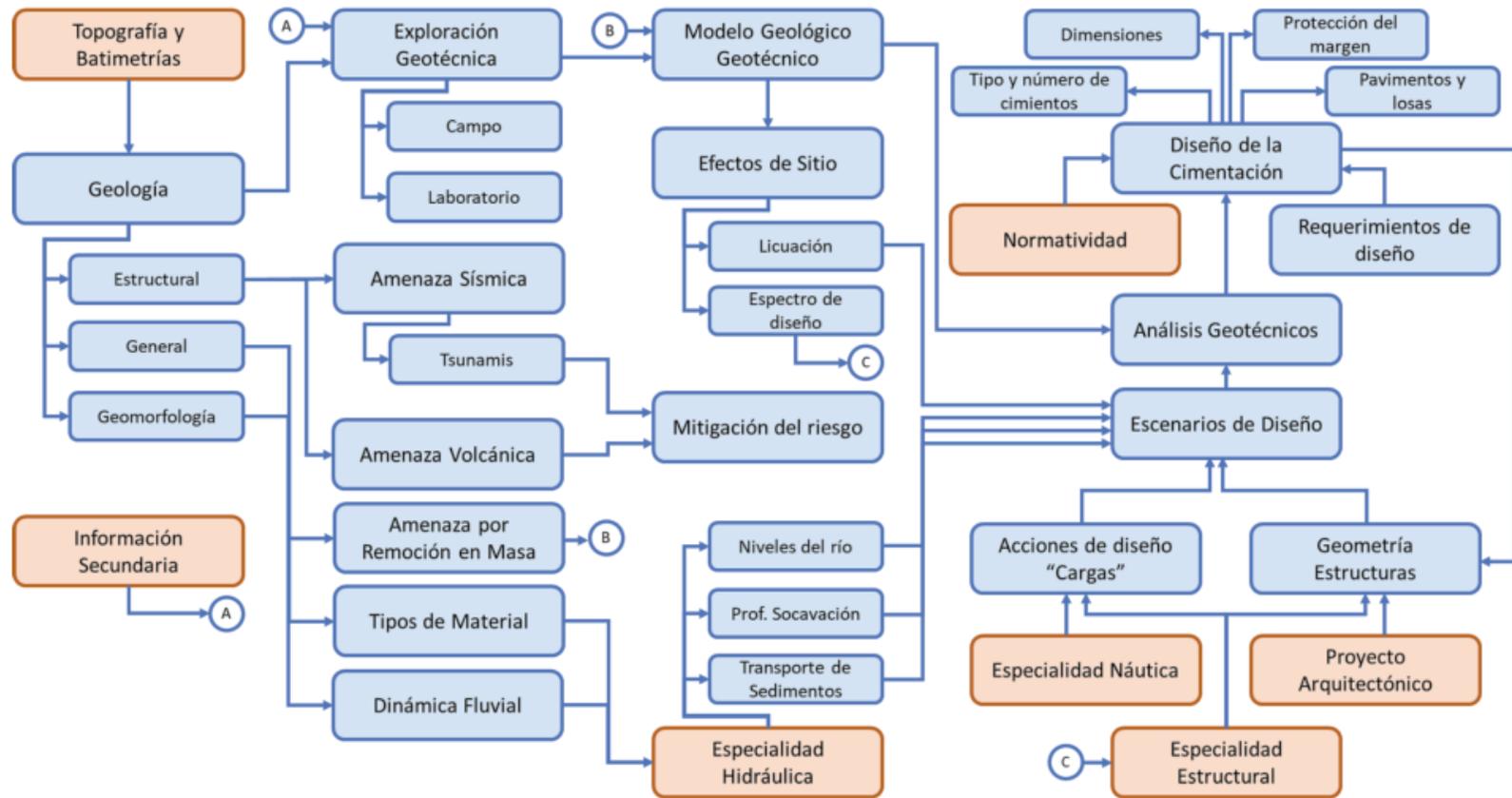


Figura 9. Marco metodológico para el desarrollo del componente de suelo y subsuelo del proyecto tipo

Fuente: (BID, 2020)

Los trabajos de la especialidad estructural, en conjunto con las especialidades náutica y arquitectónica definen las acciones de diseño o las cargas transmitidas a la cimentación, así como la geometría de los diferentes componentes arquitectónicos y estructurales. Estas cargas y dimensiones se conjugan con la descripción de niveles del río, profundidad de socavación, transporte de sedimentos y la susceptibilidad a licuación para definir diferentes escenarios de diseño. Estos escenarios son luego analizados geotécnicamente a la luz de las propiedades del modelo geológico-geotécnico empleando diferentes metodologías de cálculo que, finalmente redundan en el diseño de las estructuras geotécnicas. Para el diseño se debe dar estricto cumplimiento de los requerimientos de diseño establecidos por el programa arquitectónico y estructural, además de las restricciones contempladas en la normatividad vigente. En la mayoría de los casos el diseño requiere de una relación iterativa entre las actividades de la especialidad geotécnica y las de las especialidades arquitectónica y estructural.

Si se analiza adecuadamente toda la información recopilada a lo largo del estudio, el diseño geotécnico representará una alternativa segura y técnico-económicamente óptima para dar solución a las necesidades del proyecto. El diseño geotécnico final debe, entre otras:

- Definir el tipo y número de cimientos que se requieran para las edificaciones y estructuras menores en tierra, así como para los elementos flotantes y pasarelas.
- Definir los espesores y materiales para las estructuras de pavimento y losas de contrapiso que requieran las áreas logísticas, los diseños urbanísticos y las diferentes estructuras.
- Garantizar la estabilidad del margen del río ante la acción de agentes ambientales, cargas de transporte o el emplazamiento de estructuras.
- Establecer las medidas necesarias para la protección del margen del río y las medidas necesarias para la mitigación de la erosión o deposición de sedimentos alrededor del terminal fluvial.
- Establecer procedimientos y recomendaciones para la construcción de las obras en el mercado colombiano.

Todos los diseños se deben adelantar dentro del marco del manejo integral del riesgo, para lo que se deben tomar medidas adecuadas para manejar la incertidumbre inherente a todos los análisis geotécnicos.

### Guía metodológica y requisitos para estudios geológicos

El estudio geotécnico de detalle para el proyecto deberá adelantar una caracterización geológica de la zona de implantación del terminal y su área de influencia. La caracterización se adelanta en tres áreas principales: geología general, geomorfología y geología estructural. La articulación de las tres áreas permite identificar riesgos y dinámicas relevantes para la ejecución del proyecto, y son de gran importancia para la construcción de modelos a lo largo del área de estudio.

Las actividades se realizan a partir de la consulta de información existente en atlas, informes y otros documentos propios del conocimiento de la geología colombiana. Esta recopilación de información es luego complementada y contrastada mediante campañas y recorridos en campo que permitan la identificación de unidades y la obtención de información en escalas adecuadas para el diseño.

### I. Geología general

La geología general comprende la caracterización y descripción temporal de las unidades geológicas que componen el área de estudio. Esta caracterización implica la generación de cartografía geológica a escalas adecuadas para el diseño y la identificación de propiedades de los materiales como su tipo, edad y las características generales de su formación. Parte de este análisis busca identificar la distribución espacial de unidades en planta y en profundidad y estimar los espesores de depósitos y otras unidades relevantes.

En el proyecto tipo esta descripción se debe realizar no solo para la ubicación del terminal, sino también para el área de influencia hidráulica del proyecto. Durante la campaña de campo se deben describir de forma general los materiales que conforman las márgenes y el lecho del río. Se debe describir la granulometría de los materiales y su susceptibilidad a ser erosionados. En los casos en los que resulte pertinente, se recuperarán muestras de suelo en los márgenes del río y en el lecho para su análisis en laboratorio.

El responsable del estudio deberá evaluar la escala adecuada para la recolección de información. Para la selección de la escala de trabajo se recomienda acatar las escalas mínimas para estudios detallados de ordenamiento territorial definidas en artículo 5 del Decreto 1807 de 2014. En todos los casos se recomienda que la cartografía geológica se realice con una escala 1:5000 o con un detalle mayor.

### II. Descripción geomorfológica

Comprende la identificación de las formas de la superficie terrestre en el área de estudio y de las dinámicas que impactan los materiales que la componen. Los ríos son estructuras naturales cuya dinámica y curso cambia a lo largo del tiempo, dejando marcas y evidencias discernibles en la topografía y los materiales del terreno. El estudio de detalle de la zona debe describir la dinámica histórica del río, identificar las zonas de variación del cauce, depósitos recientes, zonas de erosión, meandros y otras estructuras presentes en el cauce del río. De igual manera se deberán identificar procesos de inestabilidad en el margen del río o en las zonas aledañas que puedan tener impactos para el proyecto.

La descripción de las dinámicas fluviales permite identificar zonas de acumulación de sedimentos o de erosión a lo largo del cauce. Para esta actividad, será útil el análisis multitemporal de fotografías e imágenes satelitales, la recopilación de información secundaria y la identificación de estructuras geológicas en campo.

### III. Geología estructural

Este componente busca identificar los elementos estructurales de la corteza terrestre que

puedan tener impactos sobre el terminal proyectado. Hacen parte de estos análisis la identificación de fallas, plegamientos y otras estructuras de la corteza presentes en el área de influencia del proyecto. El desarrollo de esta caracterización debe identificar, entre otros, la presencia de elementos tectónicos locales, la presencia de controles estructurales en el cauce del río o la influencia de otras amenazas como las derivadas de procesos volcánicos o tsunamis.

Las conclusiones de los estudios geológicos deben permitir identificar el origen y la magnitud de las amenazas derivadas de las dinámicas de la corteza terrestre. Las descripciones sientan la base de los análisis geotécnicos posteriores y deben articularse con los demás análisis del estudio geotécnico de detalle. Para el desarrollo de estas actividades es recomendable contar con un especialista geólogo o ingeniero geólogo que adelante las campañas y análisis antes descritos y que acompañe la ejecución de la exploración geotécnica.

### Aspectos sísmicos

Uno de los aspectos que hacen parte de los alcances del componente de suelo y subsuelo es la caracterización de la amenaza sísmica para cada proyecto. Este insumo es de vital importancia para la ejecución de proyectos estructurales y por lo tanto debe ser definido en concordancia con las características de la población objetivo del terminal fluvial tipo.

#### I. Evaluación de la amenaza sísmica específica en el sitio de obras

Como se mencionó en el numeral 5.1, para la ejecución del proyecto tipo, la amenaza sísmica debe evaluarse de forma específica para cada lote donde se proyecte el desarrollo y empleando los parámetros geotécnicos obtenidos en la exploración del terreno. Para facilitar la clasificación de los espectros locales, la Figura 10 y la Tabla 3 presentan los valores de aceleración de los umbrales seleccionados para el diseño.

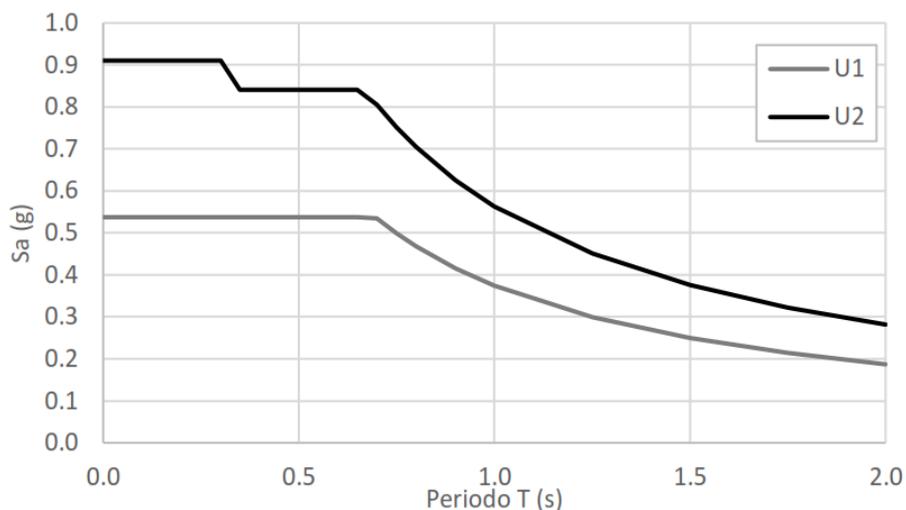


Figura 10. Umbrales sísmicos empleados para la tipificación

Fuente: (BID, 2020)



T (s)	0.00	0.30	0.35	0.65	0.70	0.75	0.80	0.90	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
U1	0.537	0.537	0.537	0.537	0.534	0.499	0.467	0.415	0.374	0.299	0.249	0.214	0.187
U2	0.910	0.910	0.841	0.841	0.805	0.751	0.704	0.626	0.563	0.451	0.376	0.322	0.282

Tabla 3. Valores umbrales sísmicos empleados en la tipificación

Fuente (BID, 2020)

## II. Licuación

Un fenómeno sísmico relevante en el emplazamiento de obras de infraestructura cercanas a cuerpos de agua es el análisis de susceptibilidad a la licuación de los materiales. La licuación es un fenómeno físico en el cual vibraciones sísmicas u otras aceleraciones generan incrementos de la presión de poros en el suelo que conllevan a la reducción de los esfuerzos efectivos en el terreno y a la pérdida de la resistencia a los esfuerzos de corte en el suelo. Al producirse este efecto, el suelo deja de comportarse como un sólido para comportarse como un fluido viscoso, y este comportamiento suele implicar grandes deformaciones en las estructuras que se cimientan sobre él.

El fenómeno de licuación ocurre principalmente cuando en zonas donde existen amenazas sísmicas considerables existen materiales granulares sueltos, sin cohesión y en condición saturada. Por lo tanto, la infraestructura objeto de este proyecto tipo, es susceptible a tener problemas por este concepto y su diseño debe considerar explícitamente la probabilidad de que ocurra este fenómeno.

El estudio de suelos para el proyecto deberá evaluar la susceptibilidad a la licuación del terreno de forma explícita y mediante metodologías reconocidas. Esta evaluación se deberá realizar de conformidad con lo dispuesto en el artículo H.4.7 de la NSR-10 o su equivalente en la normatividad vigente. De igual manera son relevantes las recomendaciones y disposiciones de la ROM<sup>15</sup> 0.5-05 (numeral 3.10.4.2) y las recomendaciones de la PIANC<sup>16</sup>. Si se encuentra que los procesos de licuación llegarían a afectar la estructura del terminal fluvial, el proyecto tipo no deberá ser implementado.

## III. Tsunamis

El estudio geológico-geotécnico de detalle, necesario para el proyecto tipo, deberá evaluar el riesgo por tsunami en la zona de implantación del proyecto, en aquellos casos donde se pueda presentar este fenómeno. En los casos en los que la mitigación del riesgo requiera de la construcción de estructuras complementarias, o la adaptación del diseño del terminal fluvial para la mitigación del riesgo por este concepto, será necesario adelantar un proyecto a la medida que pueda contemplar la interacción compleja de las diferentes sollicitaciones en la

<sup>15</sup> Recomendaciones para Obras Marítimas y Portuarias (ROM). Ministerio de Fomento. España.

<sup>16</sup> The World Association for Waterborne Transport Infrastructure (<https://www.pianc.org/>)

155 estructura y el programa arquitectónico.

Los diseños geotécnicos de detalle deberán tener en cuenta los diferentes estudios frente a la amenaza por tsunamis en las costas colombianas y la normatividad vigente. Cuando resulte pertinente, el ente contratante del proyecto deberá articular el proyecto de terminal fluvial tipo con los planes locales de gestión del riesgo ante tsunamis. Si se encuentra que un fenómeno como un tsunami podría llegar a afectar la estructura del terminal fluvial, el proyecto tipo no deberá ser implementado.

### Aspectos geotécnicos

Como se ha mencionado antes, la implantación del proyecto tipo requiere de la ejecución de un estudio geotécnico de detalle. Este estudio deberá realizar la exploración detallada de la zona y con base en sus resultados diseñar los sistemas de cimentación definitiva, protección del margen y demás estructuras geotécnicas necesarias para el funcionamiento del terminal, si así lo requiere el punto de implementación del proyecto.

En los siguientes numerales se presentan lineamientos para la realización de la exploración y análisis geotécnicos necesarios para el diseño del terminal proyectado. Se describen de forma general las tipologías de cimentación proyectadas para el proyecto, que serán objeto de diseño en los estudios de detalle, se hacen recomendaciones para procesos de diseño de cada una de ellas y se presentan algunos rangos comunes para las dimensiones de los cimientos. Estos rangos permiten estimar los costos generales del proyecto bajo supuestos explícitos que deben ser verificados durante la ejecución de los estudios.

Los estudios deberán apoyarse en un ingeniero estructural capacitado quien deberá realizar los diseños estructurales de los cimientos y estructuras geotécnicas que serán específicos para cada ubicación del proyecto y completará los diseños estructurales tipo.

#### I. Requisitos mínimos y recomendaciones para la exploración geotécnica de detalle

Partiendo de las características estructurales y arquitectónicas definidas para el proyecto tipo, se definen requisitos mínimos para la exploración geotécnica del proyecto. Estos requisitos son generales para casos comunes de aplicación, mas no eximen al ingeniero responsable del estudio de aplicar adecuadamente los conceptos propios de la ingeniería geotécnica y cumplir con la totalidad de las disposiciones normativas aplicables. La exploración del terreno debe realizarse en estricto cumplimiento de la normatividad sismo resistente (NSR-10) o su equivalente vigente durante la realización de los estudios, además de otras normas que resulten aplicables a las actividades contempladas. En el caso de la exploración para el flotante de atraque y las estructuras de transición, donde la norma sismo resistente vigente no tiene aplicación directa, se recomienda cumplir como mínimo con las recomendaciones de la ROM 0.5-05 para campañas de exploración reducidas.

La exploración recomendada para la implantación del proyecto se divide en tres grandes grupos: 1) sondeos directos para la caracterización directa de los materiales bajo las estructuras, 2) apiques y recuperación de muestras para el diseño de pavimentos y otras zonas duras y, 3) ensayos geofísicos para la descripción sísmica y geométrica del terreno. El número

y tipo de ensayos por realizar deben ser definidos por el ingeniero responsable del estudio geotécnico siguiendo las recomendaciones de los siguientes numerales.

- **Sondeos, ensayos de campo y ensayos de laboratorio**

Los sondeos y perforaciones tienen el objetivo de caracterizar las propiedades de los materiales del terreno bajo las estructuras en tierra, los elementos de transición y los elementos en el agua y su variación con la profundidad. El tipo, número y características de estos sondeos deben dar cumplimiento a las disposiciones del artículo H.3.2. de la norma sismorresistente (NSR-10) o su equivalente vigente durante la planeación de las obras y las recomendaciones para tal fin de la ROM 0.5-05.

En todos los casos, para la definición del plan de exploración primará el criterio del ingeniero responsable del estudio, quien podrá adoptar definiciones diferentes sobre la base de criterios explícitamente sustentados en metodologías o técnicas reconocidas en la práctica geotécnica.

#### *Sondeos para módulos estructurales en tierra*

Las estructuras proyectadas tienen cargas en las columnas menores a 800 kN y clasifican como unidades estructurales de categoría baja de acuerdo con la Tabla H.3.2-1 de la norma sismo resistente.

Cuando la implantación arquitectónica contemple únicamente módulos sencillos y dobles, la caracterización geotécnica de los elementos en tierra deberá adelantarse empleando al menos dos sondeos por módulo. Cuando exista más de un módulo estructural se podrán aplicar los criterios de reducción por repetición del artículo H.3.2.6 de la norma sismo resistente (NSR-10). Los sondeos deben cumplir con las características del numeral H.3.2.4 de la norma sismo resistente y su profundidad debe dar cumplimiento al artículo H.3.2.5 (NSR-10).

Los módulos triples deberán explorarse empleando al menos 3 sondeos y aplicando las reducciones por repetición que sean pertinentes cuando se acompañen de otras estructuras.

#### *Sondeos para los elementos del margen*

Para los elementos del margen se deberá realizar al menos un sondeo a una distancia no mayor a 15 metros de la ubicación proyectada de las obras de contención y protección. El sondeo deberá alcanzar la profundidad mayor entre 1.5 veces la altura libre del talud del río o a la longitud del pilote más largo proyectado más cuatro veces su diámetro. Cuando las obras de protección del margen tengan longitudes en planta considerables se deberá realizar al menos un sondeo cada 50 metros.

#### *Sondeos para los elementos flotantes*

Se deberá realizar al menos un sondeo bajo la zona donde se proyecta la ubicación del flotante de atraque. La ejecución del sondeo deberá realizarse considerando la necesidad de emplear barcazas o planchones que permitan la ejecución de la perforación sobre el cauce



del río. El sondeo debe sobrepasar las capas erosionables del terreno y profundizarse hasta una profundidad de al menos la longitud del pilote más largo previsto más 4 veces su diámetro. Cuando el flotante de ataque se ubique a más de 25,5 metros del margen, se recomienda realizar un sondeo adicional entre el flotante y las estructuras de transición.

Siguiendo las recomendaciones para todas las estructuras se espera que el número mínimo de sondeos necesarios para la implantación del proyecto tipo sea de cuatro (4). Considerando que en el país no existe normatividad que reglamente la ejecución de estudios geotécnicos para terminales fluviales, se recomienda que la exploración adelantada para el terreno cumpla al menos con los lineamientos de exploración mínima para reconocimientos reducidos definidos por la ROM 0.5-05.

#### *Determinación de propiedades en campo y laboratorio*

La ejecución de los sondeos y la recuperación de muestras deben realizarse de forma tal que se caractericen adecuadamente las propiedades físicas y mecánicas de las diferentes capas de materiales en el terreno. Para la planeación de la campaña de ensayos de laboratorio se recomienda acatar los lineamientos del artículo 2.12.4 de la ROM 0.5-05 y el artículo H.3.3. de la NSR-10 o su equivalente vigente durante la realización de los diseños. Siguiendo estas recomendaciones, una capa del terreno puede considerarse definida en un determinado aspecto cuando al menos se hace dos determinaciones en campo o laboratorio de la propiedad o parámetro geotécnico que controla el aspecto en cuestión. Esta condición es un requerimiento mínimo; para capas altamente variables o de espesor considerable pueden ser necesario un mayor número de mediciones.

Es recomendable que en uno de los sondeos se realice la toma de muestras y ensayos de campo con mayor frecuencia que en el resto de la campaña. Para evaluar la seguridad frente al fenómeno de licuación el reconocimiento geotécnico y las pruebas de campo o laboratorio deben determinar como mínimo los siguientes parámetros en cada capa del terreno:

- Peso unitario total, peso unitario seco, contenido de agua y peso específico de las partículas del suelo.
- Granulometría.
- Límites de Atterberg de la fracción fina del suelo.
- Índice N del ensayo SPT. Alternativamente se pueden realizar ensayos de penetración continua CPTu o ensayos de penetración dinámica. En todo caso los ensayos SPT no deben omitirse y los resultados de otros posibles ensayos deben traducirse a valores equivalentes del SPT mediante correlaciones locales contrastadas.
- Resistencia al corte sin drenaje en suelos cohesivos,  $S_u$ .
- Resistencia al corte con drenaje. Parámetros del modelo de Mohr-Coulomb:  $c'$  y  $\Phi'$ .
- Parámetros de deformación del modeló elástico (Modulo de Young y relación de



Possion) o el modelo edométrico (relación de vacíos inicial, esfuerzo de pre consolidación, índices de compresión y recompresión y coeficiente de consolidación).

- Descripción del tipo y grado de alteración de estratos rocosos.

El ingeniero responsable del estudio geotécnico detallado deberá evaluar los diferentes escenarios de diseño del proyecto y establecer la necesidad de determinar otros parámetros o propiedades para los análisis.

- **Apiques para pavimentos y zonas duras**

En el proyecto tipo serán opcionales la construcción y diseño de zonas duras y pavimentos que requerirán de reconocimientos mediante trincheras o apiques con una profundidad mínima de 1.00 m. En caso de contemplarse este tipo de estructuras, para el diseño de pavimentos del parqueadero se recomienda realizar un apique por cada 2500 m<sup>2</sup> de área y recuperar material suficiente para realizar al menos ensayos de compactación, CBR y granulometría, además de otros ensayos de limpieza como equivalente de arena, azul de metileno y límites de Atterberg.

De contemplarse en el diseño la ubicación de andenes y zonas duras, estas se podrán diseñar con la información de los apiques para el parqueadero cuando las haya o a partir de apiques particulares.

## II. Tipologías de cimentación

En los numerales siguientes se exponen los sistemas y tipologías de cimentación que se espera sean empleados para la construcción del proyecto tipo. Este numeral busca describir el panorama general de los elementos geotécnicos comunes para la definición del proyecto, mas no representa una revisión exhaustiva de todas las alternativas disponibles o posibles. El ingeniero encargado del estudio geotécnico de detalle deberá seleccionar los tipos de cimiento pertinentes para cada proyecto, dimensionar su geometría y definir las especificaciones de materiales y procesos constructivos pertinentes para su instalación.

Con el fin de presentar un panorama general del diseño geotécnico del proyecto se presentan algunos rangos comunes para las dimensiones de los elementos. Estos rangos se construyen sobre supuestos de comportamiento que deben constatar en los estudios de detalle. Los rangos presentados constituyen aproximaciones generales a proyectos que se desarrollan en circunstancias comunes, mas no son equiparables a diseños finales. Las dimensiones, tipologías y materiales por emplearse en el desarrollo final de la infraestructura deberán determinarse en el estudio geotécnico de detalle.

- **Estructuras en tierra**

Las estructuras proyectadas por el programa estructural están conformadas por edificaciones metálicas de un piso de altura con las características y cargas estructurales que se muestran en la Tabla 4. Para este tipo de estructuras se espera que la cimentación se desarrolle mediante zapatas individuales siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

1. El material de apoyo de los cimientos sea estable, sin presencia importante de materia orgánica, no dispersivo, no expansivo o colapsable y resistente a la licuación.
2. No existan problemas de estabilidad del margen o taludes asociados a la construcción de los cimientos.
3. Exista viabilidad constructiva para la ejecución de excavaciones y la construcción de cimientos superficiales aislados o corridos en profundidades entre 0,80 y 2,00 metros de profundidad.

Como se ha mencionado anteriormente, los materiales de cimentación que se esperan para el proyecto son ampliamente variables y pueden comprender desde arcillas blandas hasta materiales granulares o estructurados muy competentes. Por lo tanto, el rango de variación de la capacidad portante de cimientos superficiales es muy amplio y deberá ser evaluado de forma puntual para cada zona de implantación del proyecto.

En términos generales se espera que las estructuras en tierra se cimienten en zapatas aisladas o corridas con anchos entre 1,20 y 2,50 metros. Esto implica que, de acuerdo con las cargas estructurales, se tendrán presiones de contacto a compresión entre 10 y 160 kPa. Con el fin de dar estabilidad ante el volteo a los cimientos, se recomienda utilizar zapatas de un tamaño mayor o igual a 1,20 m.

Se recomienda que la cimentación contemple la construcción de vigas de amarre capaces de asumir los momentos y cargas horizontales en los apoyos y que permitan asumir las posibles tracciones que se presentan durante eventos sísmicos. El dimensionamiento detallado de todos los elementos de la cimentación y la definición de las especificaciones de materiales para su construcción será responsabilidad de los estudios geotécnicos y estructurales de detalle. Los estudios deberán definir los procedimientos constructivos para la instalación de los cimientos y hacer las recomendaciones pertinentes para el manejo de aguas subterráneas, protección de los materiales de apoyo y las demás que resulten pertinentes. Los diseños deben garantizar la estabilidad de la cimentación en todas las combinaciones de carga que pueden consultarse en los anexos del capítulo correspondiente a los estudios y diseños estructurales.

Cuando no se cumpla con las condiciones anteriores, el estudio geotécnico de detalle deberá considerar el mejoramiento de las condiciones en campo, la necesidad de profundizar los cimientos hasta alcanzar estratos adecuados para la cimentación o la necesidad de emplear cimientos profundos. En todos los casos, el estudio de suelos detallado para las estructuras deberá evaluar la capacidad portante en la zona del proyecto y dimensionar con precisión los cimientos de la obra para garantizar la estabilidad durante la vida útil del proyecto ante cargas sísmicas y de servicio en cumplimiento con todas las disposiciones normativas.

Módulo	Tipo de estructura	Número de apoyos	Luz Máxima	Luz Mínima	Dimensiones en planta	Racciones Estructurales					
						Condición de servicio		Combinaciones sísmicas del numeral B.2.3 de NSR-10			
						Mínimo	Máximo	Minimo	Maximo	Minimo	Maximo
Sencillo Estructura Interna	Pórticos de acero	4	9 m	4.75 m	4.75 m x 9.00 m	Servicio (B.2.3-3) 93 kN (Compresión)	Servicio (B.2.3-3) 94 kN (Compresión)	Umbral I (B.2.3-9) 30 kN (Compresión)	Umbral I (B.2.3-7) 95 kN (Compresión)	Umbral II (B.2.3-9) 30 kN (Compresión)	Umbral II (B.2.3-8) 100 kN (Compresión)
Sencillo Cubierta autoportante	Pórticos de acero	6	14.79 m	9 m	14.79 m x 9 m	Servicio (B.2.3-3) 8 kN (Compresión)	Servicio (B.2.3-3) 49 kN (Compresión)	Umbral I (B.2.3-9) -110 kN (Tensión)	Umbral I (B.2.3-5) 110 kN (Compresión)	Umbral II (B.2.3-9) -110 kN (Tensión)	Umbral II (B.2.3-5) 110 kN (Compresión)
Doble Estructura Interna	Pórticos de acero	6	9 m	4.75 m	4.75 m x 18.00 m	Servicio (B.2.3-3) 83 kN (Compresión)	Servicio (B.2.3-3) 214 kN (Compresión)	Umbral I (B.2.3-9) 25 kN (Compresión)	Umbral I (B.2.3-3) 215 kN (Compresión)	Umbral II (B.2.3-9) 30 kN (Compresión)	Umbral II (B.2.3-8) 220 kN (Compresión)
Doble Cubierta autoportante	Pórticos de acero	10	14.79 m	9 m	14.79 m x 18 m	Servicio (B.2.3-3) 8 kN (Compresión)	Servicio (B.2.3-3) 93 kN (Compresión)	Umbral I (B.2.3-9) -80 kN (Tensión)	Umbral I (B.2.3-7) 110 kN (Compresión)	Umbral II (B.2.3-9) -80 kN (Tensión)	Umbral II (B.2.3-7) 110 kN (Compresión)
Triple Estructura Interna	Pórticos de acero mixtos con diagonales concéntricas	8	9 m	4.75 m	4.75 m x 27.00 m	Servicio (B.2.3-3) 84 kN (Compresión)	Servicio (B.2.3-3) 200 kN (Compresión)	Umbral I (B.2.3-9) 16 kN (Compresión)	Umbral I (B.2.3-8) 210 kN (Compresión)	Umbral II (B.2.3-10) -10 kN (Tensión)	Umbral II (B.2.3-8) 230 kN (Compresión)
Triple Cubierta autoportante	Pórticos de acero	14	14.79 m	9 m	14.79 m x 27 m	Servicio (B.2.3-3) 9 kN (Compresión)	Servicio (B.2.3-3) 90 kN (Compresión)	Umbral I (B.2.3-9) -70 kN (Tensión)	Umbral I (B.2.3-7) 100 kN (Compresión)	Umbral II (B.2.3-9) -70 kN (Tensión)	Umbral II (B.2.3-7) 100 kN (Compresión)

Tabla 4. Características estructurales y cargas de cimentación de las estructuras en tierra

Fuente (BID, 2020)

- **Estructuras de protección del margen**

Las estructuras de protección del margen son aquellas adecuaciones civiles que conforman el contacto entre la infraestructura en tierra con la infraestructura flotante. Comúnmente estas estructuras implican la estabilización y adecuación del margen del río y pueden realizarse de muchas formas en función, entre otras cosas, de los siguientes aspectos:

- La geometría del cauce y la pendiente topográfica de la margen del río.
- Las dinámicas fluviales presentes en la zona de emplazamiento de la obra. Incluyendo la profundidad de socavación esperada en el diseño.
- La variabilidad en los niveles del río.
- Las propiedades mecánicas de los suelos en el margen y la magnitud de los empujes de tierras esperados.
- Presencia de fenómenos de inestabilidad en el margen.
- Requerimientos arquitectónicos, operativos o demás que puedan demandar la ejecución de rellenos o la adecuación de espacios cercanos al río.

Estos factores establecen relaciones complejas y solicitudes variables sobre el diseño, las cuales no son susceptibles de tipificación y deben evaluarse para cada ubicación de forma puntual.

- **Estructuras de transición y flotante de atraque**

Las estructuras acuáticas sobre el río contemplan la construcción de pasarelas y plataformas flotantes. Estas estructuras se anclan al lecho del río y sus márgenes mediante la disposición de pilotes capaces de soportar las cargas debido al atraque de las embarcaciones de diseño, la corriente del río, impactos de flotantes y las derivadas de las cargas de servicio, viento y acciones sísmicas de las estructuras.

Se distinguen dos tipos de pilotes en las estructuras acuáticas: los primeros son aquellos que tienen tanto acciones laterales como verticales y sirven como apoyo intermedio para las pasarelas y otros elementos que durante su vida útil pueden quedar apoyados en ellos. Son ejemplos de este tipo, los pilotes de apoyo de los flotantes intermedios. Los segundos son los pilotes que reciben principalmente cargas laterales derivadas del atraque de las embarcaciones, la corriente del río. Los pilotes de anclaje del flotante de atraque son ejemplos de la segunda categoría. Ambos tipos de pilotes deben diseñarse estructuralmente para soportar flexocompresión producto de cargas verticales y laterales.

Como método constructivo, se espera que sea común el uso de pilotes metálicos rellenos de concreto construidos a partir de tubería de acero de alta resistencia. El diseño geotécnico de estos pilotes está condicionado por los momentos de volcamiento y la flexo-compresión estructural del elemento producto de su longitud libre. La longitud libre se entiende como la



distancia entre el nivel máximo de diseño del río y el inicio del material de apoyo del pilote (normalmente considerado después de la profundidad de socavación). Un diagrama general de estos elementos se muestra en la Figura 11.

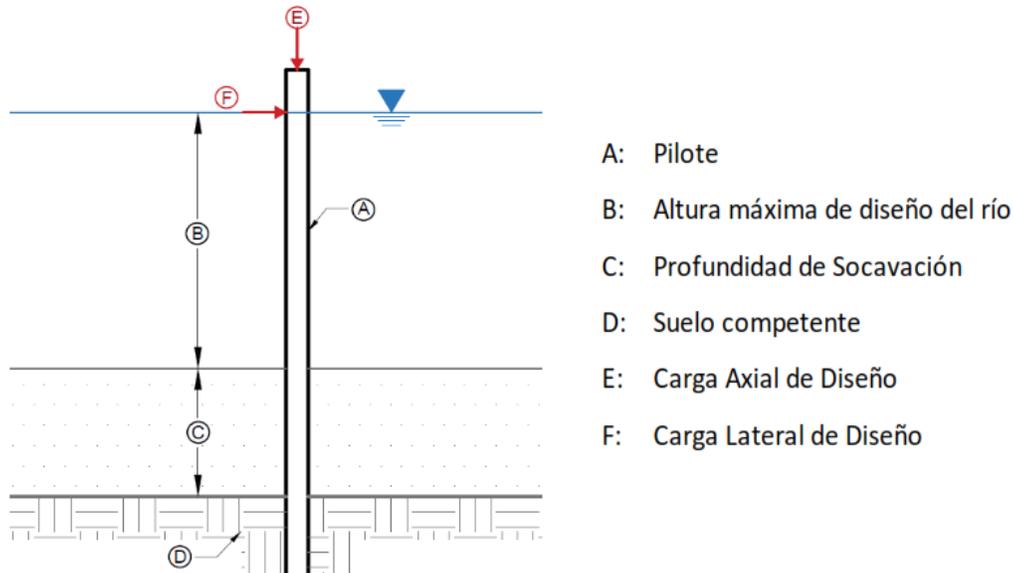


Figura 11. Esquema general de carga para pilotes en el agua

Fuente: (BID, 2020)

Siguiendo las recomendaciones de distribución geométrica de los estudios de navegación y seguridad náutica para los módulos del flotante de atraque y el flotante intermedio, se espera que las reacciones verticales en los pilotes estén entre 0 y 300 kN. Las cargas laterales actuantes debido al viento, sismo y el atraque de embarcaciones se esperan variables entre 2 y 35 kN. En la definición de las cargas laterales debido al atraque de embarcaciones se consideró, conservadoramente, que las reacciones son asumidas únicamente por la mitad de los pilotes del flotante de atraque. De acuerdo con las variaciones del río, se esperan alturas libres del pilote entre 6 y 16 metros. Para controlar la magnitud de los momentos en los pilotes producto de las cargas laterales, cuando el diseño del terminal se realice con el Umbral II y existan alturas libres mayores a 8 metros se recomienda que los flotantes intermedios se construyan con un número de pilotes igual o mayor a 3.

Con lo expuesto anteriormente y partiendo de que los materiales bajo el nivel de socavación sean estables (i.e. sin presencia importante de materia orgánica, no dispersivos, no expansivos, no colapsables y resistentes a la licuación), en la gran mayoría de proyectos los diseños podrán adelantarse empleando secciones tubulares similares a las presentadas en la Tabla 5. Para los casos de diseño evaluados se espera que se puedan atender las sollicitaciones estructurales empleando secciones con diámetros externos menores o iguales a 508 mm, dispuestas en arreglos geométricos variables según lo definan los estudios de detalle.

DIÁMETRO EXTERNO (MM)	ESPESOR (MM)
304.8	5.16
355.6	6.35
406.4	6.35
457.2	7.92
508	7.92
508	9.53

Tabla 5. Ejemplo de secciones tubulares para pilotes metálicos

Fuente (BID, 2020)

La Figura 12 muestra el diagrama de interacción de las seis secciones de la Tabla 5 y las combinaciones de carga axial y momentos esperadas bajo condiciones normales del proyecto. Las condiciones de cargas evaluadas consideran tubería de acero estructural ASTM A 500 B con soldadura EWR rellenos de concreto con una resistencia de 21,1 MPa.

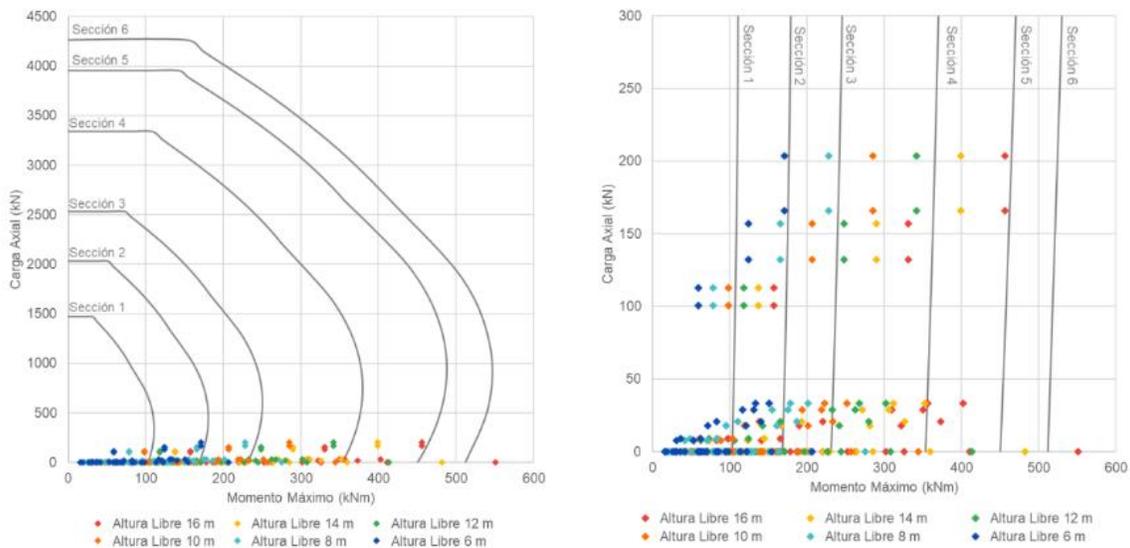


Figura 12. Esquema general de carga para pilotes en el agua

Fuente: (BID, 2020)

Las secciones evaluadas como ejemplo son tan solo algunas de las disponibles en el mercado. El dimensionamiento de la estructura será responsabilidad de los estudios geotécnicos y estructurales de detalle quienes deberán definir la distribución geométrica, secciones y especificaciones de materiales del pilote, en cumplimiento de la normatividad vigente. Para ello se deben tener en cuenta las determinaciones del capítulo H y el numeral F.2.9 de la NSR-10 o su equivalente vigente durante la realización de los diseños.

Los estudios de detalle deberán evaluar la susceptibilidad a la corrosión del pilote de acuerdo

con la composición química del agua y los materiales de la zona de estudio y definir medidas para considerar este efecto. En todos los casos se recomienda tomar medidas de protección contra la corrosión del elemento mediante los tratamientos o barreras protectoras que resulten pertinentes.

Los estudios de detalle deben determinar la longitud de los elementos de forma que estos se prolonguen hasta alcanzar una profundidad de empotramiento que dé cumplimiento a los requerimientos de carga vertical y lateral, y garantice que la estructura se apoye en materiales estables y competentes. Así mismo, se deben definir los procedimientos de construcción que serán empleados para la instalación de los elementos incluyendo la evaluación de la posibilidad de hincado, recomendaciones para la selección de los equipos mecánicos necesarios, recomendaciones para el izamiento y transporte de los pilotes y la necesidad de hincar el pilote de forma continua o por tramos, entre otras. En la selección de los equipos se deberá evaluar la disponibilidad de embarcaciones capaces de realizar el hincado en la zona del proyecto.

Cuando en el terreno se presenten condiciones especiales como terrenos que dificulten el hincado, alturas libres del pilote mayores a dieciséis metros conjugadas con grandes solicitaciones estructurales u otras condiciones especiales, podrá ser necesario emplear pilotes de mayor diámetro, sección diferente o el uso de otros métodos constructivos y tipologías de cimentación. El ingeniero a cargo del estudio geotécnico de detalle será responsable de evaluar todas las posibles solicitaciones de diseño y definir distribuciones geométricas y propiedades de materiales que garanticen la estabilidad y correcto funcionamiento de la obra durante toda su vida útil.

### III. Condiciones geotécnicas especiales

Cuando en el terreno se encuentren materiales que por su comportamiento mecánico requieran de caracterización especial y de la adaptación de los diseños arquitectónicos y estructurales, se deberá evaluar la viabilidad de implantar el proyecto tipo. Algunos casos en los que se anticipa la necesidad de evaluaciones particulares incluyen:

1. Presencia de materiales con contenidos altos de materia orgánica con espesores mayores a 3,0 m o en la zona de influencia
2. Presencia de materiales expansivos en el área de influencia de la cimentación.
3. Presencia de estratos arcillas blandas de alta plasticidad ( $IP > 75$ ) con espesores mayores a 7,5 m.
4. Presencia de capas licuables, o arcillas sensitivas de espesor considerable o en la zona de influencia de la cimentación del proyecto.
5. Presencia de materiales colapsables o dispersivos en la zona de influencia de la cimentación del proyecto.

Cuando se detecte la presencia de estos materiales, el estudio geotécnico de detalle deberá

evaluar los impactos de su presencia en las estructuras del proyecto. El estudio debe concluir explícitamente sobre la aplicabilidad del proyecto tipo, y por ende concluir si el proyecto tipo se puede implementar o no.

En el Anexo 05, Volumen V. *Estudio de suelo y el subsuelo*, se encuentran más detalles sobre este componente.

### 5.3.5 Estudio cartográfico, topográfico y batimétrico

Conocer el entorno y las relaciones espaciales del lugar de emplazamiento de cualquier infraestructura permite establecer condiciones de diseño tanto urbanístico como estructurales de la ingeniería que funcionan transversalmente con especialidades relacionadas al uso, goce y disfrute histórico y social de una comunidad, con quien finalmente conviven.

De esta forma determinar de manera precisa las características físicas y geográficas del territorio será uno de los primeros pasos en la búsqueda de la adaptación de una infraestructura funcional tipo para el transporte fluvial y su apropiación por la comunidad en donde sea esta implementada.

#### Componentes de la conceptualización

La cartografía base representa áreas del terreno que muestran elementos básicos como las curvas de nivel, cuerpos de agua, también algunos elementos artificiales y humanos, como las redes de transporte y los centros poblados, entre otros. La información es usada para temas de ordenamiento y planeación del territorio, gestión de infraestructura, medio ambiente, suelos, e investigación entre otros usos.

#### I. Consideraciones de recopilación de información cartográfica para un proyecto tipo de terminal fluvial

Entender el contexto físico del entorno en el que se desarrollará un proyecto de terminal fluvial merece el análisis de toda la información de referencia disponible, e interpretarla con referencia a las dinámicas sociales, económicas y ambientales de la zona particular y la región. Claramente el nivel de detalle de los recursos cartográficos es limitado y dependerá de la especialidad que intervenga en el proyecto su correcta aplicación, incluso llegando en caso de ser necesario a la creación de nuevos productos geográficos para el proyecto.

La gestión de la información geográfica en Colombia se adelanta como objetivo misional por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, por tanto, esta entidad desarrolla una serie de productos documentales, normativos y técnicos de gran utilidad para la producción, manejo, almacenamiento y distribución de los datos espaciales. De esta forma se tiene una base de partida oficial en lo que a información geográfica y cartográfica se refiere.

Como recursos geográficos de referencia se relacionan los de la Tabla 6.

Actividad	Descripción	Fuente
Especificaciones de carácter normativo y técnico de los productores de información cartográfica	Presentan las características mínimas que en función de escalas grandes (1:1.000, 1:2.000 y 1:5.000) y medianas (1:10.000 y 1:25.000) deben cumplir los productos de la cartografía básica oficial de Colombia.	<a href="https://drive.google.com/open?id=1x7Mq5rSDq6ZzwK6tNuWVKiLBxeWh3mSC">https://drive.google.com/open?id=1x7Mq5rSDq6ZzwK6tNuWVKiLBxeWh3mSC</a>
ICDE – Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales	ICDE se entiende como un ecosistema que permite la construcción e implementación colectiva de políticas y facilita los procesos de gestión de los recursos geográficos, que incluyen datos, información y conocimiento, para armonizarlos, disponerlos y reutilizarlos por el Gobierno y la Sociedad, como sustento de la Gobernanza y la toma de decisiones.	<a href="http://www.icde.org.co/servicios/geocontenidosweb?field_nombre_del_servicio_value=&amp;field_for_mato_value=All&amp;field_entidad_g_value=8">http://www.icde.org.co/servicios/geocontenidosweb?field_nombre_del_servicio_value=&amp;field_for_mato_value=All&amp;field_entidad_g_value=8</a>
Geoportal de datos abiertos del IGAC	Herramienta web interactiva que dispone a la ciudadanía diferentes productos de información georreferenciada que produce el instituto.	<a href="https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datosabiertos-cartografia-ygeografia">https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datosabiertos-cartografia-ygeografia</a>
Sistema de Información Geográfica Para La Planeación Y El Ordenamiento Territorial	Organización de entidades, acuerdos y recursos tecnológicos que facilita el acceso y uso de información georreferenciada, para una eficiente y oportuna toma de decisiones por parte de las autoridades e instancias en el sistema de planeación, a nivel nacional, regional y local, en el marco de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales – ICDE.	<a href="https://sigot.igac.gov.co/es/content/potmunicipales">https://sigot.igac.gov.co/es/content/potmunicipales</a>

Actividad	Descripción	Fuente
Consulta de planchas IGAC – Cartografía Básica	La cartografía básica se presenta en las siguientes escalas 1:500.000, 1:100.000, 1:50.000, 1: 25.000, 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000 y 1:1000.	<a href="https://geoportal.igac.gov.co/contenido/consultade-planchas">https://geoportal.igac.gov.co/contenido/consultade-planchas</a>
Subdirección de Geografía y Cartografía IGAC	Se presenta un compendio de documentos técnicos y normativos relacionados con: políticas, reglamentos, planes, programas, proyectos y procesos para la producción, actualización y mantenimiento de información, productos y servicios geodésicos, fotogramétricos, cartográficos y geográficos del país.	<a href="https://www.igac.gov.co/es/contenido/areas-estrategicas/subdireccion-de-geografia-y-cartografia">https://www.igac.gov.co/es/contenido/areas-estrategicas/subdireccion-de-geografia-y-cartografia</a>

Tabla 6. Recursos geográficos de referencia

Fuente: (BID, 2020)

Para el manejo de la información espacial con propósito del proyecto tipo se prevé un proceso básico de trabajo GIS (Geographic Information System) que consta del uso de herramientas “Open Source” o código abierto y de software libre que toma como recurso básico los esquemas de almacenamiento de modelos de datos espaciales, vectoriales y raster que se almacenarán en un sistema manejador de bases de datos (DBMS) como Postgres SQL y su complemento para incluir dentro del esquema de datos atributos de geometría espacial PostGIS<sup>17</sup>.

El esquema de almacenamiento dentro de la base de datos geográfica permite el análisis espacial y no espacial, consulta y transformación de la información dentro de un ciclo cerrado que retroalimenta la base de datos. Como salidas del proceso de trabajo se tienen principalmente dos productos, El primero relacionado con nuevos datos y consecuentemente nueva información. El segundo producto se refiere justamente a la producción de productos cartográficos y da disposición de recursos geográficos tanto analógicos como digitales.

### Estudios topográficos y batimétricos

Los levantamiento topográficos y batimétricos corresponden a trabajos de campo únicos de

<sup>17</sup> <https://imasgal.com/wp-content/uploads/2017/01/Postgresql-Postgis.webp>

la zona de implantación del proyecto tipo, su ejecución se realizará durante las primeras etapas de exploración hacia la viabilidad del mismo y son pieza fundamental al establecer datos que llevarán a modelar las condiciones naturales tanto de la zona acuática como de la zona terrestre en la que operará el terminal fluvial. Cabe aclarar que los componentes acuáticos y terrestres incluirán todos aquellos elementos de interacción urbana, de infraestructura existente y de usos asociados al territorio y sus recursos naturales.

La ejecución de los estudios topográficos y batimétricos debe servir para generar la documentación necesaria y suficiente para proporcionar un conocimiento adecuado de la geometría del cauce fluvial y su entorno, información de base para la ejecución de los modelos hidráulicos, de exploración de los suelos, de localización y urbanismo, así como de replanteo para la construcción, y para los efectos legales que catastralmente sean necesarios.

Los trabajos de campo se realizarán sobre el canal de aproximación al terminal, así mismo, se realizarán en los sitios donde se determine la construcción de la estructura de atraque, la infraestructura de transición, las obras de protección de riberas, así como los puntos que los otros especialistas (geotecnia, geología, hidráulica, hidrología, entre otros) consideren de importancia para los estudios de navegabilidad.

#### I. Requerimientos del componente horizontal

Se deberán realizar los estudios a una escala topográfica 1:1.000 para llevar a término una modelación hidráulica con la precisión suficiente para distinguir correctamente los elementos del territorio que pueden incidir substancialmente sobre el flujo. Trabajos con cartografía inferior a 1:1.000 o sus modelos digitales del terreno (MDT) equivalentes (con un paso de malla máximo de 5m x 5m) tienen menos confiabilidad. En caso que no sea posible, se admitirá trabajar con escalas 1:5.000.

En poblaciones donde por sus condiciones de accesibilidad la disposición de nuevas tecnologías para la toma de información sea limitada, cobra importancia el equipo topográfico convencional (Estación total, mojones, miras, prismas y cinta métrica, cartera de campo) siendo el de mayor frecuencia de consecución, de fácil trasladar, de bajos requerimientos técnicos del equipo de ejecución (a excepción del ingeniero topógrafo quien lidera el ejercicio), independiente de tecnologías de software y de requerimientos elevados de alimentación eléctrica y sobretodo que cumple con los requerimientos de precisión del equipo necesaria para los efectos prácticos del proyecto terminal fluvial.

Referencias como la Agencia Nacional de Tierras en su instructivo de levantamientos topográficos de 2018 sugiere que: los levantamientos con estación total se recomiendan para predios de extensión menor a 2000 metros cuadrados y/o cascos urbanos con bastante densidad de predios adyacentes entre sí. La estación debe estar orientada sobre dos puntos materializados de referencia con coordenadas conocidas asegurando la georreferenciación del levantamiento que se va a realizar y la precisión mínima exigida en el cierre de la poligonal será de 1:2.500

La consideración anterior cubre las dimensiones proyectadas de la configuración más grande del terminal fluvial conceptualizado desde la arquitectura y el diseño estructural

(Configuración de modulo esencial triple) teniendo en cuenta las correspondientes vocaciones de transporte

Fuera de las consideraciones de área de cobertura para la aplicabilidad de métodos de toma de información, condiciones del entorno natural como zonas con vegetación cerrada o de suelos fangosos inestables donde no hay acceso; condiciones dadas por el uso del territorio como actividades de ocio y recreación, actividades de transporte o comercio, pueden dificultar la labor de medición. Por tal motivo cuando se encuentren tales características deberán ser empleados métodos no convencionales para la obtención del modelo digital de elevaciones, siendo la tecnología láser (LIDAR) una de más populares para este fin, permitiendo gran cantidad de información a manera de puntos especializados que cubren una superficie y que son captados al reflejar la señal de un emisor laser.

## II. Requerimientos del componente vertical

Los requerimientos relacionados con la determinación de las cotas de altura estarán definidos principalmente por la cobertura del terreno en tierra, por la superficie de la lámina de agua y por la superficie del fondo del cuerpo de agua. Como componente secundario de cada una de estas coberturas se consideran los obstáculos naturales o antrópicos que interfieran en la continuidad de la cobertura de estudio.

Sin perder de vista que el objetivo del relevamiento del terreno es obtener insumos para la modelación hidráulica, el replanteo para la localización de la estructura y el control posterior de los niveles del agua, se debe asegurar una referencia de geo posición que responda tanto horizontalmente a un punto bien conocido de como verticalmente a un datum.

El datum vertical en Colombia toma como superficie de referencia para las alturas niveladas el nivel medio del mar calculado a partir de las observaciones registradas en el mareógrafo de Buenaventura. Las redes de nivelación en Colombia han sido establecidas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) a lo largo de las carreteras nacionales y siguiendo los estándares técnicos del Servicio Geodésico Inter Americano (IAGS: Interamerican Geodetic Service). Pese a que esta red está relacionada con la infraestructura de transporte carretero, no se limita a esta, de tal forma que es aplicable para la infraestructura fluvial y dependerá del especialista en topografía la definición de la red de nivelación más adecuada para de cada zona de implementación.

Los parámetros técnicos y de detalle pueden ser consultados en el documento técnico: *Determinación de la superficie vertical de referencia para Colombia*<sup>18</sup>, que presenta la metodología y resultados del último modelo geoidal gravimétrico calculado por el IGAC; y en la *Guía metodológica para la obtención de alturas sobre el nivel medio del mar utilizando el sistema GPS*, que indica la metodología IGAC para la obtención de alturas sobre el nivel medio del mar a partir de levantamientos GPS y el modelo GEOCOL2004.

<sup>18</sup> [https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/modelo\\_geoidal\\_geocol\\_2004.pdf](https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/modelo_geoidal_geocol_2004.pdf)

### III. Batimetría

Para la caracterización hidrológica de la cuenca por estudiar es importante basarse en información cartográfica con una escala no inferior a 1:100.000. La realización de batimetrías será necesaria en todas aquellas corrientes hídricas superficiales con caudal permanente durante todo el año y en los que la sección cubierta por las aguas sea significativa y para el detalle de los estudios hidráulicos se debe ajustar en función de las zonas afectadas, teniendo en cuenta la proximidad de infraestructuras o asentamientos urbanos. Se recomienda trabajar a una escala 1:1.000 o 1:5.000.

Se debe tener en cuenta que el espaciamiento entre secciones está dado principalmente por los objetivos que persigue el trabajo de modelación hidráulica para la construcción de obras civiles relacionadas con el terminal tipo de transporte fluvial. Por tanto, teniendo en cuenta la especificidad del modelo de aguas y su influencia en la operación segura de la terminal para el uso de transporte será indispensable tener en cuenta las siguientes consideraciones recopiladas de la documentación existente en el país:

- El levantamiento batimétrico debe estar referenciado geodésicamente a la red Magna Sirgas. Con esta información se deben relacionar todos los datos levantados en campo a cotas reales sobre el nivel del mar que sirvan de referencia para validar tanto la cota del nivel de agua del cuerpo de agua como puntos relevantes, construcciones cercanas, o cualquier punto de interés del trabajo a realizar.
- Todos los datos de navegación y medición GPS deberán procesarse utilizando efemérides precisas y épocas de referencia, amarradas a la Red Magna-Sirgas del IGAC
- Se deberá presentar la planeación de rutas de relevamiento en líneas paralelas, transversales y longitudinales, para garantizar una buena densidad de puntos, y que sirvan para la construcción del Modelo Digital de Terreno - MDT.
- El levantamiento realizado debe ubicarse sobre la cartografía existente a escala 1:1.000 o 1:5000 o menor, de tal manera que las secciones queden ubicadas correctamente y sean fácilmente identificables.
- El levantamiento de perfiles topográficos altimétricos del terreno y batimétrico del cauce (secciones transversales), se recomienda: mínimo 1 km aguas arriba y 1 km aguas abajo de la zona esperada de ubicación de la terminal fluvial.
- En el posible sitio de ubicación del terminal fluvial se deberá detallar los levantamientos perpendiculares a la margen del río con una separación máxima entre sí de 20 m. A menor espaciamiento de las secciones mayor información para el modelo de terreno y consecuentemente para el modelo hidráulico.
- La equidistancia entre secciones determina la bondad de los resultados del modelo unidimensional.
- Para los ríos principales de primer orden (como: Magdalena, Cauca, Amazonas, Atrato,



San Jorge), se deben establecer recorridos sinusoidales con espaciamientos promedios de 250 metros entre secciones, igualmente se debe detallar y ajustar para aquellos tramos que presenten curvas pronunciadas, donde se recomienda un espaciamiento menor (150 m).

- Para los ríos secundarios, caños conectores, canales y quebradas, el espaciamiento entre secciones debe ser del orden de los 150 metros.
- Como recomendaciones de máxima equidistancia entre secciones transversales se recomienda tomar referencia del documento de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, Guía técnica para la adecuación hidráulica y restauración ambiental de corrientes hídricas superficiales, donde se toman relaciones propias de la morfología del río para establecer dichas separaciones.

Tipología del canal del río	Equidistancia máxima entre secciones transversales
Rectilíneo	5 veces el ancho del cauce
Sinuoso	De 1 a 5 veces el ancho del cauce. Se requieren mínimo tres secciones para caracterizar una curva
Meandriforme	De 1 a 5 veces el ancho del cauce. Se requieren mínimo tres secciones para caracterizar una curva
Trenzado	De 1 a 5 veces el ancho del cauce

Tabla 7. Recomendaciones de máxima equidistancia entre secciones transversales según la tipología del canal del río

Fuente: (BID, 2020) con base en CAR 2015

Igualmente, la realización de batimetrías será necesaria en todas aquellas corrientes hídricas superficiales con caudal permanente durante todo el año y en los que la sección cubierta por las aguas sea significativa. El criterio por seguir es para caudales mayores a 20 m<sup>3</sup>/s y/o anchuras superiores a 10 metros con alturas de más de 0,5 metros.

#### IV. Actividades preliminares

##### Contexto de la zona de estudio

Para determinar la referencia espacial del lugar de trabajo, se debe buscar toda la información posible, que pueda complementar el levantamiento topográfico. Dentro de estos recursos se

encuentra: cartografía departamental, municipal, catastral, escrituras, planos, resoluciones, y antecedentes que sirvan de soporte en la identificación del predio para la localización de la infraestructura. Así mismo, el componente acuático también se puede perfilar teniendo en cuenta información referente a la región hidrográfica, cuenca hídrica, subcuenca hídrica, reportes de estaciones meteorológicas, estaciones climáticas<sup>19</sup>, estaciones hidrológicas<sup>20</sup>, estaciones pluviográficas<sup>21</sup>, de control de niveles, curvas IDF<sup>22</sup>, entre otros.

Los recursos antes relacionados, actualmente hacen parte de los repositorios de información geográficas de las entidades responsables de estos temas en el país, siguiendo los lineamientos del documento CONPES 3585 sobre la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales y puede ser consultada en el geoportal de Planchas Cartográficas del IGAC<sup>23</sup> y en el Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM<sup>24</sup>.

De forma alternativa cobra gran importancia la obtención de registros gráficos históricos mediante los recursos fotogramétricos y de imágenes satelitales. Útiles en zonas donde el acceso inicial a campo se hace difícil y para la evaluación de múltiples alternativas a bajo costo, pudiendo identificar zonas de desborde, inundaciones expansión urbana, riesgos e interacción espacial con otros actores del paisaje, entre otros. Cabe resaltar que para el análisis adecuado con imágenes satelitales de los requerimientos de información para la infraestructura tipo planteada será necesario usar recursos multitemporales de la misma zona de interés, preferiblemente de diferentes épocas del año y de resoluciones espaciales menores a 30 metros.

Los recursos de imágenes satelitales pueden ser consultados de fuentes nacionales como el Banco Nacional de Imágenes (BNI)<sup>25</sup>, Repositorio de cobertura de Imágenes del IGAC<sup>26</sup> o de fuentes internacionales como el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)<sup>27</sup> o el portal Copernicus de la Agencia Espacial Europea (ESA)<sup>28</sup>.

### **Evaluación de campo y factibilidad de metodologías y tecnologías por adoptar**

Como ya se mencionó anteriormente, existen metodologías convencionales y no convencionales para la ejecución de los trabajos en campo, y su implementación depende

<sup>19</sup><http://institucional.ideam.gov.co/jsp/info/institucional/publicaciones/Red%20de%20Estaciones%20Climaticas.pdf>

<sup>20</sup><http://institucional.ideam.gov.co/jsp/info/institucional/publicaciones/Red%20de%20Estaciones%20Hidrológicas.pdf>

<sup>21</sup><http://institucional.ideam.gov.co/jsp/info/institucional/publicaciones/Red%20de%20Estaciones%20Pluviograficas.pdf>

<sup>22</sup> Curvas Intensidad Duración Frecuencia: <http://www.ideam.gov.co/curvas-idf>

<sup>23</sup> <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/consulta-de-planchas>

<sup>24</sup> <http://www.ideam.gov.co/solicitud-de-informacion>

<sup>25</sup> <http://www.bni.gov.co/home/srv/es/main.home>

<sup>26</sup> <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/mapa-de-cubrimientos-planetscope-igac>

<sup>27</sup> <https://earthexplorer.usgs.gov/>

<sup>28</sup> <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>



principalmente de: la disposición de equipos en la zona, la posibilidad de transporte de los equipos, bajo costo de uso (alquiler / pago por servicio), accesibilidad en la zona de estudio, condiciones climáticas, actividades antrópicas, densidad de vegetación, seguridad para el recurso humano y tecnológico, disponibilidad de fuentes de alimentación eléctrica, entre muchas otras variables. Sin embargo, también se vio que un equipo sencillo como el usado en métodos convencionales genera buenos resultados enfocados a los objetivos de modelación del terreno buscados, con bajos costos y dependiendo de la experiencia del profesional que los trabaje un pos procesamiento de moderada velocidad.

Sin duda, la experiencia de las visitas de campo, así como la interacción con los pobladores o habitantes en las inmediaciones del futuro terminal fluvial serán de gran utilidad para determinar cuál de las metodologías usar, así como los equipos más adecuados para la tarea.

### **Certificación de instrumentos**

La verificación de idoneidad de los equipos físicos, análogos o tecnológicos a emplear en los trabajos de campo deberá certificarse por parte del ejecutor, con una antigüedad no mayor a 3 meses. Es de entender que al ser equipos portables puedan sufrir desajustes que lleven a afectar las precisiones mínimas (precisión instrumental).

Para la certificación de los equipos, será necesario que los laboratorios donde se realiza la evaluación o mantenimiento cumplan con lo requerido por la NTC-ISO/IEC 17025 de 2005, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, y las Normas internacionales para pruebas con Instrumentos geodésicos ISO 17123. De tal manera que los errores debidos a la precisión instrumental sean tales que se cumplan las especificaciones de las normas técnicas.

Se resalta que la precisión y calibración y certificados de los equipos no asegura la calidad del trabajo por tal motivo este deberá ser ejecutado en un profesional idóneo según lo dispuesto por la Ley 17 de 1979 *Por la cual se reglamenta la profesión de topógrafo y se dictan otras disposiciones sobre la materia* y la circular 001 de 2020<sup>29</sup> del Consejo Profesional Nacional de Topografía *Competencia Profesional para ejercer la topografía y firmar los planos topográficos en el territorio Colombiano*.

### **Consideraciones especiales para metodologías de adquisición de datos (aeronaves no tripuladas)**

Para llevar a cabo el levantamiento topográfico con Aeronaves no tripuladas, se debe dar cumplimiento a lo establecido por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil de Colombia en la Circular Reglamentaria N° 002 del 27 de julio de 2015: Requisitos Generales de Aeronavegabilidad y Operaciones para RPAS Reglamento Aeronáutico Latinoamericano RAC

<sup>29</sup> [https://www.cpnt.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3](https://www.cpnt.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=3)

Numerales 4.25.8 y 4.25.8.2), o normatividad vigente<sup>30</sup>.

### Determinación de referencia espacial

Conociendo la localización aproximada del predio, se puede identificar el punto más cercano de red MAGNA ECO o de la red MAGNA – SIRGAS pasiva y a partir de estas referencias efectuar los debidos procesos de georreferenciación vertical y horizontal del proyecto.

La consulta de estaciones para la red ECO, estableciendo su actividad o inactividad, se debe realizar a través del contenido de datos abiertos de geodesia en el geo portal del IGAC<sup>31</sup>, considerando que el tiempo de rastreo nunca debe ser inferior a cuatro horas.

Si se dispone de vértices de la red pasiva podrán ser utilizados siempre y cuando se encuentren, certificados por el IGAC, sin olvidar que todos los levantamientos deben ser Georreferenciados y referidos al datum MAGNA- SIRGAS, según lo adoptado para Colombia en la resolución IGAC 068 de 2005.

El implementador deberá verificar si existen puntos de control topográfico donde se ha previsto la construcción de la instalación fluvial. De no existir tal punto de control se materializará y geo referenciará los puntos que sean necesarios, teniendo como mínimo dos puntos de control topográfico, los cuales deberán estar en el sistema de referencia MAGNA-SIRGAS utilizado para Colombia.

Los parámetros de representación del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA – SIRGAS se presentan a continuación.

Sistemas de coordenadas geográficas: GCS_MAGNA	
CÓDIGO	4686
Primer Meridiano:	Greenwich 0,0000000 Grados decimales
Datum geodésico:	MAGNA_SIRGAS*
Elipsoide:	GRS 1980
Semieje mayor:	6378137 m
Semieje menor:	6356752,314 m
Aplanamiento inverso:	298,257,221
ITRF	1994, Época 1995.4

Tabla 8. Parámetros de representación del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA – SIRGAS

Fuente: (IGAC, 2009)

<sup>30</sup> Guía de elaboración de estudios Topográficos - GU-IC-07. IDU,2019.

<sup>31</sup> <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-geodesia>

Se relacionan también las coordenadas de los orígenes de las 5 zonas de proyección de coordenadas Gauss – Kruger.

ORIGEN	COORDENADAS ELIPSOIDALES		COORDENADAS GAUSS - KRÜGER	
	Latitud (N)	Longitud (W)	Norte (m)	Este (m)
Bogotá - MAGNA	4° 35' 46,3215"	74°04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este central - MAGNA	4° 35' 46,3215"	74°04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Este Este - MAGNA	4° 35' 46,3215"	74°04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste - MAGNA	4° 35' 46,3215"	74°04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0
Oeste Oeste - MAGNA	4° 35' 46,3215"	74°04' 39,0285"	1 000 000,0	1 000 000,0

Tabla 9. Coordenadas MAGNA – SIRGAS de los orígenes de las zonas de proyección Gauss – krüger en Colombia.

Fuente: (IGAC, 2009)

Desde el año 2020 Colombia cuenta con Sistema de Proyección único para Colombia<sup>32</sup> normado por la resolución 471 De 2020 por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia. De tal forma que sin que este elimine los anteriores orígenes (Gauss - Kruger) de coordenadas se modifican sus parámetros para unificarlos como sigue a continuación.

PARÁMETRO	VALOR
Proyección	Transversa de Mercator
Elipsoide	GRS80
Origen: Latitud	4° N
Origen: Longitud	73 °W
Falso Este	5000000
Falso Norte	2000000
Unidades	Metros
Factor de escala	0.9992

Tabla 10. Parámetros para el sistema de proyección único

Fuente: (<https://origen.igac.gov.co/>)

Para hacer el amarre vertical se determinarán los puntos de nivelación del IGAC disponibles en la zona del proyecto y a partir de estos se establecerá la metodología para corregir el error vertical de las nivelaciones. De no existir puntos de nivelación o ser escasos se podrá trasladar cotas a todos los GPS mediante el modelo geoidal GEOCOL 2004 e ir ajustando la nivelación

<sup>32</sup> [https://origen.igac.gov.co/docs/ABC\\_Nueva\\_Proyeccion\\_Cartografica\\_Colombia.pdf](https://origen.igac.gov.co/docs/ABC_Nueva_Proyeccion_Cartografica_Colombia.pdf)

entre GPS que cumplan con el error de cierre de un centímetro por kilómetro, dichos puntos servirán de referencia para llevar a cabo el replanteo de la obra. Para el procedimiento anterior se deberá seguir lo descrito en el documento. Especificaciones técnicas cartografía básica anexo 4<sup>33</sup>. Obtención de alturas sobre el nivel medio del mar a partir de información GNSS del IGAC.

### **Levantamiento de detalles y estructuras existentes**

Se detallarán las restricciones y obstáculos al flujo representadas en puentes, viaductos, boxculverts, alcantarillas, tuberías, cabezales, dársenas, pontones, casas, vías, torres de energía, postes, árboles de mayor tamaño, obras construidas, estructuras de protección en las márgenes, descoles de tubería, barras, barrancos, sitios críticos, islas, canales existentes y demás detalles de interés necesarios para definir los puntos de control hidráulico, se garantizará para todos los detalles una precisión posicional dentro de 0,125 m para escala 1:500.

### **Emplazamiento de miras**

Se recomienda la instalación de una reglilla o mira, para realizar las observaciones diarias de las variaciones de los cuerpos de agua. Las cotas ceros de estas miras deben estar referenciadas a la red Magna Sirgas ya definida para el proyecto de infraestructura fluvial. Esto con el objeto de que para los ríos o cuerpos de agua que presenten importantes fluctuaciones diarias en los niveles, se ajusten a los trabajos de la batimetría.

Como recurso adicional, durante la ejecución del trabajo de campo, se deben tomar las huellas de las crecientes dejadas por los niveles máximos, usualmente visibles en los árboles, postes de luz, cercas, casas o según recuentos históricos de los habitantes más antiguos de las poblaciones. Estas cotas de las huellas deben estar igualmente georreferenciadas.

## **V. Resultados**

Los resultados esperados de topografía y batimetría son tales que cumplan con los requisitos de modelación hidráulica y de posicionamiento y replanteo de la infraestructura. Además, los recursos de información tomada en campo podrán ser utilizados en la elaboración de cartografía base para el proyecto con los criterios de calidad en la producción mencionados anteriormente.

A continuación, se relacionan las principales características de los estudios resultantes de topobatimetría:

- El levantamiento topo-batimétrico con representación numérica de las profundidades en metros y trazos de las isóbatas y curvas topográficas cada metro, de manera tal que muestre en forma clara la real conformación del cauce, márgenes y terreno sobre la cual

<sup>33</sup> Especificaciones Técnicas Cartografía Básica Anexo 4 Obtención De Alturas Sobre El Nivel Medio Del Mar A Partir De Información GNSS.

se implementará el terminal, las instalaciones complementarias y obras de protección.

- Los resultados de los levantamientos topográficos - batimétricos se consignarán en un plano con la planta del cauce y sus correspondientes curvas de nivel y elementos referenciados, indicando las secciones transversales medidas, las cuales a su vez deben presentarse en perfiles a escalas distorsionadas y no distorsionadas, desde la orilla izquierda a la derecha, definiéndose estas en sentido del flujo.
- Planos de planta, perfiles y secciones transversales; debidamente georreferenciados indicando puntos de control topográfico.
- Se entregarán las memorias de cálculo e informe técnico, carteras de campo, errores de medición y certificados de mantenimiento y calibración de los equipos utilizados.
- Modelo de elevación digital o Modelo digital del terreno con especificación de metadatos, debidamente georreferenciado y en formatos de intercambio geográficos consumibles mediante sistemas de información geográfica.

En el Anexo 06, Volumen VI. *Estudios cartográfico, topográfico y batimétrico*, se encuentran más detalles sobre este componente.

### 5.3.6 Lineamientos arquitectónicos para los módulos de la estación fluvial

La arquitectura de la infraestructura en tierra (estación fluvial), hace parte de la conceptualización del terminal fluvial, y los objetivos planteados en el diseño deben resolver las necesidades básicas de accesibilidad a la edificación, soluciones sanitarias, espacios públicos, espacios privados, comunes y espacios comerciales.

Por estar en lugares apartados y con una probable necesidad de búsqueda de espacios que sean sostenibles administrativa y financieramente, se deben buscar opciones que atraigan y generen la apropiación por parte de la población, por tanto, es necesario cumplir con los siguientes objetivos, tal y como se ha planteado el presente proyecto tipo:

- Ofrecer un espacio que cumpla funcional y estéticamente con las necesidades de conexión entre la estación fluvial y la zona acuática, y que esta estética facilite la identificación de su uso.
- Proponer una arquitectura que sea sostenible desde la etapa de diseño para que su construcción sea eficiente, y su operación y mantenimiento sean sostenibles en el tiempo, calculado en un escenario de al menos 30 años.
- Proponer un sistema arquitectónico modular y escalable que se adapte a las necesidades de la población con el fin que las entidades que deseen usar esta propuesta puedan implementarlo como parte de sus planes de gestión y desarrollo.
- Generar estructuras que puedan operar y mantenerse a bajo costo a lo largo del ciclo de vida de la edificación.

- Plantear estrategias innovadoras en términos de implementación de energías renovables para que el edificio pueda desconectarse de las redes de servicio público en caso de necesidad.
- El edificio más allá de ofrecer una solución funcional, pretende generar un impacto social positivo, generando atracción y apropiación por parte de sus usuarios, operadores y pobladores.

En el Anexo 07, *Volumen VII. Estudios y diseños de obras e infraestructura*, se encuentran más detalles sobre este componente.

### 5.3.7 Análisis y diseño estructural

Las estructuras que se desarrollen deben diseñarse de acuerdo con las normas y especificaciones técnicas vigentes en el territorio nacional, como es el caso de la NSR-10. Los aspectos por considerar en el proceso de diseño estructural de los elementos del proyecto son:

Descripción de las estructuras, normas aplicables, materiales y especificaciones técnicas, tipo de sistema estructural para diseño sismo resistente, cargas de diseño, combinaciones de carga, análisis de las derivas de piso, diseño por estabilidad, diseño para estados límites de resistencia, diseño para estados límite de servicio, diseño de la cimentación, aspectos de constructividad y detallado de conexiones, diseños de apoyos y anclajes, entre otros.

En el Anexo 08, correspondiente al *Volumen VIII. Estudios y diseños estructurales*, se presentan los análisis y diseño estructural de las edificaciones en tierra así como de las pasarelas.

### 5.3.8 Diseño hidráulico y sanitario y diseño eléctrico

El sistema de suministro de agua estará compuesto por un tanque de almacenamiento, un sistema de bombeo y redes que distribuyen a todos los puntos hidráulicos del proyecto.

En cada uno de los sectores hidráulicos se debe instalar un registro de cierre que permita deshabilitar una zona para realizar algún tipo de intervención. El diámetro de conexión se debe establecer en función del tipo de grifería y aparato sanitario por conectar. La alimentación interna de los puntos hidráulicos dentro de las baterías de baños se debe realizar mediante redes descolgadas bajo la placa superior y entrega por muro. Para las redes que suministran agua a las áreas hidráulicas aisladas, se puede realizar la alimentación respectiva de forma área o enterrada. Las unidades de consumo serán las establecidas por la NTC 1500 2017 (Tabla B.1.3.3 (2)).

Con respecto al sistema de aguas residuales, estará compuesto por tuberías enterradas y elementos de inspección que conducen los caudales originados en cada una de las edificaciones a un pozo séptico que realizará el tratamiento pertinente, para luego verter los líquidos tratados al mismo cuerpo de agua origen del proyecto o donde disponga la autoridad ambiental pertinente, cumpliendo con los aislamientos y demás requisitos aplicables para este tipo de sistema de tratamiento. El sistema de aguas residuales en su totalidad se debe proyectar por gravedad.

El sistema por llegar a un punto de tratamiento tipo pozo séptico no debe contener elementos como grasa y aceites, por lo tanto, se debe ubicar una trampa para estos elementos en el sistema denominado cocina y luego sí realizar su respectiva conexión a la red que entrega al pozo séptico.

Se debe evaluar tanto el tratamiento como el vertimiento de los derivados del proceso ya que se deben cumplir las separaciones mínimas y restricción en cuanto a ubicaciones estipuladas por el RAS y las condiciones que establezcan la entidad competente. Se debe verificar la no contaminación de cuerpos de agua cercanos.

En el caso que exista un sistema de alcantarillado en la zona y bajo especificaciones óptimas de conexión, el proyecto del terminal fluvial puede realizar su conexión respectiva cubriendo las condiciones que establezcan la entidad competente.

En lo referente al diseño eléctrico, entendiendo que las condiciones de uso final de las edificaciones pueden variar, así como las cargas y número de equipos conectados, dichos cambios implican repercusión directa y deben ser tenidos en cuenta para redimensionar tanto las acometidas como las protecciones eléctricas, pues la cantidad de equipos y un nivel de utilización determinan la potencia del proyecto y por ende las condiciones de energización y el medio para hacerlo (red pública, energías renovables o planta eléctrica).

La empresa contratista determinada por el gestor del proyecto, en coordinación con el Ingeniero Interventor, serán los responsables por el cumplimiento en general de la Norma NTC 2050, del Reglamento técnico de Instalaciones eléctricas (RETIE) y el Reglamento Técnico de Iluminación Alumbrado Público (RETILAP) y/o las normas de construcción adoptadas por el operador de red local, y demás normas vigentes a la fecha de entrega. Lo anterior incluye el ajuste y/o generación de planos, cálculos y memorias. El certificado RETIE debe incluir todos los componentes de la instalación eléctrica, tanto externas como internas y sistema solar fotovoltaico.

Dadas las particularidades propias de la implantación de los Terminales de Transporte Fluvial Tipo, los planos y cuadros presentados son apenas una estimación de la aplicación final a ser instalada por cada módulo. No deben considerarse como un diseño resumido o detallado según los numerales A al W del RETIE y deberán actualizarse y complementarse para adecuarse a las condiciones de cada ubicación final. Lo anterior incluye la realización del análisis de riesgo por descargas atmosféricas para determinar la implementación de un sistema de protección externa contra rayos (SEPRA), y la medición de resistividad del terreno para la implementación de la malla de puesta a tierra (SPAT).

En los casos en que sea posible la conexión a redes eléctricas convencionales del sistema interconectado nacional se podrá hacer uso de las mismas para el suministro de energía eléctrica al terminal fluvial.

En el Anexo 07, *Volumen VII. Estudios y diseños de obras e infraestructura*, se encuentran más detalles sobre estos componentes.

### 5.3.9 Lineamientos ambientales



Los interesados en los proyectos, obras o actividades que se describen en el Artículo 2.2.2.3.4.2 del Decreto 1076 del 26 mayo del 2015, deben solicitar pronunciamiento sobre la necesidad de presentar el Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), mediante solicitud dirigida a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA. La solicitud deberá estar acompañada de un resumen ejecutivo con la descripción del proyecto e información relacionada con la localización geográfica del mismo, como se establece en los términos de referencia para la presentación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas

Conforme al Decreto 1076 de 2015, la Metodología General para Presentación de Estudios Ambientales, los términos de referencia y la normativa ambiental vigente, el implementador del proyecto debe elaborar el estudio ambiental, incluyendo la totalidad de las actividades requeridas (ej. Hincado de pilotes, reconformación de ribera, etc.), el cual debe ser presentado a la ANLA junto con los requisitos establecidos en el Decreto en mención, para iniciar el trámite correspondiente.

Considerando que el proyecto tipo requiere actividades de construcción de obras hidráulicas, que ocuparán el cauce de un río o requerirán una ocupación permanente de playas, se requiere tramitar el correspondiente permiso de ocupación de cauces, playas y lechos, ante la ANLA.

En el contexto de la injerencia específica de infraestructura, debe considerarse de forma oportuna los lineamientos del INVIAS establecidos en la Guía Ambiental de Proyectos Subsector Marítimo y Fluvial, documento que provee información clara de los procedimientos a seguir en un marco de competitividad, con acciones que permiten atender los impactos socioambientales durante la ejecución de las obras.

En el Anexo 09, Volumen IX. *Estudio social, territorial y ambiental*, se encuentran más detalles sobre este componente.

### 5.3.10 Estudio económico

Es importante realizar un análisis económico y financiero del proyecto tipo, el cual se estima para un horizonte de tiempo de 30 años. El objetivo de este estudio corresponde a cuantificar en términos económicos los resultados de los estudios y diseños que componen el proyecto, y determinar, utilizando la teoría de la evaluación de proyectos de inversión, si las alternativas son económicas y financieramente viables.

Un Terminal Fluvial es el sitio físico donde los pasajeros, la carga o los semovientes cambian de modo de transporte, en este caso de un medio terrestre a un transporte acuático o viceversa. Para esto es necesario la construcción de unas estructuras fluviales, para suplir las necesidades acordes a las cantidades de pasajeros, carga y semovientes que se estiman mediante el estudio de mercado y demanda del transporte.

En el desarrollo de sus actividades el Terminal Fluvial recibirá unos ingresos que están determinados por las cantidades de pasajeros, carga y semovientes, y las tarifas que el terminal cobre a estos por utilizar sus instalaciones en cada uno de los años de vida del proyecto. Al tiempo, para prestar estos servicios es necesario que el Terminal Fluvial incurra en una serie de

gastos, como nómina de personal, mantenimiento de instalaciones, pago de servicios públicos, seguros, entre otros, en cada año de operaciones.

Es de esperarse que los ingresos superen a los egresos, y de esta forma el Terminal pueda mantenerse a lo largo del tiempo y generar utilidades. El desarrollo de estas actividades también genera otros beneficios que, aunque no son tangibles ni se cuantifican en cifras económicas, benefician a las comunidades que habitan en la zona de influencia del terminal e impactan en la calidad de vida de las mismas, como es mayor facilidad de transporte de los habitantes y de los productos locales a las ciudades y centros de distribución de las diferentes cuencas hidrográficas, mayor rapidez y seguridad, entre otras.

Es posible que, en algunas localidades, la población no genere el volumen de pasajeros, carga o semovientes necesarios para alcanzar el punto de equilibrio del proyecto, por lo que los Flujos de Caja pueden ser negativos y desde la perspectiva estrictamente financiera el proyecto sea no viable. Pero al analizar los beneficios sociales que el proyecto brindaría a la población, el Estado decida emprenderlo financiando su construcción y el sostenimiento de los gastos necesarios para su funcionamiento durante la vida útil del proyecto. Estos aportes pueden interpretarse como los ingresos del proyecto, y de esta forma se puede entender que el proyecto es viable y aporta beneficios a la comunidad.

En el Anexo 11, *Volumen XI. Estudio económico*, se presentan unos análisis que buscan ser una referencia para que el implementador del proyecto realice el respectivo estudio ajustado a las realidades de su entidad territorial.

## 6. Alternativa propuesta



Se propone la construcción de un terminal fluvial, el cual es un complejo de infraestructura que está compuesto por los siguientes elementos:

- I. La infraestructura en tierra: son todos aquellos edificios propios del terminal, que permiten el filtro entre el área urbana y el agua. En estos edificios se pueden encontrar variaciones de uso según la vocación económica de la población.
- II. El sistema de transición: es una estructura suspendida que conecta el agua y la articula con la tierra, tal como un puente peatonal que conecta los dos sectores. La longitud de este elemento dependerá de las variaciones en el nivel del agua, incluso encontrando en algunos casos un elemento llamado flotante intermedio, que permite en casos especiales, conectar dos elementos de este tipo para poder atender una pendiente más alta.
- III. El embarcadero: es la infraestructura que se encuentra flotando en el agua y según su uso puede atender el tránsito de pasajeros, carga y/o semovientes.

Esquemáticamente, la conformación del terminal fluvial se presenta a continuación.



Figura 13. Esquema general del terminal fluvial (configuración pasajeros) (BID, 2020)



Los tres componentes anteriores se articulan con la zona urbana de conexión con la población, que consiste, pero no se limita a vías de acceso, andenes, plazoletas, patios de maniobra, etc.

### 6.1. Descripción de la alternativa

Desde el punto de vista de la arquitectura, el proyecto tiene por concepto ser tan flexible que se puede reducir conceptualmente a un rompecabezas (Figura 14), de tal manera que, los espacios en tierra y los espacios en el agua van a verse representados con una ficha y una identificación, y la entidad que vaya a hacer uso de este proyecto podrá tomar las fichas que necesite y armar el rompecabezas a su medida, según la vocación de la población que lo requiera.

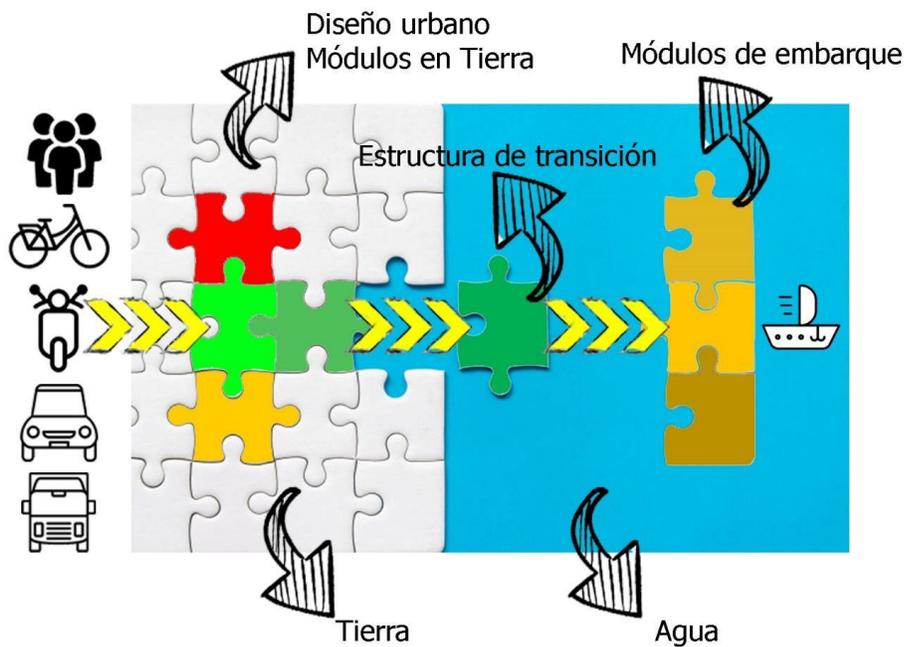


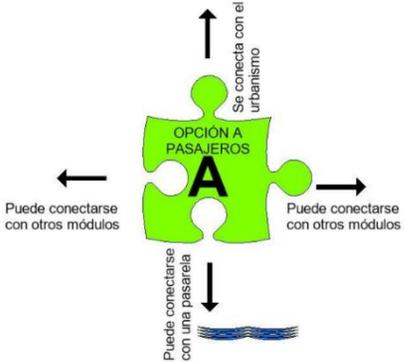
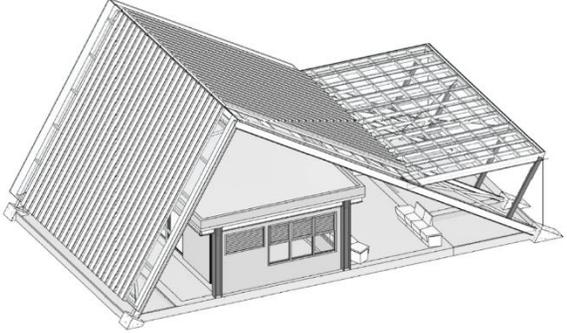
Figura 14. Concepto de rompecabezas proyecto tipo fluvial

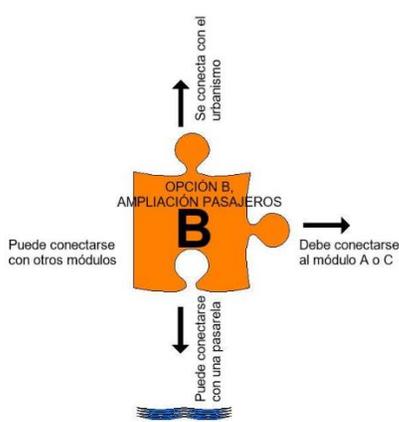
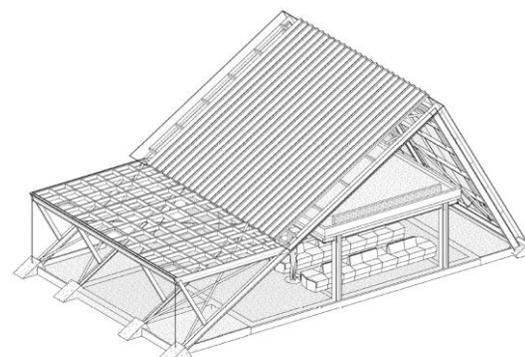
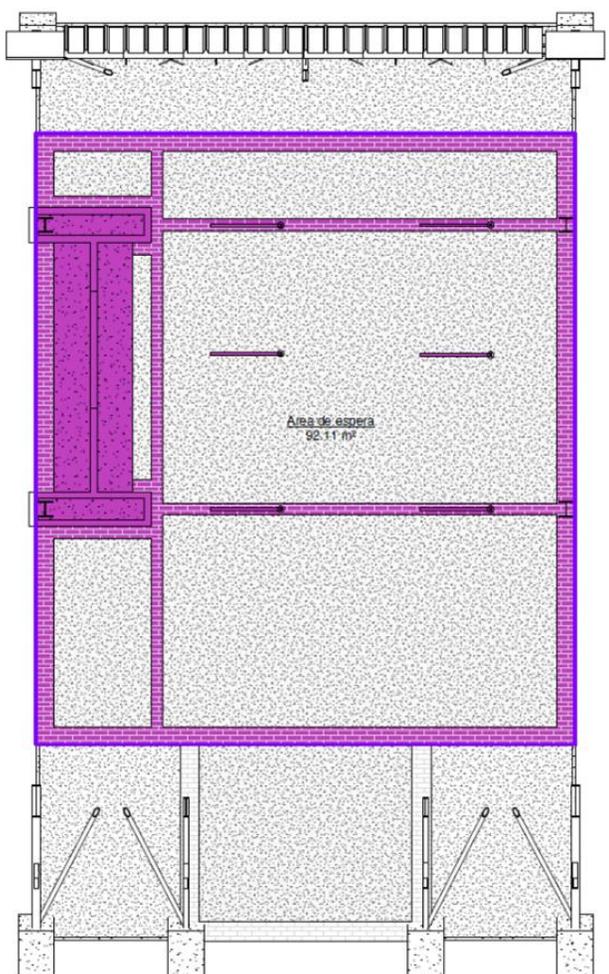
Fuente: (BID, 2020)

La descripción de cada uno de los elementos y opciones de configuración se presenta a continuación.

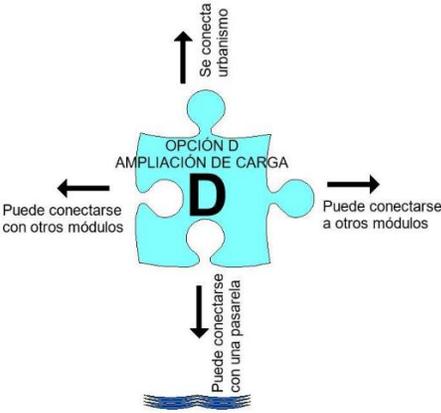
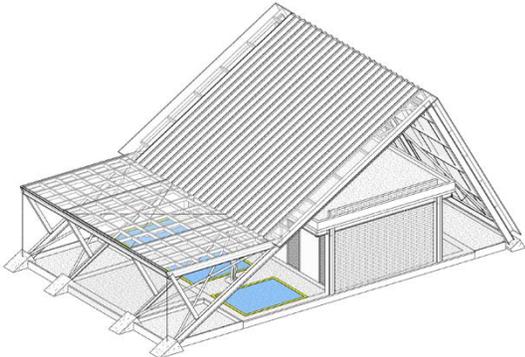
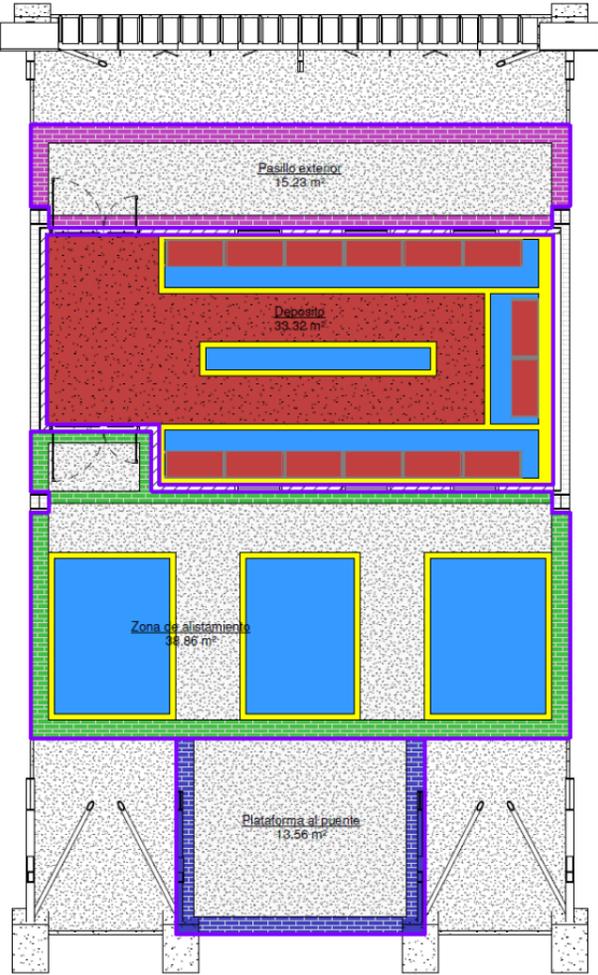
#### 6.1.1 Infraestructura en tierra (estación fluvial)

El proyecto tipo cuenta con seis (6) opciones disponibles de configuración de la estación en tierra, las cuales se describen en la siguiente tabla.

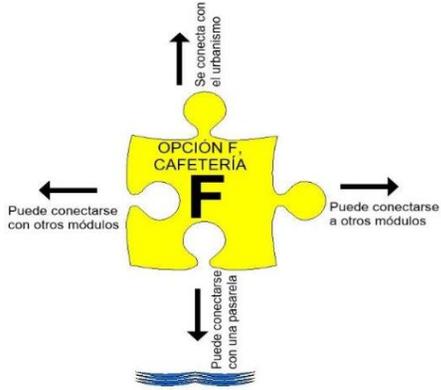
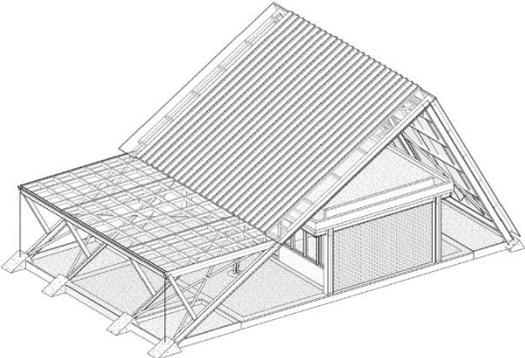
Opción	Descripción de los espacios	Planta arquitectónica
	<p>El módulo de pasajeros es el módulo elemental que debe tener cualquier población que provea servicios donde transiten pasajeros, tiene una batería de baños, un cuarto de aseo o espacio disponible, un cuarto técnico para almacenamiento de baterías y equipos propios del sistema de generación de energía solar, un espacio disponible que puede ser usado según las necesidades de la población como oficina, espacio comercial o almacenamiento temporal. Adicionalmente cuenta con un espacio de circulación y sala de espera con mobiliario de exteriores.</p> 	

Opción	Descripción de los espacios	Planta arquitectónica
 <p>OPCIÓN B, AMPLIACIÓN PASAJEROS</p> <p>Se conecta con el urbanismo</p> <p>Puede conectarse con otros módulos</p> <p>Debe conectarse al módulo A o C</p> <p>Puede conectarse con una pasarela</p>	<p>Módulo opcional B, de ampliación de pasajeros, es el módulo anexo que amplía el módulo A cuando este último excede su capacidad en poblaciones que proveen servicios donde transiten pasajeros y turismo. Tiene un único espacio para ubicar mobiliario fijo o móvil con fines de esperar a las embarcaciones en servicio. El módulo posee dos cubiertas, una en concreto que aloja iluminación artificial y cubre el espacio de la lluvia y una más alta a dos aguas cuya función principal es proteger los espacios y sus usuarios de las altas temperaturas.</p> 	 <p>Planta arquitectónica</p> <p>Área de espera 92.11 m<sup>2</sup></p>

Opción	Descripción de los espacios	Planta arquitectónica
<p>OPCIÓN C BASICO DE CARGA</p> <p>Se conecta con urbanismo</p> <p>Puede conectarse con otros módulos</p> <p>Puede conectarse con una pasarela</p>	<p>Módulo elemental que debe tener cualquier población que provea servicios de almacenamiento y tránsito de carga de abastecimiento, puede funcionar al igual que el módulo A de forma independiente y por lo tanto no requiere de la existencia de este último dado que tiene su propio espacio de aseo y cuartos técnicos para almacenamiento de las baterías del sistema de energía solar. Su espacio principal de almacenamiento puede alojar estantería para almacenamiento en altura sin requerir equipos especializados al igual que un espacio para ubicar en piso carga adimensionada.</p>	<p>Pasillo exterior 15.23 m<sup>2</sup></p> <p>Cuarto de aseo 2.63 m<sup>2</sup></p> <p>Cuarto eléctrico 2.54 m<sup>2</sup></p> <p>Banco 25.25 m<sup>2</sup></p> <p>Zona de alistamiento 40.70 m<sup>2</sup></p> <p>Plataforma al puente 13.56 m<sup>2</sup></p>

Opción	Descripción de los espacios	Planta arquitectónica
 <p>OPCIÓN D AMPLIACIÓN DE CARGA</p> <p>Se conecta urbanismo</p> <p>Puede conectarse con otros módulos</p> <p>Puede conectarse a otros módulos</p> <p>Puede conectarse con una pasarela</p>	<p>Edificio que amplía y complementa el módulo A o el C y por lo tanto depende técnicamente de él por su banco de baterías para energía solar. Es un módulo que debe tener cualquier población que provea servicios de almacenamiento y tránsito de carga de abastecimientos o carga doméstica. Su espacio principal de almacenamiento puede alojar estantería para almacenamiento en altura sin requerir equipos especializados al igual que un espacio para ubicar en piso carga adimensional.</p> 	 <p>Pasillo exterior 15.23 m<sup>2</sup></p> <p>Deposito 33.32 m<sup>2</sup></p> <p>Zona de almacenamiento 38.86 m<sup>2</sup></p> <p>Plataforma al puente 13.56 m<sup>2</sup></p>

Opción	Descripción de los espacios	Planta arquitectónica
<p>OPCIÓN E, ESPACIOS FLEXIBLES</p> <p>Se conecta con el urbanismo</p> <p>Puede conectarse con otros módulos</p> <p>Puede conectarse con otros módulos</p> <p>Puede conectarse con una pasarela</p>	<p>El módulo opcional E, Espacios Disponibles, es el edificio que amplía y complementa el módulo A o el C y por lo tanto depende técnicamente de él por su banco de baterías para energía solar. Es un módulo que responde a la necesidad de espacios de comercio u oficinas, institucional o privado. Adicionalmente cuenta con un espacio de circulación y mobiliario según el fin para el que se use el espacio. El módulo posee dos cubiertas, una en concreto que aloja iluminación artificial, cubre los espacios construidos y una más alta a dos aguas cuya función principal es proteger los espacios y sus usuarios de las altas temperaturas para que su funcionamiento no dependa del uso de aire acondicionado.</p>	<p>Pasillo exterior 15.23 m<sup>2</sup></p> <p>Espacio disponible 1 8.30 m<sup>2</sup></p> <p>Espacio disponible 2 8.30 m<sup>2</sup></p> <p>Espacio disponible 3 17.10 m<sup>2</sup></p> <p>Zona de alistamiento 36.84 m<sup>2</sup></p> <p>Plataforma al puente 13.56 m<sup>2</sup></p>

Opción	Descripción de los espacios	Planta arquitectónica
 <p>Se conecta con el urbanismo</p> <p>Puede conectarse con otros módulos</p> <p>Puede conectarse con una pasarela</p>	<p>El módulo opcional F, Cafetería, es el edificio que amplía y complementa el módulo A o el C y por lo tanto depende técnicamente de él por su banco de baterías para energía solar. Es un módulo que ofrece espacios para comercio alimentario de bajo impacto, tal como cafeterías, pastelerías, tienda de abarrotes, víveres y provisiones. El módulo posee dos baños, y dos cubiertas, una en concreto que aloja iluminación artificial cubre los espacios construidos y una más alta a dos aguas cuya función principal es proteger los espacios y sus usuarios de las altas temperaturas para que su funcionamiento no dependa del uso de aire acondicionado.</p> 	 <p>Planta arquitectónica</p> <p>Pasillo exterior: 16.23 m<sup>2</sup></p> <p>WC hombres: 2.26 m<sup>2</sup></p> <p>Cocina 1: 5.16 m<sup>2</sup></p> <p>Cocina 2: 5.16 m<sup>2</sup></p> <p>WC mujeres: 2.24 m<sup>2</sup></p> <p>Local 1: 9.30 m<sup>2</sup></p> <p>Local 2: 9.30 m<sup>2</sup></p> <p>Zona de alistamiento: 36.84 m<sup>2</sup></p> <p>Plataforma al puente: 13.56 m<sup>2</sup></p>

Adicionalmente, el proyecto cuenta con las opciones G y H, para las cuales existe una recomendación para el desarrollo de un módulo opcional, que se presenta en los Anexos, y con una opción denominada I para el manejo de semovientes, tal como se describe a continuación.

### Descripción de los espacios opción I

El módulo opcional I, Semovientes, es un espacio abierto donde se ordena y clasifica el tránsito de animales que provienen o se dirigen hacia el transporte fluvial. Tendrá un túnel o manga de llegada desde la barcaza en el sistema de atraque, que recibe a los animales que transitan por la pasarela, posteriormente y según indicaciones del ICA, se llega a un área de corral y finalmente un túnel o manga de tránsito hacia una plataforma para embarque en los camiones para el transporte terrestre, esta operación puede realizarse de manera inversa. No se contempla infraestructura construida tales como placas de contrapiso, redes o instalaciones especiales.

En el Anexo 07, correspondiente al *Volumen VII: Estudios y diseños de obras e infraestructura, Título 1: Diseños arquitectónicos y la estación portuaria*, de la consultoría encargada de los diseños del presente proyecto tipo, se encuentra una descripción más amplia de cada uno de los módulos de la estación fluvial y la información planimétrica apta para la construcción, con la información de arquitectura e ingeniería del proyecto.

Por otra parte, en el Anexo 08, correspondiente al *Volumen VIII. Estudios y diseños estructurales*, se presentan los análisis y diseño estructural de las edificaciones en tierra, así como sus respectivos planos estructurales y las memorias de cálculo.

#### 6.1.2 El sistema de transición

La concepción del sistema de transición es una o un conjunto de pasarelas que conectan la estación en tierra con el sistema de atraque. Estas pasarelas también tienen el compromiso de nivelar la pendiente que se genera por las diferentes variaciones del nivel de los ríos, debidas a su conducta y dinámica natural.

Partiendo de que, en las diferentes normas nacionales y los lineamientos internacionales, muchos de ellos acogidos mediante convenios, se establece como prioridad la salvaguarda de la vida humana en los cuerpos de agua y la prevención de la contaminación del medio acuático, los sistemas de transición se configuran para atender estas dos premisas. El primer condicionante que se establece es que la pendiente no supere el 12%, tanto para tránsito peatonal como para cualquier tipo de carga o mercancía que es movilizada manualmente, con ello también se garantiza que por accidente no pueda verterse esa carga o mercancía al agua contaminándola.

#### Pasarelas

Para el proyecto se han diseñado seis (6) tipos de pasarelas y un flotante intermedio que servirá de punto articulador, zona descanso y punto de conexión para el alargamiento de las pasarelas cuando la relación de la distancia al punto de profundidad operativa del río y las

diferencias de nivel del río lo ameriten o no se exceda el máximo de 12% de pendiente.

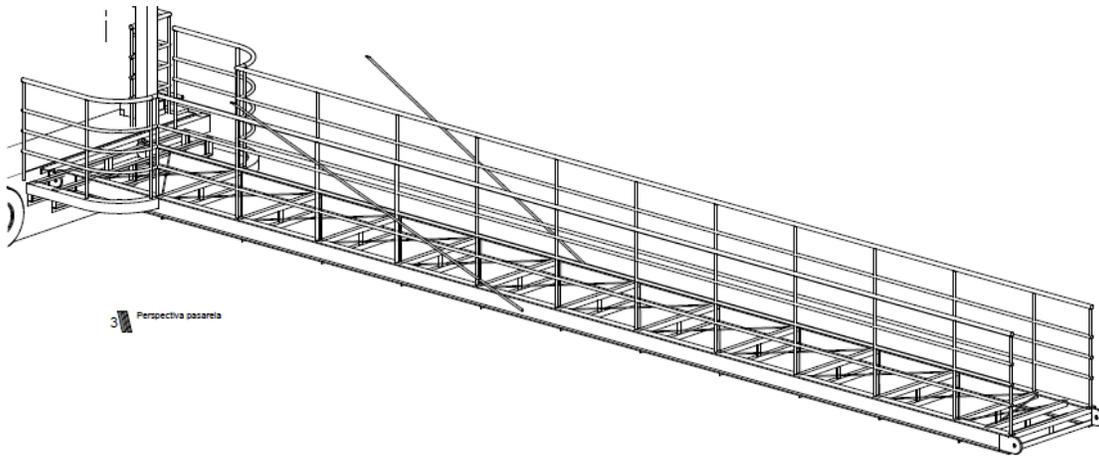


Figura 15. Prototipo de pasarela.

Fuente: (BID, 2020)

Las pasarelas se han diseñado en estructura metálica.

De acuerdo con el servicio por prestar se diseñaron dos magnitudes de pasarelas en cuanto a su ancho, unas de 1,2 metros de espacio libre de circulación, la cual da comodidad para el acceso para silla de ruedas o para el manejo de coches de bebés y la manipulación de equipaje acompañado adimensional o fragmentado de pasajeros, también para el acarreo o conducción de carga de abastecimientos o liviana.

Para el caso de carga doméstica, semovientes y para los terminales fluviomarítimos se proyectaron pasarelas de 1,8 metros libres para la zona de tránsito, para facilitar la manipulación de equipos, carretillas o zorras de manipulación y conducción manual de esta clase de carga.

Estas dos tipologías de pasarelas se han conceptualizado de 8,5 metros de longitud, de 17 y de 25,5 metros.

Las pasarelas de 8,5 metros de longitud son muy apropiadas para los sistemas de atraque de pasajeros o turísticos. Cuando la variación de nivel y la distancia para colocar el sistema de atraque rompe la condición de la máxima pendiente, se requieren pasarelas de mayor longitud y por lo tanto se hace necesario el uso de pilotes guías de fijación para el sistema flotante de atraque.

Cuando la evaluación de las distancias para la ubicación del sistema de atraque requiera de extensión de la pasarela para mantener la máxima pendiente de operación de 12%, se hace necesario colocar un elemento flotante intermedio (artefacto naval de dimensiones: eslora 4,8 metros, manga 4,80 metros y un puntal de 1,2 metros) para articular máximo dos tramos de pasarelas, siempre de la misma longitud y dimensión para mantener el equilibrio de estabilidad y flotabilidad.



En el Anexo 07, correspondiente al *Volumen VII: Estudios y diseños de obras e infraestructura, Título 2: Los sistemas de transición y de atraque, diseños navales*, de la consultoría encargada de los diseños del presente proyecto tipo, se encuentra una descripción más amplia de cada uno de los elementos del sistema de transición, así como los planos respectivos y los cálculos navales del flotante intermedio.

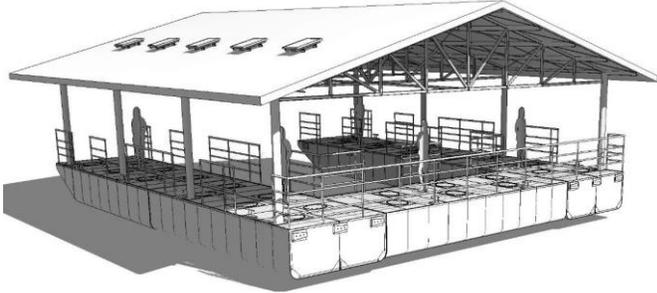
En el Anexo 08, correspondiente al *Volumen VIII. Estudios y diseños estructurales*, se presentan los análisis y diseño estructural de las pasarelas peatonales.

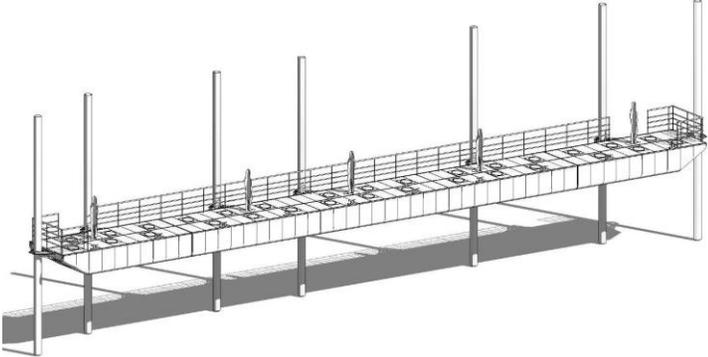
### 6.1.3 Los sistemas de atraque (Embarcaderos)

Se estableció que estos sistemas fueran unos artefactos navales modulares, también llamados pontones como una consideración a lo que internacionalmente se denomina pontoon boat.

La Asociación Mundial de Infraestructura para el Transporte Acuático - PIANC, en el Supplement to Bulletin No 85 de 1994 los denomina: Floating Breakwaters, considerando que son elementos que también pueden constituirse en "rompeolas flotantes" y con los cuales se pueden disipar los efectos de olas y corriente superficiales que se generen tanto por efectos naturales del medio acuático o por otros efectos como las olas generadas por las mismas embarcaciones a su arribo al atraque o cuando pasan en tránsito, facilitando además una cierta estabilidad para el embarque o desembarque de pasajeros o carga.

Para el presente proyecto tipo y los subtipos de sistemas de atraque contemplados, se calcularon los artefactos navales que se describen en la siguiente tabla.

Clasificación	Descripción	Esquema
<p>Sistema de atraque para pasajeros o turismo</p>	<p>Este tipo de sistema ha sido diseñado y concebido en forma de "U" por cuanto facilita el atraque de cuatro (4) embarcaciones tipo caracterizadas mediante los estudios náuticos y de transporte fluvial.</p> <p>Este atracadero está conformado por cinco módulos o pontones, un módulo central que recibe la pasarela de acceso o de transición y permite el doble flujo, y dos finguers constituidos por dos pontones cada uno.</p> <p>Eslora Total L: 12 metros.</p> <p>Manga total M: 10.8 metros.</p> <p>Puntal P: 1.0 metro.</p> <p>Desplazamiento en rosca Dr: 18,3 ton.</p> <p>Desplazamiento máximo Dm: 62 ton.</p> <p>Calado a plena carga Cm: 0,62 metros.</p>	

Clasificación	Descripción	Esquema
<p>Sistema de atraque para terminales dual, pasajeros y carga de abastecimiento</p>	<p>Se ha denominado dual considerado que es una estructura que permite el atraque tanto de embarcaciones de pasajeros como de transporte de carga de abastecimientos en embarcaciones hasta de 50 toneladas de capacidad de carga. Este sistema es marginal o lineal a la ribera, tiene para su acceso dos pasarelas y cada una debe llegar a los módulos respectivos de la estación en tierra, de tal manera que no se fusionen las dos actividades y no se ocasionen riesgos de accidentes.</p> <p>Eslora total L: 30 metros.</p> <p>Manga total M: 3,6 metros.</p> <p>Puntal P: 1,0 metros.</p> <p>Desplazamiento en rosca Dr: 24,2 ton.</p> <p>Desplazamiento máximo Dm: 62 ton.</p> <p>DWT (TPM): 37,8 ton.</p> <p>Calado a plena carga Cm: 0,73 metros.</p>	 <p>The diagram shows a long, narrow structure supported by several vertical pillars. It features two parallel walkways with railings, one on each side of a central area. The structure is designed for dual use, allowing for separate access to different types of vessels.</p>

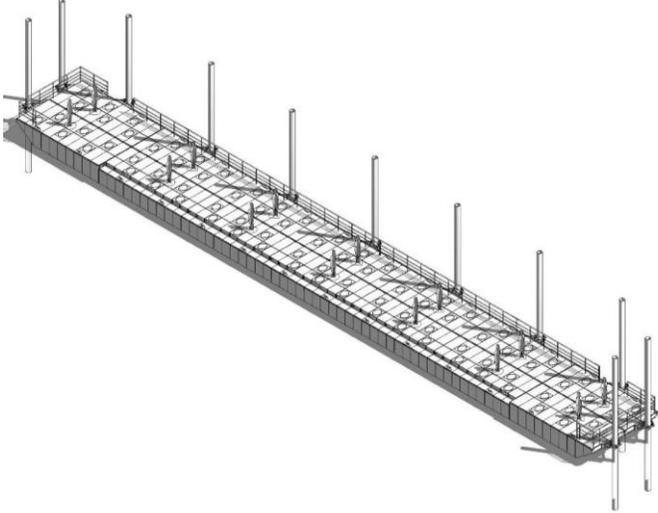
Clasificación	Descripción	Esquema
<p>Sistema de atraque para buques o convoyes de carga hasta 300 ton, buques de cabotaje mixto fluviomarítimo y de semovientes</p>	<p>Este es el sistema de atraque de mayores proporciones y con mayor resistencia para soportar esfuerzos por las dimensiones de los buques y embarcaciones y por los mayores esfuerzos producidos por las características de la carga doméstica que se embarca o desembarca. Este sistema tiene las siguientes magnitudes:</p> <p>Eslora total: 42 metros.</p> <p>Manga M: 4,80 metros.</p> <p>Puntal P: 1,20 metros.</p> <p>Desplazamiento en rosca Dr: 44.1 ton.</p> <p>Desplazamiento a plena carga Dm: 70.1 ton.</p> <p>Calado máximo: 0.84 metros.</p>	

Tabla 11. Descripción sistemas de atraque.

Fuente: (BID, 2020)

En el Anexo 07, correspondiente al *Volumen VII: Estudios y diseños de obras e infraestructura, Título 2: Los sistemas de transición y de atraque, diseños navales*, de la consultoría encargada de los diseños del presente proyecto tipo, se encuentra una descripción más amplia de cada uno de los elementos del sistema de atraque, así como los planos respectivos y los cálculos navales de cada artefacto.

## 6.2. Configuraciones y combinaciones de módulos

Para una eficiente selección de los módulos y sus combinaciones, se cuenta con una matriz de decisión para ser empleada en la etapa más temprana del proyecto, con la cual, partiendo de la información de cada sitio de implementación y de sus particularidades, así como de algunos parámetros operativos de la navegación, es posible establecer la configuración del terminal fluvial tipo.

Es importante mencionar que la matriz es una guía de aproximación al desarrollo del proyecto y no puede considerarse para el diseño definitivo del proyecto.

En el Anexo 09, correspondiente al *Volumen X. Estudios de navegación y seguridad náutica*, se encuentra una descripción más amplia de las variables y las consideraciones para el uso de la matriz de decisión. Así mismo, en el Anexo 10 se presenta la herramienta mencionada con la aplicación de un ejemplo para una población. A continuación, se presentan algunas de las configuraciones que son posible obtener mediante el presente proyecto tipo.

### Opción de pasajeros

Corresponde a la opción más sencilla del terminal fluvial y se compone de un módulo en tierra de pasajeros (Ficha A), una pasarela de ancho 1,2 metros, con la longitud y cantidad de acuerdo con las características del río y los resultados de los estudios hidráulicos y geotécnicos, y un embarcadero para pasajeros o turismo (Figura 16).

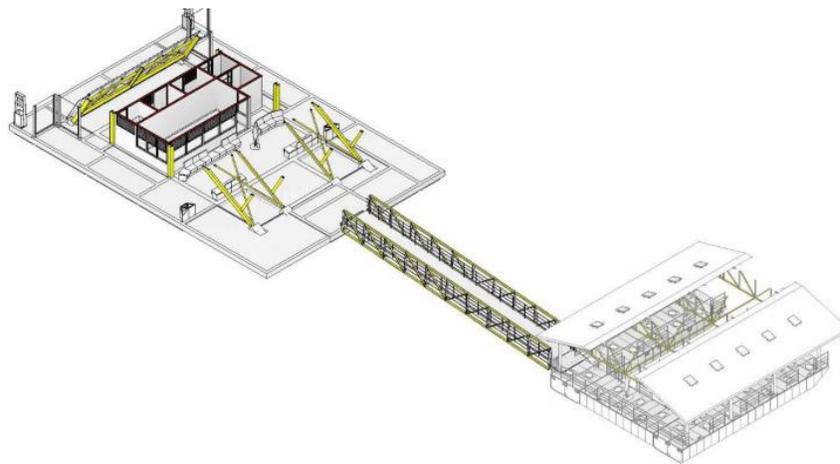


Figura 16. Opción configuración de pasajeros.

Fuente: (BID, 2020)

## 197 Opción 2 de turismo

Se compone de un módulo en tierra de pasajeros (Ficha A) y de un módulo opcional de ampliación de pasajeros (Ficha B), una pasarela de 1,2 metros de ancho, con la longitud y cantidad de acuerdo con las características del río y los resultados de los estudios hidráulicos y geotécnicos, y un embarcadero para pasajeros o turismo (Figura 17).

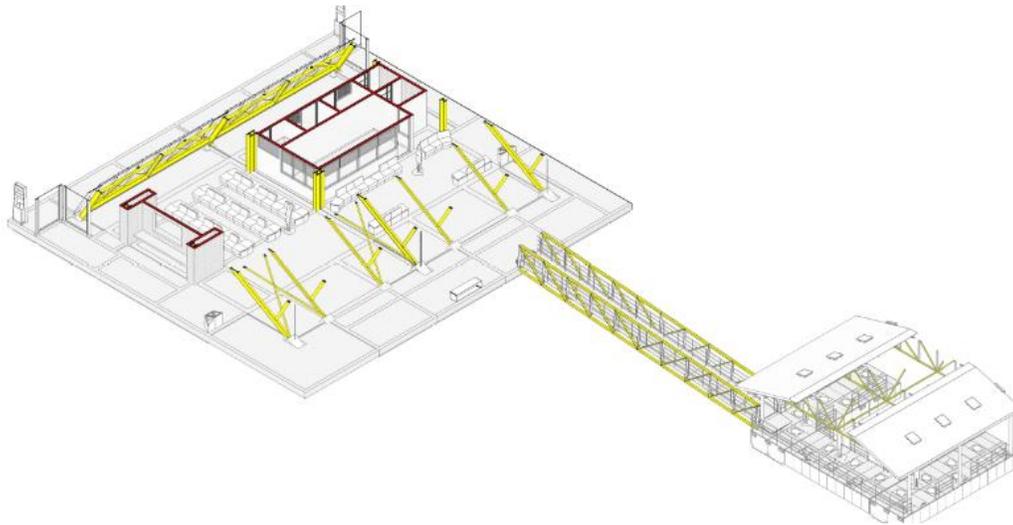


Figura 17. Opción configuración de turismo.

Fuente: (BID, 2020)

## Opción configuración exclusiva de carga de servicios

Se compone de un módulo en tierra de carga (Ficha C), una pasarela con la longitud y cantidad de acuerdo con las características del río y los resultados de los estudios hidráulicos y geotécnicos, y un embarcadero según la necesidad y los resultados del estudio de mercado, tránsito y transporte (Figura 18).



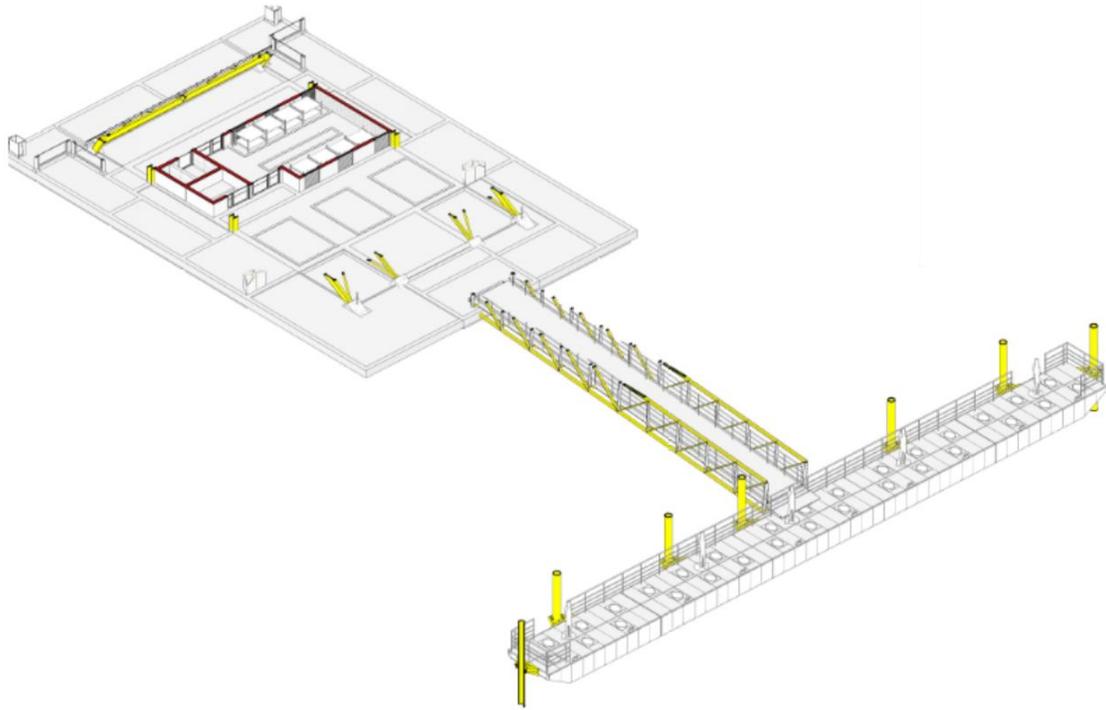


Figura 18. Opción configuración de carga de servicios.

Fuente: (BID, 2020)

### Opción configuración dual de pasajeros y carga de servicios

Se compone de un módulo en tierra de pasajeros (Ficha A) y de un módulo opcional de ampliación de carga (Ficha D), pasarelas de carga y pasajeros independientes con la longitud y cantidad de acuerdo con las características del río y los resultados de los estudios hidráulicos y geotécnicos, y un embarcadero según la necesidad y los resultados del estudio de mercado, tránsito y transporte (Figura 19).

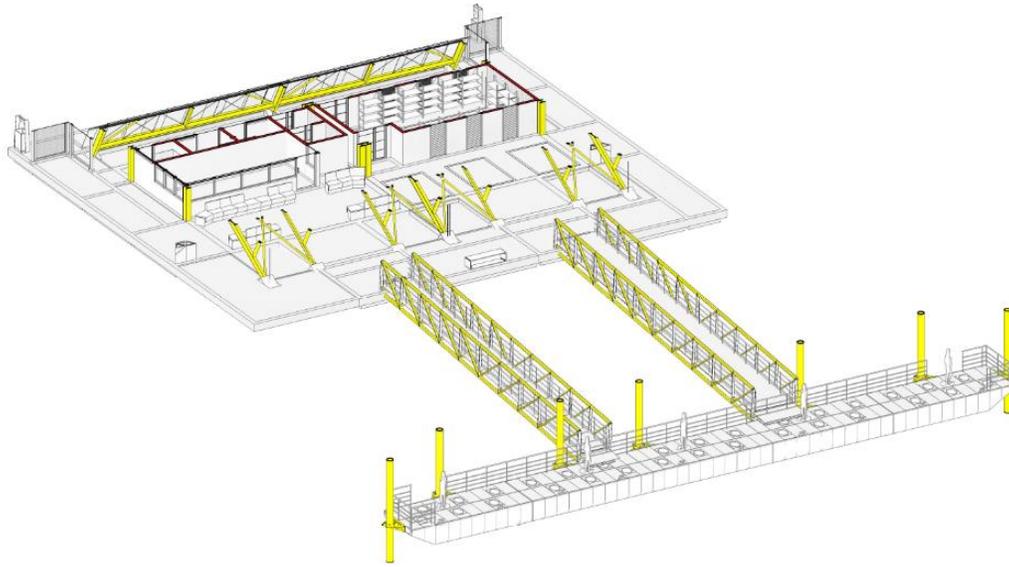


Figura 19. Opción configuración dual de pasajeros y carga.

Fuente: (BID, 2020)

### Opción Configuración doble transporte fluviomarítimo

Se compone de un módulo doble en tierra de pasajeros y ampliación de pasajeros (Ficha A+B) y un módulo doble en tierra básico de carga y opcional de ampliación de carga (Ficha C+D), pasarelas de carga y pasajeros independientes con la longitud y cantidad de acuerdo con los resultados de los estudios hidráulicos y geotécnicos, y un embarcadero fluviomarítimo según los resultados del estudio de mercado, tránsito y transporte (Figura 20).

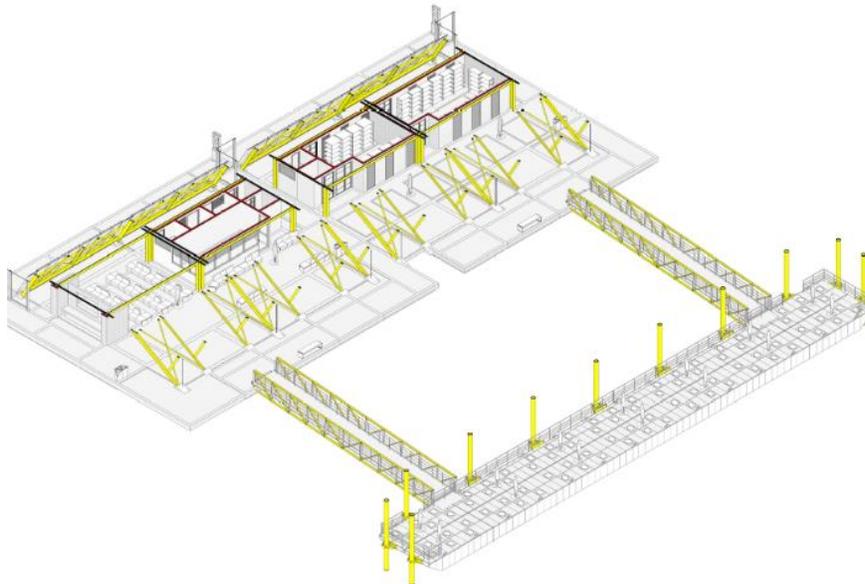


Figura 20. Opción configuración doble transporte fluviomarítimo. Fuente: (BID, 2020)



En el Anexo 07, correspondiente al *Volumen VII: Estudios y diseños de obras e infraestructura, Título 1: Obras e infraestructura*, se encuentra más detalle de configuraciones, así como sus planos respectivos.

### 6.3. Proceso constructivo

Es el conjunto de fases sucesivas o traslapadas en el tiempo, necesarias para materializar un proyecto de infraestructura.

A continuación, se presenta el proceso constructivo básico teniendo en cuenta que los proyectos podrán tener aspectos propios que significará realizar otras actividades no planteadas en este proceso.

#### Preliminares

**CAMPAMENTO:** Corresponde a un lugar con espacios básicos administrativos y de almacenamiento de materiales para el desarrollo de la obra, será una construcción temporal con un servicio sanitario y electricidad. La instalación de todos los elementos correrá por cuenta del Contratista y su posterior desinstalación.

**LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO (TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO):** Consiste en la localización, materialización y chequeo de las áreas y puntos que ocuparán las obras del proyecto, de acuerdo a los planos de construcción y/o a las indicaciones dadas por el interventor. La localización se hace basándose en los puntos de control vertical y horizontal que sirvieron de base para el levantamiento inicial, mediante el empleo de tránsito o estación total y nivel de precisión. Se computa como medida general la superficie delineada por los ejes de construcción. Además, se debe dejar puntos fijos o referencias que permitan los chequeos durante la etapa de construcción.

**DESMONTE Y LIMPIEZA:** Consiste en retirar y disponer de todos los elementos que obstruyan los trabajos.

**CERRAMIENTO EN POLISOMBRA (h = 2,00 m.):** Ejecución de cerramientos provisionales y perimetrales para facilitar el control del predio y las labores de obra. El cerramiento deberá ser fácilmente desmontable para facilitar el ingreso de materiales. Podrá utilizarse tela poli sombra donde no se afecte la seguridad de la obra.

**EXCAVACIÓN MECÁNICA DESCAPOTE (INCLUYE RETIRO):** Desplazamiento de volúmenes de excavación y rellenos, necesarios para obtener las cotas de fundación, de acuerdo con los niveles de pisos contenidos en los Planos Generales. Incluye corte, carga y retiro fuera de la obra del material excavado. El descapote buscara llegar hasta la cota que indique el estudio de suelos de la zona donde se pretende realizar la construcción

Los sobrantes se depondrán únicamente en los botaderos autorizados por la entidad competente del Municipio correspondiente.

## 101 Cimentación

**EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR:** Excavaciones necesarias para obtener las cotas de fundación de acuerdo con los niveles contenidos en los planos generales.

**RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON RECEBO:** Relleno de material, recebo compactado. En las zonas de fundaciones se deben realizar llenos estructurales con el fin de alcanzar la cota requerida para la instalación del material de acabado final.

**CONCRETO POBRE O DE LIMPIEZA  $e=0,05$  m:** Se refiere este ítem a la colocación de una capa de concreto de limpieza de 2.000 PSI -140 Kg/cm<sup>2</sup> en el fondo de las excavaciones destinadas a recibir cimientos en concreto, antes de iniciar la colocación del acero de refuerzo, o la piedra si se trata de concreto ciclópeo. Se vaciará sobre el fondo limpio y nivelado de la excavación una capa de concreto simple de cinco (5) centímetros de espesor, cuya superficie debe alcanzar la cota inferior de la cimentación indicada en los planos. Dicha fundición del solado de limpieza debe ser aprobada por el Interventor.

**ACERO DE REFUERZO:** En esta actividad se realizará el suministro, corte, figuración, amarre y colocación del acero de refuerzo para los elementos estructurales en concreto reforzado según las indicaciones que contienen los planos estructurales. Se incluye en esta actividad el alambre de amarrar.

Este refuerzo y su colocación se harán de conformidad con los diseños y detalles mostrados en los planos y lo indicado en las normas colombianas de diseño y construcción sismos resistentes vigentes.

**CONCRETO PARA ESTRUCTURAS:** Consiste en el suministro y colocación de concreto hidráulico para los elementos de cimentación y demás elementos estructurales según las indicaciones contenidas en los planos estructurales.

## Estructuras

**OPCIONES ARQUITECTÓNICAS INTERNAS MÓDULOS TIPO:** Contempla las diferentes etapas para la construcción, incluidos los acabados de columnas, vigas, muros interiores, pisos, cubiertas, cielo raso, carpintería metálica y mobiliario de oficinas para atención de pasajeros y usuarios según las indicaciones contenidas en los planos.

**GUÍAS DE APOYO PARA ESTRUCTURAS FLOTANTES:** Contempla el suministro e hinca de pilotes metálicos de acero al carbón y el concreto estructural para relleno de pilotes, según las indicaciones contenidas en los planos.

**PLATAFORMAS FLOTANTES:** Consiste en el suministro e instalación de acero estructural, láminas de acero, sistema de articulación en acero, sistema de atraque dual y Luminaria LED según las indicaciones contenidas en los planos.

**ESTRUCTURA DE APOYO PASARELA:** Consiste en el suministro e instalación de concreto pobre, zapatas y sistema de articulación, según las indicaciones contenidas en los planos.

**PASARELAS DE EMBARQUE:** Consiste en el suministro e instalación de acero estructural, láminas de alfajor, barandas y patines de deslizamiento, según las indicaciones contenidas en los planos.

**BARANDAS METÁLICAS:** Estos elementos serán elaborados conforme con los correspondientes diseños del proyecto y considerando aspectos como limpieza mecánica de la superficie, Decapado químico, Fosfatizado, Aplicación de pintura electrostática, curado y las demás normas técnicas para una correcta instalación según las indicaciones contenidas en los planos.

### Instalaciones

**REDES HIDROSANITARIAS GENERALES:** Consiste en la instalación de la acometida general de suministro de agua potable, los aparatos sanitarios y la salida y disposición de las aguas residuales, según las indicaciones contenidas en los planos.

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS:** Consiste en la instalación de la acometida general de suministro de energía eléctrica y las instalaciones interiores, según las indicaciones contenidas en los planos.

En el Anexo 14 se establecen las especificaciones generales y de referencia básica para la construcción del terminal fluvial.

## 6.4. Interventoría y supervisión del Proyecto<sup>34</sup>

### Interventoría

La interventoría consistirá en el seguimiento técnico que, sobre el cumplimiento del contrato, es necesario que la realice una persona natural o jurídica contratada para tal fin por la entidad territorial. La interventoría requiere la realización de un presupuesto estimado para la determinación del monto, según el análisis realizado.

**Nota:** Se aclara que el cálculo detallado de interventoría presentado en el presupuesto de referencia es estimado. Por la tanto, se debe verificar las condiciones contractuales de cada municipio que desee ejecutar dicho proyecto.

### Supervisión

La supervisión consistirá en el seguimiento técnico, administrativo, financiero, contable, y

<sup>34</sup> Artículo 83 de la Ley 1474 de 2011 “Por la cual se dictan normas orientadas a fortalecer los mecanismos de prevención, investigación y sanción de actos de corrupción y la efectividad del control de la gestión pública”.

jurídico que, sobre el cumplimiento del objeto del contrato, es ejercida por la misma Entidad Territorial cuando no requieren conocimientos especializados. Para la supervisión, la entidad territorial podrá contratar personal de apoyo, a través de los contratos de prestación de servicios que sean requeridos.

Para el caso de la supervisión, en caso de que no la realice la misma entidad, se podrá contratar un profesional a través de la modalidad de prestación de servicios.

En ambos casos los valores deben ser determinados con base en el análisis que desarrolle la entidad territorial según las características propias, junto con la determinación del presupuesto específico. Estos valores podrán ser incluidos en el presupuesto del proyecto.





## 7. Presupuesto y cronograma

Los valores aquí referenciados, tienen como base proyectos ejecutados en el país. Sin embargo, en ningún caso son los valores reales o finales del proyecto propio de cada entidad territorial. Los precios deben ser corroborados y ajustados a las necesidades reales (actividades, medición y cantidades de obra) del proyecto tipo que se quiera implementar.

Las actividades que se utilizan para la construcción de terminales fluviales fueron complementadas con actividades no previstas que regularmente se presentan en los proyectos similares y que con frecuencia son objeto de ajuste de estos durante la construcción. El presupuesto final, porcentajes, cuantificación del AIU (Administración, Imprevistos y Utilidad), interventoría (administrativa, técnica y financiera), entre otros son de carácter teórico y buscan dar una idea a la entidad territorial de la cantidad estimada de recursos por invertir. Puede que las necesidades reales de la entidad territorial contemplen o no actividades aquí descritas y algunas no estén presentes en este presupuesto.

Sobre este presupuesto se debe tener en cuenta que algunos costos incrementan los precios de las actividades, como es el caso de los materiales, el transporte y la mano de obra.

En cuanto a los materiales, aquellos proyectos cuya localización se aleja de las fuentes de la zona, regularmente tienen incrementos asociados a la disponibilidad de producto que cumpla las especificaciones de calidad como gradación, limpieza, dureza, etc. Ligado a esto, se debe considerar en los precios el sobre costo que representa el transporte de los materiales a zonas de difícil acceso.

En cuanto a la mano de obra del proyecto, se debe tener en cuenta que los costos varían en las diferentes regiones del país, por lo cual es necesario ajustar a los precios correspondientes en la zona de implementación.

### 7.1. Presupuesto

Los costos presentados en el presupuesto pueden variar acorde con las variaciones del IPC anual, mano de obra, costos de transporte de material y puesta en el sitio donde se desarrolle el proyecto, por lo cual requerirá un ajuste de los mismos. El presupuesto detallado del proyecto deberá ser realizado por la entidad territorial.

A continuación, se presenta el presupuesto para la construcción de un terminal fluvial con una configuración correspondiente a un módulo tipo A para la atención de pasajeros, dos pasarelas de embarque de ancho 1,8m y longitud 17m, dos flotantes intermedios y un sistema de atraque dual (pasajeros y carga)<sup>35</sup>.

<sup>35</sup> El presupuesto para esta configuración que se toma como referencia, se encuentra elaborado con precios comerciales del año 2020 y tomando como referencia proyectos recientes realizados en el departamento del Meta.



105 7.1.1 Costos de preinversión

Previo al desarrollo del proyecto, se deben elaborar una serie de estudios que determinen que su construcción y desarrollo es viable y que permitan ajustar el proyecto a las realidades del punto de implementación. En la Tabla 12 se muestran los estudios y ajustes a los diseños necesarios y sus respectivos costos.

N°	ÍTEM DE PAGO	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	VALOR UNITARIO (C.D) \$ COL.	VALOR PARCIAL \$ COL.	VALOR CAPITULO \$ COL.
<b>COSTOS DE PREINVERSION</b>							
<b>SUBTOTAL TOTAL COSTO INDIRECTO</b>							<b>\$ 102.500.000</b>
1		Estudio de mercado	# Módulos	1	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	
2		Estudio geotécnico (Suelo y Subsuelo)	# Módulos	1	\$ 14.000.000	\$ 14.000.000	
3		Compra de predios	GB	1		\$ -	
4		Cartografía del proyecto	# Módulos	1	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	
5		Estudio hidrico, fluvial y fluviomarítimo	# Módulos	1	\$ 12.500.000	\$ 12.500.000	
6		Estudio de Impacto Ambiental	# Módulos	1	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000	
7		Plan de manejo ambiental, licenciamiento y trámites ante entidades	# Módulos	1	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000	
8		Topografía y batimetría	# Módulos	1	\$ 8.000.000	\$ 8.000.000	
9		Revisión y ajuste de diseño eléctrico baja tensión y trámite	# Módulos	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000	
10		Revisión y ajuste de diseño eléctrico media tensión y trámite	# Módulos	1	\$ 2.250.000	\$ 2.250.000	
11		Revisión y ajuste de diseño hidrosanitario y trámite	# Módulos	1	\$ 2.250.000	\$ 2.250.000	
12		Diseño sistema fotovoltaico	# Módulos	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000	
13		Estudio de resistividad del terreno	# Módulos	1	\$ 500.000	\$ 500.000	
14		Revisión y ajuste de proyecto Arquitectónico y Naval	# Módulos	1	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	
15		Revisión y ajuste del proyecto Estructural	# Módulos	1	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000	
16		Revisión y ajuste de presupuesto	GB	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000	
17		Estudio Económico y Financiero	# Módulos	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000	

Tabla 12. Costos de los estudios de preinversión.

Fuente: (BID, 2020)

Estos valores son globales y pueden cambiar dependiendo del lugar donde se desarrolle el proyecto, los profesionales que los realicen y el tiempo empleado para su elaboración, entre otras variables.

7.1.2 Costos de inversión

Los costos presentados en el presupuesto pueden variar acorde con las variaciones del IPC anual, mano de obra, costos de transporte de material y puesta en el sitio donde se desarrolle el proyecto, por lo cual requerirá un ajuste de los mismos.

Los Costos de Inversión están determinados por los valores de los materiales, su transporte al lugar donde se desarrollará el proyecto, la mano de obra, la construcción y la interventoría.

El presupuesto detallado del proyecto deberá ser ajustado por la entidad territorial.

Este presupuesto modelo debe ser ajustado según los requerimientos de obra de acuerdo con las características propias del sitio de implementación, así como el caso de los precios de los insumos, maquinaria y equipo, transporte y mano de obra de la zona donde se va a implantar.

	Nombre del proyecto	Construcción terminal fluvial			
	Código del proyecto				
	Objetivo general proyecto	Atender la demanda de transporte de pasajeros y carga en las vías fluviales de la entidad territorial en condiciones de servicio seguras, confortables, controladas y accesibles para todos los usuarios			
Causa directa (1)	Objetivo específico (1)	Producto	Unidad de medida	Actividad	Costo total (Incluye AIU)
Bajo aprovechamiento de la capacidad de transporte de la red fluvial	Aprovechar la capacidad de transporte de la red fluvial	Terminal fluvial construido	Número	Realizar obras preliminares	217.632.986
				Ejecutar movimiento de tierras, cimentación y estructura metálica de cubierta módulos tipo	151.461.261
				Instalar redes hidrosanitarias generales	27.100.757
				Construir opciones arquitectónicas internas módulos tipo	172.855.271
				Construir estructura de apoyo pasarela en tierra	14.912.177
				Instalar pasarelas de embarque	116.592.365
				Construir guías de apoyo para estructuras flotantes	286.968.802
				Instalar plataformas flotantes	496.536.316
				Desarrollar la interventoría del proyecto	107.623.600
				Costo total construcción	

Tabla 13. Presupuesto referencia del proyecto.

Fuente: (BID, 2020)

En el Anexo 15 se presenta el modelo de presupuesto del proyecto tipo.

## 7.2. Presupuesto de la interventoría

La interventoría requiere la realización de un presupuesto específico para la determinación del monto. La entidad territorial puede definir el alcance de la interventoría en cuanto a los medios de verificación y control y calidad, por lo que estas actividades deben ser incluidas en el presupuesto específico de la gestión de la interventoría, que debe contemplar no solamente la trazabilidad de la verificación y control propias de sus actividades, sino también las medidas y controles de seguimiento al control de calidad que realice el constructor a las actividades de obra, según se defina en las especificaciones del mismo.

Según el análisis preliminar realizado, se identificó un valor de interventoría de \$107.623.600 (precios de 2020) refiriéndose a una interventoría para la construcción de un terminal fluvial de acuerdo con la configuración descrita al inicio del presente capítulo. No obstante, se debe realizar el presupuesto de interventoría correspondiente a las necesidades del proyecto específico de cada localidad.

Para el caso de la supervisión, en caso de que no la realice la misma entidad, se podrá contratar un profesional a través de la modalidad de prestación de servicios. En ambos casos los valores deben ser determinados con base en el análisis que desarrolle la entidad territorial según las características propias, junto con la determinación del presupuesto específico. Estos valores podrán ser incluidos en el presupuesto del proyecto.

Se recomienda considerar un mes más de desarrollo de las actividades tanto de interventoría como de supervisión para garantizar la realización de los procesos finales relacionados con los contratos.

### 7.3. Cronograma de ejecución

Este cronograma, corresponde a la ejecución de un PROYECTO TIPO para la construcción de un terminal fluvial, el cual deberá ajustarse a las realidades de cada proyecto y de acuerdo con la configuración que atienda las necesidades de cada entidad territorial.

CRONOGRAMA PROYECTO TIPO: TERMINAL FLUVIAL																							
ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				MES 7				MES 8
	ETAPA PRECONTRACTUAL		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	LIQUIDACIÓN
1. REALIZAR OBRAS PRELIMINARES			■	■																			
2. EJECUTAR MOVIMIENTO DE TIERRAS, CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA METÁLICA DE CUBIERTA MÓDULOS TIPO			■	■	■	■	■	■															
3. INSTALAR REDES HIDROSANITARIAS GENERALES								■	■														
4. CONSTRUIR OPCIONES ARQUITECTÓNICAS INTERNAS MÓDULOS TIPO									■	■	■	■	■	■									
5. CONSTRUIR ESTRUCTURA DE APOYO PASARELA EN TIERRA													■	■	■	■							
6. INSTALAR PASARELAS DE EMBARQUE																■	■						
7. CONSTRUIR GUÍAS DE APOYO PARA ESTRUCTURAS FLOTANTES																	■	■	■				
8. INSTALAR PLATAFORMAS FLOTANTES																				■	■	■	
9. INTERVENTORÍA			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

Tabla 14. Cronograma del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

### 7.4. Dotación

La dotación corresponde al mobiliario o elementos que dan confort al usuario o hacen funcional la infraestructura que se quiere construir, por lo cual es necesario que la entidad territorial Incluya el componente dotacional en el presupuesto y en la cadena de valor de la MGA del proyecto ajustado a las realidades de su localización y configuración establecida.

### 7.5. Operación y Mantenimiento

A continuación, se establecen como referencia para la implementación del proyecto tipo, una serie de consideraciones para la operación y el mantenimiento del terminal fluvial.

En cuanto a la operación, para la organización de las operaciones de la terminal fluvial se requiere de una organización que apoye a las actividades portuarias definidas por la Ley 1242 de 2008, teniendo en cuenta un organigrama jerárquico compuesto por un administrador quien hace el control del arribo y el zarpe según funciones delegadas según la Resolución No 2106 de 1999 del Ministerio de Transporte, considerando además, que quienes ejercerán la autoridad abordando dirigiendo según su plan de estiba, el cargue o descargue con la seguridad náutica establecida, serán los capitanes de las embarcaciones que arriban al puerto, sin embargo, el administrador organizará las actividades del terminal.

En este punto es necesario considerar los procedimientos de arribo, atraque y amarre, para el desamarre y el zarpe, para el acoderamiento de buques, para la carga, descarga y arrume de la carga, para el embarque y desembarque de pasajeros y la seguridad industrial y del medio ambiente.

Por su parte, para el mantenimiento, es preciso mencionar que toda edificación sufre un deterioro por el paso del tiempo, el uso y factores climáticos, haciendo esto que la vida útil varíe de acuerdo con el uso y el mantenimiento que se realice.

En el Anexo 12, *Volumen XIV Guía de operación y mantenimiento*, se establecen algunas recomendaciones para la operación y el cuidado y mantenimiento de los elementos que conforman el terminal fluvial.

Como se mencionó anteriormente, los recursos con los que debe contar la entidad territorial para realizar la operación y el mantenimiento del terminal fluvial se estiman en \$181.100.000 anuales como un costo promedio para los cinco primeros años del horizonte del proyecto. Este valor incluye los rubros de nómina, mantenimiento, servicios públicos, seguros, entre otros, los cuales se discriminan a continuación:

Para el año 1 de operación del terminal fluvial, los egresos proyectados se muestran en la siguiente tabla:

Horizonte del proyecto (años)	1
Nómina	100.473.324
Mantenimiento	49.709.063
Servicios públicos	1.920.000
Seguros	12.423.901
Otros	4.336.103
<b>Total Egresos</b>	<b>168.862.391</b>

Tabla 15. Egresos proyectados durante el primer año del proyecto.

Fuente: (BID, 2020)

Horizonte del proyecto (años)	Egresos proyectados \$COP
1	168.862.391
2	174.772.574
3	180.889.615
4	187.220.751
5	193.773.477
<b>Promedio</b>	<b>181.103.762</b>

Tabla 16. Egresos proyectados durante los primeros 5 años del proyecto.

Fuente: (BID, 2020)

La estimación de los costos de operación y mantenimiento se puede consultar con detalle en el Anexo 11, correspondiente al *Volumen XI Estudio económico* de la consultoría encargada de diseñar el presente proyecto tipo, como una referencia.

**Notas:**

1. Las actividades planteadas coinciden con las actividades de la cadena de valor definida para el mismo. En el presupuesto del proyecto se usan como capítulos.
2. El presente cronograma de actividades corresponde a actividades resumidas en capítulos. El encargado de la implementación definirá la duración de las actividades complementarias y deberá definir la duración con base en las actividades incluidas en este modelo y las que considere para incluir como complementarias, necesarias para la adecuada ejecución.
3. Se plantean duraciones estimadas para cada capítulo estimados con tiempos de desarrollo normales, para el caso de proyectos similares los rendimientos y las cantidades del proyecto tipo.
4. Será responsabilidad del implementador el considerar tiempos pesimistas, normales u optimistas para la determinación del cronograma que será usado para establecer el plazo de ejecución del contrato correspondiente y la duración estimada de las actividades, según las características propias de cada entidad territorial.
5. Cada entidad territorial definirá si incluye o no el requerimiento de la presentación de un cronograma ajustado al plazo propuesto al adjudicatario del contrato, o si usa la propuesta para el control de avance y ejecución de las actividades correspondientes.



## 8. Anexos



A continuación, se relacionan los anexos que hacen parte del presente proyecto tipo.

**Anexo 01.** MGA web ejemplo diligenciada

**Anexo 02.** Volumen II. Estudios de mercado y demanda del transporte fluvial

**Anexo 03.** Volumen III. Estudio náutico del transporte fluvial

**Anexo 04.** Volumen IV. Estudio hídrico, fluvial y fluviomarítimo

**Anexo 05.** Volumen V. Estudio de suelo y el subsuelo

**Anexo 06.** Volumen VI. Estudios cartográfico, topográfico y batimétrico

**Anexo 07.** Volumen VII. Estudios y diseños de obras e infraestructura

**Anexo 08.** Volumen VIII. Estudios y diseños estructurales

**Anexo 09.** Volumen IX. Estudio social, territorial y ambiental

**Anexo 10.** Volumen X. Estudios de navegación y seguridad náutica

**Anexo 11.** Volumen XI. Estudio económico

**Anexo 12.** Volumen XIV. Guía de operación y mantenimiento

**Anexo 13.** Matriz de decisión

**Anexo 14.** Especificaciones generales

**Anexo 15.** Modelo de presupuesto

Recuerde que en la plataforma MGA web, encuentra para su utilización la MGA prediligenciada de proyecto tipo. Selecciónelo al momento de iniciar el diligenciamiento de su proyecto.

## 9. Bibliografía

- BID. (2020). *Consultoría en diseño del muelle tipo para diferentes tipologías, con su correspondiente zona de de servicios para los usuarios (Consultores Carlos Oramas, Marios Saavedra y David García)*. Bogotá D.C.
- DNP, D. (2019). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2022 Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad*. Bogotá D.C.
- IGAC. (2009). *Documento soporte especificaciones técnicas para productos de cartografía básica*.
- Jesyca & Arcadis. (2015). *Plan Maestro Fluvial de Colombia*. Bogotá D.C.
- Ley 1242. (2008). *Por la cual se establece el Código Nacional de Navegación y Actividades Portuarias Fluviales y se dictan otras disposiciones*.
- Mandelli, A. (31 de 07 de 2021). *Elementos de Arquitectura Naval*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Desplazamiento\\_\(n%C3%A1utica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Desplazamiento_(n%C3%A1utica))

Versión 1. 2022

Derechos reservados ©

El material de este sitio no se puede vender o distribuir de ninguna manera para obtener ganancias o beneficios por ello.



Calle 26 # 13-19 – Edificio ENTerritorio  
Bogotá D.C., Colombia  
Teléfono: (57) 1 3815000

Calle 43 No. 57 - 14. CAN  
Bogotá D.C., Colombia  
Teléfono: (57) 1 2222800

