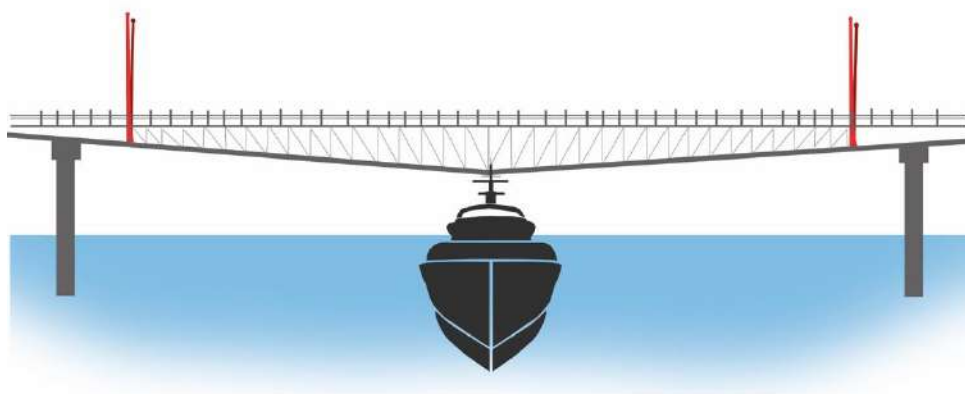




MEMORIA TÉCNICA
“ESTUDIO DE GÁLIBO, MANGA Y EJE DE NAVEGACIÓN POR
CONSTRUCCIÓN DE VIADUCTO SUR DE GUAYAQUIL (QUINTO PUENTE)
POR EL MÉTODO DETERMINÍSTICO”



Elaborado por:

CPNV-EM PATRICIO HIDALGO VARGAS

TNFG-SU BYRON JARA BAUTISTA

Preparado para:

DIRECCIÓN NACIONAL DE LOS ESPACIOS ACUÁTICOS

FECHA:

SEPTIEMBRE 2019



ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	3
2. OBJETIVO.....	6
2.1 Objetivos Específicos.....	6
3. ANÁLISIS.....	7
3.1 Limitaciones que afectarían la navegación sobre el río Guayas y Estero Cobina.	7
3.2 Determinación de las características de los buques de diseño autorizados a operar en el Río Guayas por parte de la Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial.	8
3.3 Determinación de las características de embarcaciones internacionales que transitan sobre el río Guayas y que cruzarían el Quinto Puente	9
3.4 Determinación de los buques de la Armada potencialmente a navegar en el Estero Cobina.	11
3.5 Determinación del ancho de la vía de navegación del río Guayas, con base en las características de los buques establecidos.	11
3.6 Representación del eje de navegación, en el área más óptima sobre el río Guayas y Estero Cobina	19
3.6.1 Análisis batimétrico multitemporal del sector de implementación del viaducto sur..	19
3.6.2 Análisis de navegabilidad según profundidad y ancho de la vía navegable.....	22
3.7 Análisis del gálibo del Viaducto Sur en su paso sobre el río Guayas y Estero Cobina.....	27
3.7.1 Cálculo del gálibo de la estructura del Viaducto Sur (Quinto puente).....	28
3.7.2 Cálculo del gálibo de la estructura del puente del Estero Cobina	29
4. CONCLUSIONES	31
5. RECOMENDACIONES	33
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
ANEXOS.....	35

1. ANTECEDENTES

La Constitución de la República del Ecuador en su artículo 82 establece: “El derecho a la seguridad jurídica fundante en el respeto a la Constitución y la existencia de normas jurídicas previas, claras públicas y aplicadas por las autoridades competentes.”

La Constitución de la República del Ecuador en su artículo 227 establece: “La administración pública constituye un servicio a la colectividad, que rige por los principios de eficacia, calidad, jerarquía, desconcentración, descentralización, coordinación, participación, planificación, transparencia y evaluación”

La Constitución de la República del Ecuador en su artículo 394 garantiza la libertad de transporte terrestre, aéreo, marítimo y fluvial, dentro del territorio nacional, sin privilegios de ninguna naturaleza; de la misma manera, promueve el transporte público masivo y prioriza la adopción de una política de tasas diferenciadas de transporte, además establece que el Estado regulará el transporte terrestre aéreo, acuático y la actividades aeroportuarias y portuarias.

La Dirección Nacional de los Espacios Acuáticos, en el marco de sus obligaciones y responsabilidades como Autoridad Marítima Nacional, vela por la seguridad a la navegación y salvaguarda de la vida humana en el mar, conforme a lo establecido en el Decreto Ejecutivo Nro. 723 del 09 de julio de 2015, publicado en el Registro Oficial Nro. 561 del 07 de agosto de 2015, en sus artículos Nro. 3.5.1, y Nro. 3.6.5, que textualmente indican: Nro. 3.5.1: “Precautelar la seguridad de la navegación y seguridad marítima.” Nro. 3.6.5: “Precautelar la eficiencia de la señalización marítima y fluvial, así como también de las ayudas a la navegación.”

A lo largo de los últimos 193 años, los aspectos legales inherentes al ámbito de gestión del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) han sufrido pocas modificaciones y las que se han dado, han sido las necesarias para ajustarse a los procesos evolutivos de la Armada y de los organismos internacionales relacionados con las tareas del Instituto, tales como: la Organización Marítima Internacional (OMI), Organización Hidrográfica Internacional (OHI), Asociación Internacional de Señalización Marítima (IALA), Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), el Sistema de Alerta de



Tsunamis del Pacífico (PTWS), el derecho internacional marítimo a través de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR), entre otras. La permanencia del INOCAR en estas funciones y los trabajos realizados en las distintas vías de navegación del país le han permitido alcanzar una vasta experiencia en el ámbito de la seguridad marítima, basando siempre sus estudios y criterios en las diferentes normativas que rigen la seguridad a la navegación como el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida en el Mar (SOLAS), la Asociación Internacional de Señalización Marítima (IALA), Asociación Internacional de Infraestructuras del Transporte Acuático (PIANC), Recomendaciones de Obras Marítimas (ROM), Código Internacional para la Protección de los Buques (OCDI), entre otras.

Los numerales del artículo 3 del Decreto Ejecutivo Nro. 723, que además son correspondientes con el artículo 158 de la Constitución, determinan los espacios acuáticos nacionales y son también consecuentes con las responsabilidades del Estado ecuatoriano con relación a la seguridad a la navegación, la salvaguarda de la vida humana en el mar y la protección del medio marino, a través de las competencias que tiene la Armada en esos ámbitos.

El Decreto Ejecutivo Nro. 923, de 22 de febrero de 2016, publicado en el R.O. Nro. 710, de 11 de marzo de 2016, en su artículo 4, expresa claramente las atribuciones del Ministerio de Defensa Nacional, partiendo desde la dirección de la política de defensa del espacio marítimo hasta el control de la ejecución de la política de protección de las actividades marítimas y vigilancia del espacio marítimo y fluvial del territorio marítimo y fluvial del territorio nacional, a través de la Autoridad Marítima Nacional. Este Decreto delinea la institucionalidad de la Autoridad Marítima Nacional en el contexto de la Defensa y evidencia a la Armada como detentora de esta.

La Armada del Ecuador, en su rol de Autoridad Marítima Nacional, a través de la Dirección Nacional de los Espacios Acuáticos (DIRNEA) y por delegación del Ministerio de Defensa Nacional emitida mediante el Acuerdo Ministerial Nro. 164, de 16 de junio de 2016 y publicado en el R.O. Nro. 787 del 30 de junio de 2016, es el ente encargado de



emitir la normativa técnica relacionada con la seguridad de la vida humana en el mar, la seguridad de la navegación y la prevención de la contaminación de los mares.

Los servicios técnicos inherentes a la seguridad a la navegación, generados a partir de la caracterización hidro-oceanográfica de los espacios acuáticos nacionales y de sus áreas de influencia, además de la provisión y mantenimiento de las ayudas a la navegación correspondientes, son suministradas en su conjunto por la Armada del Ecuador, a través del Instituto Oceanográfico de la Armada, mediante el desarrollo de capacidades y medios que cumplen protocolos y estándares internacionales de obligatoria observación y aplicación. Para ello, el INOCAR tiene competencias privativas propias del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada y del Estado, consignadas en su Ley de Creación y están fundamentadas, entre otras regulaciones internacionales, en el cumplimiento de la OMI-SOLAS-Cap.-V-Regla-9, lo que fue taxativamente evidenciado en la reunión con la Secretaría Nacional de la Administración Pública (SNAP) del 29 de julio de 2016. Esta componente técnica, conlleva una responsabilidad legal de suma importancia en el ámbito internacional al momento de evidenciar negligencia o falta de competencia en la gestión de la seguridad a la navegación por parte del Estado.

Con fecha 11 de septiembre del 2019 la Dirección Nacional de los Espacios Acuáticos (DIRNEA) mediante Oficio ARE-DIRNEA-SEG-2019-0224-O dirigido al Instituto Oceanográfico de la Armada, le dispone realizar el estudio de navegabilidad a fin de determinar los buques de diseño que se deben observar en la construcción del Viaducto Sur de Guayaquil (Quinto Puente) sobre los ríos Guayas, Bulubulu, y Esteros Cobina, y Mojahuevo, así como características importantes como el galibo, cargas energéticas de los buques diseño ante un posible impacto con la estructura, no afectación al eje del canal de navegabilidad, entre otros.

En consecuencia y sin menoscabar lo dispuesto en el párrafo anterior, es menester indicar que los espacios acuáticos navegables solo corresponden al río Guayas y al Estero Cobina; en ese contexto este estudio se enfocará en esos dos afluentes.

Es así como, una vez obtenida la información técnica del proyecto en la página oficial del Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTO), en la sección Concursos

Públicos; este Instituto procede a realizar el presente estudio técnico con la finalidad de determinar si se han considerado los criterios de gálibo, manga y eje de navegación en el planteamiento de la obra antes citada, empleando el método determinístico con normas internacionales.

2. OBJETIVO

Determinar las limitaciones que afectarían a la navegabilidad de los buques que transitan en el Río Guayas y Estero Cobina considerando el proyecto de construcción del Viaducto Sur de Guayaquil (Quinto Puente) y los datos técnicos disponibles.

2.1 Objetivos Específicos

- a. Definir las limitaciones que afectarían a la navegabilidad sobre el Río Guayas y Estero Cobina.
- b. Determinar las características de los buques de diseño autorizados a operar en el Río Guayas por parte de la Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial.
- c. Determinar las características de embarcaciones internacionales que transitan sobre el río Guayas y que cruzarían el Quinto Puente.
- d. Determinar los buques potenciales de la Armada a navegar en el Estero Cobina.
- e. Determinar el ancho de la vía de navegación del río Guayas, con base en las características de los buques establecidos.
- f. Representar el eje de navegación, en el área más óptima sobre el río Guayas y Estero Cobina.
- g. Analizar el gálibo establecido en los estudios técnicos del Viaducto Sur en su paso sobre el río Guayas y Estero Cobina, correlacionándolos con los buques de interés y de diseño determinados.

3. ANÁLISIS

3.1 Limitaciones que afectarían la navegación sobre el río Guayas y Estero Cobina.

La navegación sobre el río Guayas y el Estero Cobina, siempre ha estado sometida a la afectación de factores hidro-oceanográficos, como corrientes, mareas, variación en las profundidades del área, entre otras. No obstante, todas estas afectaciones son compensadas por las habilidades de los navegantes, apoyándose en las características propias de sus embarcaciones, así como ayudas a la navegación etc.

A pesar de esto, la construcción del viaducto sur, sobre el río Guayas y el Estero Cobina, adicionará otras limitaciones que afectan a la navegación como son: galibo, afectación al eje de navegación, calado.

En ese sentido, para el presente informe, se analizará según la información disponible, los parámetros máximos tolerables al cual tendrán que someterse los navegantes y sus embarcaciones, al momento de cruzar el viaducto sur, según la siguiente tabla:

Afluente	Análisis	Observación
Río Guayas	Gálibo	Establecerá Máximo Calado Aéreo permitido de las embarcaciones.
	Calado	Establecerá Máximo Calado permitido de las embarcaciones.
	Eje de Navegación	Establecerá mejor ubicación del eje de navegación según la estructura del viaducto sur y la batimetría
Esteros Cobina	Gálibo	Establecerá Máximo Calado Aéreo



		permitido de las embarcaciones.
--	--	---------------------------------

3.2 Determinación de las características de los buques de diseño autorizados a operar en el Río Guayas por parte de la Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial.

La construcción del Viaducto Sur, que une la ciudad de Guayaquil con Durán es una obra de infraestructura de ingeniería marítima-fluvial, la cual se encuentra influenciada por factores físicos, tales como el viento, marea, caudal, corriente, oleaje, sedimentación y el buque de diseño.

De acuerdo con lo autorizado por parte de la Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial con resolución SPTM-2017-0022-R del 9 de febrero de 2017; los buques de diseño aprobados por el Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTO) son:

1. Buques graneleros
2. Buques pesqueros
3. Barcazas

Las cuales deben cumplir las siguientes características técnicas (Dimensiones Máximas):

Eslora:	172 m
Manga:	25 m
Límite de Calado:	7,20 m
Velocidad de Tránsito:	12 Nudos

De igual forma, según las recomendaciones para obras marítimas ROM 3.1-99¹, el buque de diseño o buque de proyecto, es un conjunto de varios buques representativos de los diferentes tipos de embarcaciones y condiciones de carga con

¹ ROM: Recomendación de Obras Marítimas

las que operarán en el área que se analice, con objeto de asegurar que el dimensionamiento realizado permita la operación en condiciones de seguridad de cualquiera de ellos, así como de los otros buques que tengan que operar en simultaneidad con ellos en tales áreas.

Por otra parte, la selección inicial serían las características del buque de mayores dimensiones; sin embargo, la PIANC (2014) menciona factores importantes que deben ser considerados, tales como: maniobrabilidad del buque, factor de carga, resistencia al viento, cargas peligrosas, densidad del tráfico y patrones (entorno de navegación), orientación del canal, exposición ambiental a olas, viento y corriente, frecuencia de navegación, costos de dragado, tiempo de inactividad, mareas y eventos especiales no frecuentes.

Por lo antes expuesto, en la tabla a continuación se muestran las características de los tipos de buques que navegan constantemente en el área de estudio.

	BARCO PESQUERO	BAE GUAYAS	BARCO GRANELERO
Tipo	Atunero	Velero	Granelero
Eslora	62,78 m	78,4 m	172 m
Manga	11,58 m	10,6 m	26,48 m
Calado	5,48 m	4,5 m	7,2 m
C. Aéreo	19,52 m	41,9 m	36,8 m
TRB	1133 t	1250 t	21.848,38 t
Puntal	6 m	6,6 m	13,86 m

3.3 Determinación de las características de embarcaciones internacionales que transitan sobre el río Guayas y que cruzarían el Quinto Puente

Considerando los compromisos internacionales que tiene el país, como por ejemplo, la regata, “Velas Sudamérica”, evento que ocurre cada cuatro años y que reúne a los buques Escuela tipo velero de toda la región; fue necesario considerar las

características de las embarcaciones como el ARC Gloria (Colombia), ARM Cuauhtémoc (México), B/E Esmeralda (Chile), ARBV Simón Bolívar (Venezuela), NVe Cisne Branco (Brasil), B/E Capitán Miranda (Uruguay), ARA Libertad (Argentina), BAP Unión (Perú).

Por lo expuesto, es necesario conocer entre las principales características de los veleros que cruzan, el calado aéreo² de los mismos, para luego correlacionarlo con el gálibo³ establecido en el puente que cruzará sobre el río Guayas, considerando aquellos veleros que solo pueden cruzar con beneficio de marea y que por consiguiente el gálibo al cual ellos se expondrán será menor. Consecuentemente, a continuación, se mostrarán las características técnicas de los veleros que han navegado sobre el río Guayas y que han cruzado por el área donde se construirá el quinto puente.

ORD	PAÍS	VELERO	ESLORA (M)	MANGA (M)	CALADO (M)	ALTURA PALO (M)
1	ARGENTINA	FRAGATA LIBERTAD	103.75	14.31	6	49.8
2	ARGENTINA	BERNADO HOUSSAY	43.51	8.56	3.6	49.95
3	BRASIL	CISNE BRANCO	76	10	4.8	48
4	ECUADOR	GUAYAS	78.4	10.6	4.5	42
5	RUSIA	KRUZENSHTERN	114.5	14.2	6.8	44.5
6	PERÚ	UNIÓN	115.7	13.5	6.5	53.5
7	URUGUAY	CAPITÁN MIRANDA	64	8	3.8	44
8	MÉXICO	CUAUHTÉMOC	90.5	12	5.4	48.5
9	VENEZUELA	SIMÓN BOLÍVAR	82.4	10.6	4.4	49.8
10	COLOMBIA	CLORIA	67	10.6	4.8	40

² Calado aéreo: Es la distancia vertical entre el punto más alto de una embarcación y la línea de flotación. También llamada obra muerta (a diferencia de la obra viva, que sería la parte sumergida del barco o "donde hay vida marina").

³ Gálibo: Distancia entre la parte inferior de la superestructura y el nivel medio del curso de agua.

3.4 Determinación de los buques potenciales de la Armada a navegar en el Estero Cobina.

En lo que respecta al paso por el Estero Cobina se ha considerado como buque de diseño a la Lancha Guardacostas 5009 y a las Lanchas Misileras clase Quito, cuyas características se muestran en la tabla a continuación:

Características	LG 5009	LM Clase QUITO
Eslora	50.02 m	44.9 m
Manga	9.4 m	7.9 m
Calado	3.5 m	2.05 m
Calado Aéreo	17.3 m	18.23 m
TRB	3200 t	254 t
Puntal	4.3 m	3.95 m

3.5 Determinación del ancho de la vía de navegación del río Guayas, con base en las características de los buques establecidos.

Considerando las características técnicas del buque de diseño se realiza el cálculo para determinar la anchura nominal (B_n) por el método determinístico, para una vía con un carril de navegación en tramos rectos en condiciones climáticas constantes a lo largo de la ruta:

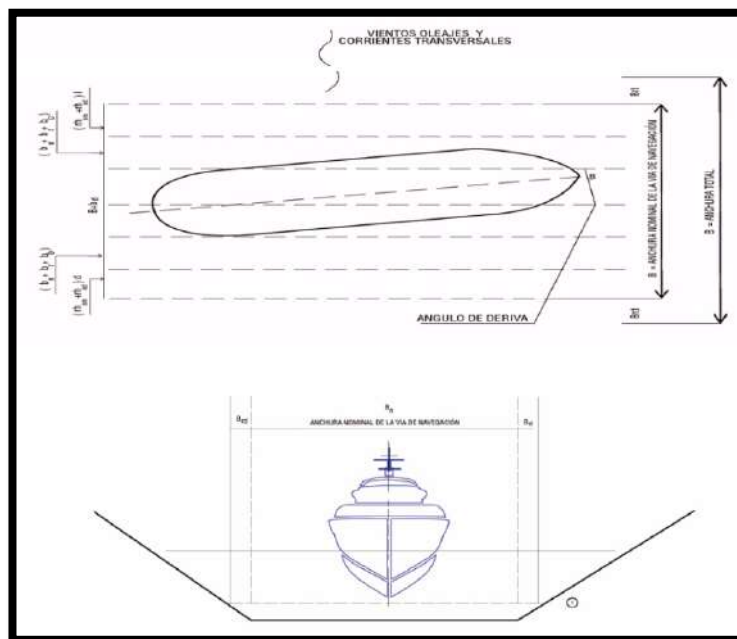


Ilustración 3.1: Anchura de una vía de tramo recto con un carril de navegación.

Fuente: Recomendaciones Marítimas de España (ROM 3.1-99)

$$B_n = B + b_d + 2(b_e + b_r + b_b) + (rh_{sm} + rh_{sd}) + (rh_{sm} + rh_{sd})_d \text{ Fórmula General:}$$

Donde:

B = Manga máxima de los buques que circularán por la vía de navegación.

$$B = 25,0 \text{ m} + 10\%;$$

$$\mathbf{B = 27,5 \text{ m}}$$

b_d = Sobreancho de la senda del buque, producido por la navegación con un determinado ángulo “ángulo de deriva” en relación con el eje de la vía navegable, para corregir la deriva del buque ocasionada por la incidencia de los vientos, oleajes, corrientes o remolcadores.

$$b_d = L_{pp} * \text{sen } \beta \text{ (para valoración de espacios de agua)}$$

Siendo: L_{pp} eslora entre perpendiculares del buque de diseño, β ángulo de deriva.

$$L_{pp} = 0,949 * L \text{ (tambien se puede obtener por tabla ROM_TABLA3.1 Pág. 81)}$$

$$\mathbf{L_{pp} = 163,228 \text{ m}}$$

El ángulo de deriva β se calcula considerando los efectos de viento y corriente.

Para derivas ocasionadas únicamente por la acción del viento:

$$\beta = \text{arc sen} \frac{K_v \cdot C_v \cdot V_{vr} \cdot \text{sen } \alpha_{vr}}{V_r}$$

K_v = Coeficiente dependiente de la forma del casco; relación entre h/D y α_{vr}

h = Profundidad del agua en el emplazamiento = 14 m.

D = Calado del buque = 6,5 m.

α_{vr} = Ángulo entre la dirección del viento relativo (de donde viene) y el plano de crujía del buque = 74° (Ver Anexo "B")

De acuerdo con la tabla específica detallada en la página 254 del Capítulo Octavo de las Recomendaciones Marítimas de España (ROM 3.1-99) para cascos de buques con proa de bulbos; el K_v interpolado es:

h/D	K_v			
	$\alpha_{vr} \leq 10^\circ$	$\alpha_{vr} = 30^\circ$	$\alpha_{vr} = 60^\circ$	$\alpha_{vr} = 90^\circ$
≤ 1.20	0,0343	0,0227	0,0184	0,0172
2.00	0,0402	0,0266	0,0216	0,0201
≥ 5.00	0,0423	0,0280	0,0227	0,0211

$K_v = 0,0209$

C_v = Coeficiente adimensional para el cálculo del ángulo de deriva de un buque

$$C_v = \left(\frac{A_{LV}}{A_{LC}} \right)^{0,5}$$

A_{LV} = Área de proyección longitudinal del buque expuesta a la acción del viento

$$A_{LV} = L_{pp} \cdot (G + h_L)$$

G = Francobordo del buque = Puntal – Calado = 7.34 m.

$G = 7,34$ m

h_L = Altura media de la superficie de la superestructura del buque por encima de la cubierta. El valor se encuentra registrado en la tabla 4.1 del Capítulo Cuarto, página 129 de las Recomendaciones Marítimas de España (ROM 3.1-99) de acuerdo con el buque de proyecto y corresponde a 5 m. (Graneleros y polivalente).

Graneleros y polivalentes			
	400.000	29.00	5.00
	350.000	27.00	5.00
	300.000	25.00	5.00
	250.000	23.00	5.00
	200.000	21.00	5.00
	150.000	19.00	5.00
	125.000	18.00	5.00
	100.000	16.50	5.00
	80.000	15.50	5.00
	60.000	14.00	5.00
	40.000	12.00	5.00
	20.000	10.00	5.00
	10.000	9.00	5.00

$$A_{LV} = L_{pp} \cdot (G + h_L)$$

$$A_{LV} = 2014,23 \text{ m}^2$$

A_{LC} = Área longitudinal sumergida del buque sometida a la acción de la corriente.

$$A_{LC} = L_{pp} \cdot D$$

$$A_{LC} = 1060,98 \text{ m}^2$$

$$C_v = \left(\frac{A_{LV}}{A_{LC}} \right)^{0,5}$$

$$C_v = 1,3778467983$$

V_{vr} = Velocidad relativa del viento referida al buque de diseño, que de acuerdo con la tabla 4.1, página 128 de la ROM 3.1-99, está referido a la velocidad básica absoluta del viento durante ráfagas de 1 minuto en condiciones límites de explotación del puerto equivalente a 22 m/s y la velocidad del buque frente al área de maniobra correspondiente a 6,17m/s (12N), pero en sentido contrario a la del viento; esto es 22,85 m/s. (Ver Anexo “A”)

V_r = Velocidad relativa del buque referida al agua. Para su cuantificación se seguirán los criterios establecidos en el apartado 7.2.3.4.3 adoptando (pág. 206) los valores menores de la velocidad del buque que sean compatibles con la navegación analizada, página 254 de la ROM 3.1-99. Esta será de 3 m/s más la velocidad de la corriente en el área 1,67 m/s a 22°, una vez haciendo los cálculos da 4,59 m/s. (Ver Anexo “B”)

$$\beta = \text{arc sen} \frac{K_v \cdot C_v \cdot V_{vr} \cdot \text{sen } \alpha_{vr}}{V_r}$$

$$\beta = 7,92^\circ$$

Para derivas ocasionadas únicamente por la acción de la corriente:

$$\beta = \arctg \frac{V_c \cdot \text{sen } \alpha_{cv}}{V + V_c \cdot \text{cos } \alpha_{cv}}$$

V_c = Velocidad absoluta de la corriente que se considere como límite de operación de la vía navegable.

$V_c = 1,94$ m/s. Corriente de flujo tomado del Estudio Náutico de DON⁴.

V = Velocidad absoluta del buque con respecto al fondo. Para su cuantificación se han seguido los criterios establecidos en el apartado 7.2.3.4.3 adoptando los valores máximos de la velocidad absoluta del buque que sean compatibles con la navegación analizada.

	Velocidad absoluta del buque «V»	
	m/s	≈ nudos
• Navegación de acceso a Areas de maniobra	2-3	4-6
• Navegación de acceso a Areas de atraque (pantalanes)	1-1,5	2-3
— Cruce de bocanas de puertos	2-4	4-8
— Areas interiores		
• Navegación de acceso a fondeaderos	1-1,5	2-3
• Navegación por canales	3-5	6-10
• Navegación de acceso a Areas de maniobras	2-3	4-6
• Navegación de acceso a dársenas, muelles y atraques	1-1,5	2-3

$V = 3$ m/s.

α_{cv} = Ángulo entre la dirección de la corriente absoluta (de donde viene) y la velocidad absoluta del buque.

La dirección de la corriente depende de la marea y es 1,67 a 22° en flujo (tomado del Estudio Náutico de DON), y con respecto a la velocidad absoluta del buque. Como resultado se tiene $\alpha_{cv} = 8.13^\circ$.

⁴ DON: Dirección de Oceanografía Naval del INOCAR

Entonces:

$$\beta = \arctg \frac{V_c \cdot \text{sen } \alpha_{cv}}{V + V_c \cdot \text{cos } \alpha_{cv}}$$

$$\beta = 2,27^\circ$$

De aquí se suman los $\text{sen } \beta$ del viento y la corriente (pág. 256 de la parte 8 de la ROM) para obtener el resultado de **ba**:

$$b_d = L_{pp} \cdot \text{sen } \beta$$

$$b_d = 28,95 \text{ m}$$

$b_e =$ Sobrancho por errores de posicionamiento.

Este sobrancho se obtiene considerando la siguiente tabla:

	Operación sin práctico o sin capitán experimentado en el emplazamiento considerado	Operación con práctico o capitán experimentado en el emplazamiento considerado
• Posicionamiento visual en estuarios abiertos, sin balizamiento:	100 m	50 m
• Posicionamiento visual referido a boyas o balizas en vías de aproximación:	50 m	25 m
• Posicionamiento visual entre alineaciones de boyas o balizas que marquen los límites de la vía:	20 m	10 m
• Posicionamiento visual mediante enfilaciones:	0,5°	0,5°
• Posicionamiento mediante sistemas radioeléctricos (válidos para situarse sobre una carta náutica, sin posicionamiento visual)		
— Radiofaros:	5,0°	5,0°
— Radar (a bordo). Banda S:	1,5°	1,5°
— Radar (a bordo). Banda X:	1,0°	1,0°
— RACON(distancia /demora):	150 m/0,3°	150 m/0,3°
— TRANSIT. Doble Frecuencia:	25 m	25 m
GPS:	100 m	100 m
DGPS:	10 m	10 m

$$b_e = 25 \text{ m}$$

$b_r =$ Sobrancho para respuesta, que valora la desviación adicional que puede producirse desde el instante en que se detecta la desviación del buque en relación a su posición teórica y el momento en que la corrección es efectiva. Este sobrancho se determinará en función de las características de maniobrabilidad del buque, de la manga máxima (B), de la relación entre la profundidad de agua en reposo en el emplazamiento (h) y el calado del buque (D), y del Riesgo máximo admisible (E_{max}) durante la Vida Útil de la Fase del Proyecto que se analiza, mediante la expresión

$$b_r = (1,50 - E_{\max}) * bro$$

Siendo:

E_{\max} = Riesgo Máximo admisible.

bro = Sobreancho para respuesta correspondiente a un valor de $E_{\max} = 0,50$, determinable con los criterios siguientes:

Maniobrabilidad del buque	b_{ro}	
	$h/D \leq 1,20$	$h/D \geq 1,50$
Buena	$0,10 \cdot B$	$0,10 \cdot B$
Media	$0,20 \cdot B$	$0,15 \cdot B$
Mala	$0,30 \cdot B$	$0,20 \cdot B$

- Buques de capacidad de maniobra buena: Buques de guerra (excepto submarinos), buques ferries y ro-ros, embarcaciones menores (pesqueras y deportivas).
- También podría considerarse que los buques del párrafo siguiente tienen capacidad de maniobra buena si su estado de carga es menor del 50%.
- **Buques de capacidad de maniobra media:** petroleros, graneleros, transportadores de gases licuados, portacontenedores, mercantes de carga general, polivalentes y buques de pasajeros, con estados de carga iguales o mayores del 50%.
- Buques de capacidad de maniobra mala: Buques averiados y buques antiguos mal mantenidos.

$$b_r = (1,50 - E_{\max}) * bro$$

$$b_r = 4,125 \text{ m}$$

b_b = Sobreancho para cubrir el error que pudiera derivarse de los propios sistemas de balizamiento; como en el área analizada no se cuenta con balizamiento el valor de b_b sería cero metros.

$$b_b = 0 \text{ m}$$

rh_{sm} = Resguardo adicional de seguridad que deberá considerarse a cada lado de la vía navegable, para permitir la navegación del buque sin que resulte afectada por los efectos de succión y rechazo de las márgenes.

rh_{sd} = Margen de Seguridad o resguardo horizontal libre que deberá quedar siempre disponible entre el buque y los contornos, taludes o cajeros de la vía navegable.

El valor del resguardo a cada lado de la vía navegable (izquierdo y derecho) se toma de la siguiente tabla, considerando que el lado izquierdo del área analizada es con márgenes rocosos o estructurales, y el lado derecho es con taludes tendidos; los valores señalados corresponden a la suma de $rh_{sm} + rh_{sd}$ en la tabla:

	rh_{sm}	r_{sm}	$r_{sm} + rh_{sd}$
— Vías de navegación con taludes tendidos ($V/H \leq 1/3$)			
• Velocidad absoluta del buque ≥ 6 m/s	0.6 B	0.1 B	0.7 B
• Velocidad absoluta del buque entre 4 y 6 m/s	0.4 B	0.1 B	0.5 B
• Velocidad absoluta del buque ≤ 4 m/s	0.2 B	0.1 B	0.3 B
— Vías de navegación con taludes rígidos ($V/H \geq 1/2$) o con márgenes rocosos o estructurales			
• Velocidad absoluta del buque entre ≥ 6 m/s	1.2 B	0.2 B	1.4 B
• Velocidad absoluta del buque entre ≤ 4 y 6 m/s	0.8 B	0.2 B	1.0 B
• Velocidad absoluta del buque ≤ 4 m/s	0.4 B	0.2 B	0.6 B

$$(rh_{sm} + rh_{sd})_i = 0,5 * B$$

$$(rh_{sm} + rh_{sd})_d = 0,5 * B$$

$$(rh_{sm} + rh_{sd})_i = 13,75 \text{ m}$$

$$(rh_{sm} + rh_{sd})_d = 13,75 \text{ m}$$

Por lo tanto los valores obtenidos se reemplazan en la fórmula general indicada anteriormente:

$$B_n = B + b_d + 2(b_e + b_r + b_b) + (rh_{sm} + rh_{sd}) + (rh_{sm} + rh_{sd})_d$$

$$B_n = 142,20 \text{ m}$$

La anchura necesaria para una navegación segura, en base al buque de diseño y calculada por el método determinístico para un tramo recto en el Río Guayas es de 142,20 m.

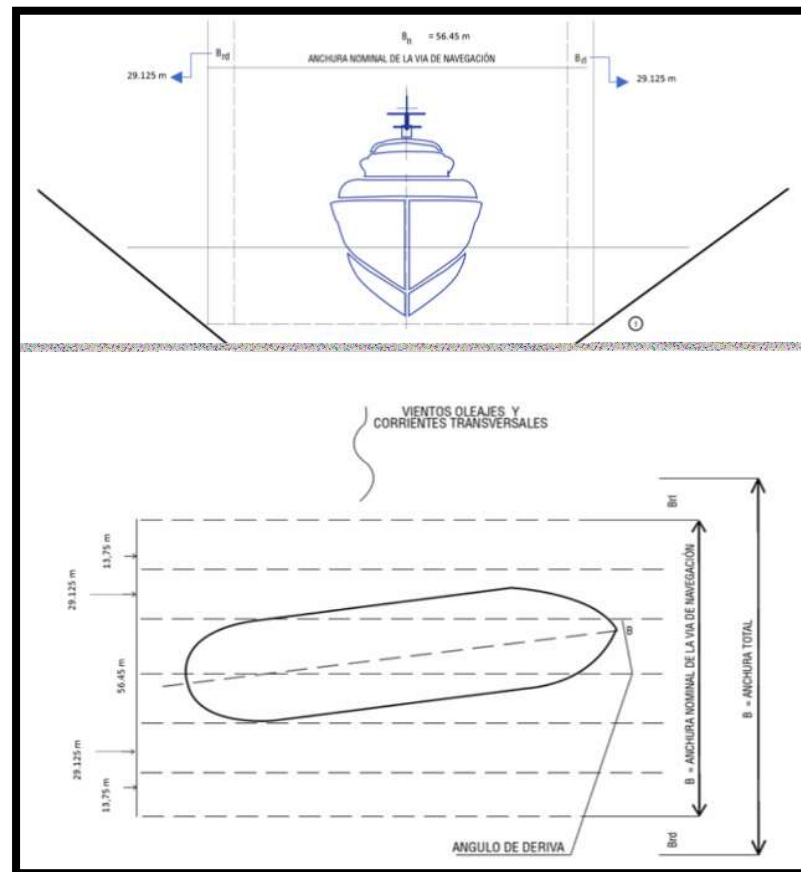


Ilustración 3.2: Anchura de una vía de tramo recto con un carril de navegación con los valores determinados. Fuente: Instituto Oceanográfico de la Armada

3.6 Representación del eje de navegación, en el área más óptima sobre el río Guayas y Estero Cobina

3.6.1 Análisis batimétrico multitemporal del sector de implementación del viaducto sur

En lo correspondiente a la componente batimétrica, se realizará un análisis multitemporal en el área de la implementación del Viaducto Sur (ver Ilustración 3.3), considerando levantamientos batimétricos de los años 2014 y 2018.

En este sentido la metodología de trabajo corresponde a la realización de operaciones matemáticas entre superficies batimétricas, con el fin de determinar

la variabilidad de sondas en un mismo punto y su afectación a la seguridad en la navegación a las unidades que transitan por mencionada área.

De igual manera con la información obtenida del análisis temporal en el área donde se encontrará el puente se recomendará la ubicación óptima del eje del canal y se representará su ancho de navegación con base en los estudios de configuración marítima realizados en el presente estudio.

Por lo anterior a continuación se mostrará lo siguiente:

- Batimetrías de los años 2014 y 2018.
- Operaciones matemáticas entre superficies batimétricas.
- Representación del eje del canal en área óptima.

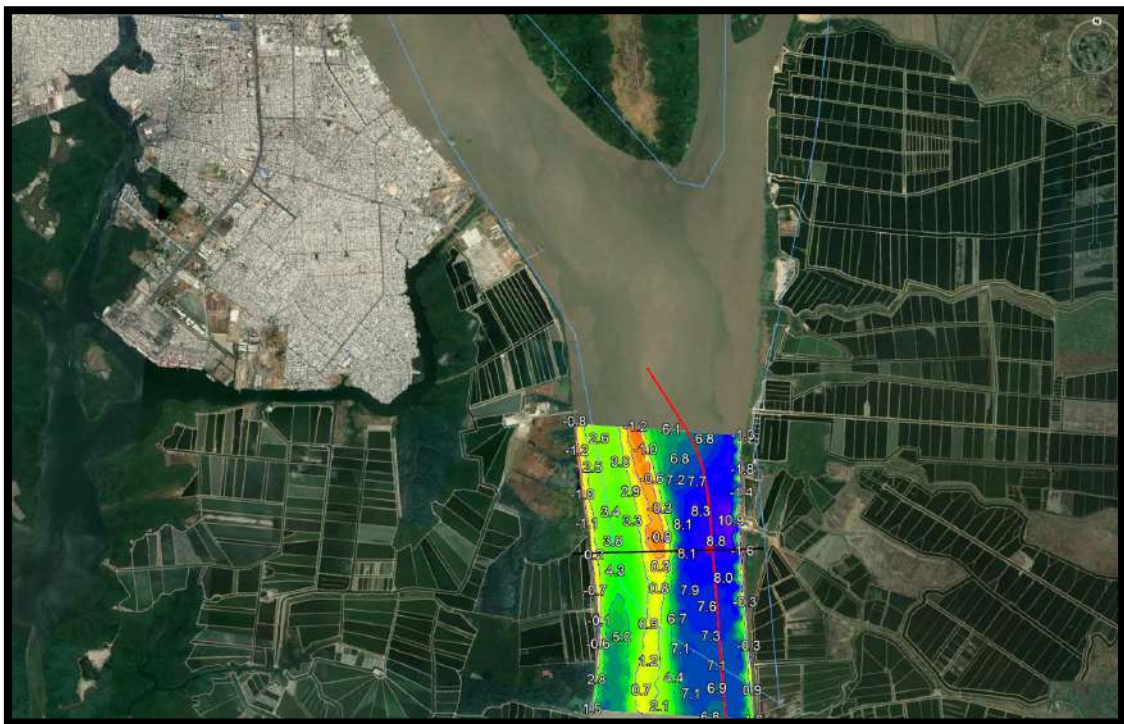


Ilustración 3.3: Área de estudio multitemporal de batimetrías

Fuente: Instituto Oceanográfico de la Armada

Batimetrías del 2014 y 2018.

Batimetría 2014

Esta batimetría fue realizada por el Instituto Oceanográfico de la Armada en el año 2014, del 30 de mayo al 13 de junio; como se puede apreciar en el

Anexo “C”, existen profundidades desde 0.2 metros hasta profundidades que alcanzan los 9.6 metros, teniendo como nivel de referencia el MLWS⁵.

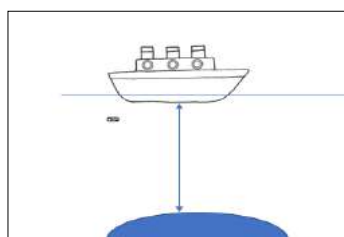
Batimetría 2018

Esta batimetría fue realizada por el Instituto Oceanográfico de la Armada en el año 2018, del 10 al 30 de enero; como se puede apreciar en el Anexo “D”, existen profundidades desde -1.5 metros hasta profundidades que alcanzan los 9.3 metros, teniendo como nivel de referencia el MLWS.

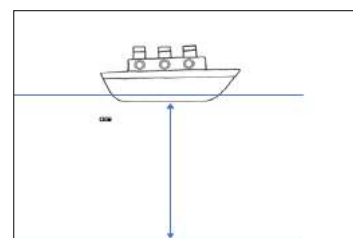
Variabilidad multitemporal de superficies batimétricas en base a álgebra de capas.

El álgebra de capas nos permite realizar operaciones matemáticas entre distintas superficies batimétricas lo que nos ayuda a encontrar las áreas de sedimentación y socavación del área de estudio, la misma que abarca el sector sur de la Isla Santay.

Para la comprensión del gráfico (Anexo E) al momento de restar las superficies batimétricas los resultados negativos representarán procesos de socavación (color rojo) y los positivos serán sedimentación (color gris); es decir, la diferencia de superficies batimétricas se las realiza restando la superficie batimétrica de un año determinado con respecto a la superficie batimétrica del año posterior, por lo anterior se expresa el siguiente ejemplo de sondaje en un mismo punto, pero diferentes años:



Año: 2008
Sonda: 15 m



Año: 2009
Sonda: 18 m

⁵ MWLS: Plano de referencia de mareas. Media aritmética de la altura de las bajamares que ocurren durante las mareas de sicigia.

Año 2008 – Año 2009 = 15 – 18 = -3 m

Como se puede apreciar, al momento de restar las superficies batimétricas los valores que resulten negativos identificarán que el fondo marino ha sufrido procesos de **SOCAVACIÓN**, consecuentemente los valores positivos indicarán que ha sufrido procesos de **SEDIMENTACIÓN**.

Con el fin de poder realizar un análisis temporal batimétrico se realizarán las siguientes operaciones entre las superficies presentadas anteriormente:

Álgebra entre intervalos cortos.

2014-2018

Álgebra de capas entre los años 2014-2018.

Para este periodo de estudio se encontraron los siguientes valores de sedimentación y socavación: Ver Anexo “E”

- Sedimentación hasta de 4 metros.
- Socavación hasta de 3 metros.

3.6.2 Análisis de navegabilidad según profundidad y ancho de la vía navegable

Las condiciones actuales de navegación en el Río Guayas han permitido que los buques que cumplen con las dimensiones establecidas en la resolución de la SPTMF, lleguen a varios puertos asentados a lo largo de la ribera del Río Guayas; permitiendo inclusive el arribo de veleros internacionales como sucede en las Regatas Velas Sudamérica.

Tomando como ejemplo el último caso, en la Regata “Velas Sudamérica 2018” un total de 5 veleros ingresaron a los muelles del Río Guayas a lo largo del malecón, esto se debe a que en la vía de navegación no existían obstáculos para su tránsito por el río; sin embargo, la implementación del Quinto Puente, podría limitar el acceso de buques internacionales, lo que debe ser tomado en cuenta para la futura proyección del Río Guayas como un atractivo turístico internacional.

Luego de haber realizado el análisis multitemporal respectivo del área donde se encontrará el puente del Viaducto Sur, se sugiere colocar el eje de navegación a estribor del Río Guayas, navegando de sur a Norte. En este sentido, para evidenciar y comprobar que esa es el área óptima de navegación, se procedió a realizar un corte transversal sobre el área donde se encontrará el Viaducto Sur y así poder verificar el veril óptimo para el cruce de embarcaciones por mencionada estructura, tal como se muestra en la Ilustración 3.4.

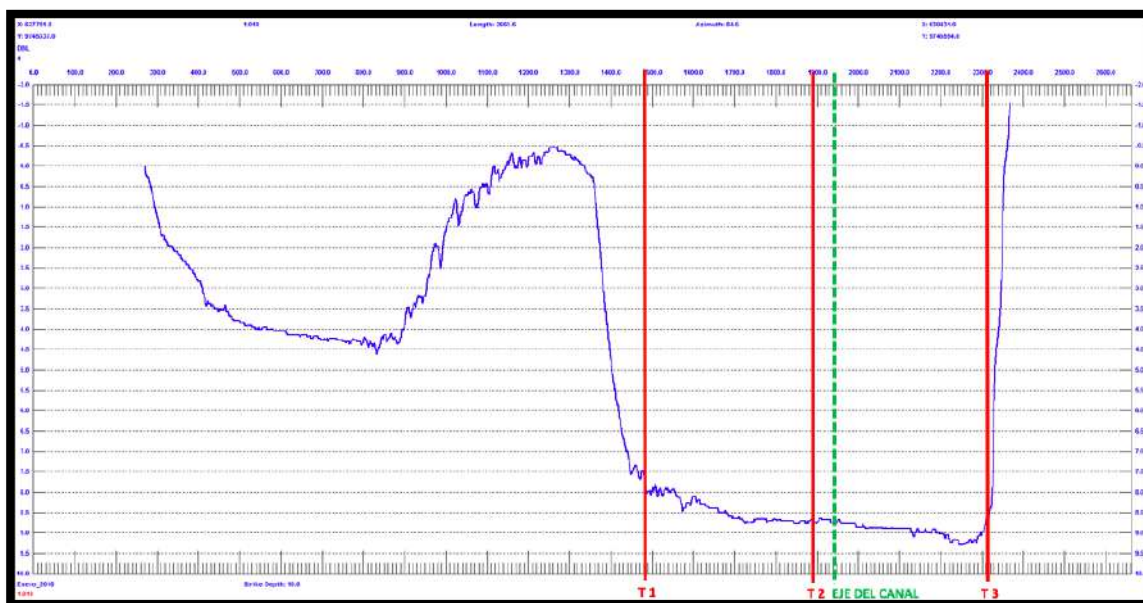


Ilustración 3.4: Ubicación del eje del canal según profundidad en la actualidad.

Fuente: Instituto Oceanográfico de la Armada

Es menester indicar que la representación del eje del canal en el corte transversal indicado obedece únicamente a un análisis multitemporal batimétrico y que no se han considerado todas las variables hidro-oceanográficas que puedan afectar a las embarcaciones que naveguen por mencionada área, como las condiciones naturales tanto meteorológicas y oceanográficas.

Asimismo, el eje representado en la Ilustración 3.4 obedece al que actualmente se emplea en la navegación de este sector de río Guayas. Sin embargo, como se ve en la ilustración antes indicada, la distancia entre el eje y la pila de la torre T2 es de aproximadamente 20 metros; esto se considera

inseguro ya que debería existir al menos 71.1 metros a cada banda del eje de la vía a la navegación. De igual manera se debe considerar que las sondas que se han utilizado en el presente análisis están referidas al MLWS por lo que las embarcaciones podrían gozar de más agua bajo la quilla al momento de su cruce, siempre y cuando se considere el estado de marea a favor del navegante.

En contexto, se estableció una vía de navegación de 142.2 metros de ancho cuyo eje principal transita por una profundidad de 8.76 metros aproximadamente (batimetría 2018), tal como se aprecia en la Ilustración 3.4.

El eje del canal y sus límites están representados con una línea vertical segmentada verde y los pilotes son líneas de color rojo.

Es menester mencionar que el gráfico indicado no es un plano ingenieril a detalle sino un esquema que representa la batimetría del área (Corte Transversal), así como su relación espacial geográfica con el Viaducto Sur (Vista en planta), esto se puede apreciar en la Ilustración 3.5.

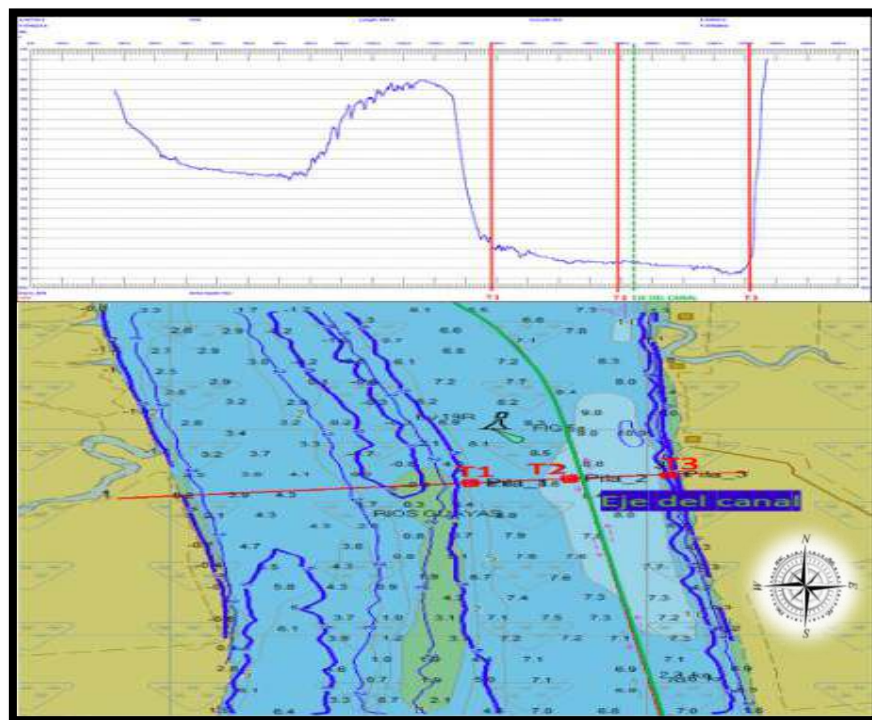


Ilustración 3.5: Vista en planta y transversal del eje del canal

Fuente: Instituto Oceanográfico de la Armada

Por lo expuesto, se puede apreciar que el actual eje del canal (impuesto por la posición de los pilotes) corresponde a la mejor área batimétrica para realizar actividades de navegación, sin embargo, se limita el ancho de la vía a la navegación por lo que una solución sería mover el eje de navegación a estribor, tomando como referencia de sur a norte o saliendo del canal, como se muestra en la Ilustración 3.6, en este sector la navegación se la realizaría a 8.9m de profundidad aproximadamente.

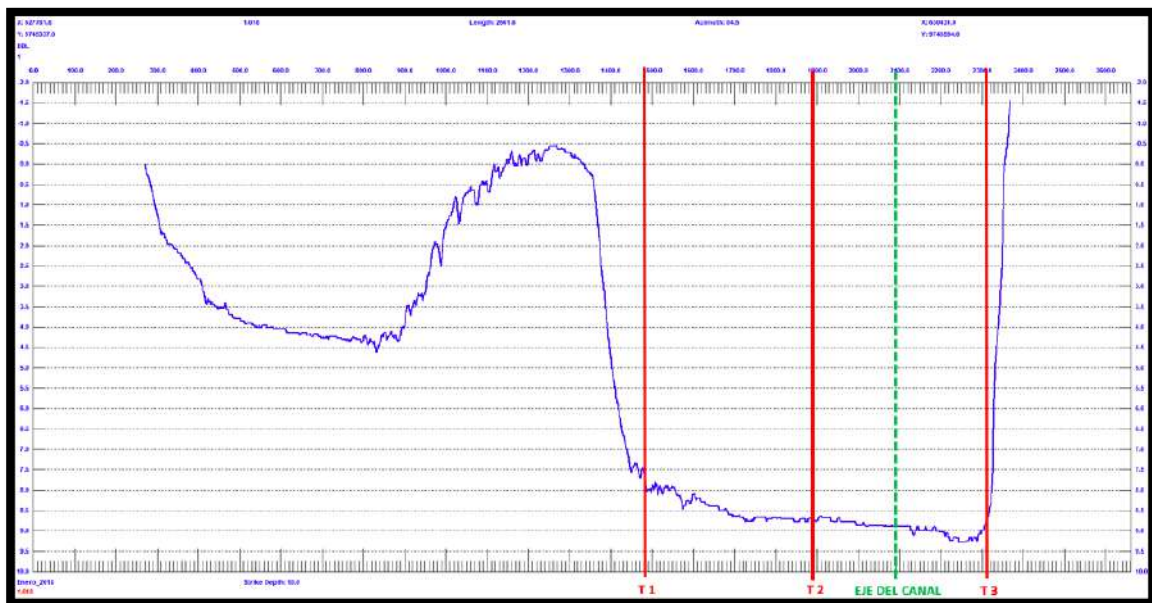


Ilustración 3.6: Ubicación del eje del canal según profundidad (Propuesta).

Fuente: Instituto Oceanográfico de la Armada

Impacto de la estructura del viaducto sur sobre la navegación.

Considerando que el análisis del punto 3.4 se basa en la profundidad y en el ancho de la vía a la navegación, el impacto que se tomará en cuenta es el de la separación entre las bases de los pilotes. Para esto se toma como premisa inicial la separación entre el pilote T2 y T3 que es de 416 metros (ver Ilustración 3.7).

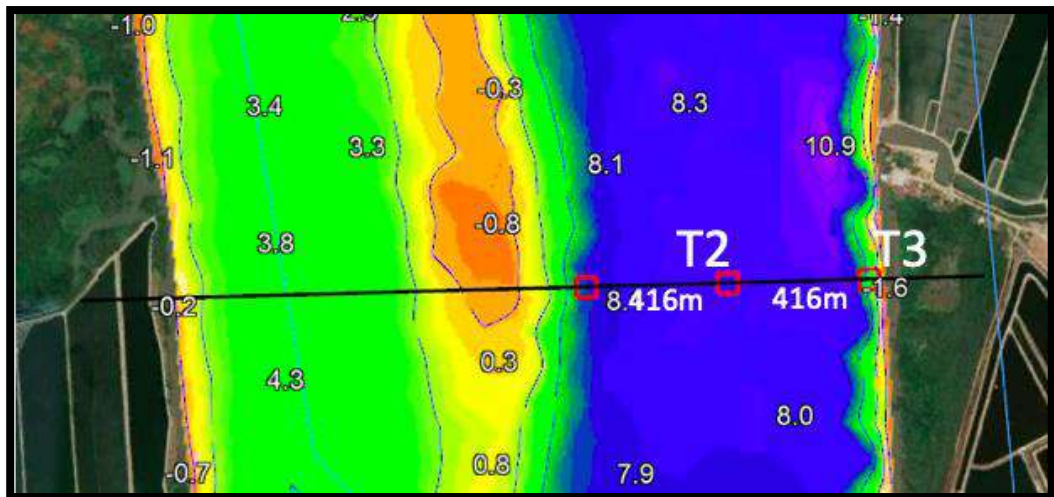


Ilustración 3.7: Separación entre pilotes de la aerovía

Fuente: Instituto Oceanográfico de la Armada

Esta distancia se verá reducida por la anchura de la PILA del pilote que sostendrá al puente, para los pilotes T2 y T3 esto se muestra en la Ilustración a continuación. Como se evidencia tiene un ancho total de 60 metros, lo que reduciría en 30 metros la distancia entre pilotes (por cada uno de ellos) dando como resultado 356 metros de separación.

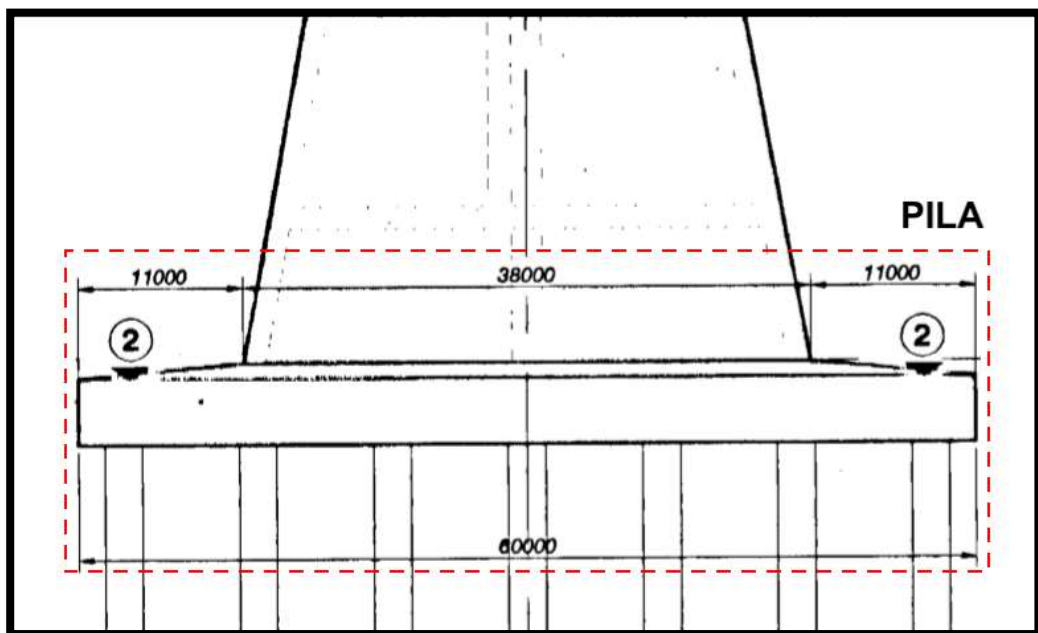


Ilustración 3.8: Ancho de la pila de los pilotes (T2/T3) a ser hincados

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Continuando con el análisis de la vía de la navegación a ser implementada, en la Ilustración 3.9 se puede observar que el eje del canal navegable que se propone en el presente estudio está en el centro de los pilotes T2/T3, por lo tanto, del eje hacia cada lado (Babor/Estribor) existirá una distancia de 71,1m lo que da un total de 142,2 metros de ancho de canal, como la distancia entre pilotes es de 356 metros existirá un margen de seguridad del 150,35% es decir 106.9m, de esta manera se incrementaría la seguridad a la navegación por el sector de influencia del Viaducto Sur.

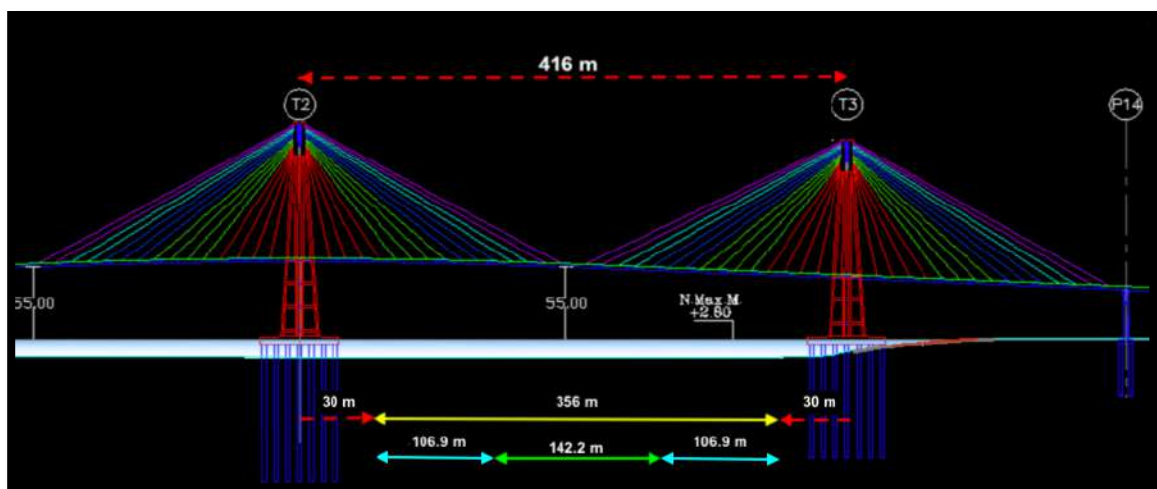


Ilustración 3.9: Implementación de la vía a la navegación de los pilotes T2/T3.

Fuente: Instituto Oceanográfico de la Armada / MTOP

3.7 Análisis del gálibo del Viaducto Sur en su paso sobre el río Guayas y Estero Cobina

En lo que respecta al eje del canal desde el punto de vista del calado aéreo se tomaron en consideración los tramos entre los pilotes T2-T3, debido a que entre estos pilotes se implanta la vía de navegación, en los que se pudo observar que no se cumplía con el espaciamiento mínimo de calado aéreo requerido para los buques considerados en el presente estudio como se analiza más adelante.

Para entender el impacto de la altura del puente (Viaducto Sur) es necesario entender la definición de calado aéreo, definiéndose este concepto como la distancia

vertical entre el punto más alto de una embarcación y su línea de flotación; sin embargo, debido a que un buque mercante puede tener distintos niveles de carga, se debe considerar el calado aéreo extremo.

En tal sentido, y con la información del calado aéreo entregada correspondiente a los buques de diseño: Buque granelero (36.8 metros), Buque Escuela Guayas (41.9 metros), Buque pesquero (19.52 metros), y de los siguientes buques: BAP Unión (53.5 metros), Lancha Guardacostas 5009 (17.3 metros) y Lancha Misilera Clase Quito (18.23 metros) se han realizado los cálculos necesarios para determinar el valor del galibo para cada uno.

3.7.1 Cálculo del galibo de la estructura del Viaducto Sur (Quinto puente)

Los buques a los que se hace mención estarían en condiciones de navegar preferentemente entre los pilotes T2 y T3; sin embargo, el galibo entre estas dos torres es de apenas 55 metros (ver Ilustración 3.10), medidos, con lo cual se limitaría el paso para aquellas naves que tengan un calado aéreo mayor a 55 metros sin beneficio de marea.

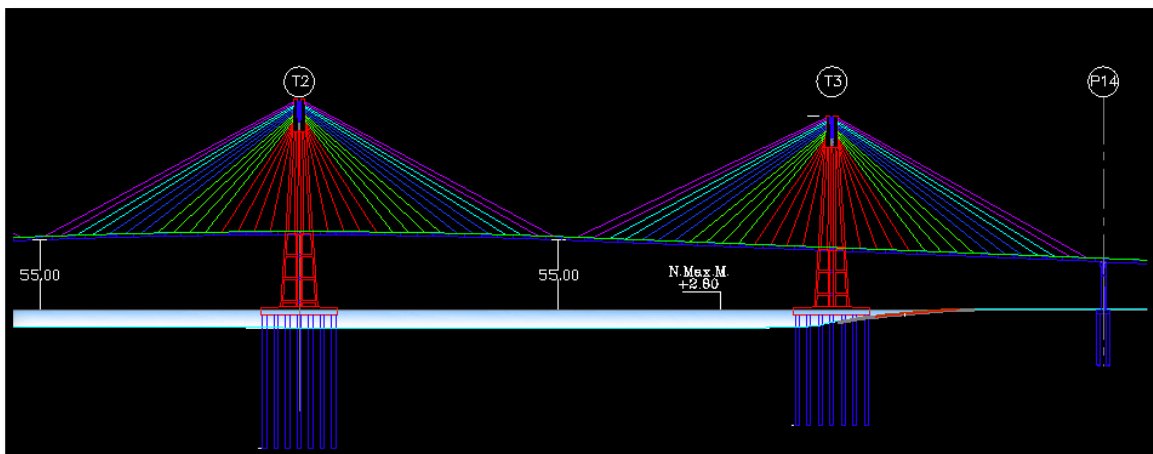


Ilustración 3.10: Galibo de la vía a la navegación entre los pilotes T2/T3

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Para el cálculo del galibo de la estructura se utilizó la fórmula de la Asociación Internacional de Infraestructuras del Transporte Acuático, más conocido con sus siglas en inglés como PIANC (*Permanent International Association of Navigation Congresses*, 2014); la cual se detalla a continuación:

Gálibo = ADC + Calado Aéreo

Donde:

ADC es igual a 0.05 x Calado Aéreo

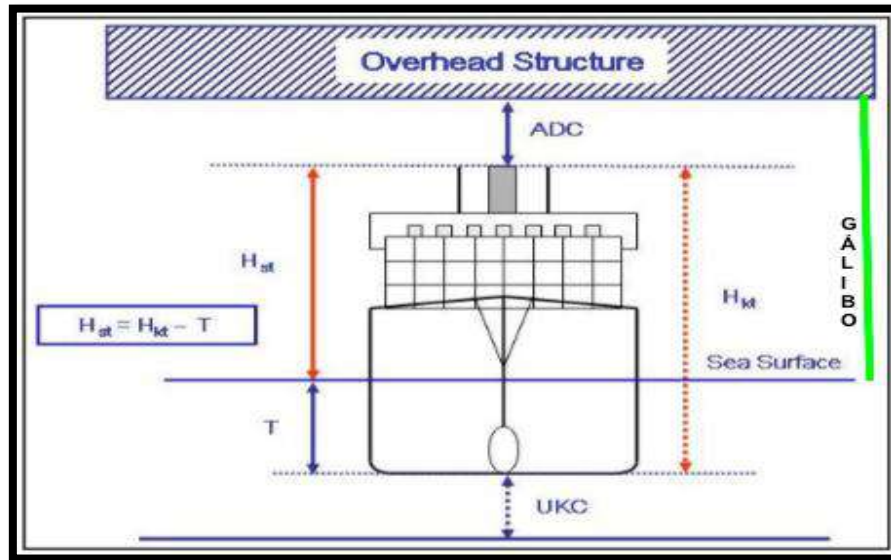


Ilustración 3.11: Gálibo de la vía a la navegación según PIANC

Fuente: PIANC, 2014

Para este estudio en particular se obtuvieron los siguientes resultados:

	Calado Aéreo (m)	Gálibo (m)
Buque Escuela Guayas	41.9	43.99
Buque Pesquero	19.52	20.49
Buque Granelero	36.8	38.64
Buque Escuela Unión	53.5	56.17

Por otra parte, para tener constancia de los resultados de todos los buques veleros que fueron invitados en el último evento velas Latinoamérica 2018, se realizaron los cálculos del gálibo para cada uno de ellos. Ver Anexo “F”.

3.7.2 Cálculo del gálibo de la estructura del puente del Estero Cobina

Los buques a los que se hace mención estarían en condiciones de navegar preferentemente entre los pilotes P7 y P8; sin embargo, el galibo entre estas dos torres es de apenas 14 metros (ver Ilustración 3.12), con lo cual se limitaría el paso

para aquellas naves que tengan un calado aéreo mayor a 14 metros sin beneficio de marea.

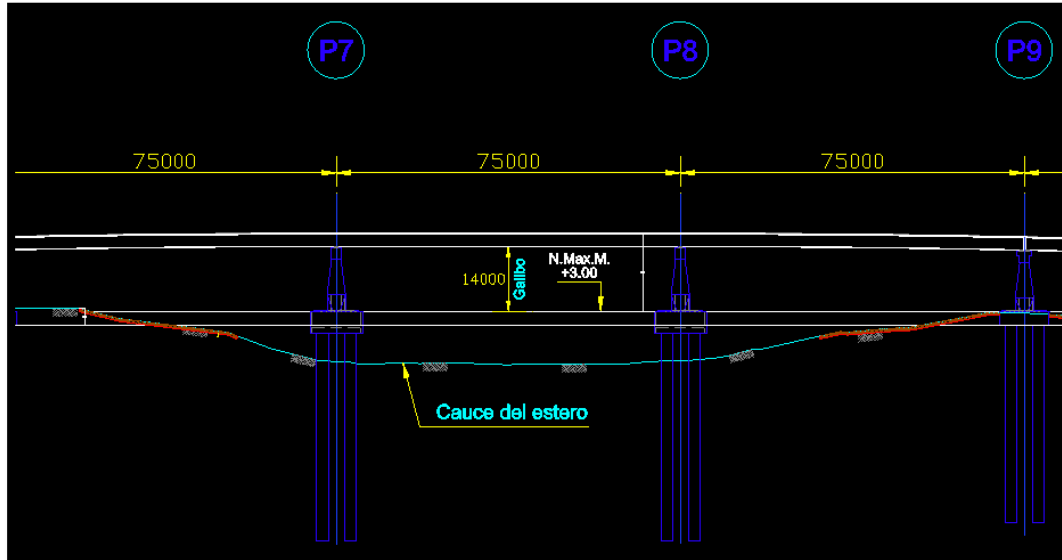


Ilustración 3.12: Gálibo de la vía a la navegación entre los pilotes P7/P8

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Así como para los buques que navegan por el río Guayas, los cálculos del gálibo necesario para el cruce del puente del Estero Cobina se realizó con la normativa de la PIANC.

	Calado Aéreo (m)	Gálibo (m)
Lancha Guardacostas 5009	17.3	18.16
Lancha Misilera clase Quito	18.23	19.14

4. CONCLUSIONES

- a) La distancia existente entre los pilotes propuestos para el puente del Viaducto Sur, incluyendo el tamaño de las bases de los pilotes, es de 356 m, la cual es superior a los 142.20 m que corresponden al ancho del canal necesario para una navegación segura para un tramo recto en el área analizada del Río Guayas, calculado mediante el método determinístico elaborado en base a las Recomendaciones de Obras Marítimas de España-ROM 3.1.-99.
- b) El corte transversal de las mediciones de profundidad realizado en el área donde se encuentra la estructura de la aerovía y el estudio multitemporal de la batimetría, permitieron identificar que el mejor sector para ubicar el eje de navegación se encuentra entre los pilotes T2 y T3, donde la profundidad del canal alcanza sus valores máximos.
- c) El Gálibo necesario para una navegación segura, considerando el buque de diseño y calculado por el método determinístico elaborado en base a las Recomendaciones de Obras Marítimas de España-ROM 3.1-99, y en base al Harbour Approach Channel Design Guidelines PIANC, permitiría navegar sin ninguna restricción en el área del puente del Viaducto Sur a los siguientes buques: Buque Escuela Guayas (43.99 m), Buque Pesquero (20.49m), Buque Granelero (38.64m).
- d) De acuerdo con el estudio técnico realizado, el Buque Escuela Unión (56.175m), tendría restricciones de navegación en el área de construcción del Viaducto Sur, debido al calado aéreo de este buque, lo cual aplicaría para todas las embarcaciones cuyo calado aéreo sobrepase los a 55 metros sin beneficio de marea.
- e) De acuerdo con el estudio técnico realizado, se puede concluir que la Lancha Guardacostas 5009 (18.165m) y la Lancha Misilera clase Quito (19.1415m), tendrían restricciones de navegación en el área de construcción del puente sobre el Estero Cobina, debido al calado aéreo de estos buques, lo cual aplicaría para todas las embarcaciones cuyo calado aéreo sobrepase los a 14 metros sin beneficio de marea.



- f) La Dirección Nacional de los Espacios Acuáticos y el Instituto Oceanográfico de la Armada tienen entre sus funciones privativas la tarea de analizar las afectaciones que puedan existir en el ámbito de su competencia en cuanto a la seguridad a la navegación, salvaguarda de la vida humana en el mar, y libre navegabilidad; sin embargo, existen otros campos de gestión relacionados a aspectos socio-económicos, urbanísticos y ambientales, que deben ser evaluados por las entidades competentes para ejercer su rectoría.

- g) La información disponible sobre el proyecto Viaducto Sur, limita realizar un análisis completo de las posibles afectaciones que puede tener mencionado proyecto en la seguridad a la navegación y la salvaguarda de la vida humana en el mar.

5. RECOMENDACIONES

- a) Informar a las autoridades pertinentes que el diseño de la estructura planificada para la construcción del puente para el Viaducto Sur de Guayaquil cuenta con las dimensiones adecuadas para permitir una navegación segura de los buques de diseño correspondientes al Buque Escuela Guayas, Buque Pesquero y Buque Granelero en lo que corresponde al gálibo, ancho del canal y eje de navegación.
- b) Informar a las autoridades pertinentes que las dimensiones del diseño de la estructura planificada para la construcción del puente para el Viaducto Sur de Guayaquil no cuentan con el gálibo suficiente que permita una navegación segura para buques con un calado aéreo como el del Buque Escuela Unión, que tradicionalmente han participado en los eventos de Velas Sudamérica en los muelles del Río Guayas.
- c) Informar a las autoridades pertinentes que las dimensiones del diseño de la estructura planificada para la construcción del puente para el Viaducto Sur de Guayaquil en su paso por el Estero Cobina no cuentan con el gálibo suficiente que permita una navegación segura para buques con el calado aéreo como el de las Lanchas Guardacostas 5009 y Lanchas Misileras clase Quito.



Patricio HIDALGO Vargas, Msc

Capitán de Navío-EM

DIRECTOR



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Configuración Marítima de los Puertos, Canales de acceso y áreas de flotación. Recomendaciones de Obras Marítimas de España-ROM 3.1.-99
- Acciones climáticas. Recomendaciones de Obras Marítimas de España 0.4-95
- Información de la Dirección de Oceanografía Naval e Hidrografía y Cartografía.
- Acciones en el Proyecto de Obras Marítimas y Portuarias. Recomendaciones de Obras Marítimas de España-ROM 0.2-90
- MTOP (2019). Estudios para el Concurso Público Internacional para el diseño, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento del proyecto “Viaducto Sur de Guayaquil”. Concursos Públicos. Disponible en: <https://www.obraspublicas.gob.ec/lanzamiento-a-concurso-publico-viaducto-sur-guayaquil-app/> [Consultado septiembre 2019].
- Harbour Approach Channels Design Guidelines-PIANC
- Código Internacional para la Protección de los Buques- OCDE
- Vessel Collision Design of Highway Bridges (2009) - AASHTO



ANEXOS



ANEXO “A”

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD RELATIVA DEL VIENTO

NOTA: La dirección del viento fue tomada por medio de datos de DON

**VELOCIDAD RELATIVA DEL VIENTO (REFERENCIA ROM 3.1-99,
TABLA 4.1, Pg. 127)**

<i>Velocidad absoluta del viento</i>	V_V [m/s]	22
<i>Ángulo de dirección del viento absoluto</i>	α_V [grados]	90
<i>Velocidad absoluta del buque</i>	V [m/s]	6.17

$$V_{VR} = (V_V^2 + V^2 + (2 * V_V * V * \cos \alpha_V))^{1/2}$$

$$\alpha_{VR} = \cos^{-1}((V_V * \cos \alpha_V + V) / V_{VR})$$

<i>Velocidad relativa del viento</i>	V_{VR} [m/s]	22.85
<i>Ángulo de dirección del viento relativo</i>	α_{VR} [grados]	74



ANEXO “B”

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD RELATIVA BUQUE REFERIDA AL AGUA

NOTA: La dirección de la corriente fue tomada por medio de datos de DON

VELOCIDAD RELATIVA DE LA CORRIENTE

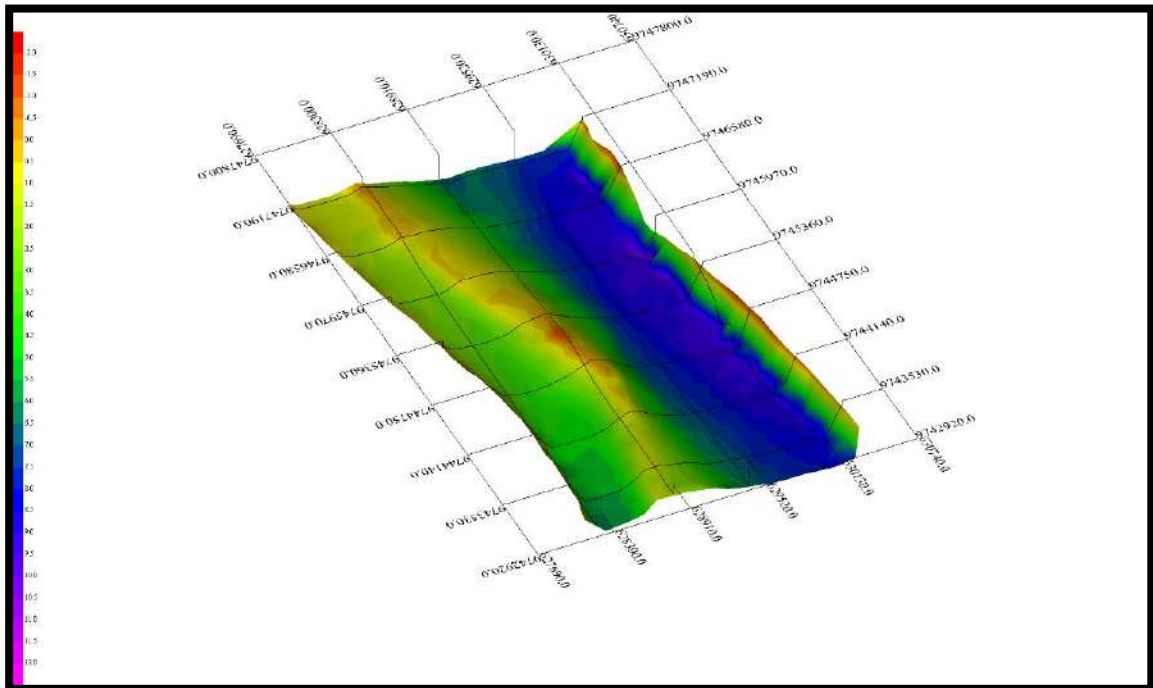
<i>Velocidad absoluta de la corriente</i>	<i>V_C [m/s]</i>	1.94
<i>Ángulo de dirección de la corriente absoluta</i>	<i>α_c [grados]</i>	021
<i>Velocidad absoluta del buque</i>	<i>V [m/s]</i>	3

$$V_r = (V_c^2 + V^2 + (2 * V_c * V * \cos \alpha_c))^{1/2}$$

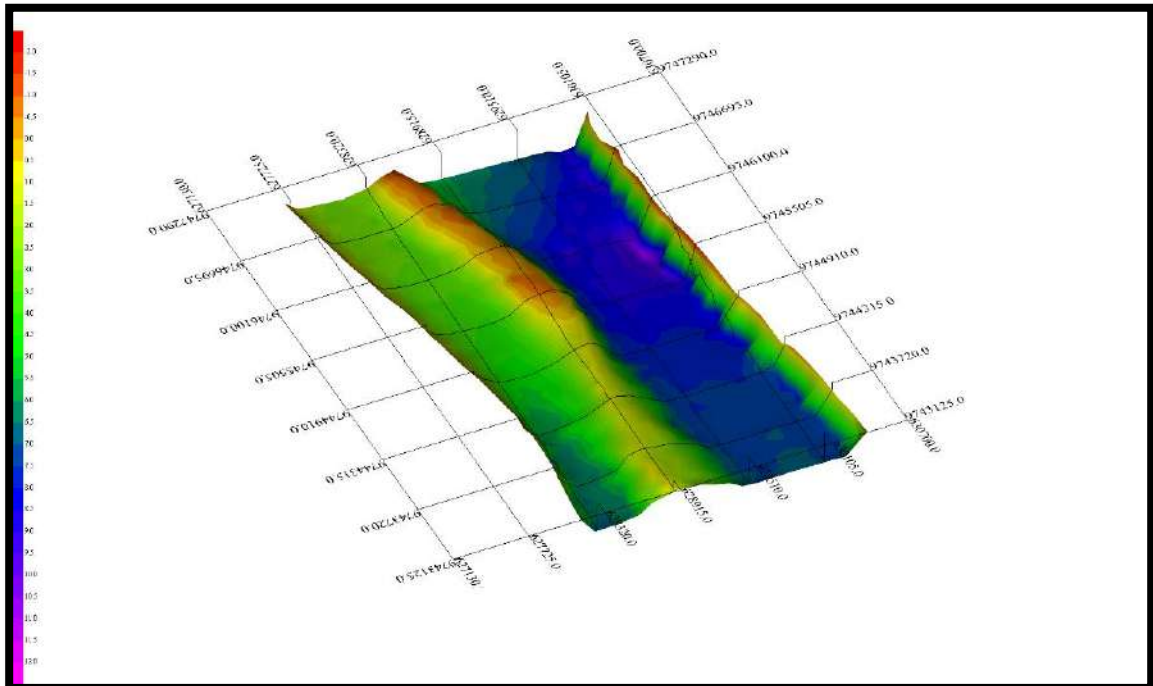
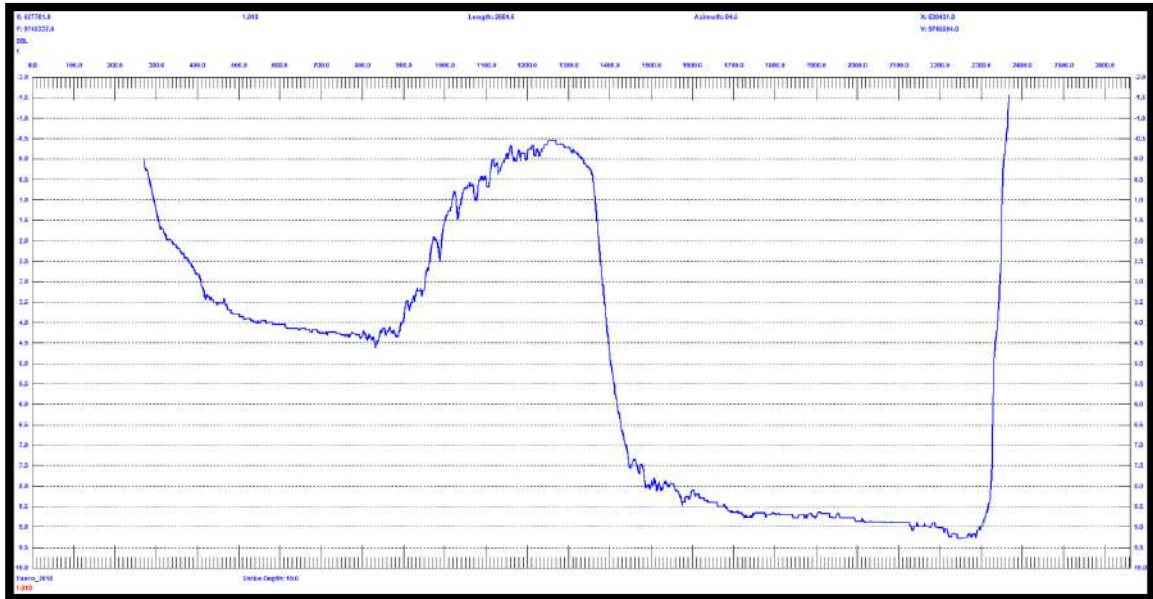
$$\alpha_{cv} = \cos^{-1}((V_c * \cos \alpha_c + V) / V_r)$$

<i>Velocidad relativa de la corriente</i>	<i>V_R [m/s]</i>	4.86
<i>Ángulo de dirección de la corriente con respecto al buque</i>	<i>α_{cv} [grados]</i>	8.13

ANEXO "C" BATIMETRÍA 2014

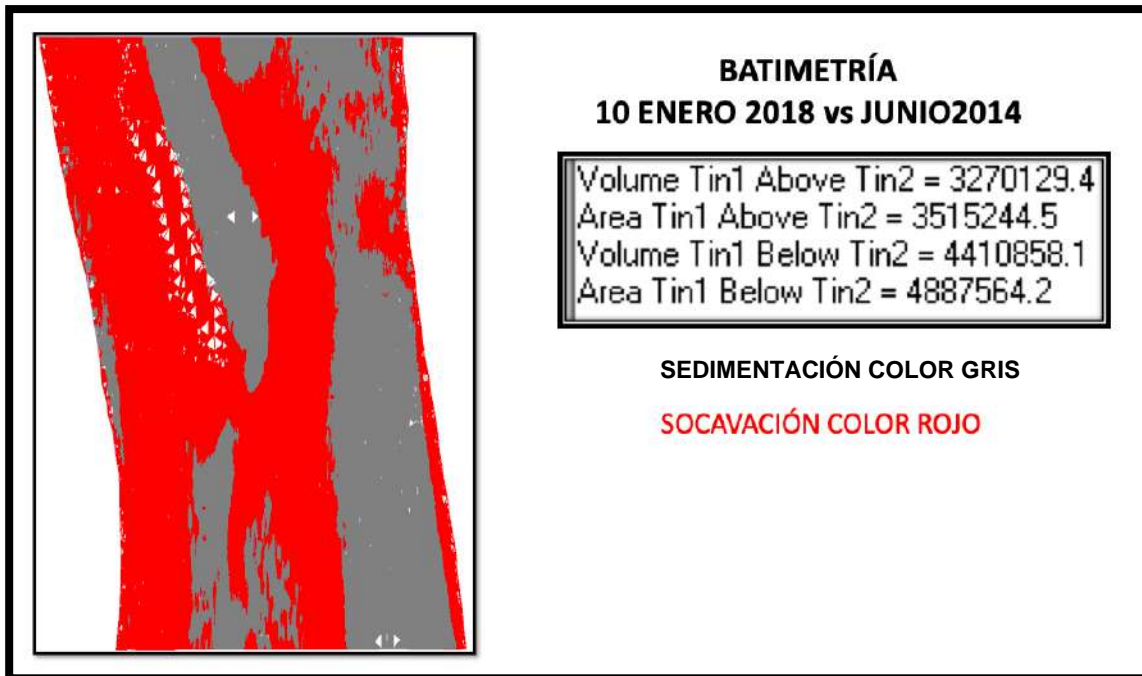


ANEXO "D" BATIMETRÍA 2018



ANEXO “E”

ÁLGEBRA DE CAPAS ENTRE LOS AÑOS 2014-2018





ANEXO "F"
TRÁNSITO POR T1 Y T2 DEBAJO DEL PUENTE VIADUCTO SUR
GUAYAQUIL

ORD	PAÍS	VELERO	ESLORA (M)	MANGA (M)	CALADO (M)	CALADO AÉREO (M)	GÁLIBO	OBSERVACIONES
1	ARGENTINA	FRAGATA LIBERTAD	103.75	14.31	6	49.8	52.29	SIN RESTRICCIÓN.
2	ARGENTINA	BERNADO HOUSSAY	43.51	8.56	3.6	49.95	52.447	SIN RESTRICCIÓN.
3	BRASIL	CISNE BRANCO	76	10	4.8	48	50.4	SIN RESTRICCIÓN.
4	ECUADOR	GUAYAS	78.4	10.6	4.5	42	44.1	SIN RESTRICCIÓN.
5	RUSIA	KRUZENSHTERN	114.5	14.2	6.8	44.5	46.725	SIN RESTRICCIÓN.
6	PERÚ	UNIÓN	115.7	13.5	6.5	53.5	56.175	DEBE PASAR CON BENEFICIO DE MAREA.
7	URUGUAY	CAPITÁN MIRANDA	64	8	3.8	44	46.2	SIN RESTRICCIÓN.
8	MÉXICO	CUAUHTÉMOC	90.5	12	5.4	48.5	50.925	SIN RESTRICCIÓN.



9	VENEZUELA	SIMÓN BOLÍVAR	82.4	10.6	4.4	49.8	52.29	SIN RESTRICCIÓN.
10	COLOMBIA	CLORIA	67	10.6	4.8	40	42	SIN RESTRICCIÓN.