

---

# PUERTO MARITIMO DE GUAYAQUIL



## FASE I - CAPITULO 2

### Evaluación preliminar de la Configuración Marítima

Realizado por:



Preparado para:



Guayaquil, Diciembre del 2011

---



## TABLA DE CONTENIDO

2	EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA CONFIGURACIÓN MARÍTIMA .....	2-5
2.1	Condiciones Náuticas del Canal.....	2-6
2.2	Análisis del Paso de un Buque saliendo con un calado de 9,75 m .....	2-15
2.3	Profundidad del Canal .....	2-17
2.3.1	Aspectos Generales.....	2-17
2.3.2	Criterios del Espacio libre bajo la quilla en la barra externa .....	2-20
2.3.3	Criterios del Espacio libre bajo la quilla en la barra interna .....	2-21
2.3.4	Análisis Experimentales del Comportamiento del Sedimento en la Barra Interna .....	2-22
2.4	Ancho del Canal .....	2-26
2.5	Derrota de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil .....	2-29
2.5.1	Características Hidrográficas y Oceanográficas .....	2-31
2.6	Bibliografía.....	2-35
2.7	Anexos.....	2-36
2.7.1	Anexo A: Planos.....	2-36
2.7.2	Anexo B: Ayudas a la Navegación en el Canal de Acceso a Puerto Marítimo .....	2-37

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-2



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Espacio Mínimo Libre Bajo la Quilla Durante un viaje experimental.....	2-16
Tabla 2. Asentamiento de la Proa de los Barcos de Diseño a diferentes velocidades .....	2-18
Tabla 3. Profundidades mínimas en diferentes secciones del canal .....	2-20
Tabla 4. Buques con que se realizaron las pruebas .....	2-22
Tabla 5. Hora de paso de los Mercantes .....	2-22

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-3



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil .....	2-6
Figura 2. Perfil Longitudinal del Canal de Acceso a Puerto Marítimo 2011 .....	2-10
Figura 3. Canal de Acceso a Puerto Marítimo .....	2-11
Figura 4: Perfil Longitudinal del Canal de Acceso a Puerto Marítimo .....	2-14
Figura 5. Rango de Mareas de Puerto Nuevo (Terminal Portuario) y Data de Posorja – Boya de Mar ...	2-15
Figura 6. Criterios de Espacio Libre Bajo la Quilla.....	2-19
Figura 7. Paso Inicial .....	2-23
<b>Figura 8. Paso Final</b> .....	<b>2-23</b>
<b>Figura 9. Paso Inicial de la lancha hidrográfica</b> .....	<b>2-24</b>
Figura 10. Registro del Ecosonda .....	2-25
Figura 11. Registro del Ecosonda .....	2-25
Figura 12. Registro del Ecosonda .....	2-25

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-4



## INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Boya de Mar .....	2-29
Fotografía 2. Islote de Faroles .....	2-30
Fotografía 3. Roca Seiba .....	2-30

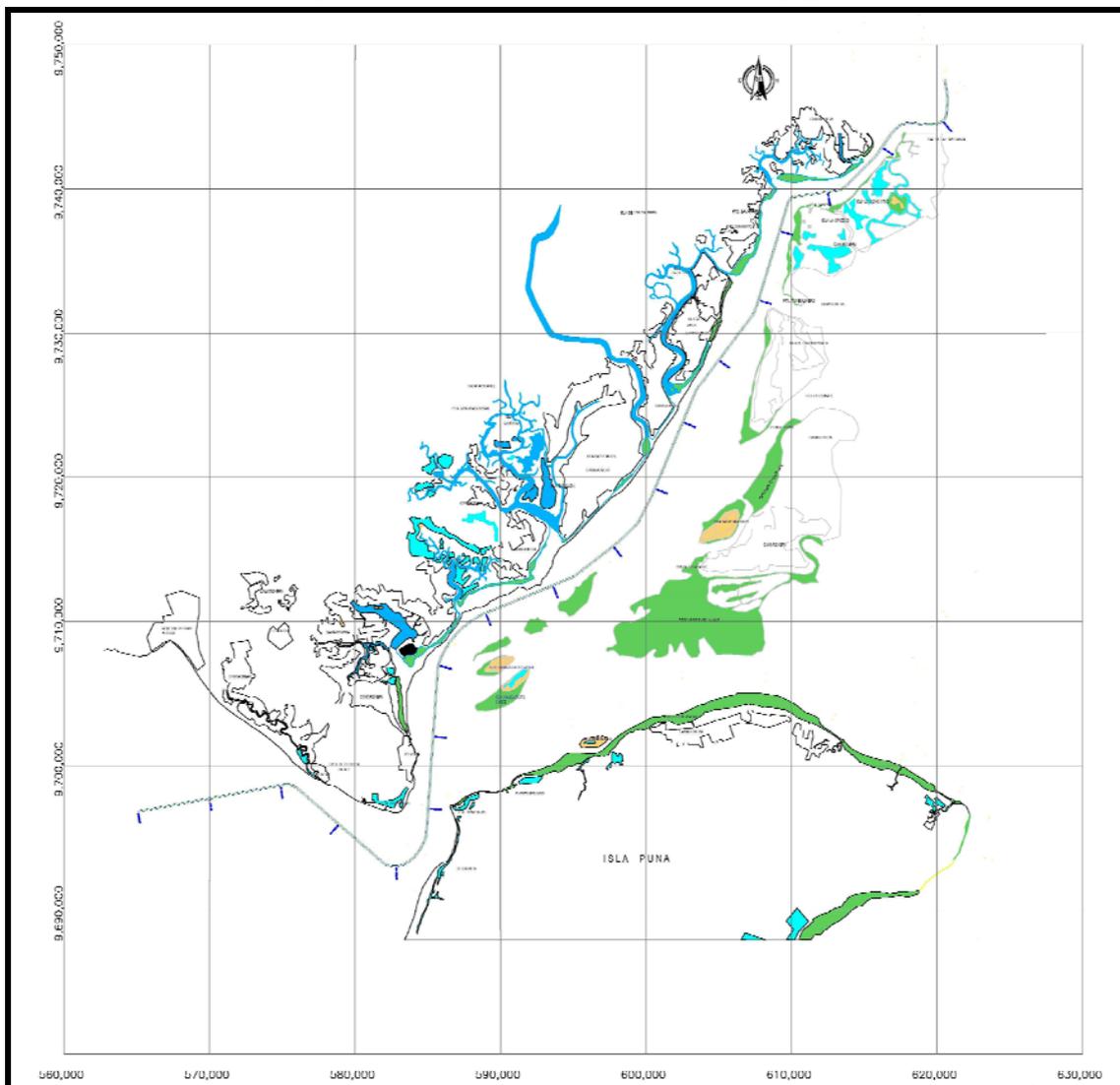
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-5

## 2 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA CONFIGURACIÓN MARÍTIMA

### 2.1 Condiciones Náuticas del Canal

Por la ubicación del Puerto Marítimo, las naves de tráfico internacional deben navegar 94 km. desde la boya de mar al puerto, siguiendo la ruta trazada a lo largo del eje del canal de navegación diseñado para buques de 32 pies de calado (9,75 metros). En los Términos de Referencia del presente estudio, no se menciona la profundidad de diseño (9,75 m), se menciona la profundidad del Contrato de Concesión de APG a CONTECON de los Terminales Multipropósito y Terminal de Contenedores, que es de 9,6 m; para el presente análisis se considerará la profundidad de 9,6 m como profundidad de diseño.

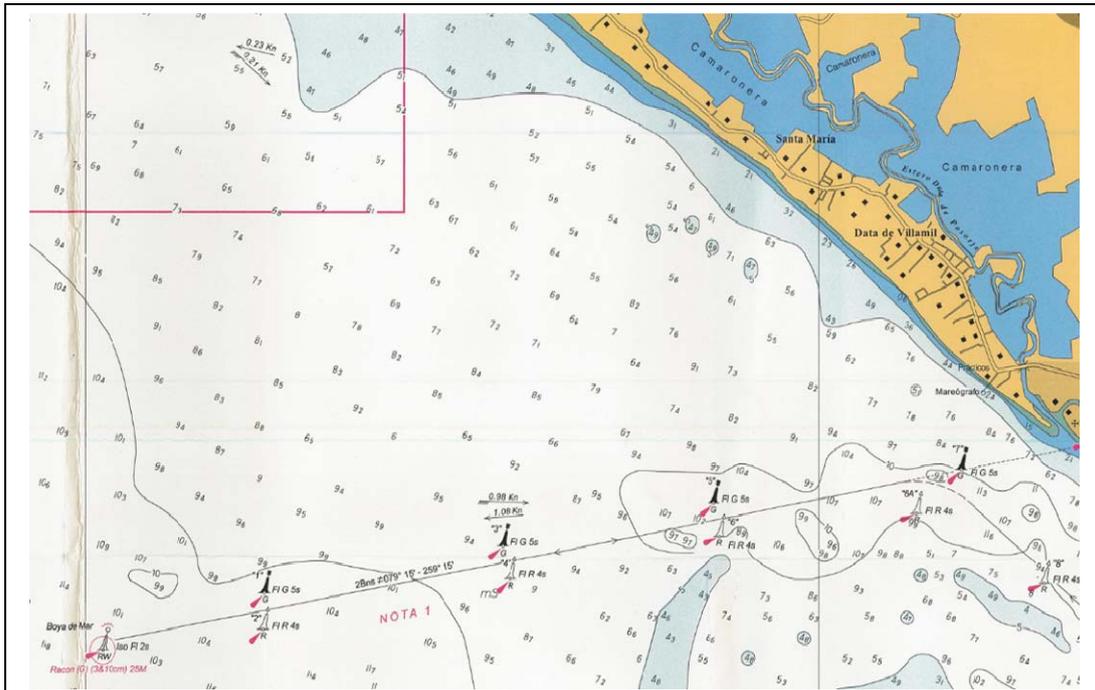
Figura 1. Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil



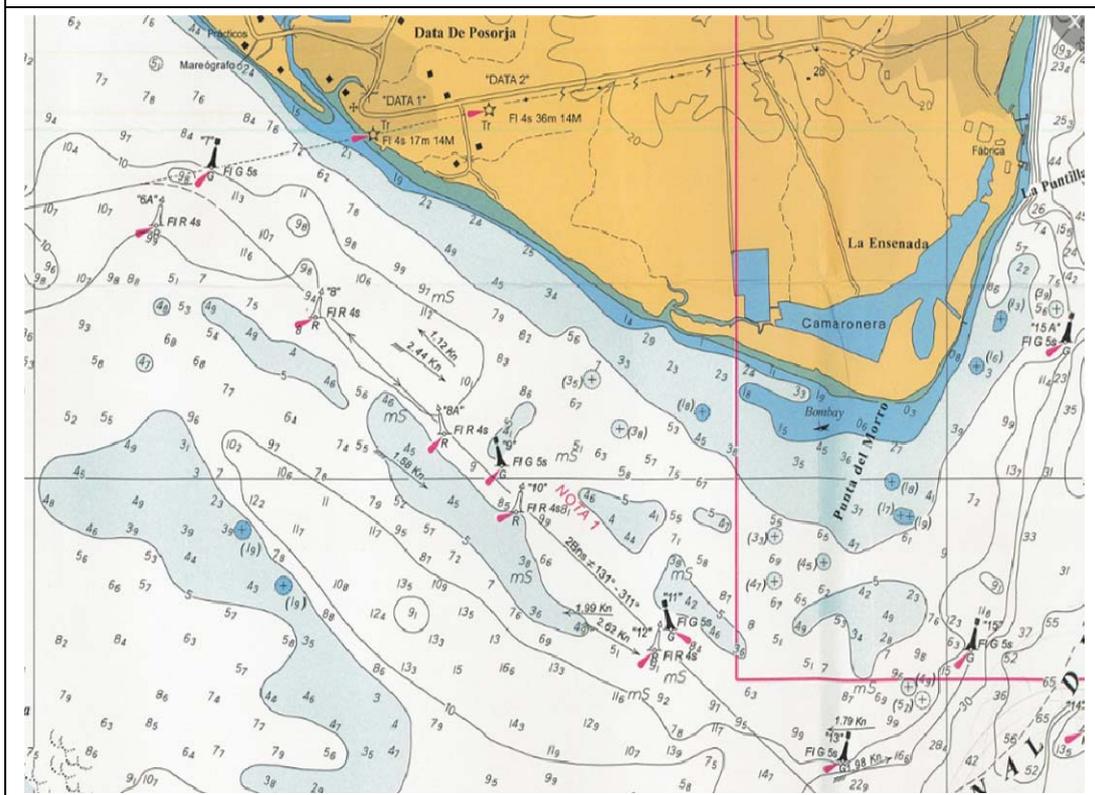
Fuente: Grupo de Trabajo 2011

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-6

Los siguientes puntos son de especial interés:

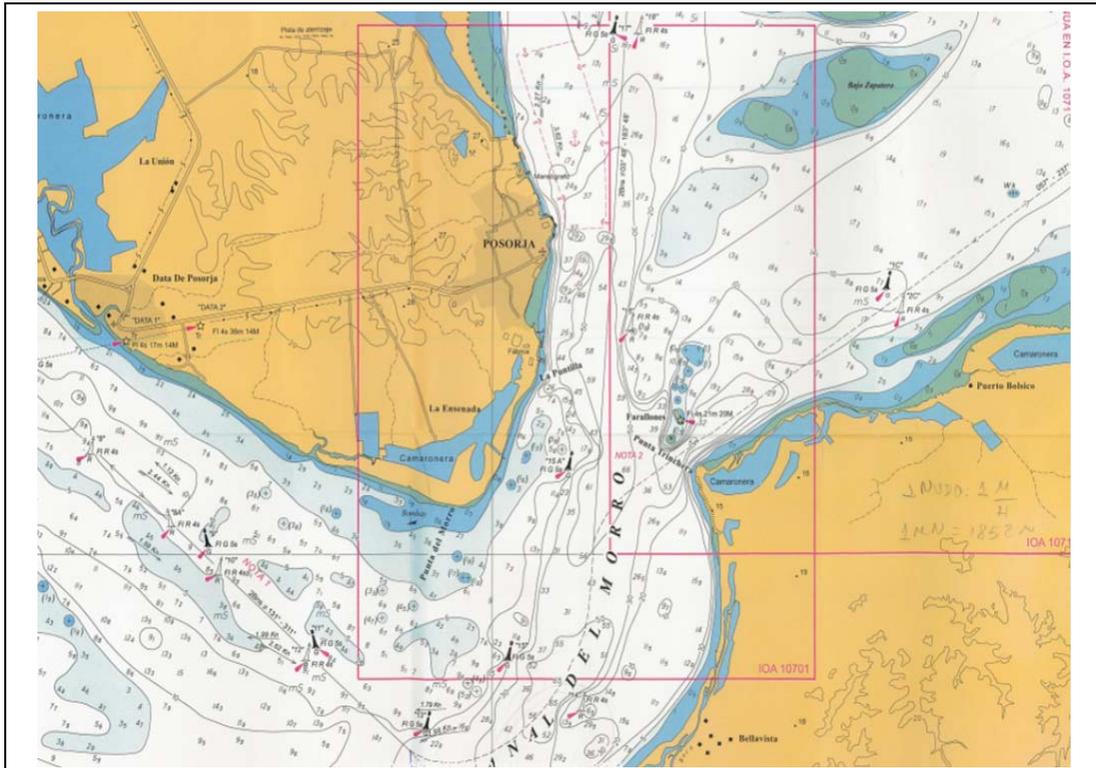


Boya de mar (0+000 Km), a Boya 7 (10+850 Km) (Fuente IOA 1070)

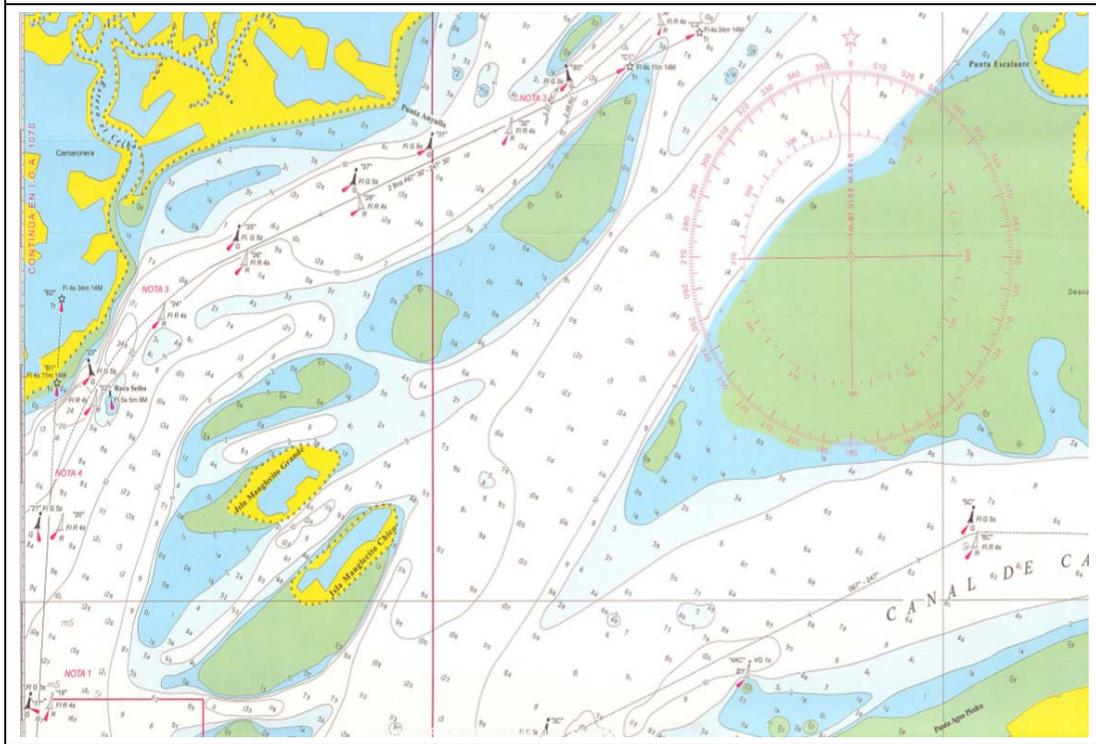


Boya 7 (10 + 850 Km a la Boya 13 (19 + 150 Km) – Los Goles – Barra Externa (Fuente IOA 1070)

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consultsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-7

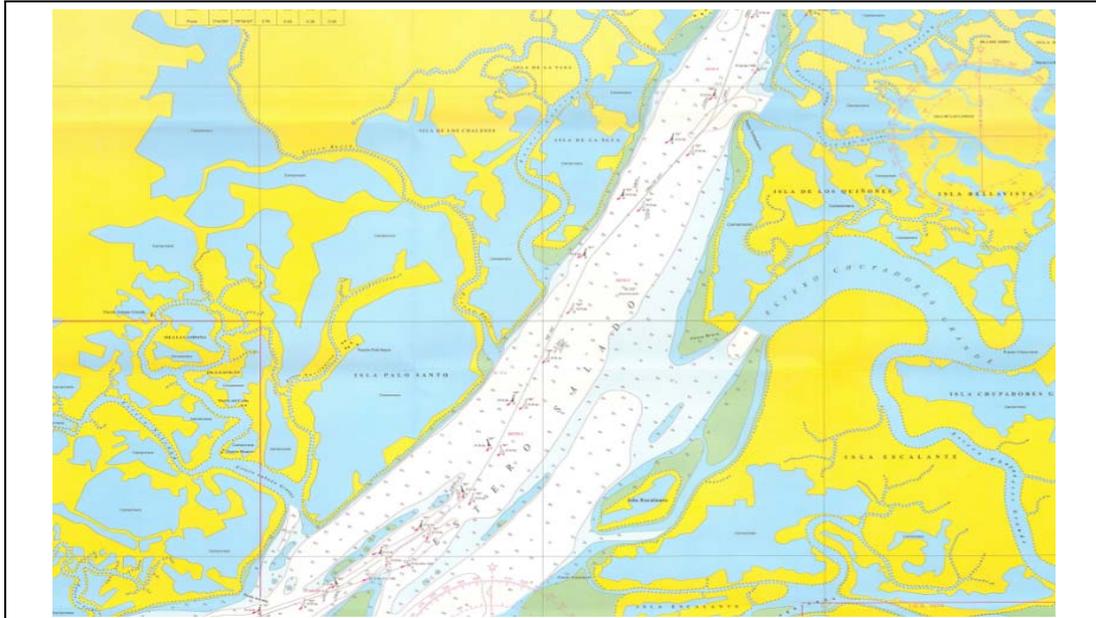


Boya 13 (19 + 150 Km a la Boya 17 (31 + 600 Km) (Fuente IOA 1070)

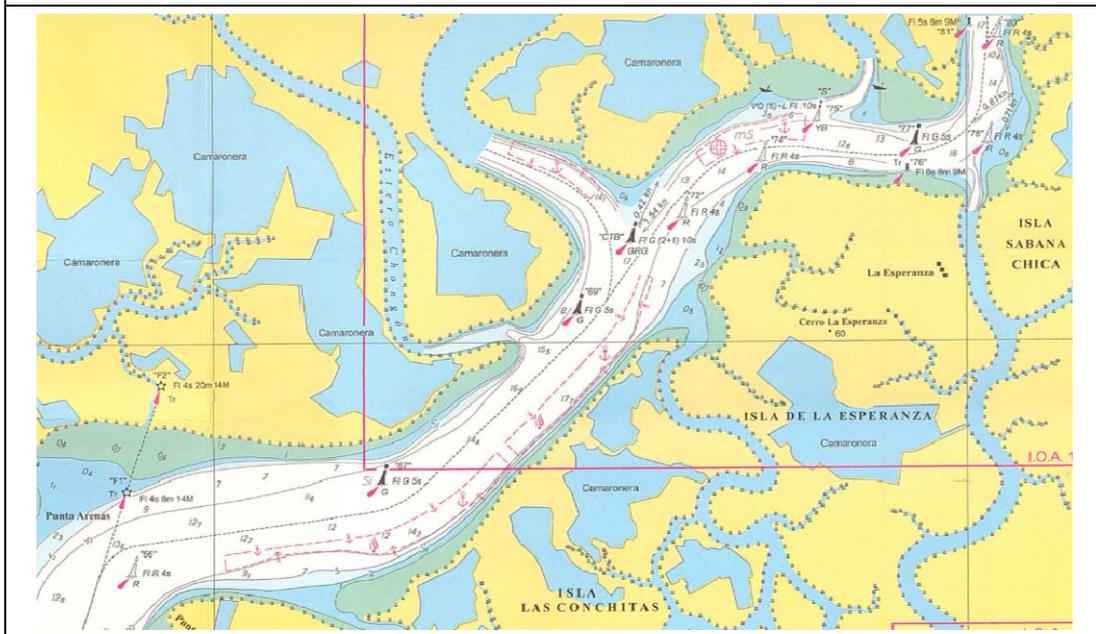


Boya 17 (31 + 600 Km) a la Boya 33 (46 + 900 Km) (Fuente IOA 1071)

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-8



Boya 33 (46 + 900 Km a la Boya 66 (77 + 400 Km) – Barra Interna (Fuente IOA 1071)



Boya 66 (77 + 400 Km a la Boya 80 (91 + 400 Km) (Fuente IOA 1071)

A continuación, se presentan las características en el track del canal para el acceso de buques al Puerto Marítimo de Guayaquil, en función de la Batimetría ejecutada por APG, entre Marzo 2011 y Mayo 2011.

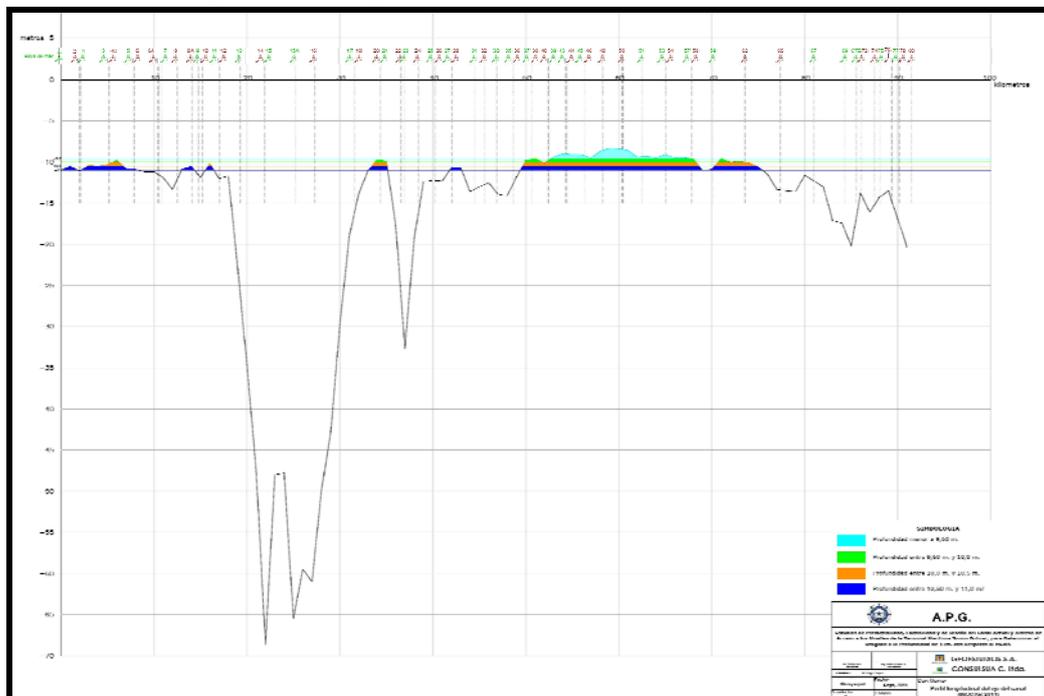
Tabla 1. Características del track de Navegación

N°	Tramo	Profundidad (m)	Observaciones
1	Boya de Mar -Boya 7	Máx. = 11.80 Med. = 10.54 Mín. = 9.80	En promedio la profundidad del canal en este tramo es de aproximadamente 10.54 m. aunque hay que considerar que en la cercanía de la boya No. 4 existe cotas que van. a 9,8 m. con referencia al MLWS, que es lo mínimo de profundidad reconocido en este tramo analizado.

N°	Tramo	Profundidad (m)	Observaciones
2	Boya 7 – Boya 13	Máx. = 30.00 Med. = 13.30 Mín. = 9.6	Este tramo presenta profundidades irregulares en que varían entre -13 m. a -10 m. pero una vez pasada la boya No.12 se observa que las profundidades aumentan. En este tramo se presentan en especial a la Altura de la Boya 8 A roca.
3	Boya 13 – Boya 17	Máx. = 68.60 Med. = 51.65 Mín. = 15.98	Se observa que en este tramo de aproximadamente 12 km de longitud existe una gran depresión presentando una profundidad máxima de 68,6 m., mientras más se va acercando a la boya No. 17 esta tiende a decrecer hasta una profundidad muy cercana a 16 m.
4	Boya 17 – Boya 33	Máx. = 32.60 Med. = 13.28 Mín. = 9.70	Existe variedad de rangos de profundidad, sin embargo, en la mayoría del track los mínimos valores de profundidad, son cercanos a 9,70 m
5	Boya 33 – Boya 66	Máx. = 14.10 Med. = 9.90 Mín. = 8.30	De todos los tramos analizados este es el que presenta mayor sedimentación en el canal de acceso. La boya 36 (48+700 Km) el inicio de una sección larga y poco profunda, con algunos lugares críticos (boyas 48-54-58). El fondo consiste de agua lodosa. Se la conoce como "barra interna".
6	Boya 66 – Boya 80	Máx. = 20.20 Med. = 15.81 Mín. = 11.60	Una vez pasada la Barra Interna, hay profundidades mayores a 10 m.

En la Figura siguiente se presenta el perfil longitudinal del Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil, obtenida de la Batimetría del 2011 ejecutada por APG; en ella se presentan las secciones longitudinales de corte a 9,6 m, 10 m, 10,5 m y 11 m, respecto al MLWS.

Figura 2. Perfil Longitudinal del Canal de Acceso a Puerto Marítimo 2011



Fuente: Grupo de Trabajo – APG 2011

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-10

En la Figura siguiente se presentan los diferentes niveles de profundidad del Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil.

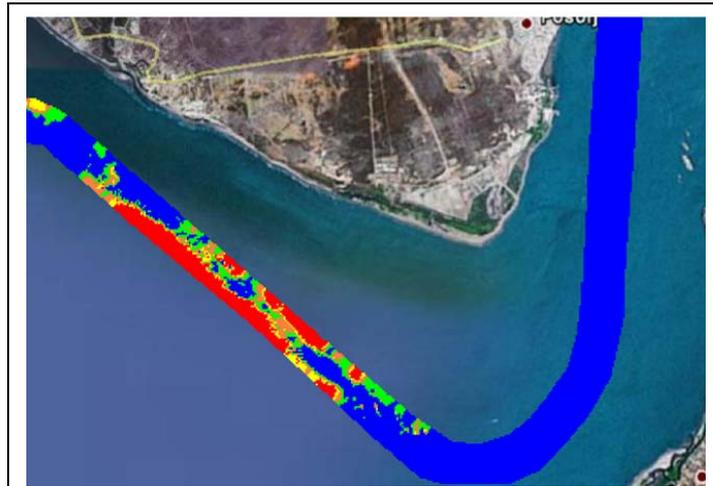
Figura 3. Canal de Acceso a Puerto Marítimo



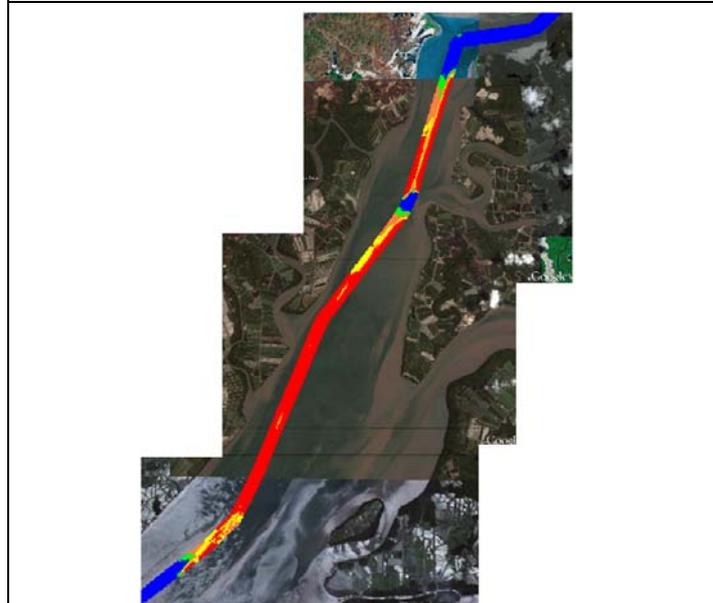
Fuente: Grupo de Trabajo – APG 2011

Manteniendo como Nivel de Referencia el MLWS, de acuerdo a la Escala de Colores, con el color rojo se encuentran las profundidades menores a 9,59 metros, el color amarillo determina profundidades entre 9,6 metros y 10 metros; el color naranja marca profundidades entre 10,1 metros a 10,5 metros; en color verde se presentan profundidades entre 10,51 metros hasta los 11 metros, el color azul marca profundidades mayores a 11,1 metros. Las áreas del eje de color rojo, son las que normalmente deben tener mantenimiento. En la barra externa, también llamada área de los Goles, las profundidades menores a 9,59 metros se ubican más que en el eje, en los extremos del canal. En el caso de la Barra Interna, existen 3 sectores de interés, de la Boya 37 a la Boya 51 es el área más crítica, de la Boya 51 a la Boya 54, la sedimentación es menor y de la Boya 54 a la Boya 66 la sedimentación es baja.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-11



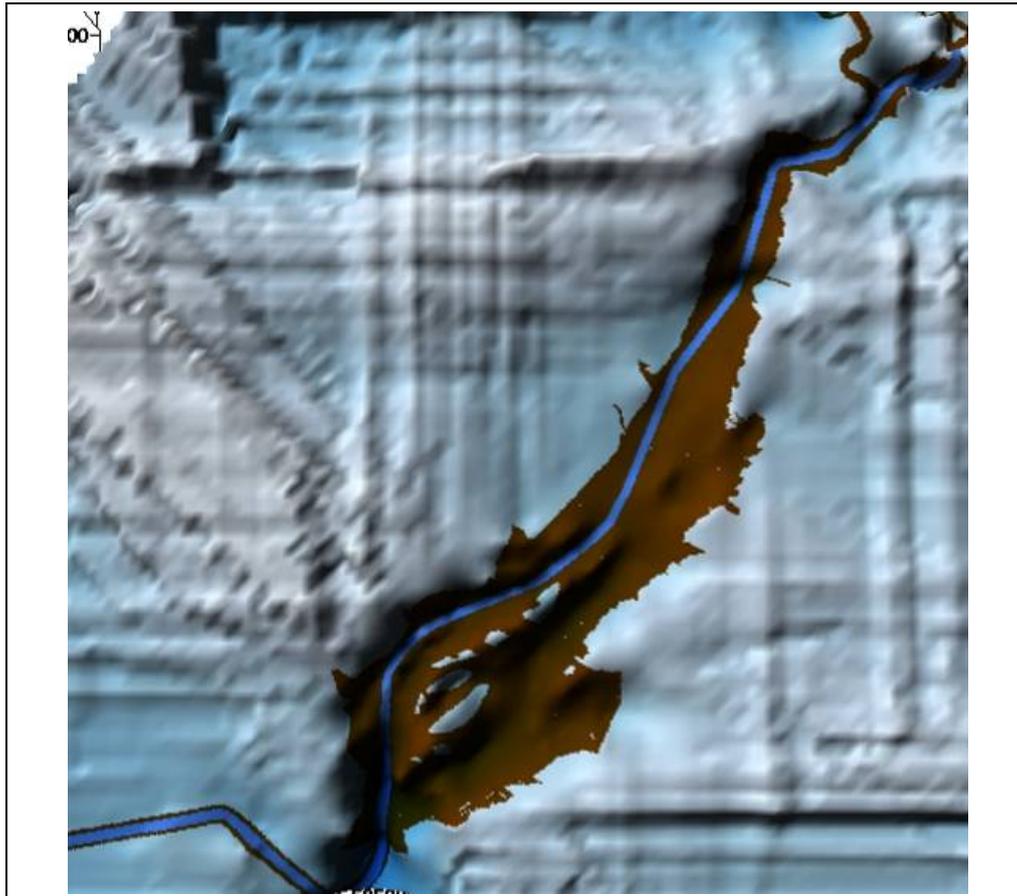
Barra Externa, área de los Goles



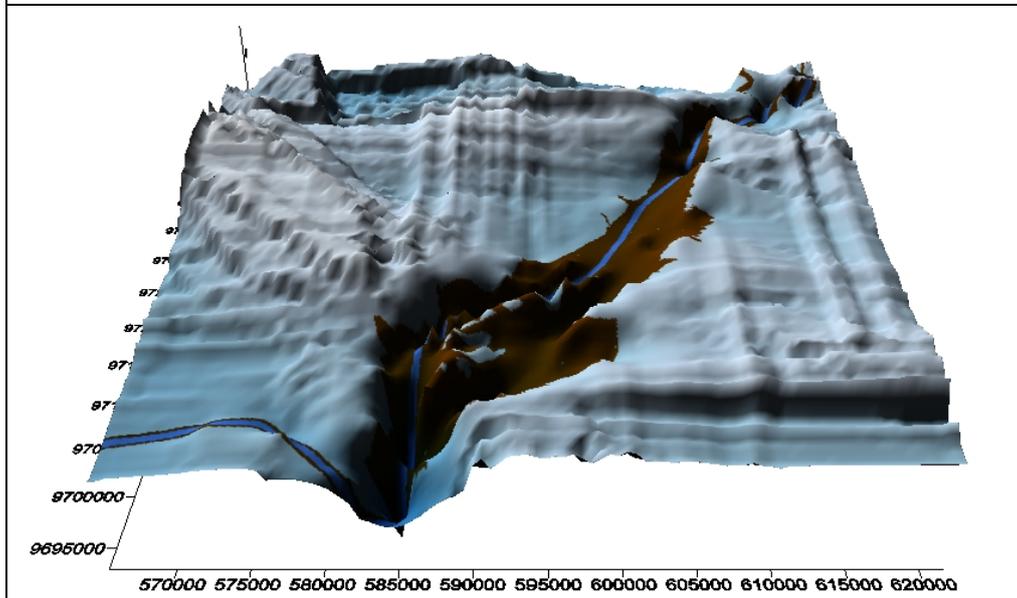
Barra Interna, área de los Goles

En las figuras siguientes se presenta la Geomorfología del Canal de Acceso a Puerto Marítimo.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-12



Modelo Digital del Terreno (MDT) Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil Vista de Planta

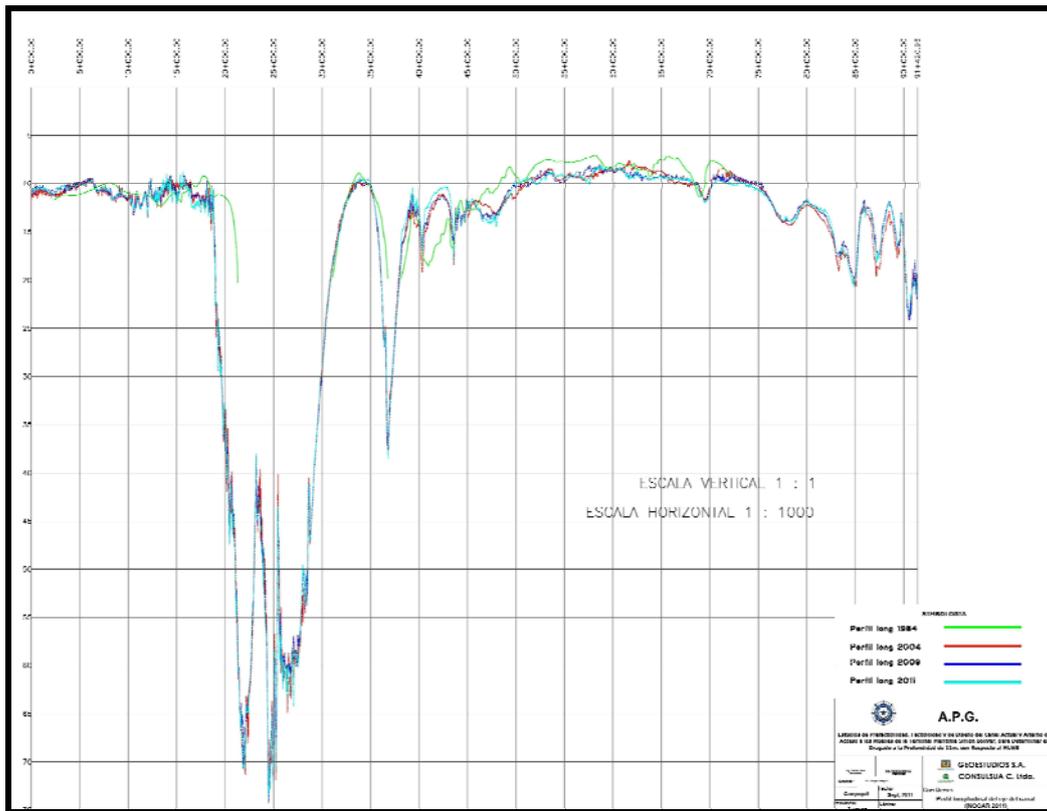


Modelo Digital del Terreno (MDT) Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil Alzado de Norte a Sur

Con la Batimetría del 2011 del Canal de Acceso a Puerto Marítimo de la Ciudad de Guayaquil y con las Batimetrías proporcionadas por APG, se realizó la comparación con perfiles longitudinales de 1984, 2004, 2009.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-13

Figura 4: Perfil Longitudinal del Canal de Acceso a Puerto Marítimo



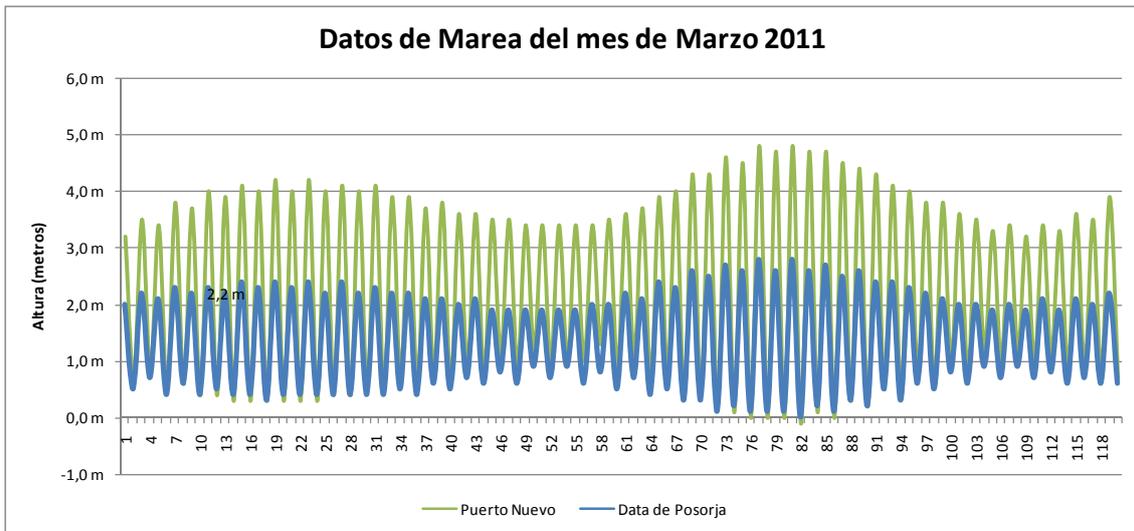
Fuente: Grupo de Trabajo – APG 2011

En el perfil, claramente se puede observar que la tendencia en términos generales es similar, sin embargo se puede apreciar que las profundidades fueron menores en el año 1984, en el año 2004 de igual manera hubo disminución de profundidades en el área de la barra interna.

El Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil opera con beneficio de marea, a continuación se presenta una comparación de rangos de marea entre las Estaciones Mareográficas de la Data de Posorja, Posorja y Guayaquil, la información es tomada de la tabla de mareas del Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) para Marzo del 2011. El comportamiento es similar en el resto de los meses del año.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-14

Figura 5. Rango de Mareas de Puerto Nuevo (Terminal Portuario) y Data de Posorja – Boya de Mar



Fuente: Grupo de Trabajo 2011 – Tabla de Mareas INOCAR 2011

En Data de Posorja, en el mes de Marzo 2011 la mayor altura de marea fue de 2,8 metros, la menor altura fue de 0,0 metros y el promedio de altura de marea fue de 1,4 metros. En el caso de Guayaquil en Puerto Marítimo, la mayor altura de marea fue de 4,8 metros, la menor altura fue de - 0,1 metro y el promedio de altura de marea fue de 2,2 metros. Como se puede apreciar los rangos de mareas son mayores en la cabecera del Canal de Acceso a Puerto Marítimo, por lo que el beneficio de marea que se puede emplear navegando es mayor en la Barra Interna que en la Barra Externa; entonces el fondo duro de la barra externa relativo al fondo suave de la barra interna, hace que el paso por el primero sea el más crítico para la navegación, para entrar y salir del Puerto Marítimo.

## 2.2 Análisis del Paso de un Buque saliendo con un calado de 9,75 m

El INOCAR en 1984 describe el siguiente Análisis:

*“Durante su primera visita el economista Van Harreveld realizó un viaje en un barco saliendo y cargado hasta 9.75 m. Se realizó un análisis de este viaje para obtener una impresión clara de los procedimientos náuticos y de los mínimos espacios libres bajo la quilla aplicada actualmente. El viaje fue hecho el 26 de abril de 1984 con una marea que era entre marea de cuadratura y marea media (marea alta en Posorja 2.13 m sobre el MLWS)*

*Solamente ha sido considerado el paso por el canal de acceso desde la boya 62 a la boya 10, ya que es la parte más interesante de este estudio.*

*Desafortunadamente, el día del viaje, solamente estaban funcionando las estaciones mareográficas 9 (Puerto Marítimo), 2 (boyas 44-45) y 4 (Posorja). Sin embargo, la información que faltaba de las estaciones 1(enfilada 1/boya 62), 3(boyas 26-28) y Data de Posorja, pudo ser conocida basados en información de una marea parecida de otro día.*

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consultsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-15

Basados en los tiempos de paso por las diferentes boyas, se pudo determinar la velocidad del barco, la cual, al ser corregida para las velocidades del flujo, ofrecían una base apropiada para el cálculo del sentamiento de la popa.

Una vez que se conocieron los niveles del agua y el asentamiento de la popa, se tuvieron todos los datos para calcular los verdaderos espacios libres netos que ocurrieron durante el viaje con el barco de calado máximo en condiciones de una marea de cuadratura a marea media. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 1.

Tabla 2. Espacio Mínimo Libre Bajo la Quilla Durante un viaje experimental

Hora (h/min)	Posición (boya)	Distancia relativa a la boya 62 (Km)	Velocidad media del buque (nudos)	Asentamiento Calculado (m)	Beneficio de mareas sobre el Datum (m)	Profundidad de agua mínima disponible (m)	Espacio mínimo neto bajo la quilla (m)
11:29	62	0.0					
			10.3	0.55	1.72	9.02	-1.28
12:00	51	9.8					
			8.9	0.44	2.04	9.33	-0.86
12:38	39	20.2					
			11.8	0.80	2.13	10.53	-0.20
13:17	23	34.4					
			15.1	1.25	2.03	11.03	0.03
13:56	13	52.6					
			9.3	0.45	1.64	10.44	0.24
14:10	10	56.6					

Fuente: INOCAR 1984

Obviamente es posible que los barcos pasen el canal con un espacio libre negativo de hasta 1.2-1.3 m en la barra interna (cerca a la boya).

Esto confirma una vez más que la capa superior del fondo del canal debe estar compuesta de lodo muy suave. La presencia de tal capa está indicada por los sondeos de doble frecuencia a lo largo del eje del canal de acceso. El espesor de esta capa no parece que excede de 1m. De todos modos, el margen entre la quilla del barco y la segunda capa más densa debió haber sido muy pequeño y posiblemente hasta un poco negativo a veces.

No se reportan problemas con respecto a la maniobrabilidad de los barcos que navegan a través del lodo.

Aunque todavía no parecen haber ocurrido verdaderos problemas, la situación anterior y particularmente el pequeño espacio libre bajo la quilla en la Barra externa de roca, son considerados inaceptables, aún bajo condiciones no extremas de la marea”.



## 2.3 Profundidad del Canal

### 2.3.1 Aspectos Generales

Al no existir mayor información sobre las características del Buque de Diseño<sup>1</sup>, se asume en base a la información recopilada, que para el Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil se consideró un buque de diseño de carga general (al no existir portacontenedores), con las siguientes características aproximadas de acuerdo a las Recomendaciones de Operaciones Marítimas (ROM 3.1-99):

Tonelaje de Peso Muerto: 15.000 Ton

Eslora: 152 metros

Manga: 23 metros

Calado: 9,2 metros

Considerando entonces que el Canal y el Terminal fueron construidos entre 1958 y 1963, las características de accesibilidad náutica del canal fueron muy aceptables; tomando en cuenta siempre que la accesibilidad tiene relación directa con el beneficio de marea para ingresar buques de calado de diseño. En el año 1984 el INOCAR determinó que:

- a. Un barco con un calado de 7.80 m puede entrar y salir del puerto en cualquier momento de la marea.
- b. Un barco con un calado de 9.60 m. está en capacidad de navegar el canal en ambas direcciones, en una sola marea, en cualquier día, excepto para una marea de cuadratura extrema.

Los requisitos de la profundidad náutica son en su mayoría determinados por los siguientes factores:

- Calado y ajuste inicial del barco de diseño.
- Asentamiento y equilibrio dinámico del barco proyectado.
- Movimientos del barco en las olas.
- Niveles de marea.
- Diferencias de salinidad, y
- Espacio Libre neto bajo la quilla.

<sup>1</sup> El Buque de Proyecto es el que se utilizará para el dimensionamiento de los accesos y Áreas de Flotación; y se considerará como base el buque más grande proyectado para la Obra Portuaria.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-17

## Calado y ajuste inicial; efectos de la salinidad

El calado será afectado por las diferencias de salinidad cuando ha sido cargado flotando en agua de mar, el calado aumentará a medida que el barco entre en aguas menos salinas. De este modo los barcos que salen en cambio perderán un poco de calado. De acuerdo al INOCAR 1984, se puede determinar que los cambios en el calado comprenden solo un 0.5% (época Seca) a 1% (época húmeda) en la barra interna y máximo 0.5% (época húmeda) en la barra externa.

## Asentamiento y equilibrio dinámico

El asentamiento es el cambio del espacio libre bajo la quilla cuando un barco se mueve en aguas reducidas, debido a una depresión del nivel del agua en su inmediata vecindad. A la vez, el equilibrio del barco cambiará o bien por la proa o por la popa, dependiendo de la forma del barco. En Guayaquil de acuerdo a INOCAR 1984, equilibrará por la proa si el centro longitudinal de boyantes está situado en medio del barco. Este es el caso para el buque de diseño.

Tabla 3. Asentamiento de la Proa de los Barcos de Diseño a diferentes velocidades

Calado del Buque (m)	7.80	9.75
Profundidad del agua (m)	8.30	10.75
Velocidad del buque (nudos)		
8	0.36	0.33
10	0.61*	0.54
11	0.77*	0.67
12	0.98*	0.84
13	0.26*	1.04*
14	1.62*	1.28*
15	2.17*	1.58*
* El espacio libre bajo la quilla se hace negativo; no es válido con un fondo duro.		

Fuente: INOCAR 1984

## Movimientos de Barcos en Olas

Los movimientos verticales de cualquier punto de un barco que navega en olas son determinados por los efectos combinados de los movimientos de elevación, cabeceo y balanceo del barco. Estos movimientos del barco dependen del estado local del mar (espectro de las olas), del ángulo de incidencia de las olas con respecto a la proa del barco, las propiedades dinámicas, la forma del barco y la profundidad del agua, en el caso de Guayaquil, solamente se aplica para el Estuario Exterior.

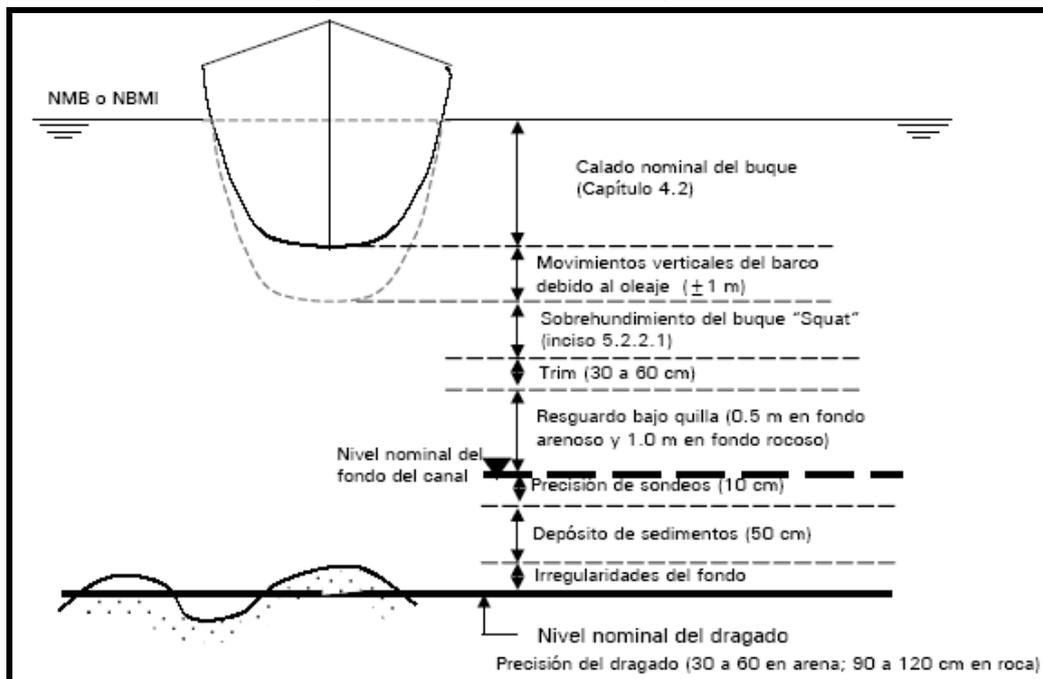
## Niveles de la marea

Como se ha indicado previamente, todas las naves (hasta un cierto calado) pueden navegar el canal de acceso sin ninguna restricción con respecto a la marea. Sin embargo, las naves más grandes solo pueden partir o entrar cuando usa cierto beneficio de marea. Por lo tanto, el acceso al canal para estos buques está restringido a un periodo limitado de marea, llamado la ventana de marea, con suficiente profundidad extra de agua. Con incrementos de calados esta ventana de marea decrece y hasta se hace cero cuando los calados exceden el máximo permitido bajo las condiciones más favorables.

## Espacio seguro neto bajo la quilla

En general, es un procedimiento común en el diseño de canales aplicar un mínimo espacio libre neto bajo la quilla, el cual debe ser cumplido siempre. En muchos casos, este margen mínimo entre la quilla del barco y el fondo del canal se toma como un 5% del calado del barco. Básicamente, este margen es más bien una regla empírica arbitraria para garantizar una maniobra segura y considerar un número de inexactitudes (calado, asentamiento, nivel del agua, etc.). La PIANC (Asociación Mundial para Transporte e Infraestructura Marítima) determina como norma el siguiente criterio gráfico para espacio de quilla libre:

Figura 6. Criterios de Espacio Libre Bajo la Quilla



Fuente: PIANC 2009

En función de las secciones del canal descritas anteriormente, se tiene la siguiente tabla Resumen.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-19

Tabla 4. Profundidades mínimas en diferentes secciones del canal

SECCIÓN	TRAMO BOYA A BOYA	LARGO (KM)	PROFUNDIDAD MÍNIMA DEL CANAL (BAJO EL MLWS)
1	BM - 7	10.8	9.60
2	7 - 13	8.3	6.80
3	13 - 17	12.4	15.00
4	17 - 33	15.3	9.20
5	33 - 66	30.5	7.50 - 7.90*
6	66 - 80	14	10.80

Elaborado por: Grupo de Trabajo 2011

Las dos profundidades mínimas que se presentan (\*), la menor representa la profundidad superior del fondo del canal (reflexión del ecosonda de alta frecuencia), mientras que la cifra más alta se refiere a la profundidad de la capa más densa debajo de la capa suave (reflexión del ecosonda de baja frecuencia). Se asume que el fondo, determinado por la densidad volumétrica húmeda de  $1,2 \text{ T/m}^3$ , está localizado en alguna parte entre ambas profundidades. Tomando en cuenta las limitaciones de la velocidad en las partes poco profundas del canal de acceso, se puede determinar el tiempo en cruzar el límite de las secciones; por otro lado, de los datos de la marea a lo largo del canal, se pudo obtener los beneficios de marea en ambos límites, de los cuales, el menor se usó para determinar el calado permisible en la sección del canal.

### 2.3.2 Criterios del Espacio libre bajo la quilla en la barra externa

INOCAR 1984 al respecto indica lo siguiente:

“En la barra externa, el canal de acceso está expuesto a la acción de las olas. Las olas del sur-oeste pueden llegar al canal. Esto no significa necesariamente que los barcos más grandes que pasan por allí serán afectados seriamente; ellos son solamente afectados por olas largas con un periodo superior a siete segundos o por las olas de vientos altas.

De acuerdo a la información de la Estadística de las olas del océano (Ref. 2.5), estas condiciones ocurren pocas veces en el océano en Ecuador, solamente un 2.4% del año. También los cálculos de olas de viento generadas localmente, basados en la información de vientos de Puná, demuestran que las olas altas de vientos superiores a los 2.0 m, casi nunca ocurren y tendrían un periodo que no exceda los 5 segundos.

Se dijo que, en los procedimientos operacionales actuales, las olas no juegan un papel importante. Esto se puede hacer más claro teniendo presente lo anterior y el hecho de que el canal es cerrado durante condiciones extremas del mar porque los riesgos para los pilotos para abordar o dejar el barco en la boya 8 son considerados muy grandes. Sin embargo, esto no se cumple para las condiciones de mar con un mar de leva bajo, el cual difícilmente se lo puede identificar visualmente pero puede producir movimientos verticales muy significativos del barco.

Como además, el fondo de la barra externa entre las boyas 10 y 12 consiste de roca dura, el contacto causará inmediatamente un daño al barco. Esto puede dar como

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-20



resultado el hundimiento del barco en el canal de acceso, lo cual causaría un bloqueo total del acceso al Puerto Marítimo por un periodo bastante largo.

Considerando estos aspectos, la opinión de los asesores es que un mínimo espacio libre neto bajo la quilla de unos 0,6 m debe ser aplicado en la barra externa o, con un asentamiento de alrededor de 0.4 m, un espacio libre total bajo la quilla de al menos 1.0 m.

Se aconseja tomar en cuenta el anterior espacio libre y modificar los procedimientos operacionales en tal forma de que al menos, también se tome en cuenta el actual beneficio de marea y que sea usado en forma optima

Aplicando el criterio anterior significa que los barcos con un calado de 7.80 m todavía pueden pasar la barra externa sin restricciones de la marea, excepto, tal vez, incidentalmente para un periodo muy corto durante excepcionales niveles bajos de agua que lleguen por debajo del Datum de la carta.

Sin embargo, los barcos con un calado de 9.75 m en ese caso, solamente serán permitidos pasar la Barra externa con un beneficio de marea de 1.95 m o más. Esto solamente ocurre durante mareas altas que exceden las condiciones medias de la marea.

### 2.3.3 Criterios del Espacio libre bajo la quilla en la barra interna

INOCAR 1984 al respecto indica lo siguiente:

El análisis de un viaje efectuado por un barco saliendo con un calado de 9,75 m demostró que actualmente los barcos navegan el canal de acceso en la barra interna con un espacio libre negativo superior a 1m.

Es obvio que esto es solamente posible debido a la presencia de una capa suave de lodo la cual, aparentemente, no impide la navegación o restringe la maniobrabilidad de los barcos. Sin embargo, en el futuro es probable que se encuentren problemas debido a una continua reducción de profundidad en la barra interna y/o consolidación del lodo suave. Es difícil predecir cuando esta situación se ha deteriorado lo suficiente como para que los barcos grandes se atasquen en el lodo. El "fondo" está definido a un nivel donde la densidad volumétrica húmeda es de 1.2 Ton/m<sup>3</sup>. El espacio libre total bajo la quilla es considerado igual al asentamiento del barco cuando navega en aguas restringidas con un fondo de lodo a una velocidad de 9 nudos. Por lo tanto, se acepta que el barco navegue a través de una capa de lodo suave (con una densidad volumétrica húmeda menor de 1.2 t/m<sup>3</sup>) con un espacio libre neto relativo al "fondo" del canal de 0 m. En caso de que el fondo consista de arena o arena arcillosa y sea relativamente dura, el espacio libre neto bajo la quilla es considerado de 0.5 m. Por lo tanto, la profundidad náutica requerida en la barra interna se obtiene del calado y asentamiento del buque (velocidad de navegación de 9 nudos) y del eventual beneficio de marea adoptado. Desde la boya 39 hacia el mar, el fondo es arenoso, requiriéndose un extra de 0.5 m para un espacio libre seguro bajo la quilla.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-21

### 2.3.4 Análisis Experimentales del Comportamiento del Sedimento en la Barra Interna

Análisis experimentales sobre el paso de un buque sobre la barra interna fueron descritos por P Suárez 98, cuyo detalle se presenta a continuación:

#### Antecedentes

Con el fin de verificar el comportamiento de los sedimentos del canal de acceso a Puerto Marítimo, se realizó el día 29 de Septiembre de 1998, una prueba in situ del comportamiento del sedimento, al paso de buques típicos porta contenedores, en lugares donde probablemente el dragado del canal de acceso a Puerto Marítimo, será más intenso, es decir en la “Barra Interna del Canal” (Boya 62 – 44).

#### Equipos empleados

- Lancha Hidrográfica “Alnilan”
- Ecosonda Echotrack
- Equipo de Posicionamiento DGPS

#### Descripción de los Buques

Tabla 5. Buques con que se realizaron las pruebas

Buque	Eslora (m)	Calado promedio (m)	Profundidad de Ecograma desde Línea de Agua (m)
Nedlloyds Van Ness	182	8	13
Italian Reefer	109	6.3	11
Dole Ecuador	179	7.5	11

Fuente: P Suárez, 1998

En la Tabla 4 se presentan los buques con los que se realizó la prueba, todos ellos, son considerados, estadísticamente, como típicos buques portacontenedores que ingresan al Puerto de Guayaquil.

Tabla 6. Hora de paso de los Mercantes

Buque	Hora de paso	Profundidad Libre (Fondo – Calado) (m)	Lugar de Medición
Nedlloyds Van Ness	10:07:57	5	Boya 62
Italian Reefer	11:51:30	4.7	Boya 59
Dole Ecuador	13:14:34	3.5	Boya 59

Fuente: P Suárez, 1998

En la Tabla 5, se presenta la hora de paso de los mercantes, el lugar de la prueba y la profundidad libre de calado.

### Características del Sedimento en la Zona

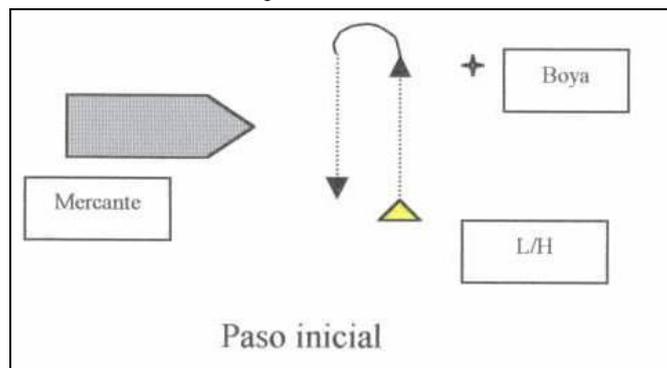
En primer lugar, es necesario indicar que el sedimento, por su textura, se lo puede clasificar en base a su tamaño, de mayor a menor, en: grava, arena, limo, arcilla y coloides, justamente esta última clasificación es la que está presente en el área donde se realizaron las pruebas.

De acuerdo al estudio geológico, el área en que se realizó la prueba (entre las boya 62 – 59), el fondo es limoso, sin embargo sobre su superficie se ubica un sedimento coloidal, que se levanta cada vez que un buque mercante pasa por el lugar.

### Metodología

En primer lugar, se realizó un cruce por la proa de los buques mercantes con dos líneas, tal como indica la figura 7 “Paso inicial”, luego de haber pasado el buque, se cruzan tantas líneas, como indicativo de perturbación de los sedimentos subsuperficiales exista tal como lo indica la Figura 8 “Paso final”.

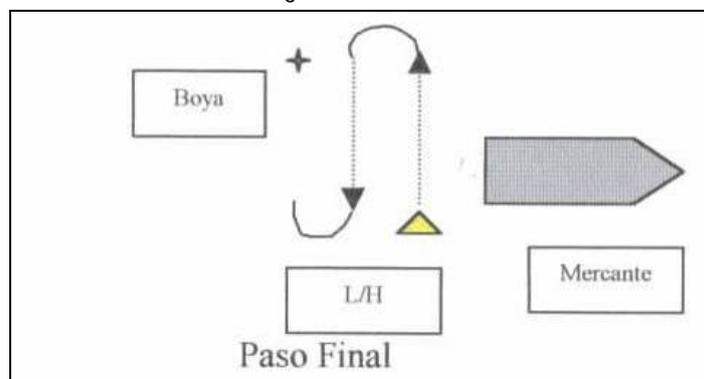
Figura 7. Paso Inicial



▲ Track de la lancha

Fuente: P Suárez, 1998

Figura 8. Paso Final



▲ Track de la lancha

Fuente: P Suárez, 1998

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-23

## Descripción del Proceso

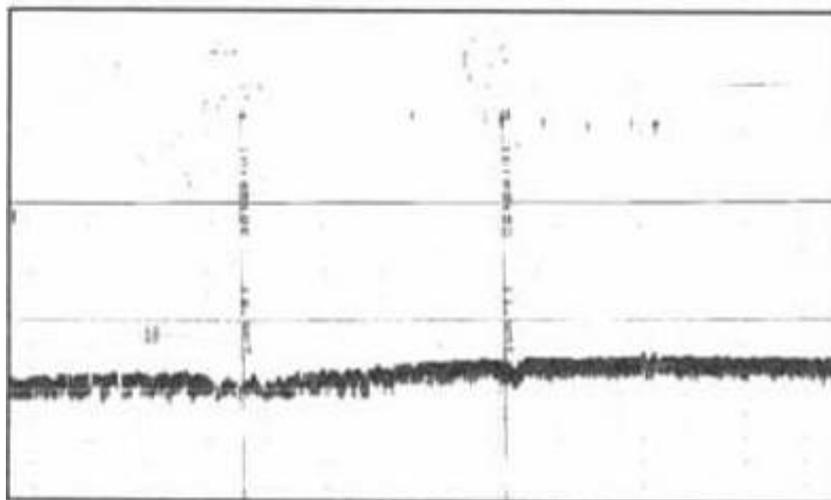
El proceso de remoción del sedimento suspendido, comienza con el paso del bulbo de proa de los buques, que generan la primera agitación del sedimento, y se complementa con la agitación que producen las hélices, tendiendo a mezclar el sedimento en la columna de agua de una forma uniforme, es necesario acotar que la concentración de sedimentos en suspensión es de 200 mg/l, en condición de no mezcla, al ocurrir la mezcla la concentración se incrementa a 250000 mg/l, es decir aumenta su concentración en un 125 por mil, esto da la idea de la textura muy fina del sedimento en suspensión.

## Relación entre comportamiento de sedimentos y presentación de ecograma

Al realizar el cruce inicial, claramente se determina la presencia del fondo, sin ninguna perturbación subsuperficial, una vez que el buque pasa y se realizan las líneas de sondeo finales, se nota la perturbación de los sedimentos, pues la señal de sonido con la presencia de gran cantidad de sedimentos en suspensión, así como las burbujas que forman parte de la estela, y son un gran reflector de sonido; conforme se continúan realizando las líneas de sondeo, la perturbación va desapareciendo, y el ecograma presenta un registro similar al que se obtuvo al inicio del procedimiento, evidentemente no se puede abstraer el hecho de que la circulación cumple un papel fundamental en el transporte de los sedimentos suspendidos.

A continuación, se presentan los registros del ecosonda y el comportamiento del sedimento.

Figura 9. Paso Inicial de la lancha hidrográfica

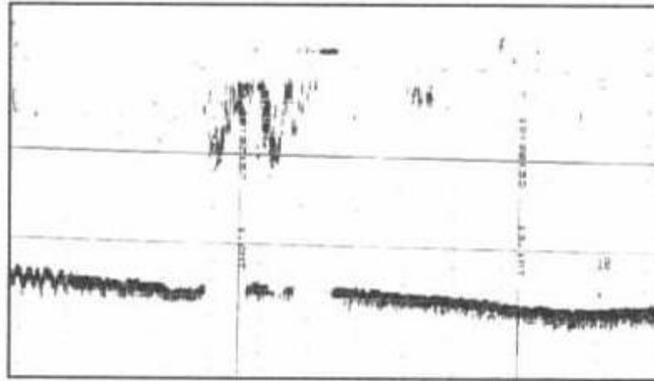


Fuente: P Suárez, 1998

En la figura 9, se aprecia el paso inicial de la lancha hidrográfica, obsérvese la superficie del fondo.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-24

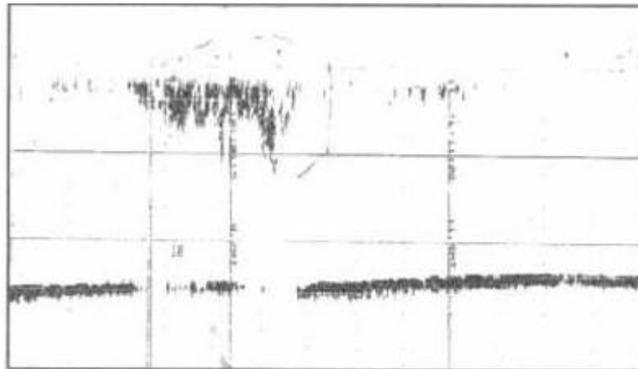
Figura 10. Registro del Ecosonda



Fuente: P Suárez, 1998

La figura 10, corresponde al registro del ecosonda, cuando pasa por la popa del buque mercante, la perturbación inicial que se observa, es producto de los sedimentos que han sido removidos por la proa del navío, y también el eco de las burbujas de aire, producto de la hélice, en este punto, los sedimentos ascienden verticalmente rompiendo los flóculos existentes, obviamente se sujetan a la influencia de la corriente.

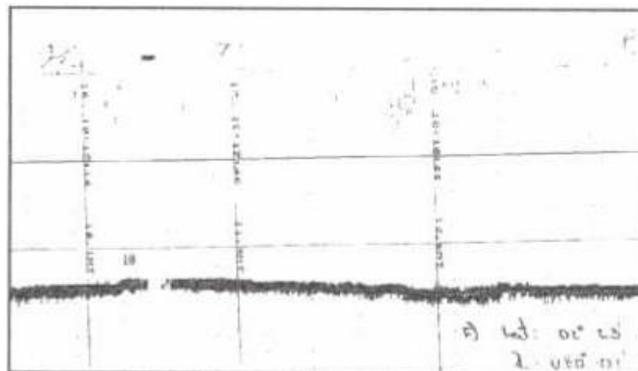
Figura 11. Registro del Ecosonda



Fuente: P Suárez, 1998

En la figura 11 ya no se observa la presencia de burbujas, por lo que el registro únicamente es del sedimento suspendido, el cual emerge hasta la superficie y se distribuye hacia los costados del canal de navegación, floculando entre si nuevamente.

Figura 12. Registro del Ecosonda



Fuente: P Suárez, 1998

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-25



La figura 12, muestra como el peso de los flóculos ha ocasionado que estos se sedimenten, y con la acción de las corrientes, la columna de agua disminuye su concentración.

Al observar el paso de un buque desde una enfilada, o desde una aeronave, se puede ver que tras de sí, a más de la estela, se levanta gran cantidad de sedimentos que enturbian el agua.

Metcalf & Eddy (1996) al respecto indican: “En soluciones relativamente diluidas, las partículas no se comportan como partículas discretas, sino que tienden a agregarse unas a otras durante el proceso de sedimentación. Conforme se produce la coalescencia o floculación, la masa de partículas va aumentando, y se deposita a mayor velocidad”.

Evidentemente, la medida en que se desarrolle el fenómeno de floculación, depende de la posibilidad de contacto entre las diferentes partículas, que a su vez, es función de la carga de superficie, de la profundidad del cuerpo de agua, y de la velocidad de corriente de marea en los diferentes estratos.

## 2.4 Ancho del Canal

El ancho del Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil, es de 122 metros INOCAR 1984, sin embargo para propósitos prácticos, se considera de 120 metros, es decir 60 metros a cada lado del eje (track).

La intensidad del tráfico del Puerto Marítimo es de unos 1300 buques por año, de los cuales 400 buques de calados entre 9 y 9,75 metros (o más) navegan con beneficio de marea, la cual está restringida a mareas altas con incrementos de calados. INOCAR en 1984 indica que: El tiempo más crítico y el paso de los buques más grandes en marea alta en la barra externa, indican la posibilidad real de aplicar en las áreas con profundidades restringidas un canal de un corredor (one – lane) y en las áreas profundas un canal de dos corredores (two – lane), es decir:

Boya de mar – boya 13: tráfico de un corredor (19 Km)

Boya 13 - boya 33: tráfico de 2 corredores (27 Km)

Boya 33 - boya 62: tráfico de un corredor (25 Km)

Boya 62 - puerto: tráfico de 2 corredores (23 Km)

Es obvio que el ancho es principalmente determinado por los buques más grandes que regularmente visitan el puerto. Por esto, en este caso una carga general o buques contenedores con un largo de 150 m y con un ancho de 23 m el ancho del canal se encuentra relacionado con la manga del buque de diseño y usualmente varía entre 4,5 y 7 veces la manga del buque para dos “corredores” de tráfico y entre 3, 5 y 6 veces para un “corredor” de tráfico. De acuerdo a esto, para dos corredores el ancho sería entre 104 metros y 162 metros. Para un corredor en ancho del canal sería entre 81 metros y 138 metros.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-26

En el caso del Puerto Marítimo de Guayaquil los diferentes tramos del canal de acceso dentro del estero salado están bien orientados con la dirección del flujo, resultando modestas componentes de corrientes transversales. Solamente muy pocos tramos pueden ser rotados ligeramente (un máximo de 5 grados) para obtener un mejor alineamiento del canal. Estos cambios, desde un punto de vista náutico, son muy pequeños para permitir una reducción del ancho del canal.

De acuerdo a la PINAC, el ancho del canal recomendado para una sola vía de navegación es:

$$B = Tr + N + \sum_{i=1}^n ni + Tr$$

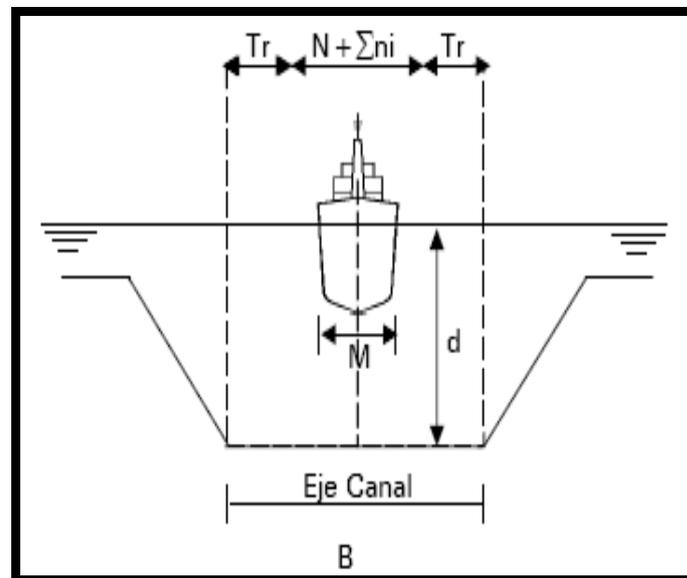
Donde:

$B$  = Ancho de canal (m)

$Tr$  = Franja de resguardo de talud

$N$  = Vía de maniobrabilidad

$ni$  = Sobreanchos de maniobra



Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-27

Ancho de la franja de resguardo del talud:

Ancho respecto a las orillas del talud "Tr"	Velocidad del barco	Canal exterior expuesto	Canal interior abrigado
Orillas del canal con pendiente y profundas	L	0.3M	0.3M
		12.84	12.84

Para el caso del Canal de Acceso se tiene 0,3

Controlabilidad del Buque

Para la vía de maniobra base N, que depende del control del barco se recomienda:

Controlabilidad del barco	Buena	Regular	Mala
N	1.3 M	1.5 M	1.8 M
	55.64	64.2	77.04

Para el caso del Canal de Acceso a Puerto Marítimo, se tiene 64,2

Sobreanchos de maniobra

Ancho ni	Canal exterior Expuesto	Canal interior Abrigado
Velocidad del barco "Vb" (nudos) 5-8	0	0
Viento dominante $\leq 15$ nudos	0	0
Corriente transversal dominante (nudos) media $>0.5 - 1.5$	1	0.8
Corriente longitudinal dominante (nudos) media $>1.5 - 3$	0	0
Altura de la cresta del oleaje significativo $H_s$ y su longitud $\lambda$ (m)	1.5	0
Ayudas a la navegación, buenas	0.1	0.1
Superficie de fondo, con pendiente	0.1	0.1
Profundidad del canal	0.2	0.4
Nivel de riesgo de la carga	0	0
$\Sigma$	2.9	1.4

El valor de los sobreanchos es de 1,4 porque se trata de un canal interno.

Por lo tanto el ancho del canal de acceso requerido es:

$$B = 0.3 + 64.2 + 1.4 (25) + 0.3$$

$$B = 99,8 \text{ metros} = 100 \text{ metros.}$$

El Canal actual tiene 120 metros, esto es, 20 metros más que lo requerido (según PIANC), para el buque de diseño original del Canal de Acceso del Puerto de Guayaquil.

## 2.5 Derrota de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil

INOCAR en el “*Derrotero de las Costas Ecuatorianas*” publicado en el 2005 señala las características hidrográficas y oceanográficas del canal de acceso, indica que a lo largo del canal de acceso se ha instalado un sistema de señalización lateral correspondiente a la zona “B”, compuestas por 2 faros, 6 enfiladas, 64 boyas laterales (1 Boya de Mar ubicada frente a Data de Posorja, 30 Boyas Verdes ubicadas a la izquierda del canal, 33 Boyas Rojas ubicadas a la derecha del canal), 2 boyas cardinales y 7 balizas.

- **Boya de Mar.-** (Lat. 02°44.4’S. Long. 080°24.7’W)

Linterna eléctrica está sobre una estructura cilíndrica metálica pintada con franjas verticales rojas y blancas, marca la entrada al canal, se encuentra al sur de la población de Playas, en Mv. 170° y 6.2 millas desde el Faro Punta Chapoya, en la noche emite destellos de luz isofásica blanca, está equipada con reflector de radar y además un respondedor de radar “RACON” e identificación “G” (--.) su alcance es de 25 millas náuticas.



- **Farallones.-** (lat. 02°43.7’ S. y Long.080°13.3’W)

Linterna Eléctrica sobre estructura metálica de 7.5m de alto pintada de blanco, está ubicado en un islote rocoso que lo conoce como farallones, en la noche emite destellos de luz blanca, periodo total 7segundos, con un alcance de 6 millas y una altura de 15 m.s.n.m.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-29



Fotografía 2. Islote de Faroles

- **Roca Seiba.-** (Lat. 02°38.0'S. y Long.080°13.0'W)

Linterna eléctrica sobre estructura de pilotes de cemento armado construido sobre una roca visible en bajamar, en la noche emite destellos de luz verde, periodo total 5segundos, con un alcance de 7 millas, se encuentra a la altura de Punta Escalante.



Fotografía 3. Roca Seiba

- **Balizas del Puerto Marítimo**

Cerca al puerto marítimo se encuentran las balizas Nos. 83, 85 y 86, 87y 89. Son de estructura metálica color blanco, tienen un periodo de 6 s. Y presentan luz verde o roja, según el lado del canal en el que se encuentre, tienen un alcance nominal de 6 millas.

En el Anexo 3.3.1 se detallan los nombres específicos, ubicaciones, descripciones, características y datos complementarios de las señalizaciones antes mencionadas.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-30



INOCAR finalmente concluyó y recomendó que el canal de acceso debía ser dragado a 9 m entre las boyas 17-39 y a 8,5 m. de la 39 a la 62, y que el ancho podía permanecer de 120 m.; pero si APG mejora su alineamiento y el balizamiento, podrá optarse por los 100 m., con un ahorro apreciable en el costo de dragado.

### 2.5.1 Características Hidrográficas y Oceanográficas

La marea es de tipo semidura, con dos pleamares y dos bajamares cada 24 horas, mostrando mareas más pronunciadas en los meses de diciembre a abril, con una amplitud de 4,42 m. Las corrientes en el interior del Golfo de Guayaquil son básicamente producidas por la entrada y salida del agua durante el agua durante cada ciclo de marea (flujo y refluo), la magnitud y la dirección dependen de la amplitud de la marea, presentando las máximas velocidades en la mitad del ciclo de marea, entre la plea y baja y viceversa, además de las variaciones estacionales. Las velocidades observadas dentro del Estero del Salado, entre la boya 17 y la Boya 59 durante el flujo varían de 2,4 a 1,0 nudo, y durante el refluo oscila entre 3.8 y 1,3 nudos. La velocidad de viento en el área externa del Golfo son del S y SW con una velocidad promedio de 7 nudos entre los meses de agosto y noviembre, mientras que el promedio de velocidad en los meses de febrero y mayo es de 6 nudos.

Así mismo realizan un análisis usando a Guayaquil como estación de referencia determinando que la bajamar ocurre en 3 horas antes de la boya de mar y 52 minutos antes en el muelle de Puerto Nuevo, la pleamar a su vez ocurre alrededor de 2 horas 35 minutos antes de la boya de mar y en el muelle 30 minutos antes de que ocurra en Guayaquil. Las corrientes desde la entrada hasta el muelle, están sujetas a las variaciones de las mareas. En las inmediaciones de la boya de mar se han observado corrientes de hasta 6 nudos. En el canal de Morro las corrientes varían de 2.5 a 5 nudos y van en decreciendo a lo largo del Estero Salado, hasta 1 nudo en Puerto Nuevo en condiciones normales. Las lluvias ocurren durante los meses de Enero a abril, pudiendo extenderse hasta mayo o Junio.

### Profundidades

La entrada al Canal del Morro es difícil de describir, por el fondo irregular que posee. Hasta la fecha existe un solo acceso, el mismo que se encuentra en la parte cercana a la costa, entre Punta Chapoya y Punta del Morro. Esta vía está convenientemente señalizada, entre Punta trinchera y Punta del Morro existe una fosa que se extiende desde Posorja hasta frente a Punta Cauchiche, limitado por el veril de los 20m., puede alcanzar profundidades hasta de 50 m.

La derrota óptima señalada con las ayudas de navegación, intenta seguir las profundidades mayores, en este caso el canal trazado por el nivel de los 10 m., este se interrumpe en la Enfilada C1-C2, para luego aparecer en la Enfilada E1-E2 frente al Estero Libertad.

### Gradientes y Tipo de Fondo

En el sentido longitudinal del canal y del estero, la gradiente es suave, en sentido transversal encontramos porcentajes del 10% al S. de Posorja, del 7% en la enfilada B y menos del 5% en las demás secciones del estero, todo el canal es de fondo arenoso.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-31



No existen tuberías submarinas en el Canal del Morro y el Estero Salado, hasta la fecha.

## Aproximación

Para la aproximación de los buques que recalca a Puerto Nuevo hay que considerar la ruta de la que provienen; Si vienen del Norte, pueden navegar directamente desde la Puntilla de Santa Elena a la Boya de mar; Si este son procedentes del Sur se dirigen a la boya de mar, una vez que pasan Cabo Blanco (Perú), que está equipada con un reflector de radar y un respondedor de radar “RANCON”, Clave morse “G” (--) y 25 millas de alcance.

Una vez que se encuentran en la Boya de Mar se debe navegar al Rv. 080°, aproximándose con la enfilada Data1 y Data2, en la boya No. 6A se cae lentamente a estribor, con la dirección a la enfilada A1 – A2; con rumbo verdadero 131° que se encuentra a la altura de la población de Cauchiche en la Isla Puná. Se debe tener precaución desde la Boya No. 9 a la Boya No. 13, puesto que la corriente es fuerte y dificulta mantener el rumbo; además se debe considerar que éste sector constituye uno de los más estrechos del canal y que está rodeado de bajos en ambos lados, por lo cual se evita el cruce entre buques. Una vez que se llega a la Boya No. 13 los buques deben caer lentamente a babor y a 0.5 millas a estribor se encuentra la Boya No. 15. Si la visibilidad es buena los buques pueden navegar a la Enfilada B1-B2; con rumbo Rv: 003°; al llegar a la Boya No. 20, existe una bifurcación del canal siendo el principal el de babor, tomando en consideración que entre la boya 22 y 22A se encuentra la Roca Seiba señalizada con un faro del mismo nombre, a partir de la boya No. 26 navegar con Rv. 067° que componen la enfilada C1-C2. A partir de la Boya No. 33 los buques navegan de boya en boya hasta llegar a la Boya No. 51, para luego navegar al Rv. 037° (que corresponde a la enfilada E1-E2) hasta la Boya No. 58; posteriormente deben caer los buques a babor hasta el Rv. 017° que corresponde a la enfilada F1-F2 hasta la altura de la boya N° 66 y siguiendo el track recomendado en la carta, tomando en cuenta además el área de fondeadero para buques con carga explosiva. Frente a los muelles portuarios se encuentra la Isla Trinitaria, cuando la marea está bajando se debe ingresar por el sur de la isla; esto se realiza cayendo a estribor en la boya No. 80, de modo que se facilite el atraque por la banda de estribor. Si la marea está subiendo se deberá seguir hasta el corte y caer a estribor en la boya No. 84 para atracar por la banda de babor.

Una vez que llega el buque al muelle, los prácticos y los Agentes Navieros coordinan la banda de atraque y el muelle asignado a cada nave.

## Condiciones Náuticas del Canal

Por la ubicación del Puerto Marítimo, las naves de tráfico internacional deben navegar 94 km. desde la boya de mar al puerto, siguiendo la ruta trazada a lo largo del eje del canal de navegación diseñado para buques de 32 pies (9,75 m) de calado.

Los siguientes puntos son de interés especial para la navegación de los buques en el canal:

- a) Boya de mar (km 0), donde las naves pueden esperar la marea adecuada.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-32



- b) Las boyas 9-12 (km 15-16), la “barra externa” con una profundidad mínima de 8,8 m. bajo el nivel de referencia. El fondo está formado por roca dura.
- c) Posorja, en el Km 25-30, a menudo usado como fondeadero cuando los buques deben esperar beneficio de marea antes de cruzar la barra externa.
- d) Entre las boyas 17-20 (km 32-35), una barra con una profundidad de agua de alrededor de 9 m. Fondo de arena.
- e) La boya 36 (Km 49) el inicio de una sección larga y poco profunda, con algunos lugares críticos de profundidades inferiores a 7,5 m bajo el Datum de la carta (boyas 48-54-58). El fondo consiste de agua lodosa. Se la conoce como “barra interna”.
- f) Boya 62 (km 72), el final de la sección poco profunda con problema de sedimentación.
- g) Zona de cuarentena, para fondear mientras las naves esperan en un muelle y pasan inspección de autoridades.
- h) Puerto Marítimo de Guayaquil.

Los rangos de marea se incrementan continuamente, desde el Golfo de Guayaquil hacia el interior del Estero Salado hasta el Puerto Marítimo, por lo que el beneficio de marea que se puede usar cuando se navega por el canal, es mayor en la barra interna entre las boyas 36-62 que en la barra externa entre las boyas 10-12.

El fondo duro de la barra externa relativo al fondo suave de la barra interna, hace que el paso por el primero sea el más crítico para la navegación, para entrar y salir del Puerto Marítimo.

### Recomendaciones de Seguridad

Para la entrada al Canal del Morro, los buques mayores de 4.5m (15 pies) de calado, se recomienda seguir la derrota recomendada y trazada en la carta I.O.A. 1075, sin embargo es necesario tener cuidado en el área de las boyas 9 y 10, pues existen bajos con profundidades menores a los 5 m. los cuales están localizados muy cerca de la derrota recomendada.

Frente a la costa occidental de la Isla Puná, existen bajos rocosos, rompientes de olas, bancos de arenas, etc., que ponen en peligro la navegación, se recomienda no navegar por esta área, a continuación se enumeran dichos peligros:

- a) Bajo que descubre, puede ser localizado desde el Faro Farallones en Mv. -229° -6,8 millas.
- b) Bajo rocoso con profundidad de 1,2 m. se localiza en Mv. 226° y 8,1 millas desde el faro farallones.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-33



- c) Bajo rocoso con profundidad de 1,9 m. localizado desde el Far Farallones en Mv. 227°-11,2 millas.
- d) Bajo rocoso con profundidades de 1,9 m. se localiza en Mv. 205° y 13,5 millas desde el Faro Farallones.
- e) Bajo rocoso con profundidad 1,7 m. localizado desde el Faro Farallones en Mv. 206° y 148 millas.
- f) Bajo rocoso con profundidad de 1,6 m. localizado desde el Faro Farallones en Mv. 201° y 14,8 millas
- g) Bajo rocoso con profundidad de 1,6 m. localizado desde el Faro Farallones en Mv. 196° y 17,5 millas.

En el Anexo B, se presentan el listado de Ayudas a la Navegación en el Canal de Acceso a Puerto Marítimo

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-34



## 2.6 Bibliografía

- Autoridad Portuaria de Guayaquil, Anuario, 2008
- Cartas Náuticas, IOA 1070, IOA 1071
- Derrotero de las Costas Continentales e Insulares de la República del Ecuador, INOCAR, 2005
- Estadísticas Portuarias APG 2011
- Estudios Hidrográficos, Oceanográficos y Geológicos para resolver los problemas de sedimentación en el Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil y en el área de la Esclusa (Río Guayas – Estero Cobina). INOCAR 1984
- Estudio de Impacto Ambiental para el Dragado del Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil, INOCAR 1998
- Estudios de Ingeniería para el Dragado y Plan de Manejo Ambiental del Área de los Goles en el Canal de Acceso a Puerto Marítimo, GEOESTUDIOS – APG, 2011
- PIANC- Waterborne transport, Navigation, Ports, Waterways, 2009
- Pablo Suárez Changuán, 1998
- Puerto Nuevo, Julio Estrada Icaza, 1999
- Recomendaciones de Obras Portuarias, Normas ROM 3.1 – 99, 1999
- SHORE PROTECTION MANUAL. Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, 1983

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-35



## 2.7 Anexos

### 2.7.1 Anexo A: Planos

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-36



## 2.7.2 Anexo B: Ayudas a la Navegación en el Canal de Acceso a Puerto Marítimo

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	2-37