

“ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RÍO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NÁUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACIÓN, CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS”

ANTECEDENTES

Con fecha 14 de julio del 2016, las empresas ECUAGRAN S.A., QC TERMINALES ECUADOR S.A., STOREOCEAN S.A., contratan los servicios profesionales del suscrito para realizar el **“Estudio de navegabilidad en el río Guayas, mejora de las condiciones náuticas y acceso con seguridad a la navegación, con beneficio de marea a una profundidad de 7,50 metros”**, estudio que debe realizarse en un plazo de treinta días, contados a partir de la entrega del anticipo correspondiente.

MARCO LEGAL

- 1) La Dirección General de la Marina Mercante y del Litoral, en su calidad de Autoridad Marítima y Portuaria Nacional, mediante Resolución No. 191/02, emitió el **REGLAMENTO DE OPERACIONES PORTUARIAS DE AUTORIDAD PORTUARIA DE GUAYAQUIL**, publicado en el Registro oficial No 7 del 23 de Enero del 2003, el que se encuentra vigente.
- 2) En el Reglamento vigente, publicado en el R.O. No. 724ene2003, en el Capítulo II, sección II.5.2 **“Regulaciones de seguridad para el tráfico por los canales de acceso”**, no se especifican las regulaciones para el Rio Guayas.
- 3) La Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG), como entidad reguladora y encargada de la administración y control de las operaciones y maniobras de ingreso y salida por los canales de acceso al Puerto de Guayaquil (El Morro-Estero Salado y Rio Guayas), mediante Oficio No DOP-3526 del 10 de Noviembre del 2003, pone en conocimiento de la Autoridad Marítima y Portuaria Nacional que **“se limita al calado máximo de**

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

navegación por el Río Guayas a 6,50 Mts....”; y “Las naves que deseen transitar por el Río Guayas con calados mayores a 6.50 metros hasta un máximo de 7.00 metros deberán realizarlo con observación de marea.”

- 4) De acuerdo a la Resolución 138/3 de la Subsecretaría de Puertos, Transporte Marítimo y Fluvial, publicado en el Registro Oficial No. 106 del 22 de octubre del 2013, se establece como calado máximo de seguridad en el Río Guayas **6,80 Metros**, de acuerdo con los resultados obtenidos en el **“estudio sobre las perspectivas hidrográficas del Río Guayas en las áreas de los Bajos Paola y Barra Norte”**, presentados por el Instituto Oceanográfico de la Armada, así como, el **“informe de características y condiciones de navegabilidad de buques mercantes en tráfico internacional en el Río Guayas”**, elaborado por los operadores portuarios de buques que prestan el servicio de practica en el río.

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

ANALISIS GENERAL

CONDICIONES HIDRO/OCEANOGRÁFICAS

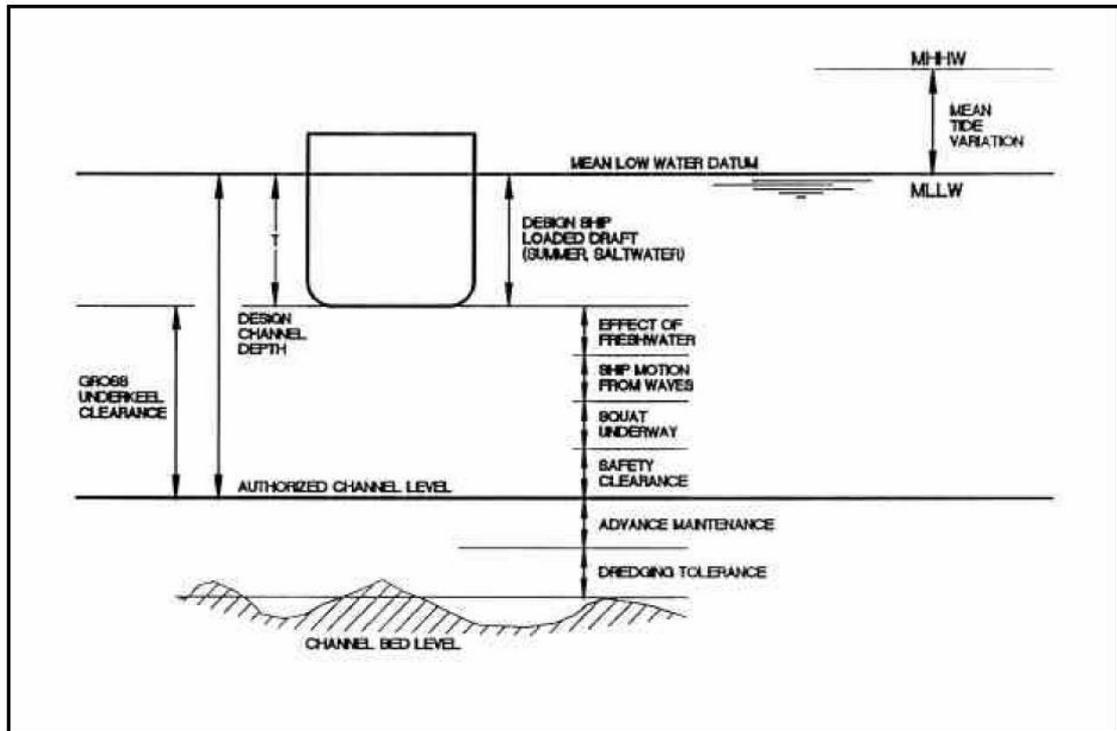


Figura 1.- Componentes de los factores de seguridad bajo la quilla

Briggs, M., Melito, I., Demirbilek, Z., and Sargent, F. (2001). "Deep-draft entrance channels: Preliminary comparisons between field and laboratory measurements," Coastal and Hydraulics Engineering Technical Note CHETN-IX-7, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS. <http://chl.wes.army.mil/library/publications/chetn/>

PASO DE AGUA SALADA A AGUA DULCE

Cuando el buque pasa de flotar en agua salada de densidad 1,025 Kg/ltr., a flotar en agua dulce con una densidad de 1,000 Kg/ltr., es evidente que para un mismo desplazamiento el volumen sumergido en agua dulce será mayor que el volumen sumergido en agua salada, es decir el buque aumenta su calado, el centro de carena se desplazará más a popa, produciéndose un asiento

El agua del Canal de Cascajal y del río Guayas por la influencia de las mareas no contienen agua dulce pura, sino agua salobre con una densidad ligeramente mayor a 1,000 Kg/ltr., el aumento de calado se lo puede calcular mediante:

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

$$X = PAD \left(\frac{1,025 - d_r}{0,025} \right)$$

PAD = Permiso de agua dulce $PAD = D_v/40TCM$

D_v = Desplazamiento de verano

TCM = Toneladas por centímetro de inmersión

d_r = Densidad del río

RELACIÓN VELOCIDAD / PROFUNDIDAD

La resistencia hidrodinámica al movimiento de un buque en aguas restringidas o poco profundas, está gobernada por el “Fnh”, Número de Profundidad de Froude el cual es considerándolo una relación no dimensional entre velocidad y profundidad y está definido como:

$$F_{nh} = V/\sqrt{gh}$$

Donde:

V: es la velocidad sobre la superficie en Mts / seg.

h : es la profundidad en Mts (metros)

g : es la aceleración de la gravedad (~ 9.81 mts/seg²)

Cuando **Fnh** se aproxima o iguala a la unidad, la resistencia al avance alcanza valores muy altos, que muchos buques con gran desplazamiento tienen insuficiente potencia para superar. **Por tal razón buques de carga no están capacitados para exceder valores de Fnh 0,6 B/tanque o 0,7 B/ Containeros**, que resultan en una barrera efectiva para la velocidad.

SQUAT

Squat es la tendencia de un buque a aumentar su calado y variar su asiento longitudinal durante la navegación reduciendo por consiguiente la distancia de la quilla al fondo. El Squat, efecto hidrodinámico no es en términos teóricos un aumento del calado, pero sí una reducción del margen de seguridad bajo la quilla, por lo que a efectos prácticos actúa como un aumento de calado. El

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

agua empujada por el buque en su avance retorna por los costados hacia la popa y por debajo del casco llenando el vacío que produce el desplazamiento a lo largo del canal.

Al navegar en aguas de poca profundidad, los "filetes" de agua se aceleran en la zona circundante al casco, lo que origina una disminución de la presión y por tanto un acercamiento de la quilla al fondo, consecuencia de este fenómeno es el aumento del tamaño de la ola formada por el avance del buque. La aparición en popa de una ola de popa más significativa es un claro indicio de haber ingresado en aguas poco profundas. Esto hizo que la OMI adopte la resolución A.601, por la cual la Administración, dentro del contexto SOLAS 74/78 y para todos los buques de más de 100m de eslora y para todos los buques tanque independientemente de su eslora, la obligación de llevar en el puente información específica acerca del efecto *Squat*, haciendo relaciones al coeficiente de bloque del buque, su velocidad y el efecto que produce. La determinación del trimado dinámico (SQUAT) puede calcularse mediante la fórmula de Huuska/Guliev/Icorels:

$$d_1 = 2,4 \cdot \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \cdot \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1 - F_{nh}^2}} \cdot K_s$$

Donde:

- dt = Valor máximo del calado dinámico (m)
- ∇ = Volumen de desplazamiento (m³)
- Lpp = Eslora entre perpendiculares
- Fnh = Número de profundidad de Froude
- Ks = Factor de corrección = 1

Otra manera simple de calcular el Squat fué obtenida por el *Doctor C.B. Barrass, del Dept. of Maritime Studies, del Liverpool Polytechnic*, como resultado del análisis de 300 casos en laboratorio con modelos a escala y otros de la práctica real. Para navegación en aguas poco profundas:

**ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y
ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA
PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS**

$$H = V^2/50 * C_B$$

H = Valor en metros del efecto Squat

V = Velocidad del buque en nudos

C_B = Coeficiente de block

$$C_B = V_s / (L * M * C)$$

V_s = Volumen sumergido del buque

L = Eslora

M = Manga

C = Calado

Por lo que se desprende que el efecto de "aumento de calado" es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad y al coeficiente de block.

<i>Valores usuales de C_B (MILT 2007)</i>		
Type of vessel	Average C_B	Standard Deviation of C_B
Cargo ship	0.80	0.071
Container ship	0.67	0.047
Oil tanker	0.82	0.038
Roll on/Roll off	0.67	0.094
Car carrier	0.59	0.067
LPG ship	0.74	0.062
LNG ship	0.72	0.040
Passenger ship	0.59	0.050

Tabla 1.- Valores de Coeficiente de Block; Método Japonés

MILT 2007: Incidencia de los movimientos verticales del buque en la determinación de la profundidad del canal 2010 – PIANC WG 49

RELACION PROFUNDIDAD/CALADO

La relación mínima de Profundidad/Calado de 1,10, habiendo indefiniciones de squat, calado y sondaje (inclusive dando un margen de seguridad), ha sido aceptada como un valor normal, aunque también pueden encontrarse valores de 1.15. Estos valores son para aguas en calma y serán necesarios valores mayores si el canal está sujeto a la acción de las olas donde deberán

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

usarse valores de 1.3 o mayores. Cuanto más cercana la relación a la unidad, más lenta la respuesta del buque, es usual disminuir esto aumentando el ancho del canal.

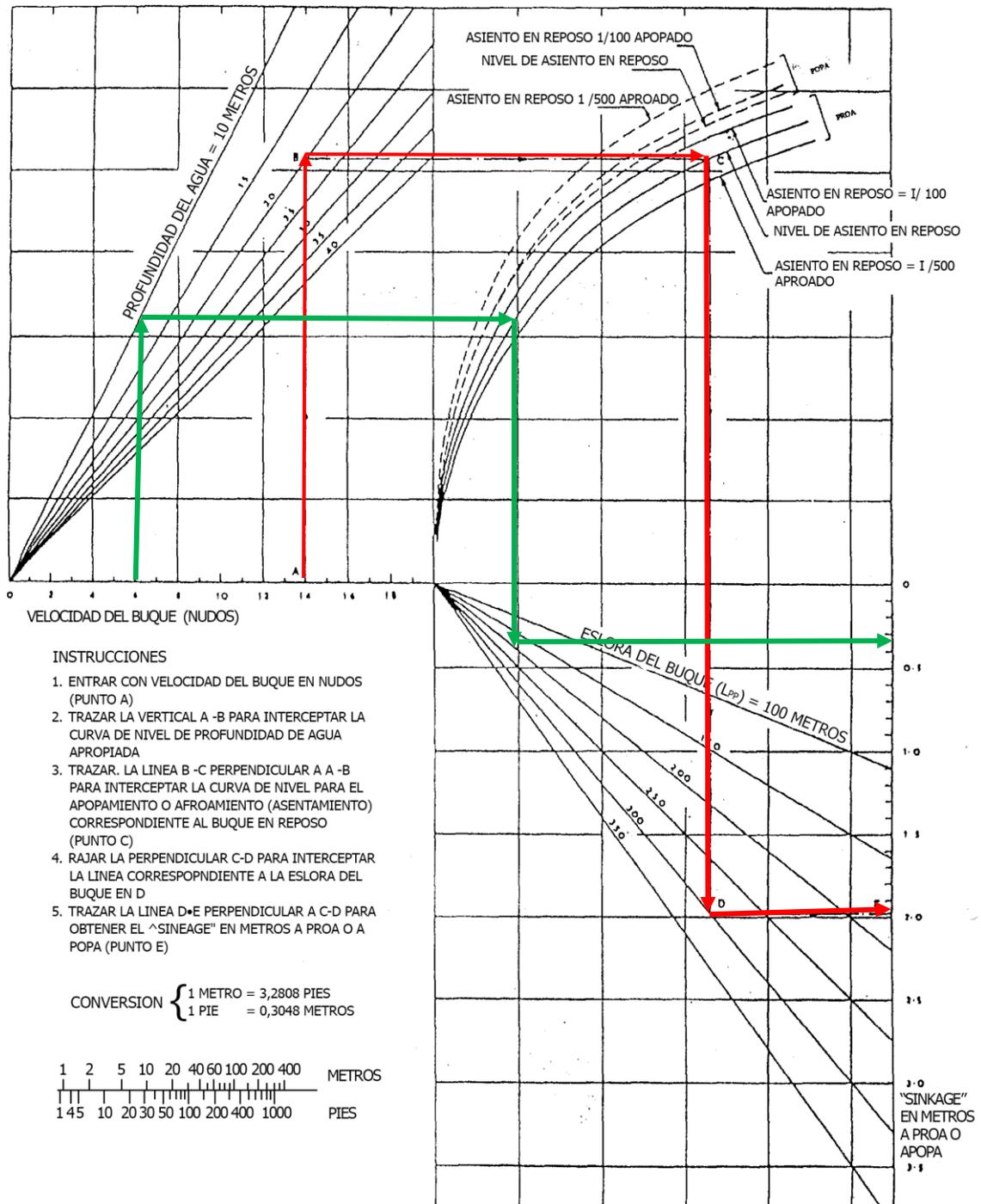


Figura 2.- Plantilla de estimación de SQUAT
Canales de entrada – Guía preliminar; primer reporte del conjunto PIANC – IAPH

PROFUNDIDAD DEL CANAL

- La profundidad se estima a partir de:
- Calado del buque de diseño.
- Altura de marea durante el tránsito del canal.
- Squat.
- Movimiento producido por las olas.
- Un margen de 0.6 metros.
- Densidad del agua y sus efectos en el calado.

Los valores para calado, incluidos efectos de densidad del agua, squat, movimientos inducidos por las olas y margen son aditivos. Una vez que la relación profundidad / calado ha sido calculada, deberá ser controlada para asegurarse de no estar por debajo de un mínimo de seguridad. **Un mínimo de 1.10 podrá ser lo permitido para aguas poco profundas;** 1,3 con olas de hasta un metro de altura y 1,5 para olas más altas con períodos y direcciones desfavorables. El Número Froude de Profundidad, Fnh, deberá ser menor a 0,7

El medio más efectivo de reducir el Squat es reducir la velocidad del buque, bajando la velocidad a la mitad, reducimos el Squat a la cuarta parte.

FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO

MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA

En el estado actual de la técnica de investigación batimétrica realizada con ecosonda digital, puede considerarse que la precisión de los registros obtenidos es superior al 99% de la profundidad de agua existente; las imprecisiones de la batimetría no proceden normalmente del equipo de registro sino de las oscilaciones que puedan presentarse en la embarcación en la que se instalan, oscilaciones que a su vez se deben fundamentalmente al oleaje máximo que se admita durante la campaña de toma de datos y que pueden evitarse con un sistema de compensación del oleaje. Suponiendo que este oleaje está limitado a olas de 0,50 m de altura significativa en aguas exteriores y en 0,25 m en aguas interiores, pueden considerarse los márgenes siguientes: Sin sistemas de

Compensación del oleaje $0,25 + 1 \%$ de la profundidad; **con sistemas de compensación del oleaje 1% de la profundidad del agua.**

CIRCULACIÓN OCEÁNICA

Las masas de agua del Pacífico Tropical Oriental son las que gobiernan la circulación oceánica frente a nuestras costas. Como resultado, el área del Golfo de Guayaquil está fuertemente influenciada por el aporte estacional de dichas masas. La masa de Agua Tropical Superficial proveniente de la Cuenca de Panamá, domina al norte, esta agua se caracteriza por temperaturas superiores a los 25°C y salinidades menores a 33.5‰ , por lo general esta masa de agua cálida se extiende desde el ecuador geográfico hasta los 13°N y hacia el oeste hasta los 120°W . Al sur del Ecuador, hasta los 5°S , se localiza el extremo oriental del Agua Ecuatorial Superficial, generada por una mezcla de Agua Tropical Superficial, cálida y poco salina, con aguas de la Corriente del Perú, fría y salina; esta masa de agua está definida por un gradiente térmico que incluye las isotermas de 25 a 19°C y una salinidad de 33.5 a 35‰ .

LA ONDA DE MAREA

En las costas ecuatorianas se presentan mareas de tipo semidiurna. Esta se caracteriza por presentar dos pleamares y dos bajamares en algo más de 24 horas con pequeñas desigualdades diurnas. La amplitud de la marea varía en el Golfo de $1,5$ m durante la fase de cuadratura a $2,3$ m en la fase de sicigia. Debido a la complicada geometría del sistema estuarino y la fricción hidráulica, la onda sufre una deformación paulatina hacia el interior del estuario. Al momento de ingresar la onda por el Estero Salado y Río Guayas, la amplitud se incrementa gradualmente a medida que avanza hacia el interior, una vez en el Puerto Marítimo de Guayaquil, estos valores llegan a $2,1$ y $3,6$ m, respectivamente, tardándose aproximadamente tres horas en llegar al puerto. En el estuario del Río Guayas, la onda de marea se tarda cerca de cuatro horas hasta la ciudad de Guayaquil, y se interna aguas arriba hasta una distancia de 50 y 100 km. desde el Canal de Cascajal, dependiendo del caudal del río.

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

Información obtenida de las estaciones de Posorja y Puerto Marítimo del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR).

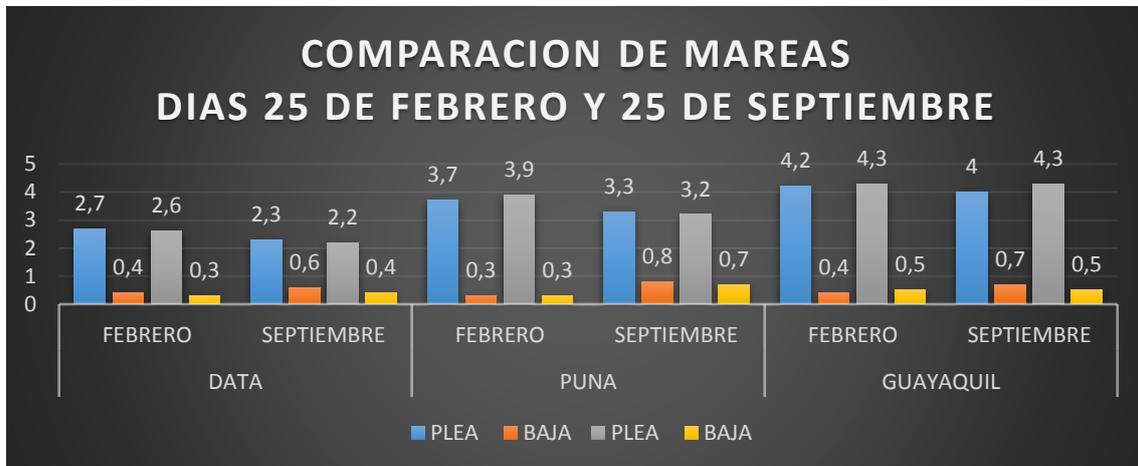


Figura 3.- Comparación de mareas 25 de febrero/016 y 25 de septiembre/016

Estableciendo una comparación de las mareas predichas, obtenidas de la Tabla de Mareas publicada por el INOCAR, en febrero (época húmeda) y en septiembre (época seca), se observa que las pleamares de las mareas obtenidas en el área más próxima al mar (Data de Posorja), son más bajas en 40 centímetros (cm), mientras que las bajas mareas son más altas que en la época húmeda en 10 cm. y 20 cm. En el río Guayas, se observa el mismo comportamiento pero en menor magnitud, tanto en Puná como en Guayaquil, las pleamares son más bajas en 20 cm., mientras que las bajas mareas son más altas en 30 cm.

CIRCULACIÓN EN EL SISTEMA ESTUARINO

La amplitud de marea es la que gobierna la magnitud y la dirección de las corrientes; por ello las máximas velocidades se manifiestan en la mitad del ciclo, esto es entre la pleamar y bajamar, y viceversa.

La circulación al interior del Estero Salado es un poco más compleja. La onda de marea no es el único factor que influencia la circulación, también debe considerarse la geometría de todo el sistema estuarino y la conexión que tiene con el Río Guayas a través del Canal de Cascajal. En varias ocasiones se han realizado mediciones en el Estero Salado, dichas mediciones muestran que el agua oscila horizontalmente sobre distancias entre 10 y 30 km., presentando

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

velocidades máximas de 0,5 a 2,0 m/s, dependiendo de la amplitud y tipo de la marea y del lugar del estuario considerado.

En el estuario se han realizado una serie de investigaciones relacionadas a la circulación en todo el sistema estuarino. Murray et al, (1970), encontró que la geometría del sistema estuarino y las diferencias de fases entre los niveles de agua, forman un complicado patrón de corrientes en todo el sistema. Estos desniveles de agua producen en ciertos momentos, sobre todo en el Canal de Cascajal, flujos convergentes o divergentes de acuerdo a la amplitud de la marea en ambos estuarios. En el estuario del Río Guayas - Canal de Jambelí, las presiones relacionadas a las gradientes de densidad provocan corrientes residuales, con la principal característica de que el flujo es hacia el interior en el fondo y hacia el mar en la superficie.

La oscilación del flujo, y por ende la circulación resultante en el estuario, se presenta en forma asimétrica. Esto se debe a la fricción hidráulica, la descarga de los ríos, la geometría de los canales y esteros, las variaciones de profundidad, las corrientes de densidad y a los efectos del viento. La combinación de estos movimientos con las corrientes litorales en el Golfo de Guayaquil, que convergen hacia el estuario, constituye un patrón de corrientes residuales de gran importancia con valores promedio de 5 nudos. En lo que respecta al transporte de sedimentos y de sal en todo el sistema, además también lo son para la distribución de elementos contaminantes en el mismo.

OLAS

A la altura de la boya de mar y la boya 13, al inicio del canal de acceso al Puerto Marítimo, la presencia de las olas es más significativa; esto ocurre por el arribo del mar de leva del Pacífico Sur y la ola de viento generada principalmente en la estación seca. Al no disponerse de registros de largo tiempo in situ, se recurrió a la información del Ocean Wave Statistics, aquí se observa que el 53,5% corresponde a olas del mar de leva y el 46,5% a la ola de viento, Tabla 2.

**ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y
ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA
PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS**

MESES	TODAS LAS DIRECCIONES			DIRECCIONES 200-280°			
	OLAS	OLAS VIENTO		OLAS		OLAS VIENTO	
	No.	No.	%	No.	%	No.	%
DIC-FEB	3.036	1796	59.2	199	6.6	120	4.0
MAR-MAY	3.713	1829	49.3	172	4.6	100	2.7
JUN-AGO	2.739	998	36.4	128	4.7	66	2.4
SEP-NOV	3.067	1218	39.7	165	5.4	301	2.6
TOTAL	12.555	5.841	46.5	665	5.3	367	2.9

Tabla 2. OCEAN WAVE STATISTICS: Número de observación de olas

Fuente.- INOCAR

NOTA: Las olas moderadas de viento son definidas como olas con una altura de 1m o menos y un período de 7 segundos o menos.

En el interior del canal de navegación, las alturas de las olas no son muy significativas, apenas alcanzan unos pocos centímetros, 30 y 50 centímetros observadas en agosto del 2016; los buques que navegan por el canal y río Guayas generan olas cuyas alturas pueden alcanzar el metro, las que al reventar en las playas o zonas de manglar, provocan acreción o erosión de las arenas o lodos en los lugares de impacto.

Las olas son ondulaciones producidas por el viento actuando sobre la superficie del mar, el agua no avanza, es sólo la forma del perfil de la ola que cambia de lugar. Dos efectos distintos son los que producen las olas sobre el buque: uno de ellos relacionado con el movimiento del buque en el sentido transversal y longitudinal al mismo tiempo, originando con ello un movimiento combinado de balance y cabeceo. El otro efecto es el de los golpes de mar, esto es, grandes masa de agua, lanzadas o desprendidas de la ola, rompen contra la banda del buque

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DEL AGUA

CALCULO DE EFECTOS GENERALES

a) PASO DE AGUA SALADA DEL OCEANO PACIFICO A AGUA DULCE DEL RIO GUAYAS.-

Debido a la diferencia de densidad del medio líquido y dado que el desplazamiento no varía, a fin de mantener el equilibrio, desplazamiento igual a empuje, se deberá desalojar un volumen de agua mayor para compensar la disminución de densidad, la eslora y la manga permanecen constantes, entonces se tendrá un aumento de calado.

$$X = PAD \left(\frac{1,025 - \sigma_r}{0,025} \right)$$

$$PAD = Dv/40TCM$$

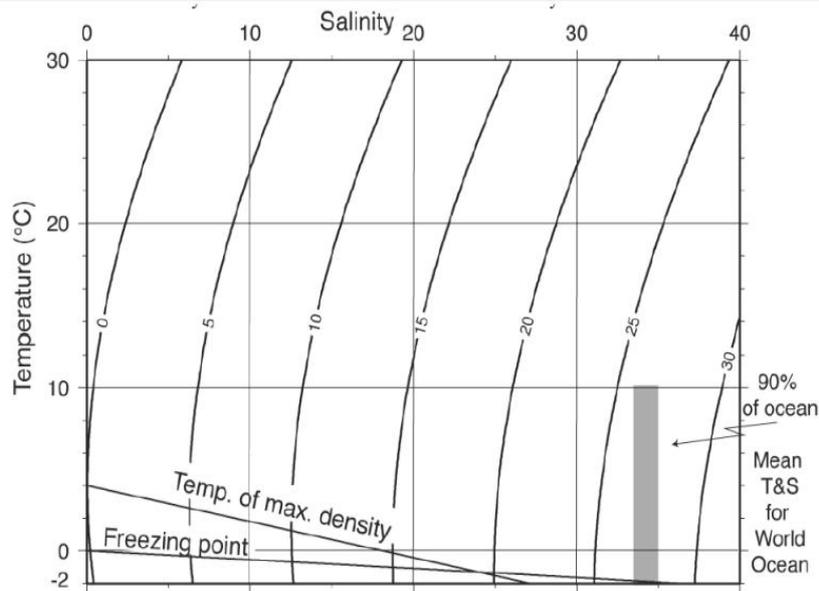


Fig. 3.1 Values of density (σ_t ; curved lines) and the loci of maximum density and freezing point (at atmospheric pressure) for seawater as functions of temperature and salinity. The full density ρ is $1,000 + \sigma_t$, with units of kg/m^3 .

Figura 4.- Determinación de la densidad del agua de mar en función de Temperatura y Salinidad.

Circulación General III – 4. Propiedades físico - químicas

circulaciongeneral.at.fcen.uba.ar/material/4_Propiedades_FQ.pdf

**ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y
ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA
PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS**

BARRA NORTE:

$$T = 26,54^{\circ}\text{C}$$

$$S = 26,39 \text{ PPM}$$

$$\rho_r = 1,016 \text{ Kg/m}^3$$

CANAL DE CASCAJAL

$$T = 26,59^{\circ}\text{C}$$

$$S = 28,43 \text{ PPM}$$

$$\rho_r = 1,018 \text{ Kg/m}^3$$

VALOR APROXIMADO POR CAMBIO DE DENSIDAD = 0,20 MTS.

b) SQUAT

**METODO: DOCTOR C.B. BARRASS, DEL DEPT. OF MARITIME STUDIES,
DEL LIVERPOOL POLYTECHNIC,**

$$H = V^2/50 * C_B; \quad C_B = V_s / (L * M * C)$$

$$C_B = 0,8 \text{ PARA CARGO SHIP}$$

V = 6 NUDOS

$$H = (6)^2 / (50 * 0,8)$$

$$H = 0,9 \text{ m}$$

V = 5 NUDOS

$$H = (5)^2 / (50 * 0,8)$$

$$H = 0,625 \text{ m}$$

<http://www.maniobradebuques.com/pdf/squatWorkshop.pdf>

METODO: 3rd SQUAT WORKSHOP

$$\text{ASIENTO PROA} = 40 (0,7 - C_B)^2 * (C_B * V_B^2 / 100)$$

$$\text{ASIENTO POPA} = \{1 - 40 (0,7 - C_B)^2\} * (C_B * V_B^2 / 100)$$

$$C_B = (30.000/1,016) / (200 * 32 * 7,20)$$

**ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y
ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA
PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS**

DESP. = 30.000 TONS

Calado = 7,20 m

$d_r = 1,016 \text{ Kg/m}^3$

$C_B = 0,64$

ASIENTO PROA = $40 (0,7 - 0,64)^2 * (0,64 * 6^2 / 100)$

ASIENTO PROA = 0,033 M

ASIENTO POPA = $\{1 - 40 (0,7 - 0,64)^2\} * (0,64 * 6^2 / 100)$

ASIENTO POPA = $0,856 * 0,2304$

ASIENTO = 0,0284 M

CALADO DINAMICO = ASIENTO PROA – ASIENTO POPA

CALADO DINAMICO = $0,033 - 0,0284$

CALADO DINAMICO = 0,004 M

METODO: HUUSKA/GULIEV/ICORELS

$$d_1 = 2,4 \cdot \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \cdot \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1 - F_{nh}^2}} \cdot K_s$$

Donde:

dt = Valor máximo del calado dinámico (m)

∇ = **Volumen de desplazamiento (m³)** = 30.000 m³

L_{pp} = Eslora entre perpendiculares = 200 m

F_{nh} = Número de profundidad de Froude = 0,6

K_s = Factor de corrección = 1

dt = $2,4 * (30.000 / 200^2) * (F_{nh}^2 / \sqrt{1 - F_{nh}^2}) * K_s$

dt = $2,4 * 0,75 * 0,6^2 / 0,71 * 1$

dt = $2,4 * 0,75 * 0,45 * 1$

dt = 0,81 m

**ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y
ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA
PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS**

$$\nabla = \text{Volumen de desplazamiento (m}^3\text{)} = 25.000 \text{ m}^3$$

$$dt = 2,4 * (25.000 / 200^2) * (Fnh^2 / \sqrt{1-Fnh^2}) * Ks$$

$$dt = 2,4 * 0,625 * 0,6^2 / 0,71 * 1$$

$$dt = 2,4 * 0,625 * 0,45 * 1$$

$$dt = 0,675 \text{ m}$$

METODO: ERYUZLU ET AL – 1994

$$Sb = 0,298 * h^2/T * (Vs/\sqrt{gT})^{2,289} * (h/T)^{-2,972} * Kb$$

$$*0,057 * Kb$$

$$Kb = 1 \quad W/B = > 9,61$$

$$Kb = 3,1 / (\sqrt{W/B}) \quad W/B < 9,61$$

Vs = 6 Nudos

$$h = 8 \text{ m}$$

$$T = 7,20 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \text{ m/seg}^2$$

$$Kb = 1$$

$$Sb = 0,298 * 8,88 * 0,46 * 0,73 * 1 = 0,88 \text{ MTS.}$$

Vs = 5 Nudos

$$h = 8 \text{ m}$$

$$T = 7,20 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \text{ m/seg}^2$$

$$Kb = 1$$

$$Sb = 0,298 * 8,88 * 0,30 * 0,73 * 1 = 0,579 \text{ MTS.}$$

TOMAMOS EL SQUAT MAXIMO

V = 6 NUDOS; SQUAT = 0,9 METROS

V = 5 NUDOS; SQUAT = 0,625 METROS

c) EFECTOS DEL OLAJE

Se registra la verificación de la poca influencia de los vientos y más condiciones meteorológicas en la navegabilidad de los buques en el río Guayas, realizando observaciones y mediciones de escora en la M/N EASTGATE, en la ruta río Guayas-Puná-Cascajal-Data, sin carga, apreciándose que **su escora fue cero**, con Angulo de caña 20 y 25 grados a Estribor, velocidad 12 Nudos. **Los efectos por oleaje se consideran despreciables.**

d) IMPRECISIONES EN BATIMETRIA

Se considera que existe 1% de la Profundidad obtenida

Profundidad promedio obtenida en batimetría = 5 metros

Error = 1% de 5 metros

Error = 0,05 metros

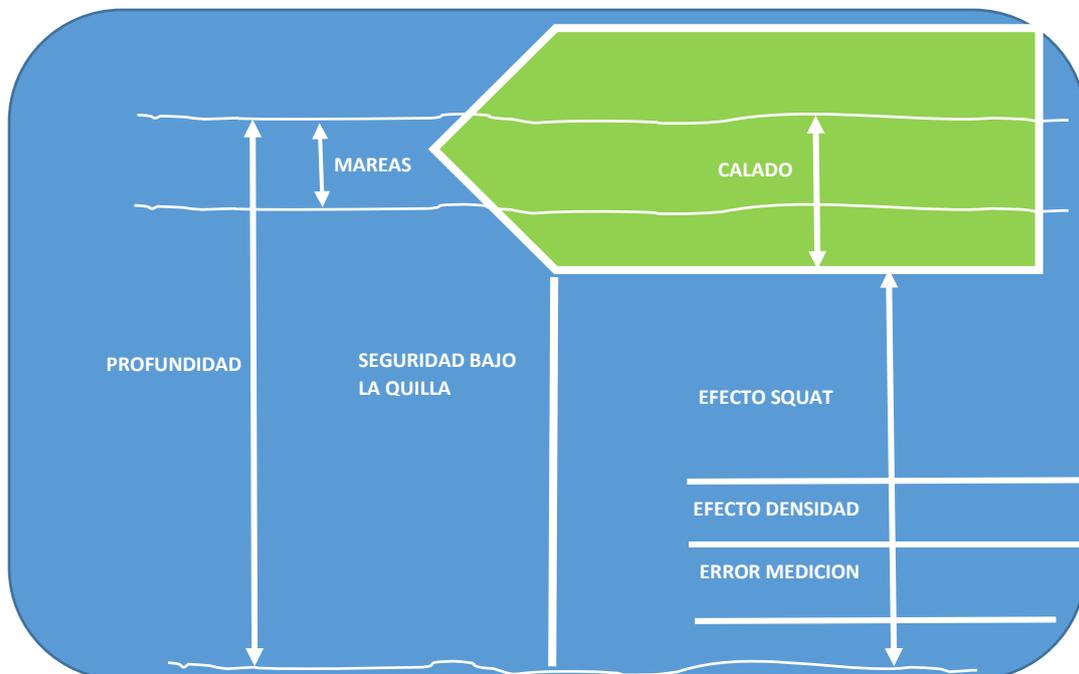


Figura 5.- Esquema de la Profundidad del agua

**SEGURIDAD BAJO LA QUILLA = SQUAT + EFECTO DE PASO A AGUA
DULCE + EFECTO DE OLEAJE + ERROR BATIMETRIA**

**NORMA DE SEGURIDAD BAJO LA QUILLA = 0,50 MTS PARA FONDO
ARENOSO**

**PROFUNDIDAD (H) = CALADO + EFECTO DE PASO A AGUA DULCE +
EFECTO DE OLEAJE + SQUAT + ERROR EN BATIMETRIA**

VELOCIDAD = 6 NUDOS

$$H = 7,20 + 0,20 + 0 + 0,9 + 0,05$$

H = 8,35 METROS

V = 5 NUDOS

$$H = 7,20 + 0,20 + 0 + 0,625 + 0,05$$

H = 8,075 METROS

ANÁLISIS

El Reglamento de Operaciones de APG, publicado en el R.O. No. 46 del 15 de octubre de 1996 (derogado), numeral II.2.4 Requerimientos y Normas para el uso de Prácticos, 5to. inciso, establecía que: *“Para el Río Guayas, la navegación estará limitada para naves con calado no mayor de 7,19 mts. (23,6 pies), en condiciones de pleamar”*.

El Reglamento de Operaciones de la APG, de octubre de 1996, incluía las regulaciones de navegación para el Río Guayas, para un calado no mayor a 7,19 metros. El Reglamento de Operaciones de la Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG), vigente desde enero del 2003, regula la actividad en el canal de acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil por el Estero Salado, no así para el río Guayas. Es necesario la regulación de las condiciones de navegabilidad por el Río Guayas, en base a las características de los tipos de buques que están permitidos transitar por esta vía de navegación: desplazamiento, eslora, manga, calado, para alcanzar niveles de eficiencia, seguridad y optimización de la carga.

Cumpliendo con las regulaciones, la asesoría de navegación al capitán de las naves de tráfico internacional que ingresan al Río Guayas, es realizada por operadoras portuarias que prestan el servicio de practicaaje, con prácticos de más de 20 años de experiencia en la prestación de este servicio portuario. Los Terminales Portuarios Fluviales de Servicio Público, que operan en el Río Guayas: Ecuatoriana de Granos ECUAGRAN S.A., Industrial Molinera; VOPAK Ecuador, informaron a la Cámara Marítima del Ecuador (CAMAE) y a la Asociación de Terminales Portuarios del Ecuador (ASOTEP), que la restricción de calado existente, en base al registro de naves que han atracado en sus muelles, merma la capacidad de carga que tienen los buques, desfavoreciendo el Comercio Exterior del País.

La ruta de navegación DATA, CASCAJAL, PUNA, RIO GUAYAS, es la recomendada por sus condiciones favorables y seguras para la travesía, por los prácticos del río, para el ingreso de la mayoría de los buques mercantes de

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

tráfico internacional que deben arribar a los Terminales Portuarios Fluviales ubicados en el Río Guayas. La distancia desde Data de Posorja hasta los terminales fluviales, es de aproximadamente 65 millas náuticas; en esa ruta de navegación se han determinado dos sitios con reducción de profundidad máxima de 4,2 metros: la Barra Norte y el Bajo Paola, según lo indica la carta náutica IOA 107, editada por el INOCAR en agosto del 2010; y de 4,0 en cartas del 2014 editadas por INOCAR. Para el cruce se requiere experiencia, conocimiento del sector y el aprovechamiento del beneficio de la marea.

El tránsito de las embarcaciones con calado de 6,80 Metros en el Río Guayas lo hacen con beneficio de marea, por tanto para seguridad durante el cruce por la Barra Norte deben efectuarlo una hora antes de la hora que se registra para la pleamar de la Estación Mareográfica de Puná y para el cruce del Bajo Paola deben realizarlo aproximadamente 30 minutos antes de la hora que se registra la Pleamar de la estación Guayaquil - Río Guayas. Se recomienda a las naves que ingresen por la boya de mar de Data de Posorja al Rio Guayas, que inicien la travesía por el río considerando aproximadamente cuatro horas de anticipación a la hora registrada para la Pleamar de la estación de Puná.

Para el presente estudio se han considerado las mareas en fase de cuadratura y en época seca, donde ocurren las menores amplitudes, por ende la menor cantidad de agua debida a la influencia de las mareas.

La navegación desde la boya de mar hasta los Terminales Portuarios Fluviales del Río Guayas, ha sido realizada sin accidentes marítimos, bajo el siguiente esquema:

- a) Partiendo desde la boya de mar con 3 horas y 30 minutos antes de la pleamar de Puná, con una velocidad promedio de 12 Nudos;
- b) En Canal de Cascajal: Barras de boyas (5/6)C – (7/8)C; Barra Norte, boyas 10R-11R-12R (Barra de Puná); Bajo Paola, boyas 24R-25R-26R y 27R; y Sitio Nuevo, boya 37R, reduciendo la velocidad a 5 o 6 nudos, para evitar el asentamiento de la nave, con reducción de su calado.

RELACION INTERNACIONAL PROFUNDIDAD/CALADO

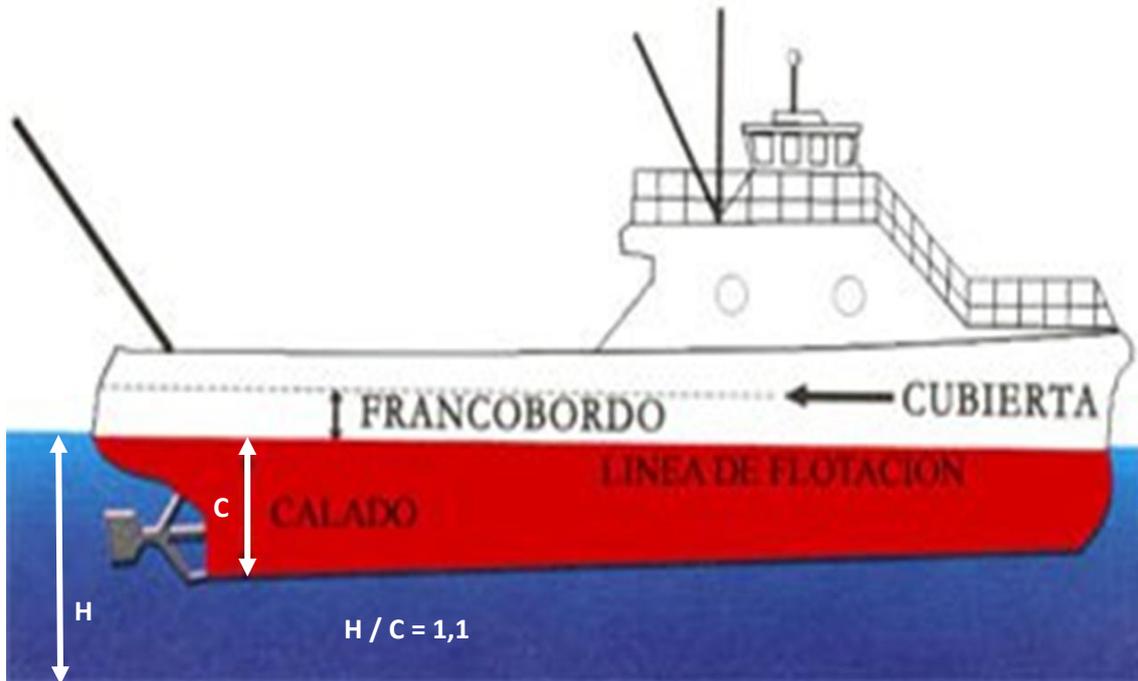


Figura 6.- Relación Profundidad - Calado

La relación internacional mínima de **Profundidad / Calado es de 1,10**; habiendo indefiniciones de Squat, calado y sondaje (inclusive dando un margen de seguridad), ha sido aceptada como un valor normal.

H / C = 1,10 metros

En nuestro caso:

$$H / 7,20 = 1,10$$

$$H = 1,10 * 7,20$$

$$\mathbf{H = 7,92 \text{ metros}}$$

Para explicar lo señalado, como ejemplo para el ingreso de un buque mercante de tráfico internacional por el río Guayas, hasta los terminales Portuarios Fluviales, se analiza:

- Datos de marea publicados por INOCAR para el día 25 de agosto del 2016

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

- Experiencia y unidad de criterio de los señores prácticos
- Velocidad de la nave
- Condiciones hidro/oceanográficas del río Guayas
- Características técnicas de la nave para navegación en aguas poco profundas.

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

SECTOR CANAL DE CASCAJAL

MAREAS POSORJA

25 AGOSTO 2016

FECHA	HORA	ALTURA M	AMPLITUD
25	0423	0,4	2
JU	1031	2,5	-2,1
	1656	0,3	2,2
	2314	2,3	-2

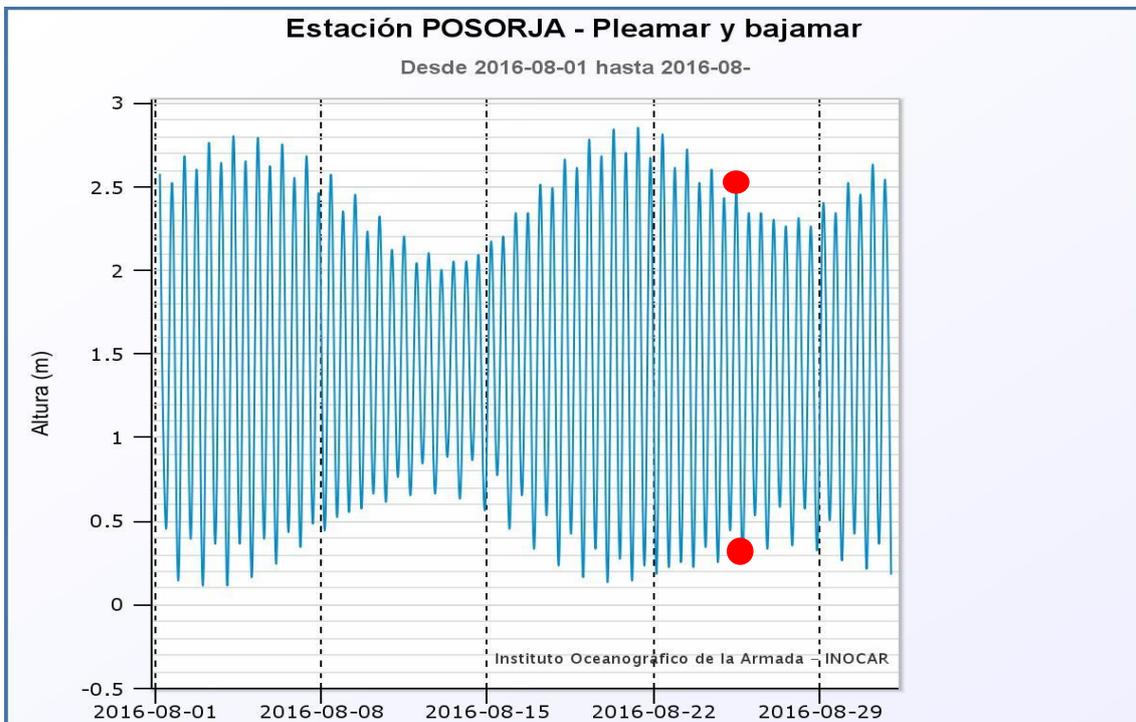


Figura 7.- Mareas de Estación Posorja
Fuente: Tabla de Mareas INOCAR - 2016

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

MAREAS PUNA: 25 DE AGOSTO 2016

FECHA	HORA	ALTURA M	AMPLITUD
25	0430	0,5	3
JU	1042	3,6	-3,1
	1705	0,4	3,2
	2324	3,4	-3

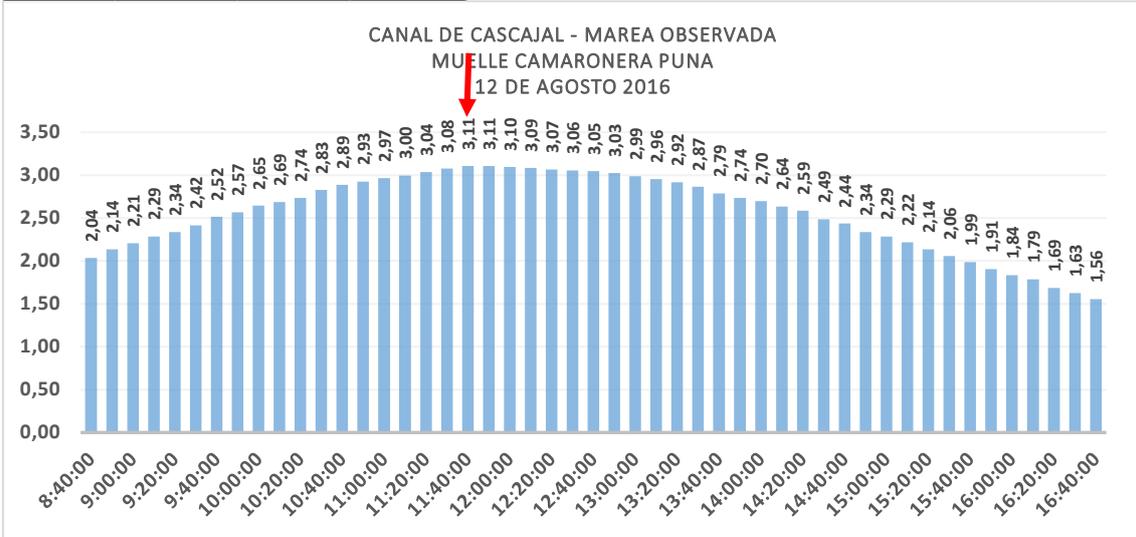


Figura 8.- Mareas Observadas en Canal de Cascajal

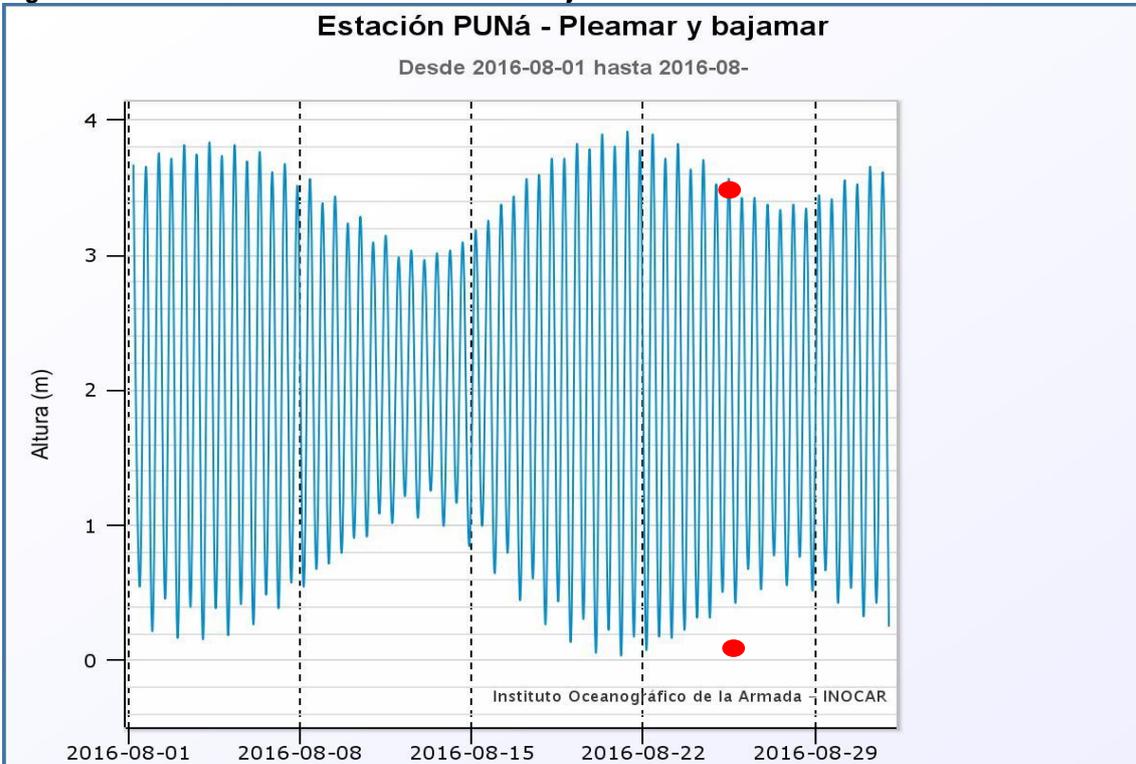


Figura 9.- Mareas de Estación Puna
Fuente: Tabla de Mareas INOCAR - 2016

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

- ZARPE DE BOYA DE MAR 07H12 (3H30 ANTES DE PLEAMAR DE PUNA)
- HORA PLEAMAR – HORA BAJAMAR = 6H12 / 6 = 1H02 (CICLO DE MAREA)
- AMPLITUD DE MAREA = $A = 3,6 - 0,5 = 3,1 / 12 = 0,258$

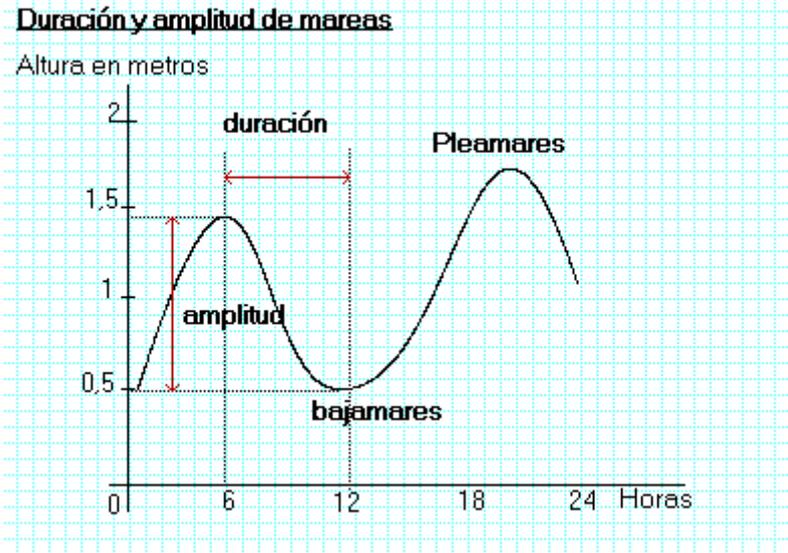


Figura 10.- Duración y Amplitud de mareas

La variación de la marea sigue una ley sinusoidal. La duración de la marea la dividimos en 6 períodos iguales y la amplitud en 12, la marea variará según la siguiente proporción:

- En el 1º sexto = 1 duodécimo de amplitud
- En el 2º sexto = 2 duodécimo de amplitud
- En el 3º sexto = 3 duodécimo de amplitud
- En el 4º sexto = 3 duodécimo de amplitud
- En el 5º sexto = 2 duodécimo de amplitud
- En el 6º sexto = 1 duodécimo de amplitud

En nuestro caso práctico:

1/6	5H32	1A/12	0,5+0,258	0,758
2/6	6H34	2A/12	0,758+2(0,258)	1,274
3/6	7H36	3A/12	1,274+3(0,258)	2,048
4/6	8H38	4A/12	2,048+3(0,258)	2,822
5/6	9H40	5A/12	2,822+2(0,258)	3,338
6/6	10H42	6A/12	3,338+0,258	3,6

Tabla 7.- Método de los duodécimos

**ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y
ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA
PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS**

MAREA BOYA DE MAR (07H36) = 2,048 METROS
DISTANCIA BOYA DE MAR A BOYA 6C = 25 MN
VELOCIDAD = 12 NUDOS
HORA DE ARRIBO A BOYA 6C = **09H17**
MAREA BOYA 6C = **3,14 METROS**

DISTANCIA BOYA 6C – 8C = 3 MN
VELOCIDAD = 6 NUDOS
HORA DE ARRIBO A BOYA 8C = 0H30 + 09H17 = 09H47
MAREA BOYA 8C = **3,40 METROS**

PROFUNDIDAD DE CARTA BOYA 6C = 6,2 METROS
CALADO = 7,2 METROS

PROFUNDIDAD OBTENIDA POR BATIMETRIA = **5,2 METROS**
MAREA = **3,14 METROS**

PROFUNDIDAD DEL AGUA = 5,2 + 3,14 = 8,34 METROS

MARGEN DE SEGURIDAD MINIMA

H/C = 1,1 METRO

H = 1,1 * 7,2 = **7,92 METROS**

PROFUNDIDAD REQUERIDA POR SEGURIDAD

**H = CALADO + EFECTO DE PASO A AGUA DULCE + EFECTO DE OLEAJE
+ SQUAT + ERROR EN BATIMETRIA**

VELOCIDAD 6 NUDOS

H = 7,20 + 0,20 + 0 + 0,9 + 0,05

H = 8,35 METROS

**ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y
ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA
PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS**

DIFERENCIA = 8,35 METROS – 8,34 METROS

NECESARIO DRAGAR = 0,01 METROS

VELOCIDAD 5 NUDOS

$H = 7,20 + 0,20 + 0 + 0,625 + 0,05$

H = 8,1 METROS

DIFERENCIA = 8,1 METROS – 8,34 METROS

NO ES NECESARIO DRAGAR = - 0,24 METROS

Realizando una comparación de las profundidades: La obtenida de la carta de navegación IOA 107 publicada por INOCAR en el 2010, es de 5,7 metros promedio. En el levantamiento batimétrico realizado el 12 de agosto del 2016, se obtuvo una profundidad mínima de 5,2 metros. Se desprende por lo tanto que **en 6 años hubo un proceso de sedimentación aproximada de 50 centímetros.**

**ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y
ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA
PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS**

SECTOR BARRA NORTE

- ZARPE DE BOYA DE MAR 07H12 (3H30 ANTES DE PLEAMAR DE PUNA)
- HORA PLEAMAR – HORA BAJAMAR = 6H12 / 6 = 1H02
- AMPLITUD = A = 3,6 – 0,5 = 3,1 / 12 = 0,258

1/6	5H32	1A/12	0,5+0,258	0,758
2/6	6H34	2A/12	0,758+2(0,258)	1,274
3/6	7H36	3A/12	1,274+3(0,258)	2,048
4/6	8H38	4A/12	2,048+3(0,258)	2,822
5/6	9H40	5A/12	2,822+2(0,258)	3,338
6/6	10H42	6A/12	3,338+0,258	3,6

Tabla 7.- Método de los duodécimos

DISTANCIA BOYA 8C – BOYA 10R = 8,6 MN
 VELOCIDAD = 12 NUDOS
 HORA DE ARRIBO A BOYA 10R = **10H30**
 MAREA BOYA 10R = **3,55 METROS**

DISTANCIA BOYA 10R – BOYA BN = 1,4 MN
 VELOCIDAD = 6 NUDOS
 HORA DE ARRIBO A BOYA BN = 0H14 + 10H30 = 10H44
 MAREA BOYA BN = **3,60 METROS**

PROFUNDIDAD DE CARTA BOYA 10R = 4,0 METROS
 CALADO = 7,2 METROS

PROFUNDIDAD OBTENIDA POR BATIMETRIA = **5,2 METROS**
 MAREA BOYA 10R = **3,55 METROS**

PROFUNDIDAD DEL AGUA = 5,2 + 3,55 = 8,75 METROS

MARGEN DE SEGURIDAD MINIMA

H/C = 1,1 METRO

H = 1,1 * 7,2 = **7,92 METROS**

PROFUNDIDAD REQUERIDA POR SEGURIDAD

H = CALADO + EFECTO DE PASO A AGUA DULCE + EFECTO DE OLEAJE + SQUAT + ERROR EN BATIMETRIA

VELOCIDAD 6 NUDOS

$$H = 7,20 + 0,20 + 0,9 + 0,05$$

H = 8,35 METROS

$$\text{DIFERENCIA} = 8,35 \text{ METROS} - 8,75 \text{ METROS} = - 0,40 \text{ METROS}$$

NO ES NECESARIO DRAGAR

VELOCIDAD 5 NUDOS

$$H = 7,20 + 0,20 + 0,625 + 0,05$$

H = 8,10 METROS

$$\text{DIFERENCIA} = 8,10 \text{ METROS} - 8,75 \text{ METROS} = - 0,65 \text{ METROS}$$

NO ES NECESARIO DRAGAR

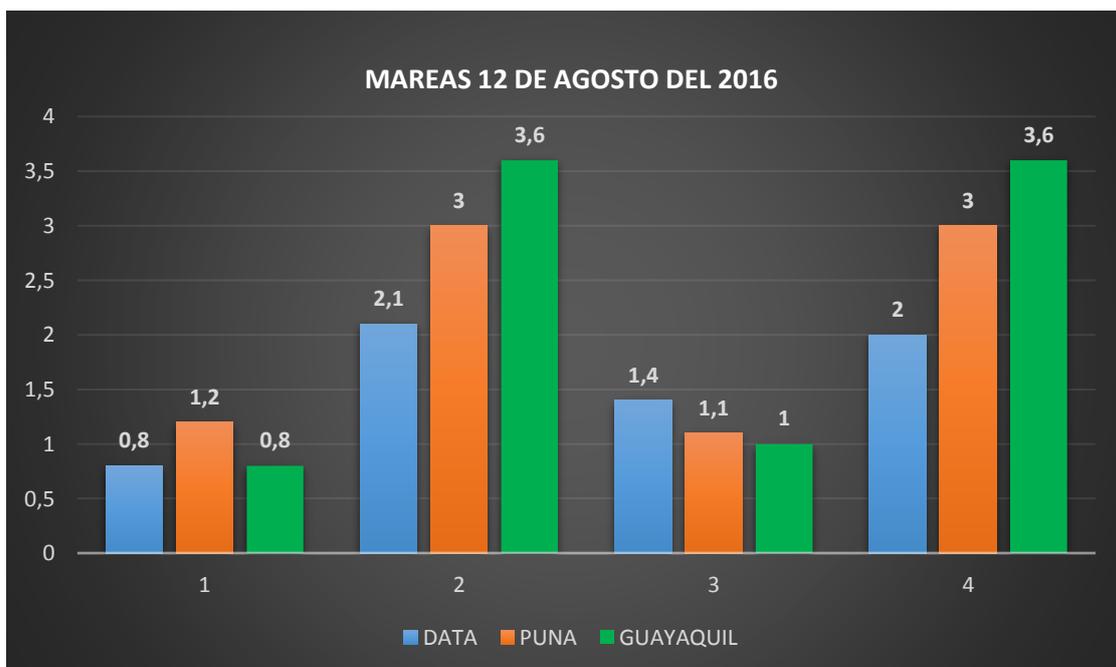


Figura 11.- Mareas para el 12 de agosto del 2016
Fuente: Tabla de mareas del INOCAR - 2016

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

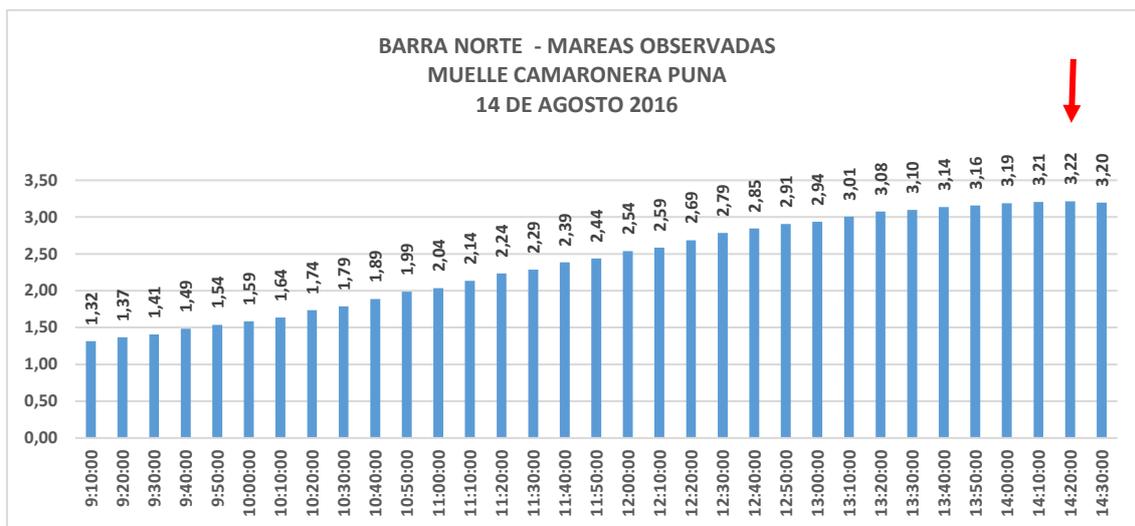


Figura 12.- Mareas observadas en Sector Barra Norte

Realizando una comparación de las profundidades: La obtenida de la carta de navegación IOA 107 publicada por INOCAR en el 2003, es de 4,7 metros promedio. En el levantamiento batimétrico realizado el 12 de agosto del 2016, se obtuvo una profundidad mínima de 5,2 metros. Se desprende por lo tanto que **en 13 años hubo un proceso de erosión aproximada de 50 centímetros.**

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

SECTOR BAJO PAOLA

MAREAS GUAYAQUIL: 25 DE AGOSTO 2016

FECHA	HORA	ALTURA M	AMPLITUD
25	0016	4,2	-4,1
JU	0716	0,3	3,9
	1231	4,3	-4
	1950	0,2	4,1

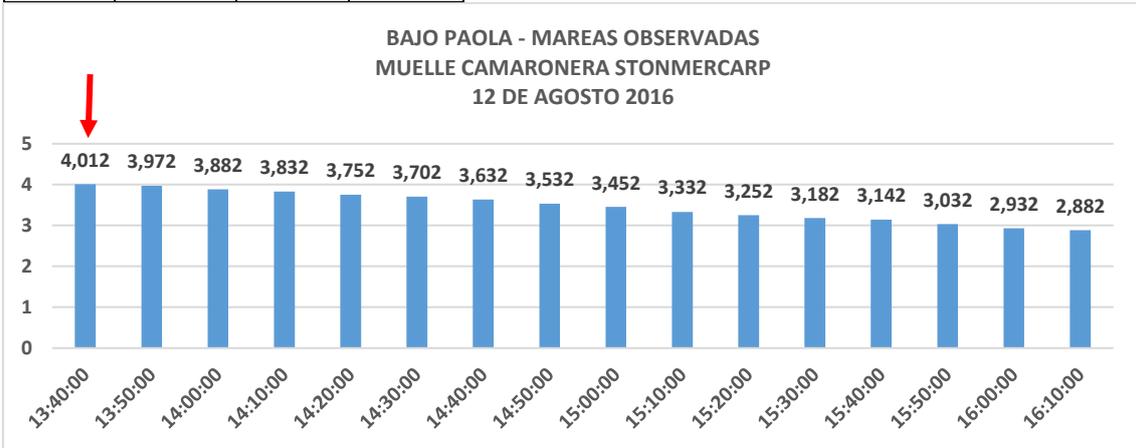


Figura 13.- Mareas observadas en Sector Bajo Paola

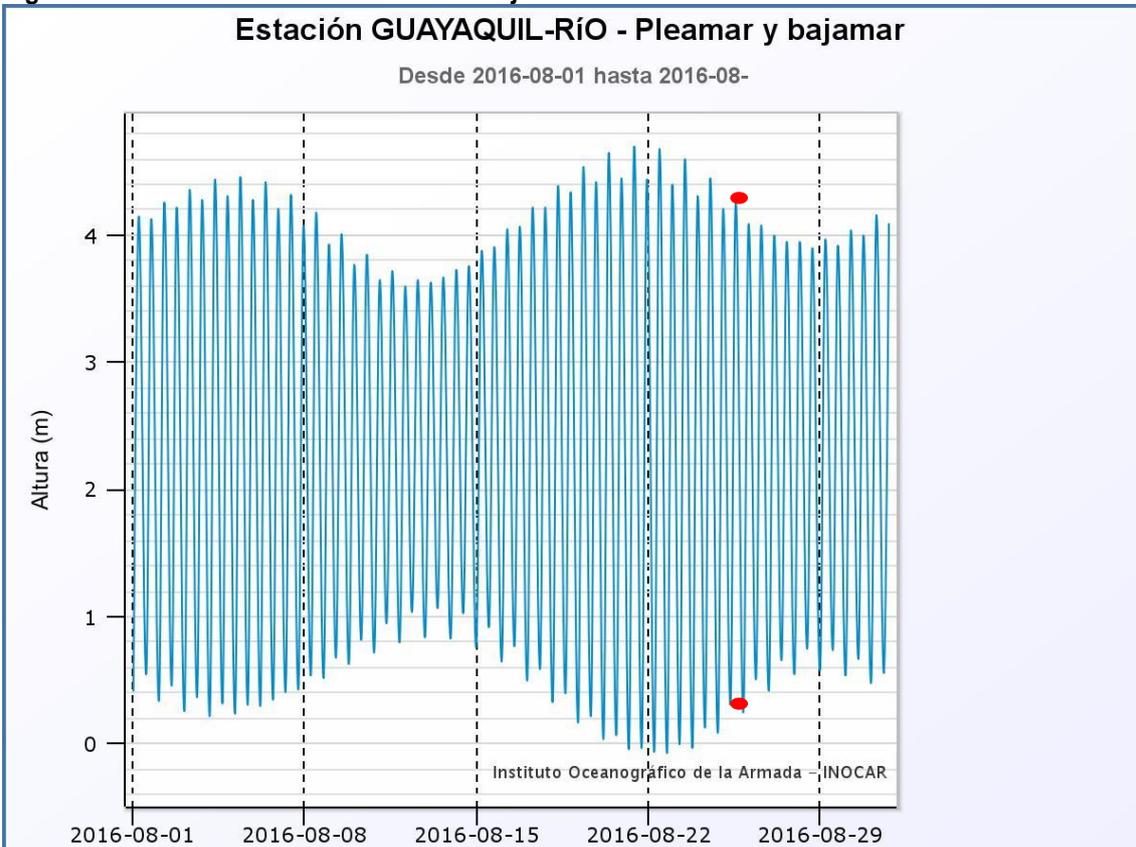


Figura 14.- Mareas en Estación Guayaquil

Fuente: Tabla de Mareas INOCAR - 2016

**ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y
ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA
PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS**

- ZARPE DE BOYA DE MAR 07H12 (3H30 ANTES DE PLEAMAR DE PUNA)
- MAREA
- 07H16 = 0,3 METROS
- 12H31 = 4,3 METROS

DISTANCIA BOYA BN – BOYA 24R = 12,6 MN
VELOCIDAD = 12 NUDOS
HORA DE ARRIBO A BOYA 24R = **11H47**
MAREA BOYA 24R = **3,91 METROS**

DISTANCIA BOYA 24R – BOYA 27R = 1 MN
VELOCIDAD = 6 NUDOS
HORA DE ARRIBO A BOYA 27R = 0H10 + 11H47 = 11H57
MAREA BOYA 27R = **4,0 METROS**

PROFUNDIDAD DE CARTA BOYA 10R = 4,0 METROS
CALADO = 7,2 METROS

PROFUNDIDAD OBTENIDA POR BATIMETRIA = **4,2 METROS**
MAREA = **3,91 METROS**

PROFUNDIDAD DEL AGUA = 4,2 + 3,91 = 8,11 METROS

MARGEN DE SEGURIDAD MINIMA

H/C = 1,1 METRO

H = 1,1 * 7,2 = **7,92 METROS**

PROFUNDIDAD REQUERIDA POR SEGURIDAD

**H = CALADO + EFECTO DE PASO A AGUA DULCE + EFECTO DE OLEAJE
+ SQUAT + ERROR EN BATIMETRIA**

*ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y
ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA
PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS*

VELOCIDAD 6 NUDOS

$$H = 7,20 + 0,20 + 0 + 0,9 + 0,05$$

$$H = 8,35 \text{ METROS}$$

$$\text{DIFERENCIA} = 8,35 \text{ METROS} - 8,11 \text{ METROS}$$

$$\text{NECESARIO DRAGAR} = 0,24 \text{ METROS}$$

VELOCIDAD 5 NUDOS

$$H = 7,20 + 0,20 + 0 + 0,625 + 0,05$$

$$H = 8,1 \text{ METROS}$$

$$\text{DIFERENCIA} = 8,1 \text{ METROS} - 8,11 \text{ METROS}$$

$$\text{NO ES NECESARIO DRAGAR} = - 0,01 \text{ METROS}$$

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

CONSIDERACIONES GENERALES.-

Lugar de Cruce de la Nave	Marea Referencial	Hora de Ejecución	Distancia Navegación recorrida	Observaciones
Cruce Boya de Mar Data	Pleamar Puna 10H42 3.6 Mts.	Tres horas y 30 min. Antes de Pleamar de Puna (07H12)	0	Para buques con velocidad de 12 nudos.
Boyas 3R-4R Puna	Pleamar Puna 10H42 3.6 Mts	APROX. 30 minutos Antes de la Pleamar de Puna 10H12	35 Millas (35 Millas)	Para buques con velocidad de 12 nudos.
Cruce Barra Puná (Boyas 10R-11R-12R-Barra Norte)	Pleamar Puna 10H42 3.6 Mts	Hora de Pleamar Puna 10H42	6.8 (41,8 Millas)	Velocidad de cruce a 5 o 6 nudos
Cruce Bajo PAOLA (Boyas 24R-25R-26R y 27R)	Pleamar Guayaquil 12H31 4.3 Mts	Aprox. 15 minutos antes Pleamar Guayaquil 12H16	12.5 (54,5 Millas)	Velocidad de cruce a 5 o 6 nudos
Arribo Aprox. Vopak. Ecuagran, Ind. Molinera		Aprox., 45 minutos a una Hora después de Pleamar Guayaquil 13H16	11 (65,5 Millas)	Proa al Norte

Tabla 6.- Detalles de navegación desde Boya de Mar, hasta Terminales Portuarios Fluviales del río Guayas

Las corrientes de marea de flujo y refluo tienen una intensidad máxima promedio de 5 nudos en el trayecto Puná Guayaquil, y son aprovechadas para transitar en forma segura en las áreas críticas como Barra Puná y Bajo Paola, dando como resultado que la ruta de navegación Data-Cascajal-Puná-Río Guayas, sea **considerada segura para que naveguen buques con calado de hasta 7,0 metros, derivado de la estadística actual y de la experiencia de los señores prácticos.**

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

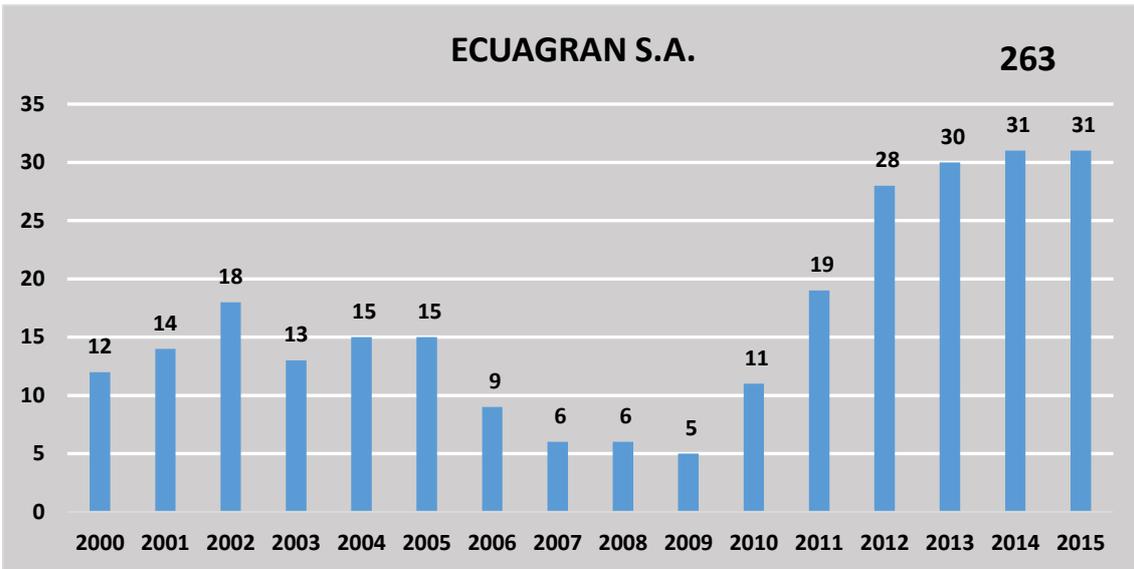


Figura 15.- Arribo de Naves a ECUAGRAN S.A. 2000 – 2015

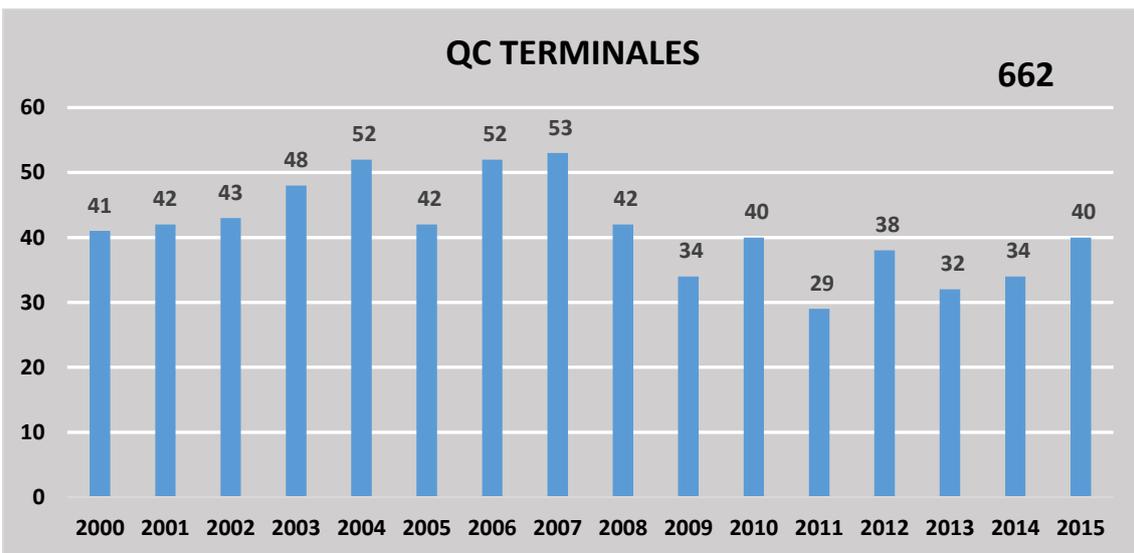


Figura 16.- Arribo de Naves a QC TERMINALES. 2000 – 2015

En los años 2000 al 2015, arribaron 223 buques al Puerto Fluvial de ECUAGRAN S.A. y 662 buques al Terminal Portuario Fluvial de QC TERMINALES, de los cuales, en los años 2007-2012, se tiene como registro el ingreso de 147 buques tipo Panamax a los Terminales Portuarios Fluviales de Servicio Público ubicados sobre el Río Guayas, no se incluyen buques en tráfico de cabotaje, los que son considerados como el tipo de buque adecuado para el presente estudio, cuyas

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

características son: Eslora de 190 mts., Manga de 32,26 mts., TRB de 34.374 toneladas. No existe una regulación sobre el calado máximo que deben tener los buques que naveguen por el Río Guayas hasta los terminales portuarios fluviales, impidiendo aprovechar la capacidad de carga de estos buques.

Casuística registrada en el 2012: Buques Clipper Oceánica con un calado de **6,65 metros** y Northern Wolverine con un calado de **6,60 metros**, atracaron al terminal portuario de VOPAK sin novedad.

CUADROS RESUMEN DE DATOS PARA EL DRAGADO

AREA DE DEPOSITO: ZONAS CERCANAS AL SECTOR DE DRAGADO

COTA 6 M	CANAL DE CASCAJAL	BARRA NORTE	BAJO PAOLA	TOTAL
VOLUMEN	72.638 M3	70.561 M3	265.498 M3	408.697 M3
TIEMPO DE DRAGADO	7 DIAS	4 DIAS	15 DIAS	26 DIAS
COSTO ESTIMADO				1'634788,00

AREA DE DEPOSITO: LA FOSA AL OSTE DE LA ISLA PUNA

COTA 6 M	CANAL DE CASCAJAL	BARRA NORTE	BAJO PAOLA	TOTAL
VOLUMEN	72.638 M3	70.561 M3	265.498 M3	408.697
TIEMPO DE DRAGADO	8 DIAS	22 DIAS	93 DIAS	123 DIAS
COSTO ESTIMADO				2'452.182,00

CONCLUSIONES

- 1) Las condiciones de navegabilidad del Río Guayas, ha permitido que buques internacionales, tipo Panamax, naveguen en el Rio Guayas con calados superiores a los 6,8 metros, con mayor tonelaje de carga, sin la ocurrencia de incidentes marítimos.
- 2) La evidente existencia de condiciones de navegación para buques con calado superior a los 6,8 metros hasta 7,20 metros en el Río Guayas, la infraestructura e instalaciones modernas para la atención de la carga, requieren la actualización de las disposiciones que regulan la navegación en el Rio Guayas.
- 3) Las condiciones de navegación actuales del Río Guayas en la ruta DATA-CANAL DE CASCAJAL- PUNA-RIO GUAYAS, navegando a 5 nudos promedio y máximo a 6 nudos, en las áreas consideradas críticas: Cascajal 6C, Barra Norte y Bajo Paola, permiten el ingreso de naves con un calado de 7,2 metros.
- 4) El sector de Canal de Cascajal, por la interacción del río con la masa de agua proveniente del océano, está sujeto a un proceso de sedimentación que si bien en la actualidad no representa un obstáculo para la navegación del tráfico marítimo internacional, en un futuro mediano podría llegar a serlo, por lo que su dragado es necesario a una cota de 6 metros.
- 5) El sector Barra Norte, presenta un proceso erosivo, por lo que su dragado no se considera necesario, sin embargo por las condiciones de estabilidad hidrodinámica del río Guayas, la ejecución del dragado a cota 6 metros es necesaria
- 6) El Sector Bajo Paola, para la navegación a 6 nudos, es necesario su dragado a cota 6 metros, por condiciones de estabilidad del río Guayas,

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

para evitar la generación de pendientes y consecuentes procesos erosivos o sedimentarios.

RECOMENDACIONES

- 1) Navegar en los sectores críticos: Canal de Cascajal; Barra Norte y Bajo Paola, a una velocidad de 5 nudos; y velocidad máxima de 6 nudos, en condiciones actuales del Río Guayas, sin dragado,
- 2) Dragar los sectores críticos de Canal de Cascajal, Barra Norte y Bajo Paola, a cota 6 metros para no alterar el nivel promedio base del río Guayas en el área de estudio
- 3) Solicitar a la Autoridad Marítima a través de la Asociación de Terminales Portuarios ASOTEP, el incremento del calado máximo de navegación por el Río Guayas a 7,2 Mts, con beneficio de marea.
- 4) Solicitar a la Autoridad Portuaria de Guayaquil, que incorpore en el Reglamento de Operaciones Portuarias, las especificaciones de navegabilidad y características de los buques a transitar por el Río Guayas:
 - a) Velocidad de Tránsito de Navegación: 12 Nudos.
 - b) Velocidad Máxima de navegación, en cruce de las Barras Puná y Bajo Paola: 6 Nudos, recomendada 5 nudos.
 - c) Considerar alturas y horas de Marea de PUNA (Tabla de Mareas del INOCAR) para ingreso al Río Guayas,
 - d) Eslora Máxima: 200 Mts.
 - e) Manga Permitida: 30 Mts., más 10%.
 - f) Calado máximo: 7,20 metros con beneficio de marea

ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS

- 5) Poner en consideración del Municipio de la ciudad de Guayaquil, el presente estudio, el que podría ser considerado como una contribución para el reforzamiento de las actividades, base para la de la navegación fluvial en el río Guayas.

**ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y
ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA
PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS**

INDICE

ANTECEDENTES.....	1
MARCO LEGAL.....	1
ANALISIS GENERAL.....	3
CONDICIONES HIDRO/OCEANOGRÁFICAS.....	3
PASO DE AGUA SALADA A AGUA DULCE.....	3
RELACIÓN VELOCIDAD / PROFUNDIDAD.....	4
SQUAT.....	4
RELACION PROFUNDIDAD/CALADO.....	6
PROFUNDIDAD DEL CANAL.....	7
FACTORES RELACIONADOS CON EL FONDO.....	8
- MARGEN PARA IMPRECISIONES DE LA BATIMETRIA.....	8
- CIRCULACIÓN OCEÁNICA.....	9
- LA ONDA DE MAREA.....	9
- CIRCULACION EN EL SISTEMA ESTUARINO.....	10
- OLAS.....	11
DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DEL AGUA.....	13
CALCULO DE EFECTOS GENERALES.....	13
- PASO DE AGUA SALADA DEL OCEANO PACIFICO A AGUA DULCE DEL RIO GUAYAS.....	13
- SQUAT.....	14
- EFECTOS DEL OLEAJE.....	17
- IMPRECISIONES EN BATIMETRIA.....	17
ANÁLISIS.....	19

**ESTUDIO DE NAVEGABILIDAD EN EL RIO GUAYAS, MEJORA DE LAS CONDICIONES NAUTICAS Y
ACCESO CON SEGURIDAD A LA NAVEGACION CON BENEFICIO DE MAREA A UNA
PROFUNDIDAD DE 7,50 METROS**

RELACION INTERNACIONAL PROFUNDIDAD/CALADO.....	21
SECTOR CANAL DE CASCAJAL.....	23
SECTOR BARRA NORTE.....	28
SECTOR BAJO PAOLA.....	31
CUADROS RESUMEN DE DATOS PARA EL DRAGADO.....	36
AREA DE DEPOSITO: ZONAS CERCANAS AL SECTOR DE DRAGADO.....	36
AREA DE DEPOSITO: LA FOSA AL OSTE DE LA ISLA PUNA.....	36
CONCLUSIONES.....	37
RECOMENDACIONES.....	38