



Libertad y Orden



---

REPÚBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE TRANSPORTE  
AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

---

CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA DE APP No [\*] de [\*]

Entre:

Concedente:

Agencia Nacional de Infraestructura

Concesionario:

[\*]

**APÉNDICE TÉCNICO 0**  
**ALCANCE DEL PROYECTO**

## Tabla de contenido

<b>Tabla de contenido .....</b>	<b>2</b>
<b>Lista de Tablas.....</b>	<b>2</b>
<b>Lista de ilustraciones.....</b>	<b>3</b>
<b>DEFINICIONES.....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>7</b>
2.1 Descripción General del Proyecto.....	7
2.2 Diagnóstico de la situación actual.....	7
2.3 Localización.....	9
2.3.1 Abscisado.....	9
2.4 Tramos del Proyecto.....	10
2.5 Descripción de las Unidades Funcionales.....	11
2.5.1 Unidades Funcionales 1 y 2.....	12
2.5.2 Unidades Funcionales 3 a 16.....	14
2.5.3 Tipologías presentes en Unidades Funcionales (aplicable a las UF 2 a 16).....	16
2.5.4 Unidad Funcional 17.....	17
2.5.4.1 Amarraderos.....	17
2.5.4.2 Señalización de Puentes.....	19
2.5.4.2.1 Mejor punto de paso.....	19
2.5.4.2.2 Señalización diurna.....	19
2.5.4.2.3 Señalización nocturna.....	21
2.5.4.2.4 Características técnicas de las linternas.....	22
2.5.5 Unidad Funcional 18.....	22
2.6 Niveles de Referencia para la definición de profundidades operativas del Canal Navegable.....	24
2.7 Embarcaciones de diseño.....	26
2.7.1 Sector Marítimo.....	26
2.7.2 Sector Fluvial.....	27
2.8 Características del Canal Navegable.....	29
2.8.1 Canal Navegable Tramo 1 sector marítimo K-3+000 a K21+825.....	30
2.8.2 Canal Navegable Tramo 1 sector marítimo K21+825 al K36+500.....	30
2.8.3 Canal Navegable fluvial K36+500 al K665+000.....	31
2.8.4 Zonas de cruce.....	31

## Lista de Tablas

Tabla 1: Condiciones de navegabilidad actuales por sector.....	8
--	---

Tabla 2: Abscisado del cauce activo 2019 (K).....	9
Tabla 3: Tramos del Proyecto .....	11
Tabla 4: Tramos y sectores.....	11
Tabla 5: Ubicación y tipología de Unidades Funcionales .....	12
Tabla 6: Longitud mínima de Unidades Funcionales 1 y 2 por tipología en Tramo T1 .....	13
Tabla 7: Cota de coronación de las UF3 a UF7; UF9 a UF13; UF 15 y UF16 .....	14
Tabla 8: Longitud mínima de Unidades Funcionales 3 a 16 por tipología en tramo T2 .....	15
Tabla 9: Nivel para cálculo estructural .....	15
Tabla 10: Ubicación puntos de amarre.....	17
Tabla 11: Identificación de puentes viales .....	19
Tabla 12: Niveles de Reducción.....	24
Tabla 13: Modelos de embarcaciones de diseño de referencia para el sector marítimo .....	27
Tabla 14: Embarcaciones de diseño para Tramo 1 y 2. Sector fluvial .....	28
Tabla 15: Embarcación para ambas direcciones antes de completar las Unidades Funcionales Tramo T2. Sector fluvial .....	28
Tabla 16: Dimensiones del Canal Navegable.....	29
Tabla 17: Dimensiones del Acceso al Canal del Dique .....	30

### **Lista de ilustraciones**

Ilustración 1 Principales arterias fluviales al Río Magdalena .....	9
Ilustración 2: Esquema Señalización Diurna Puente - Vista de Planta .....	20
Ilustración 3: Esquema Señalización Diurna Puente - Vista Lateral.....	20
Ilustración 4: Ejemplo de Vista de Planta Señalización Nocturna Puentes.....	21
Ilustración 5: Ejemplo de Vista Lateral Perfil Eje Longitudinal Señalización Nocturna del Puente .....	22

## **DEFINICIONES**

Además de las definiciones contenidas en el Contrato de Concesión, a menos que expresamente se estipule de otra manera o se definan de manera particular en otro aparte de este Apéndice, los términos en mayúscula inicial que se usan en el presente Apéndice, estén utilizados en forma singular o plural, tendrán el significado asignado a dichos términos según se indican a continuación:

- a) “Anclajes”: se refiere a las obras ejecutadas para la sustentación de los diques direccionales y diques perpendiculares en los barrancos de las orillas del Canal Navegable.
- b) “Canal del Dique”: Bifurcación artificial del Río Magdalena que conecta la bahía de Cartagena al Río Magdalena. Delimita al norte y al occidente por el Mar Caribe y al oriente por el Río Magdalena. La conexión al Río Magdalena se produce a la altura del municipio Calamar, departamento de Bolívar.
- c) “Cota de Coronación”: es la elevación en metros sobre el nivel del mar de un dique sumergido, contada desde del extremo superior de la estructura sobre el cauce del río que compone ese dique.
- d) “Estación Limnimétrica”: Estación donde se mide y registra en tiempo real el nivel de una corriente hídrica mediante equipamiento especializado que mide la altura del agua.
- e) “IALA” International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities.
- f) “IDEAM”: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, adscrito al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que tiene a su cargo el levantamiento y manejo de la información científica y técnica sobre los ecosistemas que forman parte del patrimonio ambiental del país.
- g) “IGAC”: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, que tiene a su cargo producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia, elaborar el catastro nacional de la propiedad inmueble, realizar el inventario de las características de los suelos, adelantar investigaciones geográficas como apoyo al desarrollo territorial; capacitar y formar profesionales en tecnologías de información geográfica y coordinar la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE).
- h) “GPS”: Sistema de posicionamiento global, es un sistema satelital propiedad de los EE.UU. que proporciona a los usuarios información sobre posicionamiento, navegación y cronometría.
- i) “DGPS”: GPS diferencial, es un sistema que proporciona a los receptores de GPS correcciones de los datos recibidos de los satélites GPS, con el fin de proporcionar una mayor precisión en la posición calculada.
- a) “Nivel de Reducción”: Corresponde a los valores expresados en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) para cada una de las estaciones del IDEAM mencionadas

en la Tabla 12 del Apéndice 0. Para efectos de verificar el cumplimiento del Indicador de Profundidad del Canal exigido en el Apéndice Técnico 4, el Nivel de Reducción en cualquier punto del Río Magdalena comprendido entre el Sector T1-3 y el Tramo 2 (ambos inclusive) se calculará por interpolación proporcional de niveles en relación con la distancia, medida por el eje del canal navegable diseñado, a las estaciones del IDEAM más cercanas aguas arriba y aguas abajo del punto objeto de medición.

- j) “Revestimiento”: se refiere a las estructuras que se colocarán en los taludes de las orillas del Canal Navegable, para conformar los revestimientos de defensa contra la erosión del talud o para conformar alineamientos futuros de la orilla.
- k) “Tramos”: es la división geográfica del Canal Navegable a efectos del Proyecto, de acuerdo con criterios de afectación o no de las mareas.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El presente Apéndice Técnico 0 comprende la descripción y localización del Proyecto, así como la descripción de las Unidades Funcionales.

La aplicación de este Apéndice Técnico deberá ser efectuada en concordancia con lo establecido en el Contrato de Concesión. En todo caso, de presentarse alguna contradicción entre lo previsto en este Apéndice Técnico y los demás documentos contractuales, se atenderá a lo previsto en la sección 1.2(d) del Contrato.

El cumplimiento de las normas y parámetros que se establecen en este Apéndice Técnico corresponden a las especificaciones mínimas exigidas, las cuales no excusan al Concesionario de la obtención de los resultados establecidos en el Apéndice Técnico 4 – Indicadores ni del cumplimiento de lo especificado en los demás Apéndices Técnicos.

Será obligación del Concesionario conocer y aplicar la Ley Aplicable, así como las normas internacionales de acuerdo con las necesidades del Proyecto, además de aquellas solicitadas por la autoridad ambiental para la ejecución del Proyecto, sin importar si se mencionan o se omiten en este Apéndice Técnico.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **2.1 Descripción General del Proyecto**

De acuerdo con la Sección 3.1 del Contrato de Concesión, el Proyecto tiene como objeto la ejecución de las siguientes actividades orientadas a mejorar la navegabilidad del Río Magdalena entre Barrancabermeja y Bocas de Ceniza:

- (i) La elaboración de los Estudios y Diseños de Detalle, la financiación y la ejecución de las Unidades Funcionales.
- (ii) La elaboración de los demás diseños que sean requeridos para el Dragado de Mantenimiento y de los elementos físicos requeridos para las actividades de Operación y Mantenimiento y demás actividades técnicas del Proyecto.
- (iii) La Operación del Canal Navegable, incluyendo la ejecución del Dragado de Mantenimiento y la prestación de los Servicios de Apoyo a la Navegación.
- (iv) El Mantenimiento de las Unidades Funcionales.
- (v) La reversión de bienes a la ANI.

El Canal Navegable es definido como “*la vía de 668 kilómetros en el cauce del Río Magdalena, comprendidos entre Bocas de Ceniza, en Barranquilla, departamento del Atlántico (K-3), hasta Barrancabermeja (K665) en el departamento de Santander, destinada a la navegación de embarcaciones.*”

En los últimos 27 kilómetros del Río Magdalena, que corresponden al Tramo DIMAR, el Concesionario únicamente realizará las actividades relacionadas con relevamientos batimétricos; instalación y mantenimiento de Estaciones Limnimétricas; Amarraderos y Señalización de puentes; dragado de mantenimiento y reparación del Tajamar Occidental y construcción de protección de orillas, que se describan en los Apéndices Técnicos. En el Tramo DIMAR, la DIMAR conserva sus competencias y, en consecuencia, el Concesionario no realizará actividades relacionadas con la publicación para DIMAR de batimetrías del Canal Navegable, el despeje del Canal Navegable, ni ninguna otra actividad que no se encuentre prevista expresamente en el Contrato o en los Apéndices Técnicos. Lo anterior, sin perjuicio de las obligaciones del Concesionario de brindar a la DIMAR acceso a la información derivada de los relevamientos batimétricos que desarrolle en el Tramo DIMAR y de informar a la DIMAR de cualquier evento que tenga conocimiento, en los términos señalados en el Apéndice Técnico 2.

### **2.2 Diagnóstico de la situación actual**

El Río Magdalena actualmente ofrece condiciones de navegabilidad en el tramo comprendido desde Barranquilla o Cartagena (accediendo por el Canal del Dique, tramo

fuera del alcance de este proyecto) hasta Barrancabermeja. Sin embargo, presenta algunas restricciones de tipo físico que se manifiestan en un efecto reductivo del calado, tales como las altas tasas de sedimentación, canales secundarios, reducción de anchos de navegación, reducción de radios de curvatura, la fluctuación de los niveles y la alta dinámica de orillas en algunos sectores.

En la Tabla 1 que se relaciona a continuación, se resumen las condiciones de navegabilidad previas al inicio de la Etapa de Preconstrucción, las cuales no constituyen una garantía en cuanto a las condiciones en las cuales el Concesionario habrá de recibir el Canal Navegable, y por lo tanto, no corresponden a una obligación de la ANI. Los datos que se presentan a continuación son de carácter puramente informativo, y dependen principalmente de la tipología de embarcaciones utilizada, del sector que se esté navegando y de la época del año. Así mismo se relaciona el tipo de convoy que se moviliza actualmente en cada uno de los sectores:

**Tabla 1: Condiciones de navegabilidad actuales por sector**

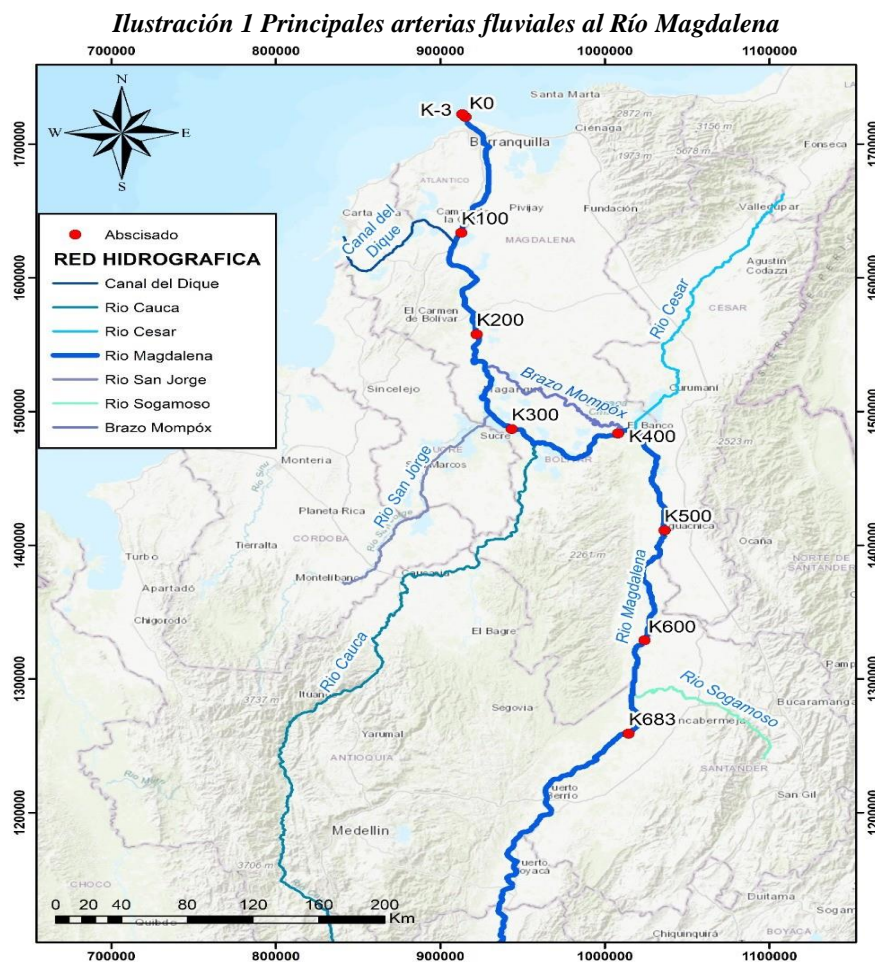
<b>Sector</b>	<b>Condiciones generales</b>	<b>Embarcación o Convoy de diseño</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Bocas de Ceniza – Puente Pumarejo (K-3 – K22)</b>	Cuenta con 22 Km entre la desembocadura y el Puente Pumarejo y 3 Km de zona de aproximación marítima. La profundidad operativa es de 12.19 m para el sector de aproximación, 12.0 m del K0 al K2 y la profundidad operativa del K2 al K22 es de 11.4 m. Requiere de dragado de mantenimiento frecuente durante el año.	Como se detalla en la sección 2.7 de este Apéndice.	Cuenta con diversas estructuras de encauzamiento y reducción de desembocadura del Río Magdalena, como Dique Boyacá, Tajamar Occidental, Dique interior de contracción, Dique direccional, Dique Guía, Espolón E-6, Espolón E-0, Espolón E-1, Espolón E-2 y Espolón E-3. En el K21+825 se halla el Puente Laureano Gómez con limitaciones por gálibo y restricciones de luz navegable.
<b>Puente Pumarejo – Puerto PIMSA (K22 – K36)</b>	Cuenta con restricciones a la navegación marítima hasta Puerto PIMSA (7 m de calado) para la embarcación de diseño.	Como se detalla en la sección 2.7 de este Apéndice.	
<b>Puerto PIMSA – Pinillos (K36 – K315)</b>	Presenta condiciones naturales favorables para la navegación de convoyes de 2.13 m de calado, con un volumen de dragado reducido. Presenta restricciones a la navegación en cruces de puentes.	Como se detalla en la sección 2.7 de este Apéndice.	Puntos críticos para navegabilidad en K67 y K293 por dinámica fluvial, en K250 por curva y aproximación a Puente Roncador y en K180 por aproximación a Puente Antonio Escobar.
<b>Pinillos – La Gloria (K315 – K463)</b>	En general presenta condiciones favorables en profundidad para la navegación de convoyes de 2.13 m de calado, con un volumen de dragado reducido. Presenta restricciones en radios de curvatura para ciertas configuraciones de convoyes.	Como se detalla en la sección 2.7 de este Apéndice.	Punto crítico para navegabilidad entre K321 y K336 por cambio de brazo navegable.
<b>La Gloria – Barrancabermeja (K463 – K665)</b>	Este sector presenta restricciones de profundidad operativa y/o radios de curvatura en algunos tramos (Canal de la Armada,	Como se detalla en la sección 2.7 de este Apéndice.	Puntos críticos para navegabilidad en K500, K521, K534, K543, K570, K583, K598, K613, K621,



	Bufalera, Patico, Cantagallo, Yarirí, San Pablo, Canaletal, entre otros) para la navegación de convoyes es de 2.13 m de calado.	K626, K635, K646 y K651 por dinámica fluvial y en K662 por aproximación a Puente Guillermo Gaviria.
--	---	---

## 2.3 Localización

La siguiente gráfica ilustra la localización del Canal Navegable:



Fuente: UNINORTE (Sistema de georreferenciación Magna-Sirgas)

### 2.3.1 Abscisado

El abscisado de referencia empleado en el Proyecto corresponde a una nomenclatura simbolizada con la letra K, correspondiente a un alineamiento sobre el cauce activo que permite definir la longitud real dentro del Canal Navegable. La siguiente Tabla 2 muestra el abscisado del cauce activo para el Proyecto.

Tabla 2: Abscisado del cauce activo 2019 (K)

Ubicación	Abscisado Proyecto [K]
Zona marina	-3
Bocas de Ceniza	0

<b>Ubicación</b>	<b>Abcisado Proyecto [K]</b>
SPRB - Barranquilla	21
Puente Pumarejo	22
TEBSA	23
Puerto PIMSA	36
Sitio Nuevo	43
Palmar de Varela	46
Remolino	51
Ponedera	58
Guaimaro	65
Calamar (Canal del Dique)	110
Tenerife	166
Plato	182
Tacamocha	222
Buenos Aires (Confluencia Brazo Mompox)	232
Magangué	262
Barbosa	293
Coyongal	315
Boca río Cauca	321
Pinillos	326
Armenia	337
Barraco de Loba	386
El Banco	404
Regidor	457
La Gloria	463
Gamarra	499
El Contento	512
Badillo	546
San Pablo	613
Puerto Wilches	629
Boca río Sogamoso	646
Barrancabermeja	665
San Luis	683

## 2.4 Tramos del Proyecto

El Proyecto contempla una extensión total de 686 Km, medida de acuerdo con el cauce activo de 2019. Los Indicadores de Navegabilidad del Canal serán aplicados en 668 Km, aproximadamente, entre Bocas de Ceniza (K-3) y Barrancabermeja (K665), de acuerdo con lo exigido en el Apéndice Técnico 4; y realizar levantamientos hidrográficos entre el sector marítimo en Bocas de Ceniza (K-3) y San Luis (K683).

El Proyecto está compuesta por dos (2) Tramos T1 y T2 identificados de acuerdo con criterios de afectación o no de las mareas. El Tramo 1 corresponde al sector marítimo y el Tramo 2 corresponde al sector fluvial:

**Tabla 3: Tramos del Proyecto**

Tramo	Sector característico	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Longitud de navegación cauce activo 2019 (*) (km)
T1	Bocas De Ceniza - Palmar De Varela	-3	46	49
T2	Palmar De Varela - San Luis	46	683	637

(\*)Nota: esta longitud es aproximada respecto del cauce activo de 2019.

Los Tramos T1 y T2 se subdividen a su vez en sectores, tal como se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 4: Tramos y sectores**

Tramo	Sector	Sector característico	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Longitud de navegación de cauce activo (*) (km)
<b>T1</b>	T1-1	Sector Marino-Bocas De Ceniza	-3	0	3
	T1-2	Bocas De Ceniza-Puente Pumarejo	0	22	22
	T1-3	Puente Pumarejo-Sector PIMSA	22	38	14
	T1-4	Sector PIMSA-Palmar De Varela	38	46	10
<b>T2</b>	T2-1	Palmar De Varela-Calamar	46	110	64
	T2-2	Calamar-Tenerife (incluye acceso al Canal del Dique)	110	166	56
	T2-3	Tenerife-Zambrano	166	189	23
	T2-4	Zambrano-Santa Bárbara	189	232	43
	T2-5	Santa Bárbara- Magangué	232	262	30
	T2-6	Magangué -Barbosa	262	293	31
	T2-7	Barbosa-Coyongal	293	315	22
	T2-8	Coyongal-Armenia	315	337	22
	T2-9	Armenia-El Banco	337	404	67
	T2-10	El Banco-La Gloria	404	463	59
	T2-11	La Gloria-Bodega Central	463	513	50
	T2-12	Bodega Central-Badillo	513	548	35
	T2-13	Badillo-Sitio Nuevo	548	568	20
	T2-14	Sitio Nuevo - Canaletal	568	593	25
	T2-15	Canaletal -San Pablo	593	613	20
T2-16	San Pablo-Puerto Wilches	613	630	17	
T2-17	Puerto Wilches-Sogamoso	630	646	16	
T2-18	Sogamoso-Barrancabermeja	646	665	19	
T2-19	Barrancabermeja-San Luis	665	683	18	

(\*)Nota: esta longitud es aproximada respecto del cauce activo de 2019.

En los Tramos T1 y T2 el Concesionario deberá ejecutar las Unidades Funcionales descritas en la tabla 5 de este Apéndice.

## 2.5 Descripción de las Unidades Funcionales

El Concesionario tendrá a su cargo el diseño, ejecución y mantenimiento de las Unidades Funcionales, que se muestran en la siguiente tabla:

*Tabla 5: Ubicación y tipología de Unidades Funcionales*

Unidad Funcional	Kilométrica	Sector	Tipología
UF1	K0+000	T1-1	Reparación del Tajamar Occidental
UF2	K14+000	T1-2	Revestimiento de orilla
UF3	K636+500	T2-17	Dique sumergido perpendicular
UF4	K638+400	T2-17	Dique sumergido direccional
UF5	K638+600	T2-17	Dique sumergido perpendicular
UF6	K639+700	T2-17	Dique sumergido perpendicular
UF7	K646+901	T2-18	Dique sumergido perpendicular
	K646+950	T2-18	Dique sumergido direccional
UF8	K648+850	T2-18	Revestimiento de orilla en isla
UF9	K652+400	T2-18	Dique sumergido direccional
	K652+500	T2-18	Dique sumergido direccional
UF10	K653+500	T2-18	Dique sumergido perpendicular
UF11	K654+700	T2-18	Dique sumergido perpendicular
UF12	K657+200	T2-18	Dique sumergido direccional
UF13	K657+900	T2-18	Dique sumergido direccional
UF14	K661+200	T2-18	Revestimiento de orilla en isla
UF15	K657+300	T2-18	Dique sumergido de brazo
	K661+800	T2-18	Dique sumergido perpendicular bayoneta
UF16	K250+300/K250+900	T2-5	3 Diques perpendiculares y uno direccional
UF17	Variable	Variable	Amarraderos y Señalización de puentes
UF18	Variable	Variable	Estaciones limnimétricas

El Concesionario deberá diseñar y construir Unidades Funcionales en los distintos sectores T1-2, T2-5, T2-17 y T2-18, las cuales en T2-17 y T2-18 contarán con el propósito de consolidar un canal de estiaje donde se establezca el Canal Navegable, considerando las especificaciones en los Apéndices Técnicos del Contrato, además de otras para ayudar a la navegabilidad, como puntos de desfragmentación de convoyes en lugares donde deba reducirse el tamaño del convoy, señalización de puentes e instalación de Estaciones Limnimétricas. Dicho canal de estiaje deberá contar con un ancho de 450 m para inducir la concentración del caudal en época de estiaje, y favorecer la estabilidad de las orillas y de ciertos sectores que evite dispersión de los caudales en temporada de estiaje. Igualmente, el trazado del canal de estiaje y las obras diseñadas para el tramo T2 deberán evitar afectar la estabilidad de estructuras hidráulicas existentes, estaciones de bombeo, captaciones de aguas, instalaciones portuarias y obras de protección de orilla, entre otras.

A continuación, se hace una descripción mínima que deben cumplir las Unidades Funcionales.

### 2.5.1 Unidades Funcionales 1 y 2

En el sector del Canal de Acceso al Puerto de Barranquilla T1-2, el Concesionario deberá ejecutar las siguientes Unidades Funcionales:

- Reparación del Tajamar Occidental
- Revestimiento de orilla K14 + 000 -K16 +000

La UF1 Reparación del Tajamar Occidental deberá cumplir con los siguientes requerimientos mínimos:

- Las obras deben diseñarse y construirse para resistir las acciones en condiciones de estado límite último y en condiciones operativas, las cuales correspondan con las acciones de cálculo asociadas a una altura de ola significativa con período de retorno de Cien (100) años (NTR 100). Este diseño incluirá:
  - Incrementar la Cota de Coronación del manto interior en el lado marino para reducir los niveles y frecuencias de rebase a causa del oleaje.
  - Refuerzo de la capa superior del manto exterior del lado marino para soportar los esfuerzos del oleaje.
  - Subir la Cota de Coronación del eje central del Tajamar (recomponiendo la sección estructuralmente estable), reemplazando las zonas de pérdidas a causa del lavado por el rebase del oleaje.
- Las obras se implementarán como mínimo en 130 m del morro y en los mil metros del tronco del tajamar anexos al morro.
- Estas obras, una vez ejecutadas, deberán ser mantenidas hasta la finalización de la Etapa de Reversión.

La UF2 revestimiento de orilla Km14 deberá cumplir con los siguientes requerimientos mínimos:

- Las obras deben asegurar la protección de la orilla derecha del río Magdalena entre el K14 al K16 para evitar el desplazamiento de la margen del río y evitar que se afecte la localización del canal navegable, evitar que este desplazamiento afecte el Dique direccional existente y se generen impactos al parque natural de la Ciénaga de Salamanca.
- Las obras deben tener su coronación horizontal y con su elevación fijada por el nivel de terreno natural más alto adyacente de su longitud.
- Las obras deben diseñarse, calcularse y construirse para asegurar la resistencia estructural, a la estabilidad y la socavación correspondiente a un nivel de agua no inferior al nivel de 2,86 m.s.n.m. en la estación del IDEAM de Tebsa.

**Tabla 6: Longitud mínima de Unidades Funcionales 1 y 2 por tipología en Tramo T1**

TIPOLOGÍA	Longitud (km)
Reparación Tajamar Occidental	1.13
Revestimiento K14-K16	1.98
TOTAL	3.11

## 2.5.2 Unidades Funcionales 3 a 16

En el sector T2-5 entre Santa Bárbara (K232) y Magangué (K262), el Concesionario deberá intervenir en la orilla derecha (en dirección descendente del río) entre la K250+300 y la K250+900, para proteger la orilla derecha aguas arriba del estribo del Puente Roncador, ejecutando:

- Tres diques perpendiculares sumergidos a un nivel de coronación de 14,90 m.s.n.m.
- Un dique direccional sumergido a un nivel de coronación de 14,90 m.s.n.m.

En sector entre La Gloria (K463) y Barrancabermeja (K665), el Concesionario deberá intervenir como mínimo los sectores T2-17 y T2-18 con las longitudes de obras como mínimo definidas en la Tabla 8 siguiente. Para la realización de las obras de encauzamiento se establecieron -entre ellos, pero sin limitarse-, los siguientes parámetros:

- (i) Las Unidades Funcionales, con excepción del Tajamar (UF1) y revestimiento de orillas (UF2, UF8 y UF14), deben tener cota de coronación sumergida con el nivel indicado en la siguiente tabla:

**Tabla 7: Cota de coronación de las UF3 a UF7; UF9 a UF13; UF 15 y UF16**

UF	ID	Tipología	Cota de coronación (m.s.n.m.)
UF3	E1-K636+500	Dique sumergido perpendicular	65.6
UF4	E2-K638+400	Dique sumergido direccional	65.9
UF5	E1-K638+600	Dique sumergido perpendicular	66.3
UF6	E1-K639+700	Dique sumergido perpendicular	66.5
UF7	E1-K646+901	Dique sumergido perpendicular	68.4
	E2-K646+950	Dique sumergido direccional	68.4
UF9	E2-K652+400	Dique sumergido direccional	69.5
	E2-K652+500	Dique sumergido direccional	69.8
UF10	E1-K653+500	Dique sumergido perpendicular	70.2
UF11	E1-K654+700	Dique sumergido perpendicular	70.4
UF12	E2-K657+200	Dique sumergido direccional	70.9
UF13	E2-K657+900	Dique sumergido direccional	71.3
UF15	E3-K657+300	Dique sumergido de brazo	71.3
	E6-K661+800	Dique sumergido perpendicular bayoneta	72.4
UF16	K250+300	3 Diques sumergidos perpendiculares y uno sumergido direccional	14.9

- (ii) La cota de coronación de las UF 8 y UF14, al ser revestimientos de orilla, será la resultante de colocar el revestimiento sobre el terreno natural una vez eliminada la capa de tierra vegetal.

- (iii) Las Unidades Funcionales no deben cerrar brazos completamente. En caso de requerir reducir el caudal por algún brazo para concentrar el flujo por el cauce navegable en época de estiaje, éstas deberán ser sumergidas con la cota de coronación indicada en la tabla anterior.
- (iv) La función de las Unidades Funcionales es consolidar un ancho de canal de estiaje de 450 m evitando su migración, especialmente en los sectores anchos y de baja profundidad operativa, para concentrar el flujo en el canal principal durante los periodos de aguas bajas.
- (v) Las Unidades Funcionales diseñadas deben permitir que las crecientes ocupen la totalidad del cauce hasta las orillas naturales o estructuras laterales ubicadas en orillas.

**Tabla 8: Longitud mínima de Unidades Funcionales 3 a 16 por tipología en tramo T2**

TIPOLOGÍA	Longitudes de Unidades Funcionales (Km)			
	T2-5	T2-17	T2-18	TOTAL GENERAL
Diques sumergidos direccionales	0.15	1.65	5.58	7.38
Diques sumergidos perpendiculares	0.2	1.50	1.83	3.53
Revestimientos		0.00	3.22	3.22
Diques sumergidos de brazo		0.00	0.62	0.62
<b>TOTAL</b>	<b>0.35</b>	<b>3.15</b>	<b>11.25</b>	<b>14.75</b>

Las Unidades Funcionales UF3 a UF 16 deberán cumplir con los siguientes requerimientos mínimos:

- (i) Las Unidades Funcionales deben tener su cota de coronación de acuerdo a lo indicado en la tabla 7 y a nivel del terreno natural en tierra.
- (ii) Las Unidades Funcionales deben concebirse, calcularse y construirse para asegurar la resistencia estructural, a la estabilidad y la socavación correspondiente a un nivel de agua no inferior al indicado en la siguiente tabla para las estaciones más cercanas del IDEAM.

**Tabla 9: Nivel para cálculo estructural**

Estación IDEAM	Nivel para cálculo estructural (m.s.n.m.)
<b>TEBSA</b>	2.86
<b>San Pedrito</b>	9.33
<b>Calamar</b>	9.22
<b>Tenerife</b>	13.79
<b>Plato</b>	15.18
<b>Magangué</b>	19.1
<b>Barbosa</b>	19.46
<b>Coyongal</b>	20.74
<b>Armenia</b>	22.73
<b>Rio Nuevo</b>	23.89
<b>Las Palomas</b>	25.19
<b>Las Aguadas</b>	27.69



<b>Estación IDEAM</b>	<b>Nivel para cálculo estructural (m.s.n.m.)</b>
<b>El Banco</b>	29.13
<b>Peñoncito</b>	30.61
<b>Regidor</b>	35.58
<b>La Gloria</b>	36.66
<b>Gamarra Aut.</b>	41.01
<b>El Contento</b>	43
<b>Sitio Nuevo</b>	53.07
<b>San Pablo</b>	62.93
<b>Puerto Wilches</b>	67.55
<b>Barrancabermeja</b>	75.83
<b>Puerto Berrio</b>	110.51

- (iii) Las Unidades Funcionales que se introduzcan en el cauce del río de manera perpendicular u oblicua, deben alcanzar el cauce de estiaje, entendido como el cauce natural de mayor profundidad en un ancho de 450 m de la sección transversal, donde éste se encuentre. Para ello se permitirá, en caso necesario, un desplazamiento de las mismas en un radio de 1000 m respecto de la posición prevista.
- (iv) El desplazamiento de una o varias Unidades Funcionales localizadas aguas arriba de la Unidad Funcional considerada, por las razones indicadas en el párrafo anterior, puede ocasionar también el desplazamiento del cauce de estiaje en la posición de una Unidad Funcional localizada aguas abajo de las anteriores, y por ende el desplazamiento de la posición de la misma. En ese caso, la Unidad Funcional podrá únicamente desplazarse en un radio de 1000 m desde su posición original para mantener su posición relativa respecto del cauce de estiaje. En caso de modificar la posición de la UF, la cota de coronación de la UF variará en función de la pendiente hidráulica del río, considerando las estaciones del IDEAM aguas arriba y aguas debajo de la ubicación de la UF.
- (v) El nivel de agua a considerar para el cálculo estructural en la ubicación de cada UF, se estimará interpolando con la pendiente hidráulica entre las dos estaciones del IDEAM más cercanas aguas arriba y aguas abajo.

### **2.5.3 Tipologías presentes en Unidades Funcionales (aplicable a las UF 2 a 16)**

A continuación, se describen las tipologías de las partes componentes de las Unidades Funcionales 2 a 16 que ha de desarrollar el concesionario.

- I.** Revestimiento: Este tipo de estructuras se usan para proteger las orillas que están en proceso de erosión, o para fijar alineamientos futuros de la orilla. Este tipo de protección es fundamental para evitar la divagación del cauce en sectores críticos y estabilizar el Canal Navegable en curvas. El revestimiento puede ser de orilla del cauce o de orilla en islas.



- II. Diques direccionales o de alineamiento. Los diques direccionales son estructuras que se construyen para direccionar los vectores de velocidad del flujo con el fin de mejorar, dirigir y/o concentrar la corriente del río hacia zonas donde se requiera mantener el Canal Navegable. También son estructuras que pueden cumplir la misma función de los revestimientos cuando las orillas no presentan suficiente altura para mantener la estabilidad del Canal Navegable.
- III. Diques perpendiculares: Son estructuras transversales u oblicuas al flujo que permiten reducir la sección hidráulica efectiva del cauce para inducir la consolidación de un canal de estiaje y del Canal Navegable al incrementar la velocidad, y también son utilizadas para proteger orillas de la erosión lateral.
- IV. Diques de brazo: Este tipo de estructuras se utilizan para control del flujo de aguas bajas en brazos menores, orientar las líneas de corriente, promover el desarrollo de nuevas orillas.
- V. Anclaje de Diques: Los anclajes son extensiones de las estructuras de encauzamiento para generar la estabilidad hidráulica y funcional frente a potenciales condiciones de flanqueo o erosión de orillas colindantes con las estructuras.

Las Unidades Funcionales de los tipos II, III y IV serán semisumergidas al tener la elevación de su corona por debajo del nivel del agua la mitad del tiempo al año en un año promedio de caudales.

#### 2.5.4 Unidad Funcional 17

La Unidad Funcional 17 comprende: (i) la ejecución y mantenimiento de Amarraderos para desfragmentar convoyes en sitios identificados en el Tramo 2 del Canal Navegable y (ii) la instalación y mantenimiento de la Señalización de Puentes que se encuentran ubicados en los Tramos 1 y 2 del Proyecto.

##### 2.5.4.1 Amarraderos

A lo largo del Tramo 2 se presentan actualmente sitios con restricciones a la navegación, donde frecuentemente se realiza el amarre y fraccionamiento de las embarcaciones para cruzar.

Se deben consolidar por lo menos siete (7) sitios de amarre para responder a las principales zonas potencialmente proyectadas a presentar necesidades por restricciones de radio de curvatura. Estos sitios se identifican en los cruces bajo puentes en Plato – Zambrano y Yatí – Bodega, el sector de Barbosa, el sector Pinillos – El Banco, y para el sector San Pablo – Barrancabermeja según el monitoreo de la evolución morfológica del cauce.

*Tabla 10: Ubicación puntos de amarre*

Puntos de Amarre	K (Río)	Sector
1 Aguas abajo	179+500	T2-3

1 Aguas arriba	181+000	T2-3
2 Aguas abajo	249+100	T2-5
2 Aguas arriba	251+100	T2-5
3 Aguas abajo	292+300	T2-6
3 Aguas arriba	294+100	T2-7
4 Aguas abajo	326+000 (K del canal)	T2-8
4 Aguas arriba	328+000 (K del canal)	T2-8
5 Aguas abajo	341+200	T2-9
5 Aguas arriba	343+000	T2-9
6 Aguas abajo	394+600	T2-9
6 Aguas arriba	400+100	T2-9
7 Aguas abajo	573+000	T2-14
7 Aguas arriba	579+000	T2-14

El Concesionario deberá suministrar, almacenar, fabricar y ejecutar (corte, soldadura, acabado, bitas, etc.) los Amarraderos en los lugares señalados en la Tabla anterior.

El acero para la ejecución de las bitas será de tipo estructural ASTM-A-36 y su diseño, fabricación e instalación deberá cumplir con las Especificaciones Generales de Construcción del Ministerio de Transporte y los requisitos mínimos señalados en esta sección:

- (i) Los puntos de amarre tendrán un mínimo de 4 bitas.
- (ii) Su diseño y proceso constructivo debe asegurar una estabilidad capaz de soportar todas las adversidades por los cambios meteorológicos y morfológicos, tales como cambios en el calado debido a carga y descarga, fuerza de los vientos, corriente, oleaje, marea, tamaños y ángulos de las fuerzas del viento.
- (iii) Debe cumplir con los requisitos de carga para garantizar la seguridad de las embarcaciones amarradas a estas bitas.
- (iv) La construcción se hará mediante pilotes en tubería de acero SCH 40 de 12", las cuales se rellenarán en concreto de 3000 psi, hasta una profundidad con adecuada capacidad portante o un estrato de roca, y para la estructura de apoyo de cada bita en concreto de 3000 psi, se considerarán 4 puntos de apoyo. La placa en concreto de 4000 psi, de medida 1.0x1.0x1.5 m de espesor, en su proceso de fundición se deberá dejar embebido dentro de la estructura en concreto un elemento en forma de t en acero SCH 40 de 4" de diámetro en una longitud de 3 m, de los cuales 1.5 m queda embebido dentro del concreto del punto de amarre.
- (v) El Concesionario debe instalar los Amarraderos en los siete (7) lugares indicados en esta sección, con dos puntos de bitas de amarre cada uno, uno aguas arriba y otro aguas abajo, identificando previamente el mejor punto, teniendo en cuenta la no obstrucción del Canal Navegable y las condiciones del suelo que permitan un anclaje fijo.

## 2.5.4.2 Señalización de Puentes

La Unidad Funcional 17 comprende la Señalización de Puentes, que consiste en la instalación, mantenimiento y conservación de señales permanentes en los puentes viales localizados sobre el río Magdalena, para demarcar el “mejor punto de paso del Canal Navegable”, procurando por la seguridad en la navegación fluvial.

El Concesionario deberá realizar la Señalización de Puentes en las ubicaciones y puentes viales que se indican en la siguiente Tabla:

*Tabla 11: Identificación de puentes viales*

<b>Abscisado (2019)</b>	<b>Puente</b>	<b>Localización</b>
K21+825	Laureano Gómez	Barranquilla
K21+850	Nuevo Puente Pumarejo	Barranquilla
K180+550	Antonio Escobar Camargo	Plato
K250+290	Roncador	Magangué
K662+410	Guillermo Gaviria	Barrancabermeja

Lo anterior de acuerdo con las normas vigentes de la IALA y normas vigentes expedidas por el Ministerio de Transporte, orientadas a la seguridad de la estructura de los puentes y de las embarcaciones que realicen navegación.

La Señalización de los Puentes debe seguir las recomendaciones y ser armónicas con el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA especificado en este capítulo.

### 2.5.4.2.1 Mejor punto de paso

Por medio de la especificación del “mejor punto de paso”, el Concesionario indicará a las embarcaciones el punto más apropiado para pasar bajo un puente. El “mejor punto de paso” se demarcará implementando unas marcas diurnas adecuadas y señales de noche para este fin.

El “mejor punto de paso” debe ser determinado teniendo en cuenta el diseño del puente vial que es señalizado y corresponde con el centro de las luces navegables de cada puente.

Las marcas para señalar “el mejor punto de paso” se realizarán conforme con lo señalado en las siguientes secciones.

### 2.5.4.2.2 Señalización diurna

De acuerdo con el diseño del puente y teniendo en cuenta sus máximos espacios disponibles horizontal y vertical, las marcas diurnas deben estar ubicadas sobre o bajo la luz, que indica los límites del Canal Navegable, fabricadas en aluminio y cubierta con material retrorreflectivo de color adecuado para mejorar su visibilidad, con arreglo a las normas incluidas en la sección 4.12 del Apéndice Técnico 3.

Para demarcar el tránsito hacia aguas arriba el Concesionario debe instalar las siguientes marcas:

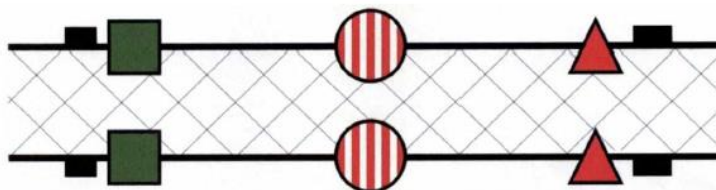
- A Estribor: un panel que muestra un triángulo equilátero sólido rojo con vértice hacia arriba, con medidas de un metro veinte centímetros (1.2m) en sus lados.
- A Babor: un panel que muestra un cuadrado verde, con medidas de un metro veinte centímetros (1.2m) en sus lados.

Para demarcar el tránsito hacia aguas abajo el Concesionario debe instalar las siguientes marcas:

- A Estribor: un tablero que muestra un cuadrado verde, con medidas de un metro veinte centímetros (1.2m) en sus lados.
- A Babor: un tablero que muestra un triángulo equilátero sólido rojo con vértice hacia arriba, con medidas de un metro veinte centímetros (1.2m) en sus lados;

El “mejor punto de paso” será indicado por un panel circular con rayas verticales rojas y blancas, con medidas de un metro veinte centímetros (1.2m) de diámetro.

*Ilustración 2: Esquema Señalización Diurna Puente - Vista de Planta*



*Ilustración 3: Esquema Señalización Diurna Puente - Vista Lateral*



En caso de que no exista un buen contraste entre los tableros de colores y el color de la estructura del puente, el Concesionario deberá mejorarlo, mediante el montaje de los tableros contra un fondo blanco.

Las luces y los tableros rojos y verdes se deben colocar de tal manera que se mejore la visibilidad, demarque mejor el ancho del canal y haga más difícil el robo de las señales, cuidando de no limitar el galibo vertical de diseño de los puentes.

### 2.5.4.2.3 Señalización nocturna

El Concesionario deberá emplear linternas de tres (3) millas de alcance, sincronizadas, como se muestra en las siguientes ilustraciones.

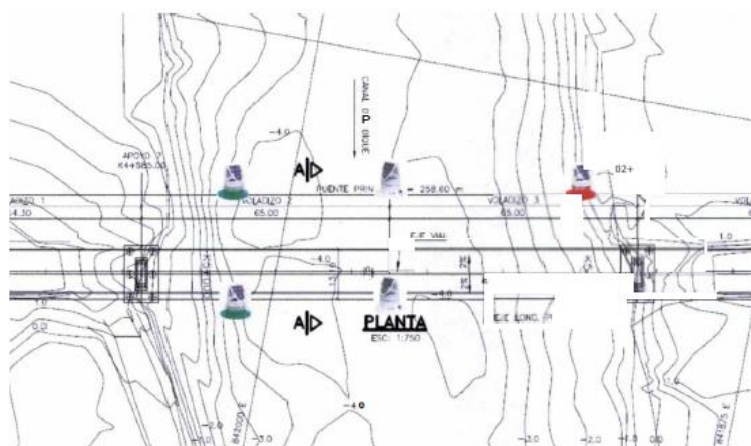
Las linternas colores rojas o verdes se utilizarán para señalar o marcar los límites navegables del canal de acuerdo con el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA, con arreglo a las normas incluidas en la sección 4.12 del Apéndice Técnico 3.

Al igual que las marcas diurnas, teniendo en cuenta los espacios máximos disponibles horizontal y vertical del puente, las linternas deben ser instaladas bajo la luz (máximo espacio horizontal), que indica los límites del Canal Navegable.

El “mejor punto de paso” debe ser indicado por dos linternas tipo SL70-12 CS o similar, de tres (3,0) millas de alcance, luz intermitente de color blanco, sincronizadas, ubicadas en las caras aguas arriba y aguas abajo del puente, en la parte inferior, y que muestran una marca de agua segura.

Las linternas deben ser instaladas de tal manera que sean visibles a través de todas las áreas pertinentes del horizonte, y no ser obstruidas por las partes de la estructura del puente.

*Ilustración 4: Ejemplo de Vista de Planta Señalización Nocturna Puentes*





red de estaciones en operación en el Canal Navegable que maneje el IDEAM, la DIMAR en el Tramo DIMAR y otras entidades competentes, así como también en afluentes y efluentes, brazos y ciénagas con un nivel de interacción importante en el río. Una de estas estaciones deberá estar ubicada en el límite con el Tramo DIMAR.

- (iv) El diseño y la localización de las estaciones deberá ser definida en coordinación con ANI, CORMAGDALENA y el IDEAM, y adicionalmente el Concesionario deberá coordinar con la DIMAR la localización de la estación ubicada en el Tramo DIMAR, teniendo en cuenta los criterios descritos en la presente sección, en función de mejorar las condiciones del monitoreo y seguimiento en tiempo real al comportamiento hidráulico de la corriente.
- (v) La red de Estaciones Limnimétricas a cargo del Concesionario deberá contar con un sistema de almacenamiento y transmisión de datos en tiempo real. Las Estaciones deberán transmitir información a la que se pueda acceder simultáneamente en tiempo real desde el Centro de Control Operacional del Concesionario y desde el IDEAM. Las estaciones deberán contar con un sistema de comunicaciones y telemetría que permita, sin limitación de cobertura, cubrir el lugar en el que habrán de ser instaladas, con alta disponibilidad y bajo riesgo de caída en caso de desastres naturales, así como permitir a la estación el envío de datos programados en los intervalos y horas indicadas y el envío de alarmas en tiempo real. Será responsabilidad del Concesionario que los equipos de transmisión se integren con el *datalogger*.
- (vi) El Concesionario deberá adoptar las medidas necesarias para que el servicio de comunicaciones mediante el cual se transmiten los datos sea estable y continuo.
- (vii) En cuanto a los sensores de niveles, estos deberán estar fabricados en aluminio u otro material resistente a la corrosión con una protección IP67 o superior, y funcionar correctamente, sin necesidad de calibración o ajuste durante al menos doce (12) meses, y la conexión entre éstos y el *datalogger* deberá ser de forma directa, sin convertidores.
- (viii) Cada una de las Estaciones Limnimétricas deberá contar con una valla de información de 100 x 70 centímetros, instalada en un sitio visible, en lámina metálica y artes elaboradas en pintura electroestática, que deberá incluir la información general acerca de la estación y el logo de la ANI.
- (ix) Los datos en tiempo real deberán ser publicados en el SICC del Proyecto, al que se refiere la sección 6.5 del Apéndice 2. El Concesionario dará acceso al IDEAM y a CORMAGDALENA a esta información.
- (x) La instalación, operación y mantenimiento de las Estaciones Limnimétricas deberá cumplir con los protocolos expedidos por el IDEAM, que resulten aplicables al equipo instalado en general y en particular con la normativa indicada en la sección 4 del Apéndice Técnico 3.

## 2.6 Niveles de Referencia para la definición de profundidades operativas del Canal Navegable

El nivel de referencia para el diseño y verificación de los Indicadores de Navegabilidad del Canal Navegable está definido de acuerdo con el sector del Proyecto:

- i. Sector Marino al K2 en Bocas de Ceniza (2 kilómetros aguas arriba de Bocas de Ceniza)
- ii. K2 en Bocas de Ceniza a Puerto PIMSA (K36.5)
- iii. Puerto PIMSA (K36.5) a La Gloria (K463)
- iv. La Gloria (K463) a Barrancabermeja (K665)

Los niveles de referencia se han de igualar al denominado Nivel de Reducción mostrado en la siguiente tabla para las estaciones del IDEAM:

**Tabla 12: Niveles de Reducción**

<b>Tramos T1-1 y T1-2</b>	
<b>Entidad</b>	<b>Nivel de Reducción (m.s.n.m.)</b>
IDEAM, DIMAR	Nivel de las bajamares vivas de sicigias (las más bajas), definidas a partir de los pronósticos de marea del IDEAM “Pleamares y Bajamares Costa Caribe” y la DIMAR
<b>Tramo T1-3</b>	
<b>Estación</b>	<b>Nivel de Reducción (m.s.n.m.)*</b>
TEBSA	0.00
Calamar	0.70
<b>Tramos T1-4 y aguas arriba de T1-4</b>	
<b>Estación</b>	<b>Nivel de Reducción (m.s.n.m.)</b>
TEBSA	0.25
Calamar	2.19
Tenerife	5.84
Plato	6.20
Magangué	12.65
Barbosa	13.25
Coyongal	14.83
Armenia	17.65
Rio Nuevo	19.53
Las Palomas	20.69
Las Aguadas	22.10



El Banco	23.43
Peñoncito	24.06
Regidor	29.50
La Gloria	31.18
Gamarra	35.27
Gamarra Aut.	35.51
El Contento	37.90
Sitio Nuevo	49.39
San Pablo	58.56
Puerto Wilches	62.88
Barrancabermeja	72.13
El Tagual	94.51
Puerto Berrío	107.28

Los niveles de reducción se han determinado a partir de la curva de duración obtenida de los registros continuos de niveles medios diarios en las estaciones del IDEAM, así como también de los niveles de marea también reportados por el IDEAM y la DIMAR, y son el nivel de aguas bajas igualado o excedido en un porcentaje del tiempo, siendo para cada sector los siguientes:

Nivel de referencia entre el Sector Marino y el K2 en Bocas de Ceniza: El Nivel de Referencia ha sido el nivel de reducción determinado como el nivel mínimo de las bajamares vivas de sicigias (las más bajas), definidas a partir de los pronósticos de marea del IDEAM “Pleamares y Bajamares Costa Caribe” y la DIMAR. El Concesionario deberá revisar como medida de verificación las mediciones y reportes por parte de la DIMAR.

Nivel de referencia entre el K2 en Bocas de Ceniza y Puente Pumarejo (K22): Se adoptó como Nivel de Referencia el nivel de reducción del 100% en cada estación del IDEAM ajustado al nivel mínimo de las bajamares vivas de sicigias (las más bajas).

Nivel de referencia entre Puente Pumarejo (K22) y Puerto PIMSA (K36.5): Se adoptó como Nivel de Referencia el nivel de reducción del 100% en cada estación del IDEAM.

Nivel de referencia entre Puerto PIMSA (K36.5) y La Gloria (K463): El Nivel de Referencia corresponde al nivel de reducción de los 95% de la curva de duración de la información de las estaciones IDEAM disponibles.

Nivel de referencia entre La Gloria (K463) y Barrancabermeja (K665): El Nivel de Referencia para la profundidad operativa de diseño de 2.4 m, corresponde al nivel de reducción del 90% del tiempo en la curva de duración de la información de las estaciones IDEAM disponibles.

En cualquier caso, estos niveles han sido ya obtenidos y fijados para la Concesión, por lo que se tomarán como niveles de reducción los indicados en la Tabla 12.

## 2.7 Embarcaciones de diseño

Las embarcaciones de diseño de referencia utilizadas para propósitos de dimensionamiento geométrico del Canal Navegable y para la definición de los Indicadores de Navegabilidad del Canal Navegable se han especificado para el sector marítimo que corresponde al Tramo 1 y el sector fluvial denominado como Tramo 2 del río.

En todo caso, las embarcaciones de diseño no constituyen una Especificación Técnica y el Concesionario deberá cumplir en todo caso con los Indicadores de Navegabilidad del Canal previstos en el Apéndice 4. Corresponderá a las autoridades competentes definir qué tipo de embarcaciones podrán navegar por el Canal Navegable.

### 2.7.1 Sector Marítimo

La embarcación de diseño de referencia entre el K-2-800 y hasta el K20+800 es un buque granelero tipo SUPRAMAX con las siguientes dimensiones:

- Eslora total (LOA): 190 m
- Manga (B): 32.2 m
- Calado SSW a plena carga (d): 11.6 m
- Velocidad (Vsog): 13 nudos

La embarcación de diseño de referencia hasta el K21+650 es un buque tanquero tipo HANDYSIZE, con las siguientes dimensiones:

- Eslora total (LOA): 182 m
- Manga (B): 32.2 m
- Calado SSW a plena carga (d): 12.1 m
- Velocidad (Vsog): 12 nudos

La embarcación de diseño de referencia hasta el K36 (Puerto PIMSA), es un BUQUE MINI-CARGUERO MULTIPROPÓSITO con las siguientes dimensiones:

- Eslora total (LOA): 118.8 m
- Manga (B): 15.3 m
- Calado SSW a plena carga (d): 7.06 m
- Velocidad (Vsog): 12.5 nudos

Las dimensiones de los modelos de embarcaciones de diseño se presentan en la Tabla 13. El sector marítimo contempla los modelos de embarcaciones de referencia presentadas para los sectores T1-1 al T1-3.

**Tabla 13: Modelos de embarcaciones de diseño de referencia para el sector marítimo**

Sector	Modelo de embarcación de diseño de referencia
<b>T 1-1 y T 1-2 (K-3 a K22)</b>	Granelero tipo SUPRAMAX, con las siguientes dimensiones: •Eslora total (LOA): 190 m •Manga (B): 32,2 m •Calado SSW a plena carga (d): 11,6 m *
	Buque tanquero tipo HANDYSIZE, con las siguientes dimensiones: •Eslora total (LOA): 182 m •Manga (B): 32,2 m •Calado SSW a plena carga (d): 12,1 m *
<b>T 1-3 (K22 – K36.5)</b>	Mini-carguero Multipropósito • Eslora: 118,79 m • Manga 15,30 m • Calado SSW a plena carga (d): 7,0 m *
*Calado operativo depende la profundidad operativa de diseño y el reporte de la Capitanía de Puerto de la DIMAR en función de las condiciones del río	

El sector T1-3 (Puente Pumarejo – Puerto PIMSA), adicionalmente a la embarcación de referencia para el sector marítimo, también se ha contemplado como embarcación de referencia el convoy de diseño proyectado para el sector fluvial presentado en la siguiente sección.

El sector T1-4, se mantendrá en las condiciones del sector fluvial, tal como se describe a continuación.

### 2.7.2 Sector Fluvial

Las siguientes embarcaciones corresponden a las dimensiones máximas de las barcazas y del remolcador de referencia, para efectos del dimensionamiento geométrico del Canal Navegable en el tramo fluvial:

- Remolcador: 40 m de eslora y 12 m de manga.
- Barcazas: 65 m de eslora, 16 m de manga y 2.13 m de calado (7 ft)

Como embarcación de diseño en el tramo fluvial aguas arriba de Puerto PIMSA, se definen dos (2) formaciones de convoyes de dimensiones máximas mostradas en la Tabla 14, una para navegar río arriba y otra para navegar río abajo, así:

- Navegación río arriba: Remolcador (40 m) mas 9 barcazas de 65 m por 16 m, en formación de R+2B+2B+2B+2B+B con 365 m de largo total y una anchura de 32 m. Esta configuración en flecha es hidrodinámicamente más eficiente ya que opone menos resistencia al flujo.

- Navegación río abajo: Remolcador (40 m) mas 9 barcazas de 65 m por 16 m, en formación de R+3B+3B+3B con 235 m de largo total y una anchura de 48 m. esta formación históricamente se ha usado río abajo dado que aumenta el gobierno de la embarcación y permite maniobrar con mayor control a favor de la corriente.

**Tabla 14: Embarcaciones de diseño para Tramo 1 y 2. Sector fluvial**

Tramo	Abscisado (2019)	Imagen	Especificaciones
T1 y T2	K22– K665	<p>40 m      325 m 365 m R+2B+2B+2B+2B+B 32 m</p>	Arreglo para navegar río arriba Convoy de remolcador (40 m) más 9 barcazas de 65 m por 16 m, en formación R+2B+2B+2B+2B+B con 365 m de largo total y una anchura de 32 m.
		<p>40 m      195 m 235 m R+3B+3B+3B 48 m</p>	Arreglo para navegar río abajo Convoy de remolcador (40 m) mas 9 barcazas de 65 m por 16 m, en formación R+3B+3B+3B con 235 m de largo total y una anchura de 48 m.

Estas configuraciones corresponden a las dimensiones máximas del convoy para propósitos dimensionamiento geométrico del Canal Navegable. Por lo tanto, hay una amplia variedad de configuraciones de convoyes, desde un remolcador con una barcaza (R+B) hasta un remolcador con nueve barcazas (R+2B+2B+2B+2B+B o R+3B+3B+3B) que podrían navegar por el Canal Navegable. Sin embargo, la máxima configuración del convoy operativo dependerá de: restricciones naturales de radios de curvatura en ciertos sectores (permanentes o estacionales) y restricciones por cruce bajo puentes.

Sin perjuicio de lo anterior, y hasta tanto se complete la ejecución de todas las Unidades Funcionales, las embarcaciones de diseño corresponden a las configuraciones típicas que actualmente navegan el Río indicadas en la Tabla 15, teniendo en cuenta las limitaciones de eslora por restricciones de radio de curvatura y/o haciendo uso de sitios de Amarre y fraccionamiento donde sea definido para las condiciones vigentes de río. No obstante, en todos los casos, el Canal Navegable debe cumplir con los Indicadores de Navegabilidad del Canal según se especifica en el Apéndice Técnico 4.

**Tabla 15: Embarcación para ambas direcciones antes de completar las Unidades Funcionales Tramo T2. Sector fluvial**

Tramo	Imagen	Especificaciones
T2	Configuraciones típicas que navegan por el río	

Tramo	Imagen	Especificaciones															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Configuración</th> <th>Nombre</th> <th>Forma del convoy</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Remolcador + 6 barcazas en dos hileras de tres. Usual subiendo con remolcadores medianos.</td> <td>R-2B-2B-2B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Remolcador + 6 barcazas en tres hileras de dos botes. Usual bajando con remolcadores medianos y grandes.</td> <td>R-3B-3B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Remolcador + 8 barcazas en dos hileras de cuatro botes. Usual subiendo, remolcadores grandes. Se vuelve de 9 barcazas con uno adicional en la proa.</td> <td>R-2B-2B-2B-2B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Remolcador + nueve barcazas en tres hileras tres botes. Usual bajando remolcadores grandes.</td> <td>R-3B-3B-3B</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Configuración	Nombre	Forma del convoy	Remolcador + 6 barcazas en dos hileras de tres. Usual subiendo con remolcadores medianos.	R-2B-2B-2B		Remolcador + 6 barcazas en tres hileras de dos botes. Usual bajando con remolcadores medianos y grandes.	R-3B-3B		Remolcador + 8 barcazas en dos hileras de cuatro botes. Usual subiendo, remolcadores grandes. Se vuelve de 9 barcazas con uno adicional en la proa.	R-2B-2B-2B-2B		Remolcador + nueve barcazas en tres hileras tres botes. Usual bajando remolcadores grandes.	R-3B-3B-3B		
Configuración	Nombre	Forma del convoy															
Remolcador + 6 barcazas en dos hileras de tres. Usual subiendo con remolcadores medianos.	R-2B-2B-2B																
Remolcador + 6 barcazas en tres hileras de dos botes. Usual bajando con remolcadores medianos y grandes.	R-3B-3B																
Remolcador + 8 barcazas en dos hileras de cuatro botes. Usual subiendo, remolcadores grandes. Se vuelve de 9 barcazas con uno adicional en la proa.	R-2B-2B-2B-2B																
Remolcador + nueve barcazas en tres hileras tres botes. Usual bajando remolcadores grandes.	R-3B-3B-3B																
	<p style="text-align: center;"><b>R+2B+2B</b></p>	<p>Arreglo para navegar en ambas direcciones en la Etapa de Preconstrucción en el sector Puerto Wilches – Barrancabermeja.</p> <p>Convoy de remolcador (40 m) más 4 barcazas de 65 m por 16 m, en formación de R+2B+2B con 170 m de largo total y una anchura de 32 m.</p>															

## 2.8 Características del Canal Navegable

El Concesionario deberá ejecutar las actividades de Dragado de tal manera que el Canal Navegable cumpla con las dimensiones del Canal Navegable indicadas en la Tabla 16, durante todo el plazo del Contrato de Concesión. En todas las etapas del Proyecto se deben cumplir con los Indicadores de Navegabilidad del Canal Navegable, los cuales se definen en el Apéndice Técnico 4. La única diferencia en las dimensiones del Canal Navegable entre etapas del Proyecto radica en la cantidad de sitios con restricciones en radios de curvatura, tal y como se indica en el Apéndice Técnico 4.

**Tabla 16: Dimensiones del Canal Navegable**

T	Abscisa		Canal Navegable			Talud	Condición
	Inicio	Fin	Ancho de solera (m)	Radio de Crv. (m)	Prof. Operativa (m)		
T1	K-3	K0+000	316-200*	NA	12.19*	5H:1V+	Canal de doble vía (Autorizado por DIMAR)
	K0+000	K2+000	200*		12.0*		
	K2+000	K21+825	150*		11.40*		
	K21+825	K36+500	50	1095	7.0		Canal de sección compuesta(*) de una vía
		95	2.40				
T2	K36+500	K665+000	95		2.40	3H:1V	Canal de una vía con sectores de cruce

(\*) Esta sección compuesta consiste en que dentro del canal de 95 m de anchura y 2.4 m de profundidad, habrá 50 m de anchura con 7 m de profundidad.

Asimismo, el Concesionario debe asegurar que el acceso al Canal del Dique desde el Canal Navegable cumpla con las dimensiones que se indican en la Tabla 17, a partir de la fecha prevista en la Sección 5.1 del Apéndice 4, en la cual termina el plazo para la puesta a punto del Canal Navegable y hasta la terminación del Contrato.

**Tabla 17: Dimensiones del Acceso al Canal del Dique**

Coordenada inicial K0 del Canal del Dique		Canal Navegable			Talud	Condición
Norte	Este	Ancho de solera (m)	Radio de Crv. (m)	Prof. Operativa (m)		
1626090.43	908662.60	88	450	2.4	3H:1V+	El acceso parte del eje del Canal Navegable y se desarrolla hasta entroncar con el Canal del Dique.

### 2.8.1 Canal Navegable Tramo 1 sector marítimo K-3+000 a K21+825

El Canal Navegable para el Puerto Marítimo de Barranquilla (Boya de mar – Puente Pumarejo) será un canal doble vía que permite el tráfico de las embarcaciones en sentidos opuestos, con los anchos mínimos siguientes: Entre el K-3 y K0 el ancho de solera de canal pasa en transición gradual desde un ancho de 316 a 200 m con una profundidad operativa de 12.19 m.

- Entre el K0 al K2+000 el ancho de solera es de 200 m con una profundidad operativa de 12.0 m.
- Entre el K2+000 y el K21+825 el ancho de solera es de 150 m con una profundidad operativa de 11.4 m.

Los taludes del Canal Navegable para este sector se definen en 5H:1V.

### 2.8.2 Canal Navegable Tramo 1 sector marítimo K21+825 al K36+500

En este tramo del Canal Navegable, la sección del canal tiene un ancho de solera de 50 m y una profundidad operativa de 7.0 m, y para la embarcación fluvial un ancho de solera de 95 m y una profundidad operativa de 2.4 m. El radio de curvatura es de 1,095 m, y los taludes del Canal Navegable son de 5H:1V para el canal marítimo y de 3H:1V para el canal fluvial.

### **2.8.3 Canal Navegable fluvial K36+500 al K665+000**

Entre el K36+500 al K665+000, el Canal Navegable de referencia es de una sola vía y está definido con un ancho de solera de 95 m, una profundidad operativa de 2.4 m, radio de curvatura de 1,095 m (con algunas excepciones a lo largo del río) y un talud de 3H:1V.

En el K110 se encuentra el acceso al Canal del Dique, el cual se deberá mantener con las dimensiones indicadas en la Tabla 17 de este Apéndice.

Los niveles de reducción del Canal Navegable fluvial al que se refiere esta sección son los que aparecen en la Tabla 12 de este mismo Apéndice, con una profundidad operativa de 2.4 m. En este tramo y como parte del tramo 2, se contemplan obras entre el sector de La Gloria y Barrancabermeja, en los sectores T2-17 y T2-18, y se contemplan sitios de amarre y fraccionamiento a lo largo del río por condiciones restrictivas a la navegación en ciertos sitios. Los taludes del Canal Navegable para este sector se definen en 3H:1V.

### **2.8.4 Zonas de cruce**

El ancho mínimo para las zonas de cruce de embarcaciones será de 134 m, que permita un espacio horizontal suficiente para la maniobra sin comprometer la seguridad de las embarcaciones. Estos sectores deben ser identificados en la batimetría y presentados en las cartas batimétricas a partir del seguimiento de las dinámicas del río, en zonas que presenten profundidad natural en exceso del indicador de Canal Navegable de profundidad y permitan el cruce seguro en cumplimiento de las recomendaciones de PIANC (Permanent International Association of Navigation Congresses) y coordinado con las embarcaciones.

Las mismas deberán señalarse en la información de relevamientos batimétricos la cual el Concesionario deberá entregar a la ANI y Cormagdalena como parte del Servicio de Información del Canal Navegable, definido en el Apéndice Técnico 2.