

**METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA
FLUVIAL**

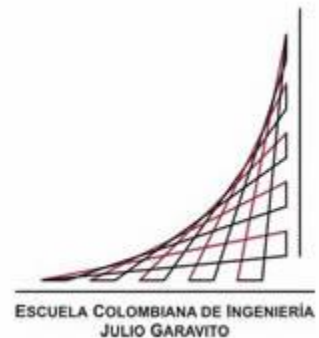
María Fernanda Cifuentes Rojas

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

**María Fernanda Cifuentes Rojas, Programa de Ingeniería Civil, Escuela Colombiana de
Ingeniería Julio Garavito**

**Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito,
Ak 45 No. 205-59 (Autopista norte)**

Contacto: maria.cifuentes-r@mail.escuelaing.edu.co



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS	4
2.1. GENERAL	4
2.2. ESPECÍFICOS	4
3. SITUACIÓN ACTUAL DEL PAÍS EN MATERIA FLUVIAL	5
3.1. SITUACIÓN DE LA RED FLUVIAL EN COLOMBIA	5
3.2. VÍA FLUVIAL	5
3.2.1. RÍOS NAVEGABLES EN COLOMBIA	5
3.2.2. PLAN MAESTRO FLUVIAL DE COLOMBIA, PMF	6
3.2.3. PLAN MAESTRO DE TRANSPORTE INTERMODAL, PMTI	8
3.2.4. TIPO DE EMBARCACIONES	9
3.3. NODO DE ACCESO FLUVIAL	11
3.3.1. MUELLES FLUVIALES	13
4. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UNA INFRAESTRUCTURA FLUVIAL	15
4.1. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE MUELLES FLUVIALES	16
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
6. BIBLIOGRAFÍA	35

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia existen cinco cuencas fluviales destinadas a la navegación: Amazonas, Magdalena, Orinoco, Atrato y Pacífico. En comparación con otros países, Colombia cuenta con una amplia red fluvial navegable; sin embargo, no ha sido el principal foco de atención en materia de transporte para el desarrollo del país. En la actualidad, el gobierno nacional invierte sólo el 1% del presupuesto destinado al desarrollo en infraestructura vial en proyectos del modo fluvial, que en gran parte competen a planes de interés regional, es decir, a poblaciones cuya única vía de acceso es el río y, por lo tanto, requieren de dichos proyectos a menor escala para su conexión con el resto del país.

Al hablar de la planeación en infraestructura de transporte es preciso contemplar la integración de los ríos dentro de un sistema de transporte multimodal, teniendo en cuenta que en Colombia las condiciones hidráulicas y morfodinámicas de las cuencas permiten la interconexión de largas distancias y, en algunos casos, como en el del río Orinoco, cuya trayectoria abarca otros países, lo que plantea la posibilidad de desarrollar canales de interconexión locales, nacionales y regionales que faciliten el intercambio comercial.

Esta visión implica, sin duda alguna, la correcta estructuración de obras de infraestructura fluvial a lo largo de los corredores, para que los haga competentes respecto al transporte por carretera, que actualmente es el medio más utilizado y el que más inversión tiene.

Por esta razón, este texto presenta una visión global de la estructuración de proyectos fluviales junto con la situación actual del país en esta materia. Así mismo, propone una metodología para la estructuración y el desarrollo de infraestructura fluvial, en especial los muelles, como nodo estratégico de interconexión modal.

Este trabajo que toma como referencia la metodología de trabajo del Instituto Nacional de Vías, incorpora conceptos resultado del análisis con el ingeniero Héctor Alfonso Rodríguez Díaz, director del proyecto de grado, y conocimientos que ha consolidado la autora en su trabajo en la Subdirección Marítima y fluvial.

2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL

Conocer y analizar, desde su etapa de concepción, el marco estructural de un proyecto fluvial, como eje importante para el desarrollo de Colombia.

2.2. ESPECÍFICOS

- Conocer los planes y estrategias desarrolladas en el país para el transporte fluvial.
- Revisar las cifras y posibles inversiones para el desarrollo del modo fluvial en Colombia.
- Presentar una metodología para el diseño de muelles fluviales en Colombia.

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL PAÍS EN MATERIA FLUVIAL

3.1. SITUACIÓN DE LA RED FLUVIAL EN COLOMBIA

La red fluvial está determinada por dos componentes importantes: la vía fluvial, mediante la cual se posibilita la conectividad entre regiones, y el nodo de acceso fluvial (muelles o embarcaderos), que tiene que ver con la infraestructura dispuesta para permitir el acceso de los usuarios a dicho sistema.

3.2. VÍA FLUVIAL

3.2.1. RÍOS NAVEGABLES EN COLOMBIA¹

A través del Ministerio de Transporte, el gobierno nacional estableció el *Manual de ríos navegables de Colombia*, en el cual determina cuatro cuencas hidrográficas, cuyos ríos navegables cubren una extensión total de 20.804 kilómetros (tabla 1).

CUENCA	LONGITUD [km]
AMAZONAS Putumayo, Caquetá, Amazonas Caguán, Craparaná, Cothue, Amacayacú, Ortegaza, San Miguel, Apoporis, Yarí, Miritiparana, Guamuez, Cuembí.	3.502
ATRATO Atrato, San Juan, Baudó Calima, Salaquí, Napipí, León, Guapi y Micay.	4.435
ORINOQUIA Meta, Orinoco, Guaviare, Vaupés, Unilla Cusiana, Cravo Sur, Pauto, Casanare, Ariporo, Gaunía, Negro, Arauca, Vita, Tomo, Tuporro, Vichada, Upía, Cravo Norte, Macacias, Ariari, Inírida, Muco, Guayabero y Atabapo.	8.796
MAGDALENA (A cargo de Cormagdalena): Magdalena, Canal de Dique y Cauca. 1486 km (A cargo del Ministerio de Transporte): San Jorge, Cesar y Sinú. 930 Km	4.071
TOTAL	20.804

Tabla 1. Ríos navegables en Colombia.

¹ Conpes 2814 de 1995. Plan de acción para el sector fluvial.

3.2.2. PLAN MAESTRO FLUVIAL DE COLOMBIA², PMF

Mediante una alianza colombo-holandesa, el Ministerio de Transporte adelantó el Plan Maestro Fluvial, PMF, en el año 2015, el cual tiene como propósito rehabilitar las vías navegables extendidas para la integración de las regiones y el sistema de ciudades, impulsar la movilización de carga y pasajeros y promover su articulación con otros modos de transporte.

En este plan maestro fluvial se determinaron cinco cuencas fluviales:

- Cuenca fluvial del Magdalena: Magdalena, Cauca, San Jorge, brazo Chicagua, Nechí, brazo Mojana, brazo Mompós, Sinú.
- Cuenca fluvial del Atrato: Atrato, Quito, Yuto, León.
- Cuenca fluvial del Orinoco: Arauca, Atabapo, Guaviare, Guayabero, Inírida, Meta, Orinoco, Vichada.
- Cuenca fluvial del Amazonas: Amazonas, Putumayo, Caquetá, Caguán, Vaupés.
- Cuenca Fluvial del Pacífico: Acuapista del Pacífico (Tumaco - Buenaventura), San Juan, Baudó.

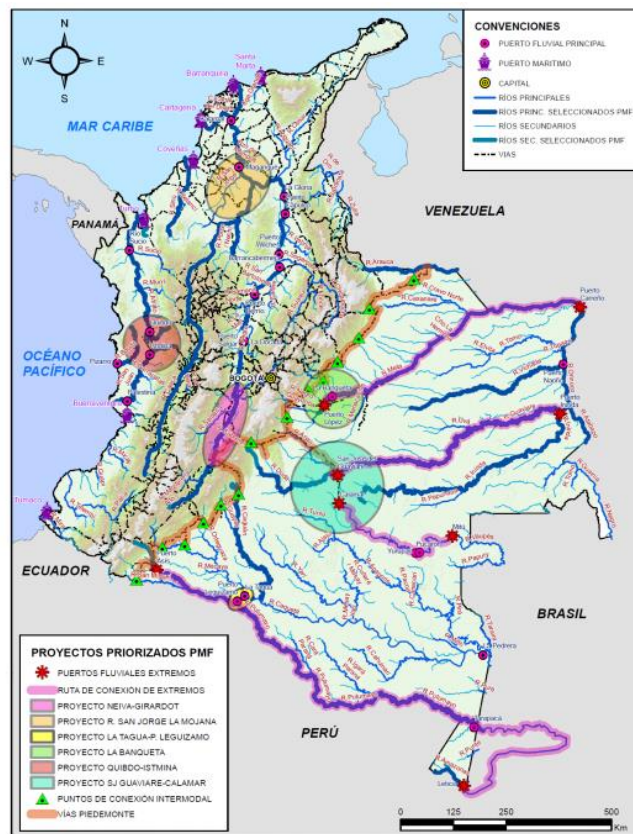


Figura R3 Localización de los proyectos propuestos en el portafolio nacional

Ilustración 1. Gráfico extraído del Plan Maestro Fluvial, Ministerio de Transporte.

² Plan Maestro Fluvial de Colombia. Ministerio de Transporte, 2015.

Así mismo, se realizó una distinción entre el transporte fluvial de carga y el transporte fluvial de pasajeros y mercancías, teniendo en cuenta que sus requerimientos son diferentes. De acuerdo con el Plan Maestro Fluvial, el transporte de carga suele implicar grandes volúmenes, ser de larga distancia y está orientado a la exportación e importación, entre otros, mientras que el de pasajeros y mercancías está relacionado con poblaciones alejadas del casco urbano y que suplen necesidades básicas en su quehacer diario.

Enfoque de las vías fluviales relacionadas con el transporte de carga

Criterios de selección de cuencas fluviales

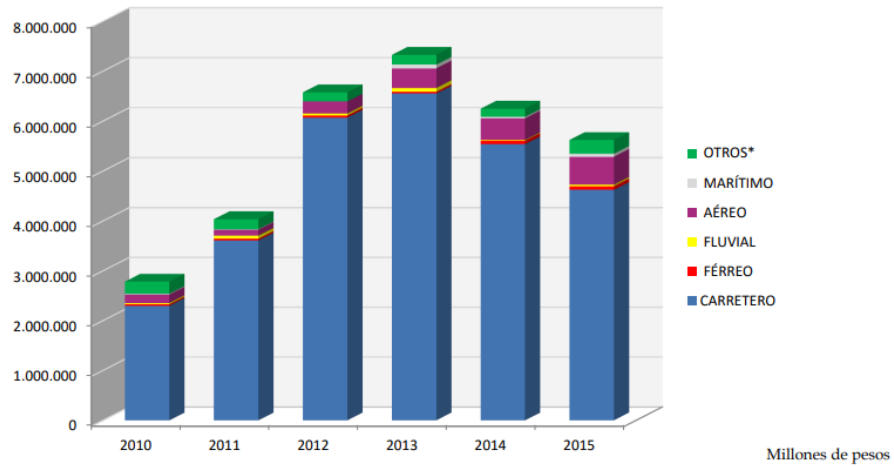
- Vías fluviales adecuadas para la "navegación mayor", que implica su idoneidad para embarcaciones de más de 25 toneladas (de conformidad con la red principal).
- Volumen de transporte existente o potencial (año 2035) > 50.000 toneladas por año.
- Conexión intermodal existente o planificada a través de la red de carreteras principales o secundarias.

3.2.3. PLAN MAESTRO DE TRANSPORTE INTERMODAL, PMTI

El objetivo principal de este plan es integrar las regiones a través de proyectos interdisciplinarios que tengan gran impacto, entre los que se encuentran contemplados diversos proyectos que se deben desarrollar en los ríos Meta, Guaviare, Vaupés, Putumayo, Caquetá, Atrato y Magdalena, todos en concordancia con el Plan Maestro Fluvial.



Ilustración 2. Red básica e integración. Proyectos férreos, fluviales y marítimos propuestos.



OBLIGACIONES	CARRETERO	FÉRREO	FLUVIAL	AÉREO	MARÍTIMO	OTROS*	TOTAL
2010	2.301.537 78%	29.131 14%	26.410 76%	170.483 67%	13.724 58%	243.825 74%	2.785.109 74%
2011	3.611.200 86%	35.194 60%	61.382 78%	118.498 53%	10.028 11%	201.759 61%	4.038.061 81%
2012	6.073.645 90%	41.024 42%	38.640 71%	241.320 72%	1.300 11%	181.489 43%	6.577.419 86%
2013	6.553.736 93%	34.710 57%	75.896 95%	393.984 91%	73.454 92%	195.398 79%	7.327.178 92%
2014	5.541.175 91%	67.618 51%	13.577 50%	436.148 77%	27.853 67%	163.948 81%	6.250.321 89%
2015	4.624.322 86%	73.848 78%	28.857 86%	560.453 75%	60.931 91%	275.214 92%	5.623.625 85%

Ilustración 3. Inversión en el sector público en Colombia³.

3.2.4. TIPO DE EMBARCACIONES

Con base en la diferenciación establecida por el PMF entre embarcaciones mayores y menores, pueden establecerse varios tipos de embarcaciones según su uso (fotografía 1).

Fotografía 1. Embarcaciones en el muelle del municipio del Charco, Nariño.



³ Transporte en cifras, Ministerio de Transporte, 2015.

Embarcaciones para navegación menor (<25 ton)

Usualmente estas embarcaciones se utilizan para el transporte de pasajeros y poca mercancía, que en su mayoría corresponde a provisiones de los mismos viajeros. Estos navíos, también llamados “pangas” o “chalupas”, pueden estar propulsados por motores desde 40 hasta 200 CC y usualmente están hechos en madera o fibra de vidrio, dependiendo de la zona y el tipo de navegación que se requiera.

Las “pangas” son embarcaciones de madera que cuentan con remos para su propulsión. Tienen una capacidad máxima de cuatro o cinco pasajeros y se utilizan para recorrer distancias cortas en los ríos y, en algunas ocasiones, entre caños, lo cual permite conectar caseríos con poblaciones cercanas.

Las “chalupas” suelen ser de fibra de vidrio y son propulsadas por motor. Su diseño varía, dependiendo de factores como la distancia que se pretende navegar, el cuerpo de agua por el cual se desplaza y la zona en la que se encuentra (si tienen conexión con el mar, etc.).



Fotografía 2. Embarcaciones de navegación mayor. Muelle del municipio del Charco, Nariño.

Embarcaciones para navegación mayor (>25 ton)

Estas embarcaciones se desplazan por ríos cuyo caudal tiene el calado suficiente para su navegación (1 a 1,5 m, dependiendo del motor).

Están elaboradas en fibra de vidrio y son propulsadas por motores desde 200 CC. Son buques más grandes y se utilizan para el transporte de carga entre poblaciones. En algunos casos, deben recorrer grandes distancias en el mar, por lo que deben tener las especificaciones técnicas mínimas determinadas para su navegación a mar abierto.



Fotografía 3. Embarcaciones tipo Eduardoño. Muelle Casuarito, Vichada.

3.3. NODO DE ACCESO FLUVIAL

Un nodo fluvial es el punto en el cual confluyen las conexiones entre el modo fluvial y otro medio de transporte, ya sea carretero, aéreo u otro punto fluvial, dicha necesidad se atiende través de una infraestructura, como muelles o embarcaderos.

En Colombia, la infraestructura fluvial en canales navegables la atiende el Instituto Nacional de Vías, con excepción del río Magdalena, cuya entidad encargada de la ejecución de planes, programas y proyectos es la Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena, Cormagdalena.

Con base en las directrices establecidas en el Conpes 2814 de 1995, denominado “Plan de acción para el sector fluvial”, se catalogan los muelles en dos grandes grupos: de interés nacional y de

interés regional. Los primeros se caracterizan por ser puertos que cumplen funciones de centros de transferencia de carga, sirven de acceso a las capitales departamentales y pueden estar localizados en zonas fronterizas; los segundos se caracterizan por prestar servicios que suplen necesidades de transporte local y regional⁴.

Así mismo, el documento Conpes 2764 de 1995, “Plan para la recuperación y manejo del río grande de la Magdalena”, incluye en su área de jurisdicción 102 municipios ribereños y San Agustín (Huila), San Sebastián (Cauca), municipios ribereños del canal del Dique, Victoria (Caldas), Majagual, Guaranda y Sucre (Sucre) y Achí (Bolívar), para un total de 115 municipios, con 4,8 millones de habitantes. Además, la corporación tiene áreas comunes con 11 departamentos y 13 corporaciones autónomas regionales.

En el caso de embarcaciones mayores, la longitud navegable es de 10.319 km, de los cuales 6.175 (60 %) son permanentes y 4.144 (40 %) transitorios. Por otra parte, las embarcaciones menores cuentan con 18.144 km de longitud con navegabilidad permanente.

En la cuenca del Magdalena el 25 % de la red fluvial tiene condiciones de navegabilidad permanente para embarcaciones mayores. En la Orinoquia este porcentaje es de 19 %, en la Amazonia de 25 % y en la del Atrato de 28 %⁵.

En la actualidad, Colombia no tiene una clasificación de su red fluvial, lo cual es consecuente con la disminución de la inversión en dicho modo. Tampoco existen estudios que permitan tener un amplio conocimiento de las profundidades que puede alcanzar la red fluvial durante el año.

El Instituto Nacional de Vías ha adelantado monitoreos en algunos ríos, sobre todo en puntos críticos que requieren de atención para continuar con la navegación. Sin embargo, no se cuenta con un modelo de comportamiento de los ríos en toda su longitud a lo largo del tiempo.

⁴ Documento Conpes 2814 de 1995.

⁵ *Ibíd.*

3.3.1. MUELLES FLUVIALES

De acuerdo con diversos factores determinantes, dicha infraestructura se puede clasificar de la siguiente manera:

Muelles fluviales según el tipo de carga

- **Muelles de pasajeros.** Infraestructura destinada para el arribo de embarcaciones que transportan personas. Estos muelles están dispuestos exclusivamente para el turismo o en poblaciones donde las vías principales de acceso corresponden a las vías fluviales. En Colombia suelen utilizarse muelles flotantes metálicos, sobre todo en poblaciones en las que su principal vía de acceso es el río y se contempla una carga adicional debida a posibles víveres o mercancía de mano con la que usualmente viajan algunos lugareños como parte de su sustento diario. Cuando se trata de muelles destinados al turismo se emplean diversos materiales y diseños (madera, aluminio, madera acrílica, etc.).
- **Muelles de carga.** Construcciones destinadas al arribo de embarcaciones con carga (mercancía, ganado, víveres, etc.). Su diseño depende de las condiciones y características del río y del tipo de carga y embalaje que se pretende atender.
- **Muelles de carga mixta.** Infraestructura destinada tanto al arribo de embarcaciones de pasajeros como de carga.

Muelles fluviales según su estructura

- **Flotantes.** Están conformados por una plataforma de concreto en tierra unida por una pasarela, por lo general metálica, a un módulo flotante metálico para las actividades de embarque y desembarque.
- **Marginales.** Se construyen en la orilla de los ríos o la línea litoral como estructuras de concreto, metálicas o de madera, apoyadas sobre pilotes de concreto, metálicos o de madera, con escaleras laterales o frontales para las actividades de embarque y desembarque. En algunos proyectos sus estructuras pueden ser tablestacados o muros de gravedad⁶.
- **Tipo espolón.** Son diques acondicionados que prestan el servicio de embarcaderos, por su estructura y ubicación.

⁶ Ley 1242 de 2008 Código Nacional de Navegación y Actividades Portuarias Fluviales.

- **Tipo rampa.** Muelles en concreto o metálicos soportados sobre pilotes. Los muelles en concreto suelen tener escaleras en uno de sus costados o en el centro.

Muelles fluviales por tipo de embarcación que atienden

- **Embarcaciones mayores.** Los muelles diseñados para atender embarcaciones con capacidad superior a 25 toneladas cuentan con una infraestructura normalmente en concreto, requieren de pilotaje dentro del cauce y capacidad para soportar cargas laterales importantes. Dependiendo del tipo de carga y su embalaje pueden requerir equipos tales como grúas para su operación o rampas laterales cuando se contemple el transporte de semovientes.
- **Embarcaciones menores.** Los muelles diseñados para atender embarcaciones con capacidad inferior a 25 toneladas, su infraestructura es de menores dimensiones y pueden ser flotantes o en concreto. Usualmente se encuentran dispuestos en lugares alejados de los cascos urbanos, donde su única vía de acceso es la fluvial.

4. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UNA INFRAESTRUCTURA FLUVIAL

Tomando como guía el *Manual de consultoría e interventoría para estudios y diseños y gerencia de proyectos en Inviás*, para el diseño de la infraestructura inicialmente se deben analizar todos los factores mencionados, los cuales determinan el alcance de la infraestructura que se va a proyectar y, por supuesto, las dimensiones del estudio previo al diseño, es decir, las condiciones técnicas tales como cartografía, topografía, batimetría, estudio de geología y geomorfología, estudio de geotecnia, estudio de hidrología e hidráulica, caracterización de la embarcación tipo para el proyecto, estudio y diseño estructural de los muelles y obras complementarias, diseño arquitectónico y urbanístico de los muelles, estudios del canal navegable, estudio del acceso terrestre y todo lo concerniente a la gestión ambiental, social y predial.

- Etapas para el diseño de la infraestructura fluvial

En lo previsto en la Ley 1682 de 2013, Ley de infraestructura, un proyecto puede agotar diferentes fases para establecer su madurez, las cuales corresponden a:

- Fase 1. Prefactibilidad
- Fase 2. Factibilidad
- Fase 3. Estudios y diseños definitivos

Al avanzar en cada una de las etapas del proyecto se debe ir profundizando en la información que se debe recolectar.

Así mismo, dependiendo del alcance del proyecto, el estado del sitio, su ubicación, la morfología del río, entre otros, deben proyectarse las obras que se pretenden implementar, ya sea como solución a una necesidad de protección de orilla por erosión, el encauzamiento o la creación de un nuevo nodo de transporte, como muelles o embarcaderos.

4.1. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE MUELLES FLUVIALES

Para efectos del presente documento y tomando como base la estructuración de proyectos que se realizan en la Subdirección Marítima y Fluvial del Invías, se plantean los siguientes procedimientos determinantes, divididos en tres etapas:

- Etapa preliminar
- Estudios de prefactibilidad y factibilidad.
- Diseño definitivo

I. Primera etapa: Etapa preliminar

- a) Alcance del proyecto
- b) Recopilación de información
- c) Análisis de la demanda y oferta del corredor
- d) Delimitación del alcance del proyecto

Proyectos de interés nacional:

- e) Definición de puntos estratégicos a lo largo del corredor

Proyectos de interés regional y local:

II. Segunda etapa: Estudios de prefactibilidad y factibilidad

- f) Estudios previos técnicos para la selección de alternativas y viabilidad económica

III. Tercera etapa: Diseño definitivo

- g) Selección de alternativa
- h) Estudios y diseños de detalle
- i) Estudio de cantidades de obra, análisis de precios unitarios y presupuestos
- j) Estudios ambientales y prediales

I. Primera etapa: Etapa preliminar

- a) **Alcance del proyecto.** Deben identificarse las razones por las cuales se da la intervención, dependiendo de las necesidades identificadas por las que surgió el proyecto. Así mismo, deben determinarse las actividades básicas que más adelante permitan delimitar el alcance del proyecto.
- b) **Recopilación de información.** En esta etapa del proyecto se debe levantar la información disponible, tanto en trabajos realizados previamente como a través de inspecciones en campo, que permitan visualizar un panorama del corredor y sirva como insumo primario para el desarrollo del proyecto en general.
- c) **Análisis de la demanda y oferta del corredor.** El resultado de este análisis debe determinar la viabilidad de los proyectos y su alcance, que puede ser de interés nacional o netamente social, como en muchos casos que se presentan en el país. En esta etapa debe desarrollarse un diagnóstico de la cuenca, con el fin de determinar planes de acción en el vía fluvial. Así mismo, es importante prestar especial atención a las proyecciones de carga que se pretende movilizar para no incurrir en supuestos que puedan volver inviable su implementación.

Como resultado de esta etapa debe poderse determinar lo siguiente:

- i. Diagnóstico general de la cuenca
 - ii. Generalidades de la economía en la región
 - iii. Generar matrices multicriterio
 - iv. Plan de acción fluvial
-
- i. Diagnóstico general de la cuenca:

Con la recopilación de la información disponible y las inspecciones en campo, con el respaldo de sistemas de información geográfica, SIG, se debe caracterizar detalladamente la cuenca de estudio, por lo cual se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Visión territorial.** En lo referente a la localización de la cuenca, los aspectos ambientales, sociales, económicos y políticos en la zona de estudio.

- Visión sectorial. Determinar las corrientes fluviales, hacer un inventario de la cuenca hidrográfica y la oferta de transporte; en general, un resumen de la hidrovía.

ii. Generalidades de la economía en la región

Deben tenerse en cuenta variables como el movimiento total de pasajeros, mercancía y carga, para proyectar posibles escenarios que permitan crear corredores eficientes, económicamente hablando, en comparación con otros modos de transporte, que complementen y en algunos casos migren su demanda.

iii. Generar matrices multicriterio

Esta matriz se debe utilizar para priorizar los proyectos y determinar alternativas para su ejecución, de acuerdo con las necesidades del corredor.

De esta manera se determinan áreas de interés tales como oferta, demanda, regulación y control, ambiental, cultural, política, social y económica, que permitan ponderar, calificar y valorar para su posterior interpretación y generación de planes de acción.

iv. Plan de acción fluvial a lo largo de la cuenca

Este plan debe servir como guía en la toma de decisiones para el fortalecimiento y desarrollo del transporte a lo largo del corredor. En este punto debe contarse con información clara del sitio o sitios que se van a intervenir y con las bases de información de los proyectos que se van a desarrollar.

- d) **Delimitación del alcance del proyecto.** A partir de la información recopilada y la definición del plan de acción se puede determinar el alcance del proyecto, si atiende una necesidad de interés nacional para el desarrollo de la economía o cumple una función netamente social, como sucede en varias partes del país en las que su única vía de acceso corresponde a la fluvial.

Definir el alcance e importancia de los proyectos permite planificar y dimensionar la infraestructura requerida para atender cada necesidad.

Proyectos de interés nacional:

En el caso de proyectos que pertenezcan a un corredor denominado como de interés nacional, éste debe agotar un paso más, el cual debe hacer parte y ser consistente con lo proyectado por la nación dentro de sus planes de desarrollo.

- e) **Definición de puntos estratégicos a lo largo del corredor.** Habiendo definido el alcance del proyecto se puede determinar la infraestructura que se debe construir y los puntos en los que se debe implementar. Cuando el proyecto es de carácter nacional, direccionado a través de planes de desarrollo tal como se menciona en el PMF de 2015, deben definirse las obras necesarias a lo largo del corredor, las cuales deben incluir obras de encauzamiento, diseño de muelles, zonas de embarque y, en general, zonas destinadas para el manejo de mercancías, todo lo cual debe ser consecuente con los análisis de la demanda y oferta y las proyecciones para el corredor.

En Colombia, la mayor parte de la infraestructura proyectada y las inversiones realizadas responden a necesidades sociales y atienden solicitudes hechas por los dirigentes de regiones apartadas, en las que se implementan acciones paulatinas que no están ligadas a ningún plan de desarrollo pero que requieren de dichas intervenciones para la conexión con el resto del país.

II. **Segunda etapa: Estudios de prefactibilidad y factibilidad**

- f) **Estudios previos técnicos para la selección de alternativas y viabilidad económica**

Aquí deben surtirse todas las etapas de estudios y diseños a nivel conceptual y básico de cada proyecto, para determinar las alternativas viables, tanto económica como técnicamente.

Vale la pena mencionar que para el desarrollo de proyectos fluviales en Colombia, la mayor parte de los estudios que se contratan se direccionan desde un comienzo a su etapa de diseño de detalle, teniendo en cuenta que a diferencia del modo carretero las consultorías adelantadas sobre los ríos tienden a desactualizarse si los intervalos de tiempo entre el desarrollo de cada etapa son muy largos, situación que se presenta comúnmente por la distribución de los recursos asignados a este modo y las condiciones que pueden hacer variables estos cuerpos de agua, por lo que al llevarlos hasta la etapa de estudios definitivos se pretende adelantar el proyecto hasta su etapa de construcción.

Recopilación de información

Es la segunda fase del proyecto, debe ser lo más completa y precisa posible, teniendo en cuenta que es la base del proyecto definitivo para su construcción.

Por ejemplo, en el caso de la modelación hidráulica e hidrológica en la que se requieren estadísticas a través del tiempo y datos levantados por entidades oficiales, que en algunas ocasiones se encuentran incompletos o inaccesibles, debe recopilarse la información a través de métodos existentes para la creación de algoritmos para el llenado de datos, evaluar las series antes de utilizarlas en el modelo e intentar así obtener una buena base de trabajo. Sin embargo, siempre es más conveniente para el proyecto contar con una buena base de datos que refleje las condiciones reales del sitio o del cuerpo de agua, ya que puede traducirse en errores y factores de seguridad que encarecen la infraestructura o, en el peor de los casos, la vuelven inviable.

Lo mínimo que se debe contemplar dentro de la información adquirida y recolectada es lo siguiente:

- Estudios de demanda y oferta

Partiendo de la información obtenida en la etapa de prefactibilidad y dependiendo de la importancia del proyecto, este estudio debe contemplar, adicionalmente, el tipo de carga y su embalaje, su frecuencia y matrices origen destino (encuestas en sitio), ya sea de pasajeros o de mercancía, estableciendo los volúmenes que se van a atender y los vectores que permitan priorizar corredores. Así mismo, deben realizarse proyecciones de demanda y costos de operación.

Se debe establecer una embarcación tipo, que sea idónea para el tránsito por el canal, y configurar una flota tipo, capaz de satisfacer la demanda de transporte de carga y de pasajeros, bajo parámetros de eficiencia, productividad, seguridad y calidad del servicio.

Este componente determina el tipo y las dimensiones de la infraestructura que se debe implementar, así como la maquinaria para su construcción.

o Estudios de información técnica

A través de la recopilación de información histórica y los datos en campo se deben poder analizar los siguientes componentes:

- i. Estudio cartográfico, topográfico y batimétrico
- ii. Estudio geológico, geomorfológico y geotécnico
- iii. Estudio de hidrología e hidráulica
- iv. Determinación de la embarcación de diseño
- v. Estudios ambientales, sociales y prediales
- vi. Diseño de alternativas
- vii. Presupuesto comparativo

i. Estudio cartográfico, topográfico y batimétrico

El objeto principal de este capítulo es caracterizar la zona donde posiblemente se ubiquen las estructuras, por medio de un levantamiento topográfico y batimétrico que permita conocer el área de estudio con respecto a las condiciones del lecho, los espacios con que se cuenta y los datos iniciales importantes para determinar el sitio de implantación.

La escala de precisión de este tipo de información depende de la fase en la que se encuentre el proyecto. En la fase 1 puede ser 1:10.000; en la fase 2 1:2.500, ya en fase 3 o definitiva, la escala debe ser no mayor a 1:500, con curvas de nivel de al menos 100 m.

Así mismo, el grado de detalle de la batimetría puede levantarse cada 20 metros en la fase 3 y cada 100 en la etapa de prefactibilidad.

ii. Estudio geológico, geomorfológico y geotécnico

Se debe precisar y condensar de manera clara su caracterización geológica, geomorfológica, geotécnica y de suelos, con estudios de detalle a la escala máxima permitida, de acuerdo con la extensión de las unidades temáticas y las necesidades del estudio (1:5.000 - 1:25.000).

Debe adquirirse la mayor cantidad de fotografías aéreas, imágenes en *landscape* o en otras plataformas que puedan contener información del comportamiento del río a lo largo del tiempo, con el fin de predecir su comportamiento y así tratar de garantizar el buen funcionamiento de la infraestructura.

La profundidad de las perforaciones debe ser tal que permita recomendar de manera apropiada las condiciones de cimentación. Se sugiere realizar perforaciones que lleguen a una cota equivalente a tres veces el ancho de la cimentación por debajo de su nivel en suelos superficiales. En cimentaciones profundas en suelo, se sugiere que dicha profundidad sea 4 m por debajo de la cota prevista para los pilotes.

Para cimentaciones en roca, la perforación debe hacerse por lo menos a 5 m dentro del estrato rocoso, de tal manera que se pueda garantizar que se trata de la formación rocosa y no del bloque de un depósito.

Por otro lado, deben tomarse muestras del material del fondo del lecho, con el fin de determinar la tasa de sedimentación que pudiera surtir por efectos de una nueva infraestructura en el cauce y, así mismo, determinar el tipo de mantenimiento y su periodicidad.

Esta etapa de exploración debe realizarse antes de ejecutar los diseños en detalle, para caracterizar adecuadamente la zona y determinar el sitio más apropiado para el emplazamiento de la infraestructura, de acuerdo con el estudio de la morfodinámica del cuerpo de agua.

iii. Estudio de hidrología e hidráulica

Entre los datos que deben recopilarse inicialmente se recomienda recoger toda la información correspondiente a niveles medios mensuales, máximos, mínimos y datos de estaciones limnigráficas. Esta información se debe completar, depurar, analizar y evaluar en el caso de no contar con muchos datos, de acuerdo con lo que ya se mencionó.

Con la información obtenida se deben realizar los análisis hidrológicos e identificar las proyecciones en los periodos de retorno de 10, 20 y 50 años. Así mismo, a través de programas de modelación se debe determinar la rata de sedimentación con y sin infraestructura. Esto es importante, ya que permite determinar el tipo de mantenimiento y la infraestructura complementaria que se debe diseñar para el correcto funcionamiento del sistema.

De la calidad de esta etapa de recolección de información depende el éxito del proyecto.

iv. Determinación de la embarcación de diseño

Deben adelantarse aforos para determinar el origen-destino y volumen por tipo de embarcación, con el fin de poder visualizar y caracterizar la distribución horaria, definir la embarcación de diseño y el volumen y tipo de carga que se va a atender.

v. Estudios ambientales, sociales y prediales

Hay que determinar el área de influencia directa del proyecto e identificar los aspectos sociales como la existencia o no de comunidades y los aspectos prediales que puedan dar o no viabilidad a su desarrollo.

vi. Diseño de alternativas

Después de obtener la información base del proyecto, se debe analizar, precisar y determinar el diseño de varias alternativas de la infraestructura, teniendo en cuenta los aspectos morfodinámicos de la zona y los planes de ordenamiento de la región.

En principio, a partir de la información levantada, se debe escoger el sitio en el que se implementará la infraestructura, el cual debe mantener un calado tal que permita el arribo de embarcaciones la mayor parte del tiempo, teniendo especial cuidado en disminuir la probabilidad de socavación de la margen. Así mismo, este lugar debe tener capacidad logística para el desarrollo del proyecto, es decir, contar con accesos terrestres propicios, servicios de agua, energía, gas, teléfono, combustible y redes sanitarias. Si no cuenta con alguna de estas exigencias, se deben proyectar las obras necesarias para que en lo posible cumpla con todos los mínimos requeridos que garanticen su estabilidad, durabilidad y acceso.

Para el correcto desarrollo del proyecto es importante contar con los permisos y requisitos previos, así como adelantar las reuniones necesarias para mantener a la comunidad al tanto de las obra de adecuación. Dependiendo de la envergadura del proyecto, las corporaciones a cargo podrán hacer requerimientos que se deben solucionar antes de escoger la alternativa más viable.

vii. **Presupuesto comparativo**

Con base en los datos obtenidos y analizados en esta etapa de evaluación de factibilidad, se debe realizar un presupuesto comparativo que permita valorar las alternativas planteadas, de tal forma que sirva como insumo para la toma de decisiones.

III. Tercera etapa: Diseño definitivo

g) **Selección de alternativa**

En esta etapa se debe escoger la alternativa más viable, teniendo en cuenta factores importantes como presupuesto de inversión, tiempos de ejecución del proyecto y factibilidad a nivel social, cultural y ambiental.

Después de definir la alternativa más viable para el proyecto, se debe diseñar a detalle la infraestructura que se va a construir, profundizando en la información recolectada y procesada hasta el momento.

h) **Estudios y diseños de detalle**

Posteriormente, se debe obtener información detallada del sitio en el cual se implementará la infraestructura, con el fin de caracterizar cada uno de los elementos que harán parte del proyecto. Para esta etapa debe recopilarse, como mínimo, la siguiente información:

- i. Estudio cartográfico, topográfico y batimétrico
- ii. Estudio geológico, geomorfológico y geotécnico
- iii. Estudio de hidrología e hidráulica

i. **Estudio cartográfico, topográfico y batimétrico**

Se deben realizar levantamientos topográficos y batimétricos en la zona escogida para el emplazamiento de la infraestructura. La topografía se debe georreferenciar como mínimo con dos puntos, los cuales deben estar en el sistema de referencia Magna-Sirgas, que se utiliza para Colombia. Para hacer el amarre vertical se determinan los NP del IGAC disponibles en la zona del proyecto, a partir de los que se establece la metodología para corregir el error vertical de las nivelaciones. Si no existen NP o son escasos, se pueden trasladar cotas a todos los GPS,

mediante el modelo geodial Geocol 2004 e ir ajustando la nivelación entre los GPS que cumplan con el error de cierre de un centímetro por kilómetro o ir descartándolos hasta el siguiente que cumpla. Dichos puntos sirven de referencia para llevar a cabo el replanteo de la obra.

Estos mojones se deben construir en concreto con las siguientes dimensiones: 30 x 30 cm, profundidad mínima de 60 cm, deben sobresalir del terreno mínimo 20 cm y estar fundidos en forma de pata de elefante. Cada mojón debe tener una placa de bronce o aluminio en su parte superior⁷.

Los levantamientos topográficos del área directa y batimétricos del cauce y margen del río deben cubrir una longitud y área igual o mayor a la requerida para el diseño del muelle y las obras complementarias.

Los levantamientos de perfiles topográficos altimétricos del terreno y batimétrico del cauce (secciones transversales) deben ser: mínimo 3 km aguas arriba y 3 km aguas abajo de la zona esperada de ubicación del muelle. En el sitio de ubicación del muelle se deben detallar los levantamientos de la siguiente manera: perpendiculares a la margen del río, separados entre sí 20 m, como máximo.

El consultor debe asegurar que los levantamientos batimétrico y topográfico estén georreferenciados a los puntos de control materializados, de tal manera que se pueda elaborar un modelo digital del terreno que permita adelantar los diseños respectivos.

ii. Estudio geológico, geomorfológico y geotécnico

El principal objetivo de esta exploración es evaluar los estudios existentes y realizar investigaciones de suelos y perforaciones para corroborar y complementar la información existente, así como determinar la estratigrafía y la caracterización de los materiales que permitan el diseño de la cimentación de las estructuras (capacidad portante, presencia de material licuefactable y asentamientos, principalmente).

El número de sondeos debe permitir conocer las condiciones del subsuelo en el área de estudio. Estos sondeos se deben realizar en las zonas que requieran obras de infraestructura en tierra. Las perforaciones para caracterización del cauce deben realizarse mínimo 5 m por dejado del MLLW.

Para cimentaciones en suelos superficiales se sugiere realizar perforaciones con una profundidad tal que se llegue a una cota equivalente a tres veces el ancho de la cimentación por debajo de su nivel.

⁷ *Manual de carreteras*, Instituto Nacional de Vías.

En cimentaciones profundas en suelo, se recomienda que dicha profundidad sea 4 m por debajo de la cota prevista para los pilotes.

Dentro de este análisis se deben caracterizar los siguientes aspectos:

- ✓ El subsuelo
- ✓ Perfil estratigráfico
- ✓ Socavación
- ✓ Geotécnico
- ✓ Obras complementarias

iii. Estudio de hidrología e hidráulica

En el análisis de este estudio se deben contemplar todas las estadísticas existentes de caudales promedios máximos y mínimos y los aforos de caudales.

Así mismo, adelantar y analizar los niveles máximos y mínimos de operación del canal navegable y calcular las fuerzas hidrostáticas que actuarán sobre la estructura del muelle.

La información de caudales y velocidades se debe tener como referencia para analizar las fuerzas dinámicas que actúan sobre la estructura y como base para el estudio del transporte de sedimentos.

Diseño definitivo

- Diseño de la infraestructura de atraque

Después de evaluar la información recolectada (proyecciones de carga, embarcación de diseño, geotécnica, hidráulica, etc.) se debe estudiar, dentro del tipo de muelles mencionados, la infraestructura más conveniente para atender la necesidad, determinar las obras de protección si es necesario, tanto de la orilla como de la adecuación del canal navegable, que garanticen ciertas profundidades para la navegación y el arribo.

- Diseños de la superestructura

Igualmente, se deben diseñar las obras requeridas en tierra que configuren el nodo intermodal, como vías de acceso al muelle y zonas de maniobras, bodegas y sitios de almacenaje, casetas de vigilancia, oficinas administrativas, talleres de mantenimiento, restaurantes, salas de espera, almacenes, baños, duchas, parqueaderos y suministro de combustible. Así mismo, debe contar con servicios de acueducto, alcantarillado, energía, teléfono y manejo de desechos.



Ilustración 4. Esquema Muelle de carga. Puerto Carreño, Vichada⁸.

Diseño de la infraestructura

Conocidas las condiciones de demanda del muelle (cantidad de embarcaciones en hora pico, capacidad de la embarcación), el tipo de embarcación que se va a atender (pasajeros o carga) y el nivel de servicio que se pretende prestar, se deben determinar las dimensiones de la infraestructura. Si se está diseñando un muelle de carga hay que analizar, adicionalmente, el tipo de embalaje de la carga que usualmente se maneja por el río, ya que en el caso de que el proyecto pretenda

⁸ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS- Estudios y diseños para la vía de acceso al muelle de Puerto Carreño

generar un cambio del tipo de embalaje, producto de la proyección realizada, se deben contemplar las etapas de transición para los navieros.

En función de la demanda, los tiempos de espera, el tipo de muelle y la cantidad de embarcaciones, se debe diseñar la logística de operación del muelle, lo cual implica lo siguiente:

- Suficientes puntos de atención a embarcaciones, en función de los tiempos de espera y los volúmenes de arribo.
- El calado adecuado para mantener la navegación en el canal de aproximación al muelle.
- Maquinaria y equipo para cargue y descargue.
- Operación de la maquinaria.
- Disposición de los espacios requeridos para la operación.

Es importante considerar los espacios entre los puestos de atraque, que deben permitir realizar maniobras entre navíos de por lo menos 1,5 veces la eslora de la embarcación de diseño, así la longitud total del muelle será la sumatoria de cada uno de los puntos de atraque, incluido el espacio para las maniobras de zarpe, cuando el muelle previsto tenga módulos continuos⁹.

a. Diseño estructural

Inicialmente debe determinarse el material más conveniente para la construcción del muelle, el cual depende de diversos factores, como la zona en la que se va a trabajar, la disponibilidad del material y los equipos y, por supuesto, que cumpla con las especificaciones de diseño. La omisión de esta revisión puede acarrear costos mayores para el proyecto.

Se deben evaluar y modelar los elementos constructivos, los materiales, los detalles de los elementos estructurales, las barandas, los detalles de los pilotes, el espesor de placa (en el caso de aplicar), los refuerzos, etc. Dependiendo los diseños que se pretendan proyectar, es importante aplicar las normas y códigos internacionales, ya que Colombia no cuenta con normas actualizadas para el diseño de muelles.

Análisis sísmico de la estructura y diseño de los elementos estructurales. Por medio de un modelo matemático apropiado, se debe revisar que la infraestructura en tierra cumpla con la estabilidad necesaria, dependiendo la zona del proyecto y sus desplazamientos máximos.

⁹ Garzón Vargas, John Jefferson. Tesis. Universidad Nacional de Colombia.

Cimentación. Las cargas obtenidas del análisis y la combinación de carga a nivel de fundación se deben emplear para el diseño de los elementos de cimentación, siguiendo los requisitos propios del material estructural.

Diseño de las áreas de servicio del muelle. Se debe incluir el detalle del diseño de las bitas de amarre de las embarcaciones, la iluminación, los puntos de servicio, los acabados del muelle, las zonas de basuras, etc.

La modelación matemática de cargas debe tener en cuenta las cargas generadas por:

- Empujes
- Arrastre por acción del agua
- Hidrostáticas (presión y flotación)
- Sismo
- Viento
- Choque por embarcaciones
- Por oleaje
- Cargas muertas y vivas

El diseño de las defensas del muelle a las cargas mencionadas debe evitar al máximo las deformaciones de la infraestructura.

Deben estructurarse los planos con las especificaciones particulares y generales, la localización del proyecto georreferenciado, los planos de la planta y el perfil, la especificación de los materiales, las características geométricas, el detalle de los elementos estructurales, los detalles constructivos, los cuadros de aceros de refuerzo y concretos, indicando la escala correspondiente.

b. Diseño de las estructuras para la protección por socavación del muelle

A partir de la información que caracteriza los materiales del lecho, los perfiles topográficos, las líneas y velocidades de flujo, los coeficientes de rugosidad, la determinación de la sedimentación característica del sector, las pendientes hidráulicas y los caudales, se deben adelantar los estudios de socavación para determinar las obras necesarias que disminuyan este fenómeno sobre el muelle.

c. Diseño arquitectónico

Este diseño debe incluir los parámetros y las recomendaciones resultantes del estudio en cada una de las especialidades del proyecto, así como el diseño en planta y la distribución espacial de los elementos del muelle. De igual forma, los planos proyectados deben mostrar al detalle todos los elementos diseñados y la

ubicación de las bitas, las defensas, los espacios para cargue y descargue, las zonas administrativas, la ubicación de los talleres, los puntos de las acometida, los servicios y los espacios de tránsito.

El diseño arquitectónico debe contemplar lo siguiente:

- Espacios destinados a los diferentes usos.
- Verificar, localizar y establecer de forma definitiva los servicios requeridos.
- Zonas de circulación y permanencia.
- Diseñar elementos del mobiliario urbano.
- Cumplir con los lineamientos de las autoridades ambientales y municipales competentes.
- Especificar los materiales.
- Los muelles y pasarelas deben permitir el fácil acceso a personas con discapacidad, ancianos, mujeres embarazadas o con niños; así mismo, toda la instalación portuaria debe contar con protección y medidas de seguridad para evitar accidentes.

d. Manuales de operación

Se deben incluir los manuales de operación y mantenimiento de la infraestructura que se va a construir, especificando el procedimiento para el cargue y descargue, almacenaje, disposición de la mercancía, etc., así como el de mantenimiento de equipos e instalaciones y su frecuencia.

e. Estudios ambientales, prediales y permisos

En lo posible, se debe contar con los permisos ambientales necesarios para la construcción del muelle en la etapa de estudios y diseños, esto permite que en el momento de la ejecución de las obras sea mucho más eficiente, teniendo en cuenta que para construir un muelle en un canal navegable del país actualmente es necesario presentar un estudio de impacto ambiental y la licencia ambiental respectiva. Igualmente, si es un ente privado el que requiere construir un muelle debe obtener un permiso adicional ante el Ministerio de Transporte, que autoriza su construcción o no.

Así mismo, se deben tramitar los permisos necesarios para construcción ante la autoridad local y las licencias de construcción respectivas.

- f. Determinación de la especificación de la construcción, cantidades de obra, análisis de precios unitarios y presupuesto

Se deben determinar y analizar todos los costos y gastos necesarios para la ejecución del proyecto.

Especificaciones de construcción. Éstas deben ser suficientemente detalladas respecto a los materiales de construcción, la metodología de construcción (incluidas las recomendaciones a cerca del momento del año en el que es más conveniente iniciar obras) y la unidad de pago.

Cantidades de obra. De acuerdo con los planos y diseños obtenidos de todo el proceso, se determinan los aspectos principales que corresponden para la ejecución de las obras.

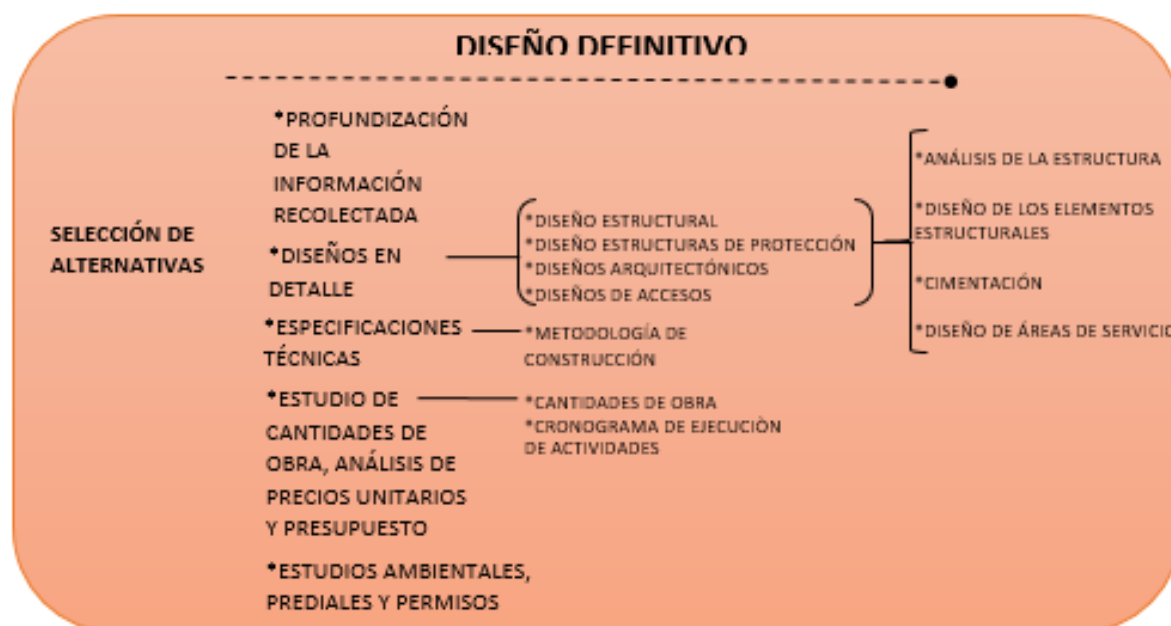
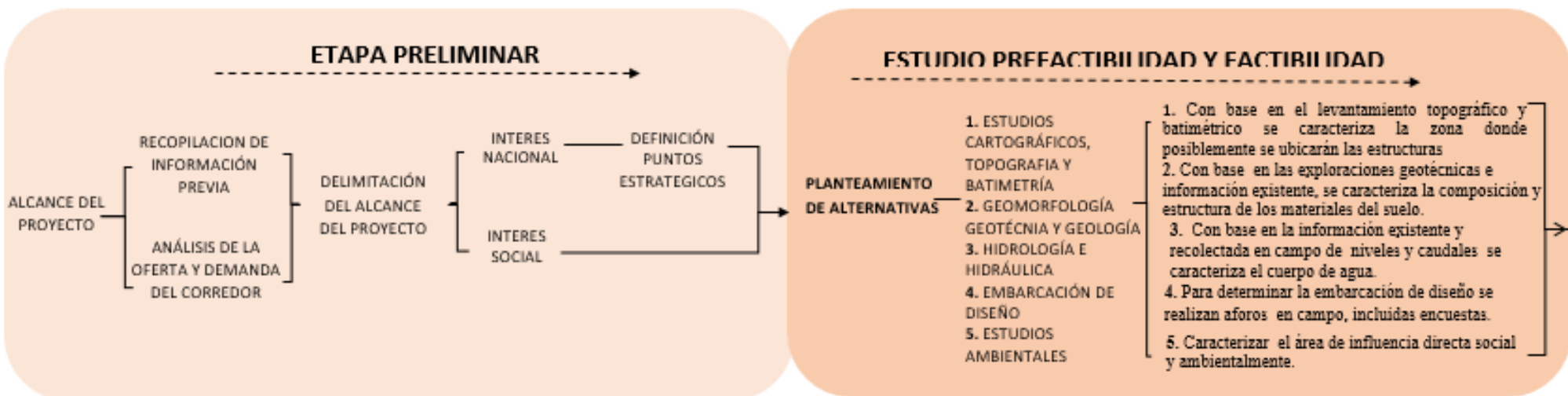
Con estas grandes partidas se estructuran uno por uno los análisis de precios unitarios que harán parte del presupuesto de obra.

Debe incluirse el análisis económico del mantenimiento y operación de los equipos y la infraestructura diseñada.

Cronograma de actividades. Se debe organizar el cronograma de actividades correspondiente a la metodología de construcción de las obras proyectadas.

4.2. ESQUEMA PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA FLUVIAL

Como resultado de esta propuesta de metodología se ha elaborado un esquema en el que se visualizan los procedimientos a surtir para cada una de las etapas en el proceso de la maduración de un proyecto fluvial, el cual permite muy sencillamente ampliar y complementar el alcance de cada etapa tomando como referencia la indicado en este documento.



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo de grado se consideran y tienen en cuenta los conceptos, la reglamentación y normatividad que aplica el Instituto Nacional de Vías, paralelo al trabajo que vengo realizando en esta institución para los proyectos de infraestructura fluvial en el país.

Cabe aclarar que este documento se generó como una guía para proyectos de pequeña escala y se concibió como alternativa de solución para integrar el modo fluvial con otros medios de transporte.

El presente estudio se basó en la legislación colombiana, en los manuales y la normativa existentes, para lo cual se adoptó como estructura inicial la Ley 1682 de 2013, Ley colombiana de infraestructura, la cual plantea que para la maduración de un proyecto es necesario agotar tres etapas, las cuales permiten tomar decisiones acerca de éste y su viabilidad. Sin embargo, el resultado de la experiencia desarrollada en proyectos de infraestructura fluvial, a diferencia de algunos proyectos viales carreteros, recomienda surtir estas etapas en un tiempo breve, ya que las condiciones variables de los cuerpos de agua y cualquier intervención aguas arriba puede alterar o modificar las condiciones del proyecto.

Este estudio permite concluir que es importante determinar desde un comienzo el enfoque y las necesidades que se piensan satisfacer con la implementación de una infraestructura fluvial, para establecer si hará parte de un proyecto con perspectivas a nivel nacional o si se pretende atender una necesidad a nivel regional. Sin embargo, es claro que los estudios y diseños deben contener, en menor o mayor escala, como base inicial la recolección de toda la información y los estudios desarrollados, con el fin de tener como base una proyección viable del comportamiento del río en el sitio de estudio, lo cual es de suma importancia teniendo en cuenta que la infraestructura se pone al servicio de personas y, por lo tanto, debe garantizar que la posibilidad de afectación por riesgo sea mínima.

En un proyecto de infraestructura fluvial las etapas de prefactibilidad y factibilidad deben tener como resultado final la selección de la alternativa más viable desde el punto de vista constructivo, económico y técnico. En más de una ocasión el balance de estas tres variables no es tan obvio y, por lo tanto, la determinación de la solución más óptima resulta del buen criterio.

En los proyectos de infraestructura fluvial desarrollados en Colombia el factor económico tiene gran importancia, razón por la cual en algunas ocasiones su desarrollo requiere una estructuración por etapas, para lo cual es necesario planearlo así desde el momento de escogencia de la alternativa más viable.

Actualmente el país cuenta con un Plan Maestro Fluvial, que pretende incorporar el sistema fluvial con otros medios de transporte a través de una integración multimodal. Sin embargo, la red de carreteras continúa siendo prioridad en los planes de desarrollo, por eso se encuentran vías paralelas en su recorrido a los ríos, desaprovechando esta red fluvial como vías naturalmente existentes.

En conclusión, mientras no se conciba al río como una vía y la inversión en este sector no aumente por parte del gobierno nacional, la mayor parte de los proyectos que se desarrollen sólo atenderán necesidades inmediatas, siendo una solución paulatina a un problema de integración regional.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Ministerio de Transporte (2015). Plan Maestro Fluvial.
2. Ley 1682 de 2013. Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias.
3. Departamento Nacional de Planeación. Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018.
4. Ley 1242 de 2008. Código Nacional de Navegación y actividades portuarias fluviales y se dictan otras disposiciones.
5. FAO (1996). Construcción y mantenimiento de puertos y desembarcaderos para buques pesqueros.
6. Ministerio de Transporte (2015). Documento transporte en cifras.