

---

# PUERTO MARITIMO DE GUAYAQUIL



## FASE III - CAPITULO 21 Ajuste Escenario Recomendado

Realizado por:



Preparado para:



Guayaquil, Julio de 2012

---



## TABLA DE CONTENIDO

21	Ajuste del Escenario Recomendado.....	6
21.1	Introducción – Justificación de la Reconfiguración Náutica – Procedimiento de Ajuste .....	6
21.2	Reconfiguración Náutica del Canal (Procedimiento de Ajuste).....	9
21.3	Condiciones Actuales de Navegabilidad .....	9
21.3.1	Buques de Diseño para la Simulación .....	17
21.3.2	Predimensionamiento del Canal .....	19
21.3.2.1	Alineamiento en planta.....	19
21.3.2.2	Profundidad del canal .....	27
21.3.2.3	Secciones del canal después de la reconfiguración .....	29
21.3.3	Simulación de la Maniobrabilidad de Buques en el Canal .....	36
21.3.3.1	Descripción del Programa SHIPMA6.....	36
21.3.3.2	Descripción Matemática del Modelo .....	37
21.3.3.3	Escenarios de Ensayo de Maniobrabilidad .....	38
21.3.4	Dimensionamiento definitivo del canal.....	48
21.3.5	Recomendaciones de Procedimientos Operacionales en la Navegación .. .....	48
21.3.6	Conclusiones Reconfiguración Náutica del Escenario Recomendado ...	50
21.3.7	Recomendaciones Reconfiguración Náutica del Escenario Recomendado .....	51
21.3.8	Configuración de un VTS para el Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil .....	52
21.3.8.1	Alcance.....	52
21.3.8.2	Descripción General de un VTS .....	52
21.3.8.3	Configuración del Sistema en el Canal de Acceso del Puerto de Guayaquil .....	57
21.3.8.4	Determinación de Puntos y Áreas de Cobertura.....	58
21.3.8.5	Configuración por Cada Punto Remoto.....	61
21.3.8.6	Configuración General .....	62
21.3.8.7	Características Generales de los Equipos .....	63
21.3.8.8	Sensores .....	64
21.3.8.9	Requisitos para la instalación de un VTMS.....	67
21.3.8.10	Presupuesto Estimado .....	67
21.3.9	Mejoramiento del Sistema de Boyado y Balizamiento .....	69
21.3.9.1	Señalización Marítima y Ayudas a la Navegación .....	69
21.3.9.2	Normativa en relación a la Señalización Marítima .....	69
21.3.9.3	Boyas y Enfiladas en el Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil .....	69
21.4	Cálculo de Volúmenes para el escenario recomendado ajustado a la nueva configuración náutica .....	72
21.5	Dragado del Ajuste del Escenario Recomendado .....	73
21.5.1	Antecedentes.....	73
21.5.2	Objetivo General.....	75

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-1



21.5.3	Objetivos Específicos .....	75
21.5.4	Área de Estudio .....	75
21.5.5	Escenario Propuesto para el Análisis .....	76
21.5.6	Buques de Diseño y Profundidad de Dragado .....	76
21.5.7	Resultados de la Reconfiguración del Canal a la profundidad náutica de 11 metros al MLWS.....	77
21.5.8	Requerimientos de Dragado y sitio de depósito .....	78
21.5.9	Características del Medio .....	79
21.5.10	Criterios Ambientales.....	81
21.5.11	Equipos Propuestos.....	81
21.5.11.1	Características de los Equipos Propuestos .....	82
21.5.12	Metodología de Dragado .....	83
21.5.12.1	Taludes de Dragado .....	83
21.5.12.2	Enfiladas de Dragado .....	83
21.5.12.3	Metodología de dragado Área Externa (Boya de Mar a Boya 13) ..	89
21.5.12.4	Metodología de dragado Área Internar (Boya 13 a Boya 80).....	90
21.5.12.5	Rutina de dragado – criterios operacionales .....	91
21.5.12.6	Condiciones de Personal .....	91
21.5.12.7	Estimación de Tiempo Dragado de Apertura - Equipos .....	92
21.5.12.8	Dragado de Mantenimiento – Equipos - Rendimiento.....	94
21.5.13	Precios Unitarios, Presupuesto de Obra y Programación de obra para el Dragado ajustado del Escenario Recomendado.....	96
	Dragado de apertura. ....	97
21.5.13.1	Dragado de mantenimiento.....	104
21.6	Análisis Económico Financiero Escenario Recomendado .....	107
21.7	Criterios para la Implementación de las Operaciones de Dragado de Apertura y Mantenimiento.....	108
21.7.1	Introducción .....	108
21.7.2	Dragado permanente del Canal de Acceso a Puerto Marítimo y Señalización .....	108
21.7.3	Modelos de Gestión o formas de contratación para mantener el Canal de Acceso .....	108
21.7.4	Recomendaciones de Modelos de Gestión sugeridas o formas de Contratación .....	109
21.8	Anexos .....	110
21.8.1	Anexo A: Anexos modelo de maniobrabilidad.....	110
21.8.2	Anexo B: Cálculo de volúmenes .....	111
21.8.3	Anexo C: Plano con secciones para cálculo de volúmenes.....	112



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del eje del Canal de Navegación.....	10
Tabla 2. Características del barco modelado en SHIMPA6 .....	18
Tabla 3. Cuadro de Construcción de la Curva C1; situada entre el cadenamamiento 18+400 al 22+950.....	20
Tabla 4. Cuadro de Construcción de la Curva C2; situada entre el cadenamamiento 33+900 al 39+700.....	22
Tabla 5. Cuadro de Construcción de la Curva C3 y C4; situadas entre el cadenamamiento 86+150-87+750 y 88+950-90+500, respectivamente.....	24
Tabla 6. Parámetros a considerar para sobre ancho del canal en roca y material suave .....	26
Tabla 7. Factores establecidos de acuerdo al Manual de Dimensionamiento Portuario .....	28
Tabla 8. Resumen de las características del ancho y profundidad del canal.....	29
Tabla 9. Resumen de las características del ancho y profundidad del canal.....	48
Tabla 10. Riesgos Identificados por Tramos Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil .....	57
Tabla 11. Clasificación de contactos para detección de radares en sistemas VTS .....	58
Tabla 12. Altura de Antenas y detección de blancos .....	59
Tabla 13. Presupuesto Estimado de Instalación de un Sistema VTS para Control de Tráfico en el Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil.....	68
Tabla 14. Cuadro resumen volúmenes apertura calculados Escenario Recomendado Ajustado.....	72
Tabla 15. Cuadro resumen del volumen mantenimiento calculados Escenario Recomendado Ajustado .....	73
Tabla 16. Cuadro resumen volumen de mantenimiento calculado para el Escenario Recomendado Ajustado para época seca y época húmeda.....	73
Tabla 17: Buques de Diseño .....	77
Tabla 18. Resumen de las características del ancho y profundidad del canal.....	77
Tabla 19. Rangos de Mareas en el Área de Estudio.....	80
Tabla 20. Denominación de sedimentos existentes en las enfiladas diseñadas.....	84
Tabla 21. Estimación de tiempo de dragado a 11,0 m de profundidad .....	92
Tabla 22. Rendimiento de la draga de mantenimiento de 8.000 m <sup>3</sup> .....	95
Tabla 23 Resumen de Resultados de Evaluación Económica y Financiera de Escenarios de dragado del Puerto de Guayaquil .....	107

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-3

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Volúmenes de Dragado de Apertura Material Suelto m <sup>3</sup> .....	6
Figura 2. Volúmenes de Dragado de Apertura Roca m <sup>3</sup> .....	6
Figura 3. Localización del canal de acceso a Guayaquil.....	9
Figura 4. Corte de secciones transversales en el Tramo 1, correspondiente de la Boya de mar a la Boya 7 (0+000 – 10+900) .....	11
Figura 5. Características de las secciones del canal en el Tramo 2, correspondiente de la Boya 7 a la Boya 13 (10+900 – 19+150) .....	12
Figura 6. Características de las secciones del canal en el Tramo 3, correspondiente de la Boya 13 a la Boya 17 (19+150 – 31+550) .....	13
Figura 7. Características de las secciones del canal en el Tramo 4, correspondiente de la Boya 13 a la Boya 17 (19+150 – 31+550) .....	14
Figura 8. Características de las secciones del canal en el Tramo 5, correspondiente de la Boya 33 a la Boya 66 (46+800 – 77+350) .....	15
Figura 9. Características de las secciones del canal en el Tramo 6, correspondiente de la Boya 66 a la .....	16
Figura 10. Curva luego del paso de la Zona de Goles, comprendida entre el cadenamamiento 18+400 al 22+950 -Ingreso .....	20
Figura 11. Corte transversal de algunas secciones en la Curva C1 .....	21
Figura 12. Curva a la Altura de Roca Seiba, comprendida entre el cadenamamiento 33+900 al 39+700.....	22
Figura 13. Corte transversal de algunas secciones en la Curva C2 .....	23
Figura 14. Curvas en la Zona de Cuarentena - antepuerto, comprendidas entre el cadenamamiento 86+150-87+750 y 88+950-90+500, respectivamente.....	24
Figura 15. Corte transversal de algunas secciones en las Curvas C3 y C4.....	25
Figura 16. Factores para determinar la profundidad del canal.....	28
Figura 17. Corte de secciones transversales en el Tramo 1, correspondiente de la Boya de mar a la Boya 7 (0+000 – 10+900).....	30
Figura 18. Características de las secciones del canal en el Tramo 2, correspondiente de la Boya 7 a la Boya 13 (10+900 – 19+150) .....	31
Figura 19. Características de las secciones del canal en el Tramo 3, correspondiente de la Boya 13 a la Boya 17 (19+150 – 31+550) .....	32
Figura 20. Características de las secciones del canal en el Tramo 4, correspondiente de la Boya 17 a la Boya 33 (19+150 – 31+550) .....	33
Figura 21. Características de las secciones del canal en el Tramo 5, correspondiente de la Boya 33 a la Boya 66 (46+800 – 77+350) .....	34
Figura 22. Características de las secciones del canal en el Tramo 6, correspondiente de la Boya 66 a la Boya 85 (77+350 – 92+800) .....	35
Figura 23. Zona de los Goles, la cual presenta problemas de corrientes. Comprendida entre la Boya 7 (10+850km) y la Boya 13 (19+150km).....	38
Figura 24. Canal propuesto sobre imagen satelital, Zona de los Goles. Comprendida entre la Boya 7 (10+850km) y la Boya 13 (19+150km).....	39
Figura 25. Representación de la curva comprendida entre la Boya 7 (10+850km) y la Boya 13 (19+150km) .....	40
Figura 26. Campo hidrodinámico en flujo de la zona de los Goles, comprendida entre la Boya 7 (10+850km) y la Boya 13 (19+150km) .....	41

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-4



Figura 27. Campo hidrodinámico en reflujos de la zona de los Goles, comprendida entre la Boya 7 (10+850km) y la Boya 13 (19+150km) .....	41
Figura 28. Zona de Roca Seiba, comprendida entre la Boya 17 (31+600km) y la Boya 33 (46+900) .....	42
Figura 29. Canal propuesto sobre imagen satelital, zona de Roca Seiba. Compreendida entre la Boya 17 (31+600km) y la Boya 33 (46+900) .....	42
Figura 30. Representación de la curva comprendida entre la Boya 17 (31+600km) y la Boya 33 (46+900) .....	43
Figura 31. Campo hidrodinámico en flujo de la zona de Roca Seiba, comprendida entre la Boya 17 (31+600km) y la Boya 33 (46+900) .....	44
Figura 32. Campo hidrodinámico en reflujos de la zona de Roca Seiba, comprendida entre la Boya 17 (31+600km) y la Boya 33 (46+900) .....	44
Figura 33. Área de Cuarentena, comprendida entre la Boya 75 (85+100km) y la Boya 85 (92+800) .....	45
Figura 34. Canal propuesto sobre imagen satelital, área de Cuarentena, comprendida entre la Boya 75 (85+100km) y la Boya 85 (92+800) .....	45
Figura 35. Representación de la curva comprendida entre la Boya 75 (85+100km) y la Boya 85 (92+800) .....	46
Figura 36. Campo hidrodinámico en flujo del área de cuarentena, comprendida entre la Boya 75 (85+100km) y la Boya 85 (92+800) .....	47
Figura 37. Campo hidrodinámico en reflujos del área de cuarentena, comprendida entre la Boya 75 (85+100km) y la Boya 85 (92+800) .....	47
Figura 38. Configuración Básica de un Radar .....	56
Figura 39. Ejemplo de Camaras de Vigilancia (CCTV) .....	57
Figura 40. Riesgos Carta de Evaluación de Riesgos por Tramos en el Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil .....	58
Figura 41. Cobertura Proyectada de Radares .....	60
Figura 42. Cobertura Proyectada de Cámaras (CCTV) .....	61
Figura 43. Componentes Generales de una estación de monitoreo remoto .....	62
Figura 44. Configuración General del Sistema VTS .....	63
Figura 45. Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil .....	75
Figura 46. Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil .....	76
Figura 47. Ubicación del Sitio de Depósito .....	78
Figura 48. Ubicación del Sitio de depósito .....	79
Figura 49. Primer Tramo: Boya de Mar a Boya 7 .....	84
Figura 50. Segundo Tramo: Boya 7 a Boya 13 .....	85
Figura 51. Tercer Tramo: Boya 13 a Boya 17 .....	86
Figura 52. Cuarto Tramo: Boya 17 a Boya 33 .....	86
Figura 53. Quinto Tramo: Boya 33 a Boya 66 .....	87
Figura 54. Sexto Tramo: Boya 66 a Boya 80 .....	88
Figura 55. Dragado tipo, con cortador .....	94
Figura 56. Dragado tipo, capacidad de tolva de 11.000 m <sup>3</sup> .....	94
Figura 57. Dragado tipo, capacidad de tolva de 8.000 m <sup>3</sup> .....	95

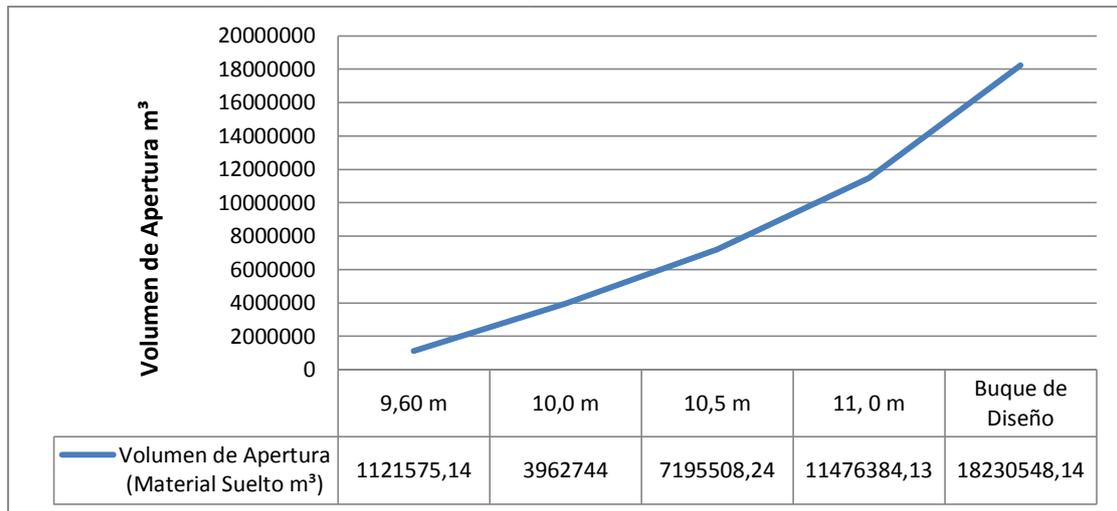
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-5

## 21 AJUSTE DEL ESCENARIO RECOMENDADO

### 21.1 Introducción – Justificación de la Reconfiguración Náutica – Procedimiento de Ajuste

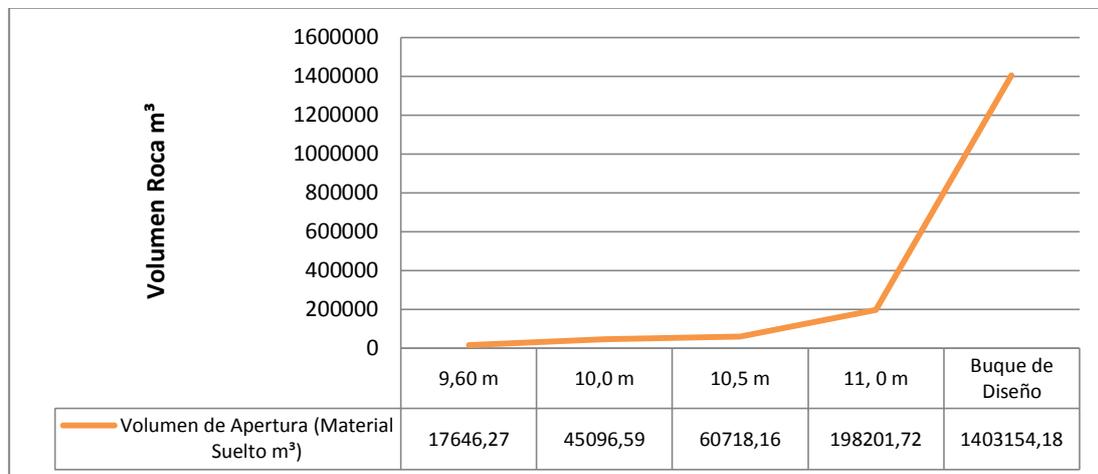
Existen muchos factores que son críticos en cuanto a sus efectos en el uso de los puertos y su nivel de actividad, teniendo siempre mayor énfasis en la configuración de los canales. Como se ha definido en los capítulos precedentes, los volúmenes de dragado de apertura, para los distintos escenarios, aumentan progresivamente conforme aumenta la profundidad; esto se debe a que los procedimientos de cálculo de configuración náutica empleados, tanto en las ROM (Recomendaciones de Obras Marítimas), como las PIANC (Permanent International Association of Navigation Congress), calculan mayores anchos de solera de canal para buques cada vez más grandes. En el caso del Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil, existe una connotación mayor, pues se incrementa también el volumen de roca a dragar; este detalle, se observa en las siguientes figuras.

Figura 1. Volúmenes de Dragado de Apertura Material Suelto m<sup>3</sup>



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

Figura 2. Volúmenes de Dragado de Apertura Roca m<sup>3</sup>



Fuente: Grupo de Trabajo 2012



Se hace necesario entonces, emplear herramientas de Ingeniería para reducir el ancho del canal si afectar la seguridad en la navegación, consiguiendo así que los volúmenes de dragado disminuyan y por lo tanto, que el costo del proyecto se reduzca y permitir que se pueda ingresar el Buque de Diseño (L= 320 m; B= 40 m; D= 11 m), con beneficio de Marea.

Es importante recalcar que, pese a que los canales son diseñados tanto para cierto tipo de buques como para el volumen de tráfico previsto para tales buques, no existen garantías de que tales pronósticos se cumplan realmente. El resultado práctico es que luego, eventual o aun frecuentemente, deban transitarlo buques con características muy diferentes a las del "buque tipo" usado para diseñar el canal. El problema se complica en tanto el proceso para modificar el canal es extremadamente largo; y la flota de buques puede cambiar en forma significativa desde que el canal se planifica hasta que entre en operación, en el caso del Canal de Acceso a Puerto de Guayaquil, con la información levantada, en el presente estudio, que arroja un buque tipo por las tendencias del crecimiento portuario regional y global se tiene un escenario más definido y claro.

Lo que ha ocurrido en el Canal a Puerto Marítimo, es lo que normalmente sucede, que en realidad los buques que efectivamente navegan el canal son con frecuencia mayores que aquél para el cual el canal fue diseñado (cuando se diseñó el canal en los años 1958 – 1963 no existían los portacontenedores), por el incesante crecimiento del transporte marítimo.

El diseño de canales de navegación ha evolucionado desde un proceso originalmente determinista hacia un abordaje más administrado y probabilístico, con una creciente apreciación del proceso de evaluación de riesgos (Risk Management - 1999), en función de la corriente, el viento, la profundidad y restricciones en caídas (giros). Por ejemplo, un margen standard o "factor de seguridad" se aplica a las diferentes dimensiones del canal, basado en las medidas del "buque tipo" junto a los factores descritos.

Sin embargo estos márgenes se rebajan con frecuencia, en gran medida por la observación del comportamiento de buques que transitan el canal con márgenes menores. Se asume que el margen menor es aceptable si el efecto negativo asociado, como la probabilidad de un accidente/incidente no crece de manera significativa. No obstante, se debe tener en cuenta que en el diseño de canales cuenta con pocas herramientas para este tipo de evaluación. A efectos de identificar y/o evaluar los temas vinculados a la seguridad y poder reducir un diseño de un canal, el uso del software es una herramienta adecuada, para posteriormente emplear los simuladores en las áreas críticas del canal propuesto.

Tanto USACE como PIANC recomiendan el uso de los simuladores para definir el diseño final (USACE) o en detalle (PIANC). En las guías de ambas organizaciones la simulación se usa para testear o verificar el diseño conceptual que se ha desarrollado usando el procedimiento "en papel" más convencional. En tal procedimiento los ingenieros (por ej. los del Cuerpo del distrito en los EEUU) proponen un diseño de canal basado en la utilización de los manuales de diseño y la experiencia local; los simuladores son luego usados para verificar que los buques puedan navegar con seguridad por el canal propuesto. Los resultados de la simulación son típicamente usados como chequeo de "prueba de fallas" para un diseño, y sugieren mejoras

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-7



adicionales mediante modificaciones, alterando el ancho del canal o la configuración de las curvas.

Los simuladores basados en programas de computación han sido usados más extensamente en los años recientes. Los modelos matemáticos usados para estudios de navegación en general tienen displays visuales e imitadores de puentes de navegación menos realistas y sofisticados que aquellos usados para entrenamiento, pero frecuentemente poseen modelos de computación más complejos y robustos que simulan muchos mejor efectos externos como corrientes de marea y vientos.

Sin embargo de la obtención de un Canal reducido con el empleo de los medios indicados (software y simuladores) y a fin de disminuir los posibles riesgos de accidentes / incidentes, es importante incluir en el Canal un Sistema de Control de Tráfico Marítimo así como un balizamiento idóneo y eficaz.

El presente capítulo, presenta un desarrollo para ajustar y reconfigurar el Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil, el cálculo de volúmenes de dragado, para apertura, el volumen de mantenimiento de dragado, la metodología de dragado, costos, la corrida económico financiero, así como las sugerencias de profundización progresiva y una redefinición de las operaciones de dragado.

El canal de acceso al puerto de Guayaquil tiene una longitud desde la boya de mar hasta la boya 80 de 91.300 Km (Área de Estudio), y en su recorrido presenta tramos rectos y curvos, un tramo en el mar y un tramo protegido, problemas de sedimentación y dos tipos principales de fondo (roca y material suave).

Las condiciones geométricas y de profundidad actuales representan dificultades crecientes para la navegación, ya que los buques que hacen uso del canal tienden a incrementar su tamaño constantemente de acuerdo a las tendencias mundiales, tal como se había explicado en capítulos precedentes.

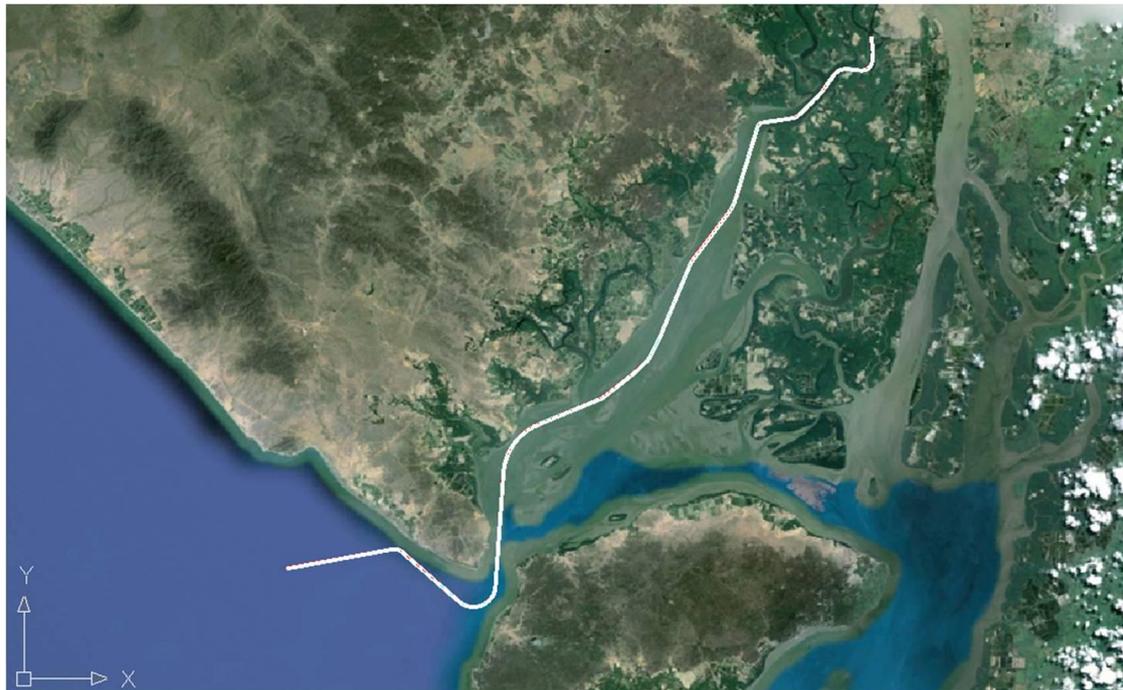
Por otro lado las condiciones oceanográficas, hidrodinámicas también representan, en ciertos tramos del canal, dificultades de maniobra para las embarcaciones.

La condiciones de señalamientos y ayudas a la navegación actuales son también un factor de riesgo y deben ser atendidas para evitar en la medida de lo posible que puedan presentarse una serie de incidentes en el recorrido que deben ser minimizados, teniendo todo el sistema operativo al 100%.

Debido a lo expuesto con anterioridad es necesaria la revisión del diseño del canal, incluyendo su profundidad y su redimensionamiento en planta para tratar de definir una geometría que lo haga lo más operativo y más seguro posible, encontrando a la vez un equilibrio entre las condiciones físicas del canal y las inversiones necesarias para su construcción y mantenimiento.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-8

Figura 3. Localización del canal de acceso a Guayaquil



Fuente: Goggle Earth

## 21.2 Reconfiguración Náutica del Canal (Procedimiento de Ajuste)

Para poder plantear una reconfiguración geométrica del canal, es necesario describir detalladamente sus condiciones actuales, con lo cual se procedió a su revisión y replanteamiento de acuerdo a los estándares internacionales más utilizados, tomando como base un barco de diseño que a la vez cubriera las expectativas de los usuarios del puerto y que por practicidad fuera un barco que ya estuviera modelado matemáticamente para poder ser utilizado en estudios de simulación de maniobrabilidad.

Para la simulación de la maniobrabilidad del canal se utilizó el programa SHIPMA6, se puso especial énfasis a las zonas de difícil maniobrabilidad reportada por el Práctico del Equipo Consultor. Para dicha simulación, se empleó la batimetría (Marzo 2011) y la hidrodinámica de todo el Estero Salado.

Después de la simulación, se observaron las modificaciones que se necesitaban hacer al predimensionamiento del canal, obteniendo así el dimensionamiento definitivo del canal.

## 21.3 Condiciones Actuales de Navegabilidad

Para poder realizar la reconfiguración náutica del canal, primero hay que saber cuáles son las condiciones actuales de este. Por ello, en la Tabla 20.1 se presenta un resumen de las características principales del canal y en las figuras a continuación se presentan secciones en los diferentes tramos representando la profundidad actual y una condición teórica de marea favorable a la navegación; en esta figura se puede apreciar el diseño del canal actual de navegación representado por una línea roja

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-9

discontinua. Las secciones se obtuvieron de la batimetría general del Estero Salado realizada en 2011.

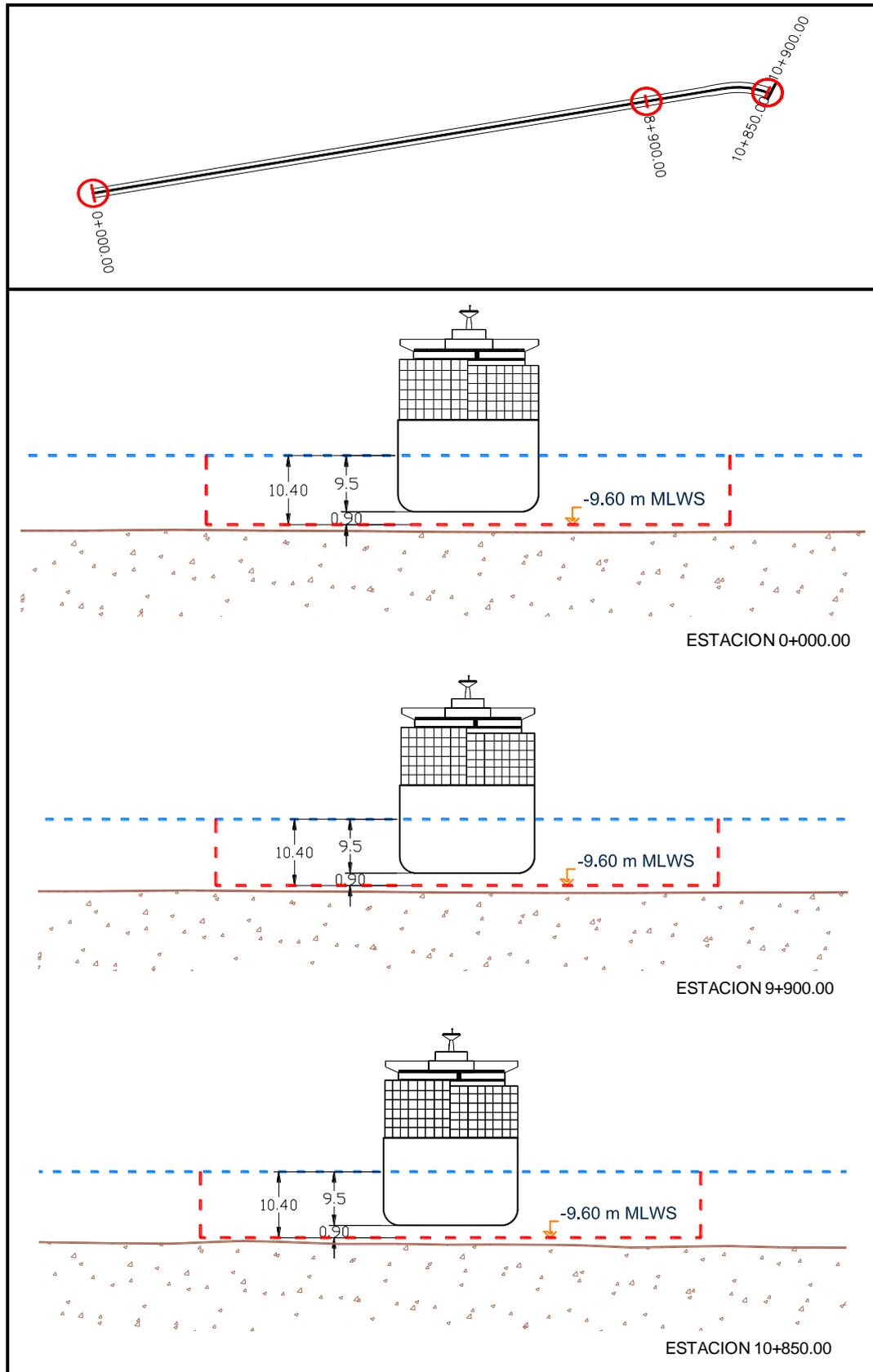
**Tabla 1. Características del eje del Canal de Navegación**

N°	Tramo	Profundidad (m)	Observaciones
1	Boya de Mar -Boya 7 (0+000km - 10+900km)	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 existen cotas que van. a -9.8 m. con referencia al MLWS, que es lo mínimo de profundidad reconocido en este tramo analizado.
2	Boya 7 – Boya 13 (10+900km - 19+150km)	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 presenta, en especial, roca a la altura de la Boya 8.
3	Boya 13 – Boya 17 (19+150km – 31+550km)	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 (31+550km – 46+800km)	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 (46+800km – 77+350km)	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) es el inicio de una sección larga y poco profunda, con algunos lugares críticos (boyas 48-54-58). El fondo consiste de agua lodosa y se le conoce como “barra interna”.
6	Boya 66 – Boya 80 (77+350km – 91+350km)	Máx. = 20.20 Med. = 15.81 Mín. = 11.60	Una vez pasada la barra interna, hay profundidades mayores a 10 m.

Fuente: Grupo de Trabajo 2012

A continuación se presentan las figuras de los tramos del canal, con un buque con un calado de 9,5 metros, con una quilla clara de 0,9 metros.

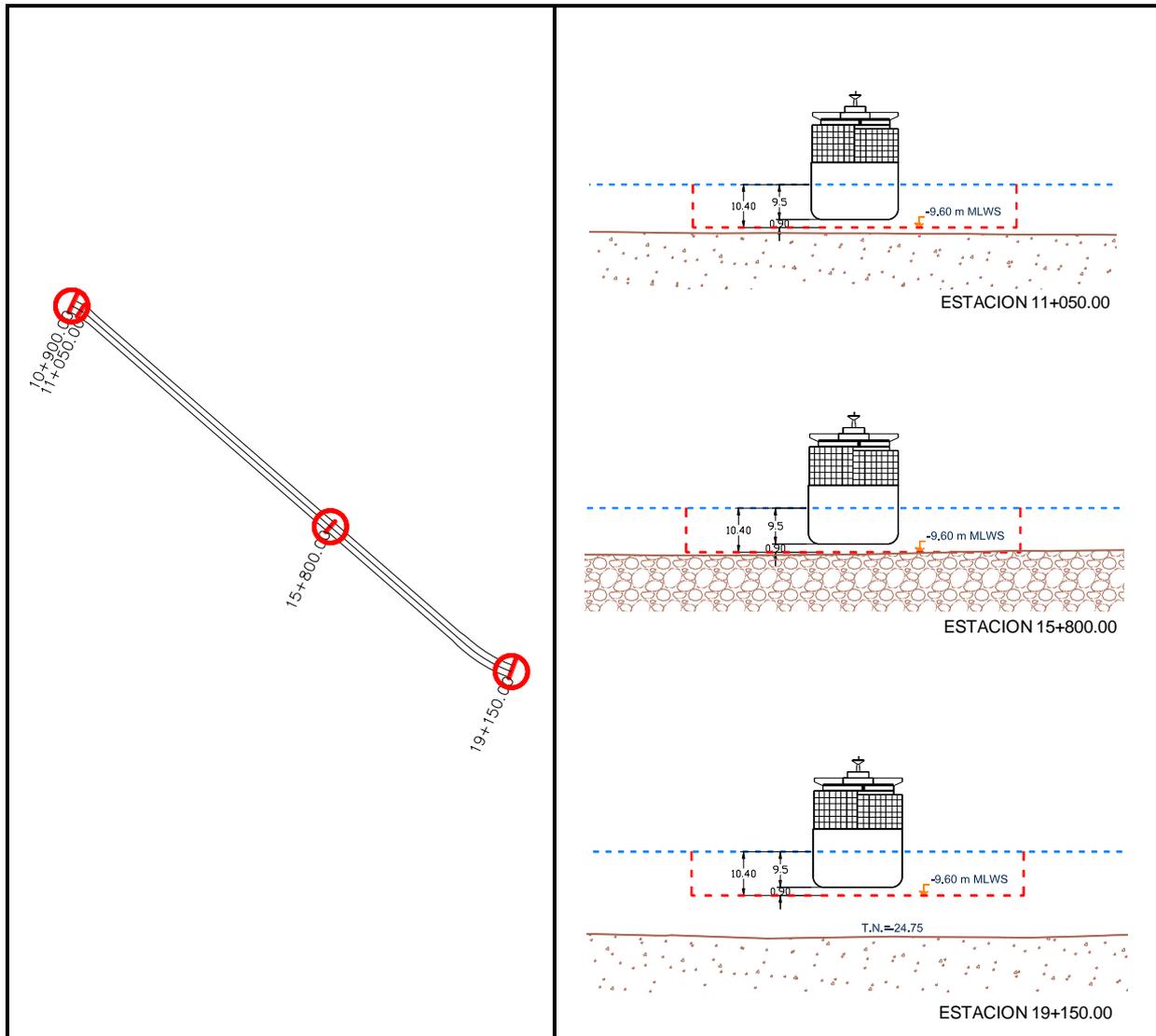
Figura 4. Corte de secciones transversales en el Tramo 1, correspondiente de la Boya de mar a la Boya 7 (0+000 – 10+900)



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-11

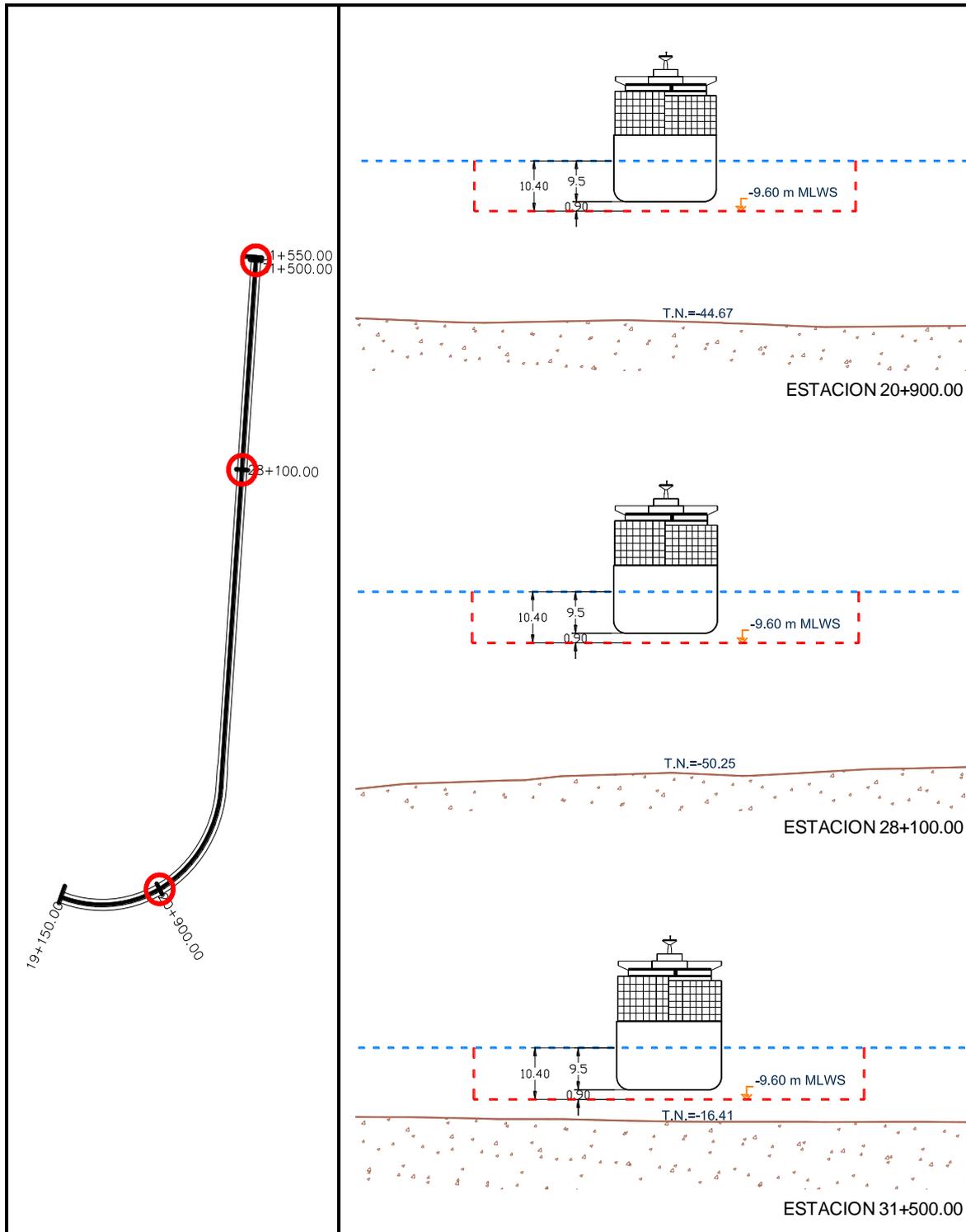
Figura 5. Características de las secciones del canal en el Tramo 2, correspondiente de la Boya 7 a la Boya 13 (10+900 – 19+150)



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-12

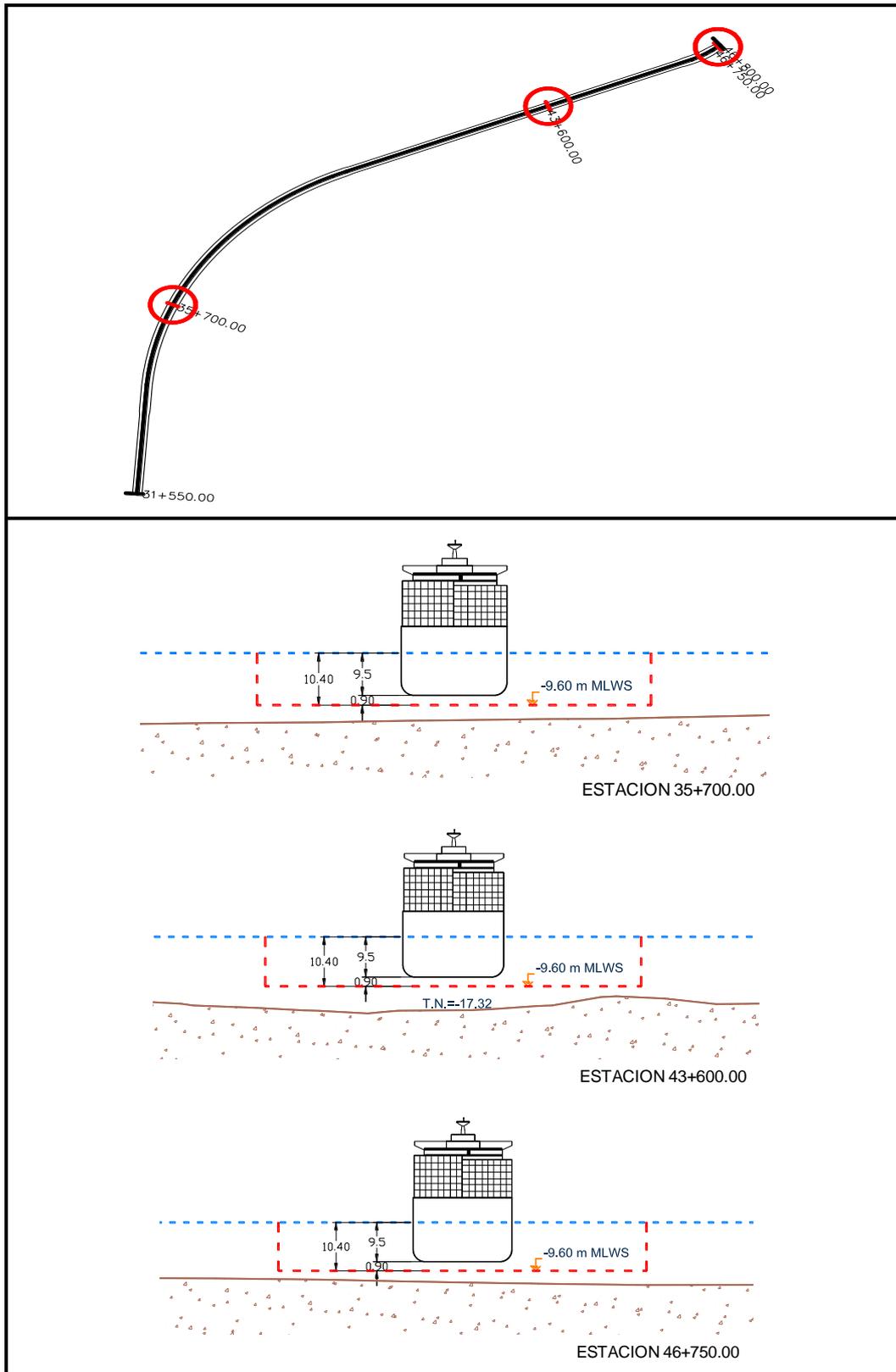
Figura 6. Características de las secciones del canal en el Tramo 3, correspondiente de la Boya 13 a la Boya 17 (19+150 – 31+550)



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-13

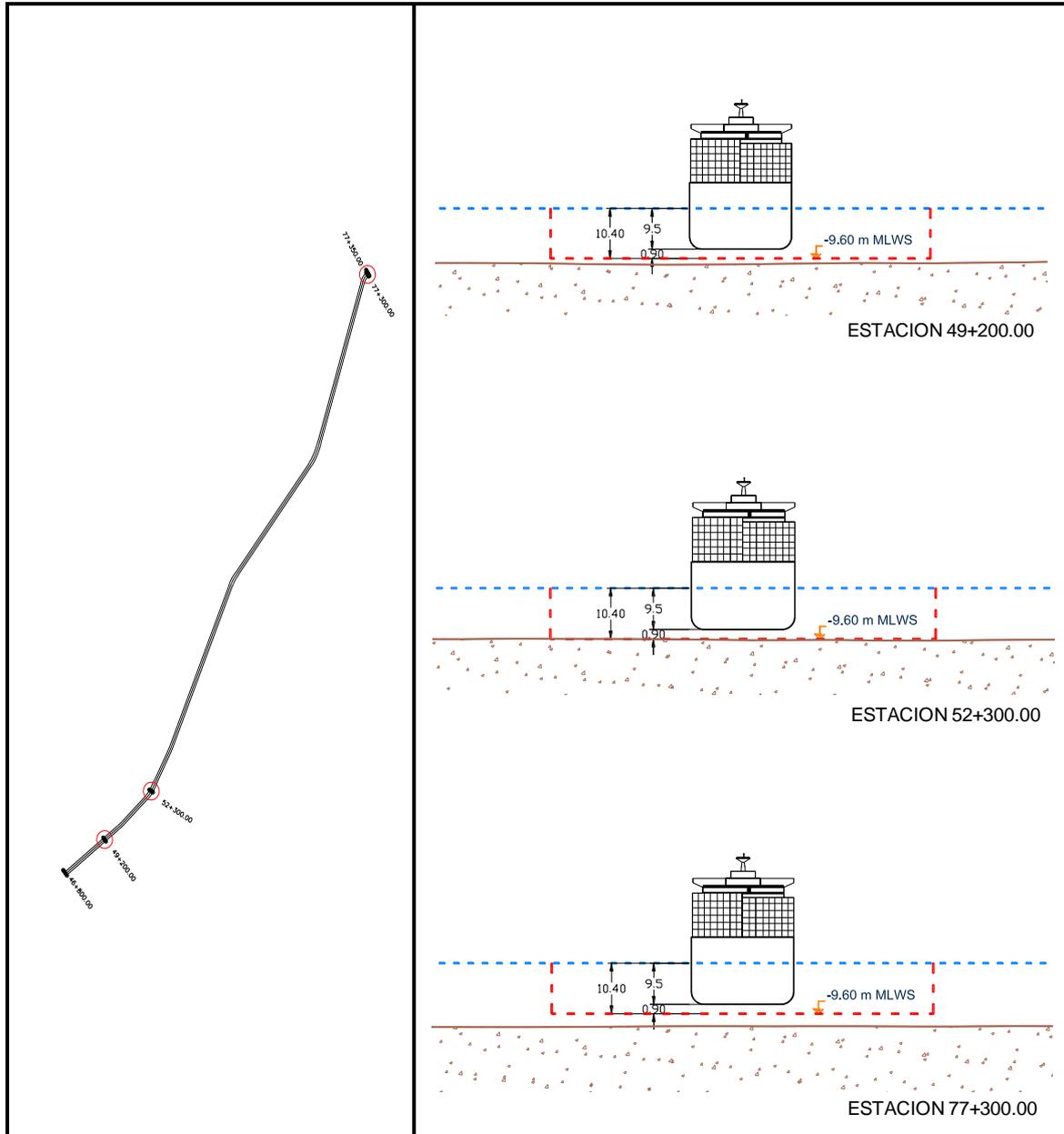
Figura 7. Características de las secciones del canal en el Tramo 4, correspondiente de la Boya 13 a la Boya 17 (19+150 – 31+550)



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-14

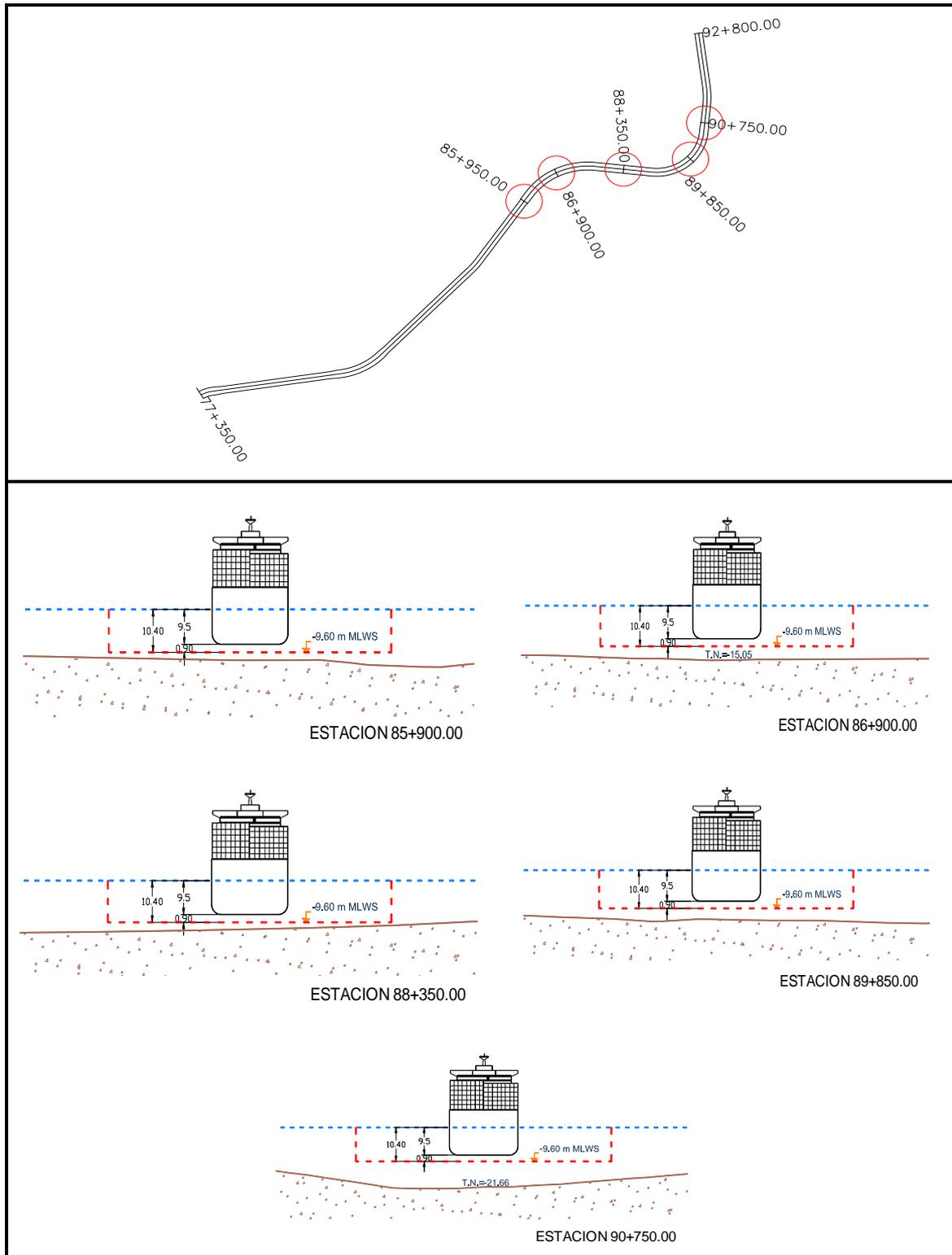
**Figura 8. Características de las secciones del canal en el Tramo 5, correspondiente de la Boya 33 a la Boya 66 (46+800 – 77+350)**



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-15

Figura 9. Características de las secciones del canal en el Tramo 6, correspondiente de la Boya 66 a la Boya 85 (77+350 – 92+800)



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-16

### 21.3.1 Buques de Diseño para la Simulación

Para la determinación del buque de diseño se tomaron en cuenta los factores expuestos en el desarrollo del presente estudio en cuanto a las tendencias de crecimiento de las dimensiones de los barcos de la flota mundial de portacontenedores, se identificaron 4 embarcaciones que representan una gama de buques que utilizan el canal actualmente o que potencialmente están contempladas por los operadores para ingresar al Puerto de Guayaquil y que de hecho han entrado al puerto con un porcentaje de carga menor a su capacidad por limitaciones de calado.

BARCOS		
Nombre:	Monte Sarmiento	Maersk Laguna
Línea:	Hamburg Süd	Maersk.
Bandera:	Alemania	Singapore
Año de construcción:	2005	2012
Identificación de llamada:	DCLH2	9v9763
OMI:	9283227	9526942
MMSI:	211738000	566338000
Eslora:	272 m	300m
Manga:	40 m	45m
Calado	9.4 m	12.1m
Tiro de verano:	13.22 m	93600t
Tonelaje bruto:	69,132 t	88237
Desplazamiento:	65,028 t	94267t
TRB:	69,132 t	88237
Peso bruto:	69,728.17 t	88237t
Peso muerto:	71,438.00 t	94267t
TEU:	5,568	7,450
Velocidad Registrada (máxima/media)	18/15.8 nudos	20.7/19.6 nudos

<b>BARCOS</b>			
Nombre:		Bahía Castillo	MSC Mara
Línea:		Hamburg Süd	MSC
Bandera:		Liberia	Marshall Is
Año de construcción:		2007	2006
Identificación de llamada:		A8SF9	V7NF9
OMI:		9362401	9302578
MMSI:		636091753	538002955
Eslora:		254m	294m
Manga:		32m	32m
Calado		8.3m	12.8m
Tiro de verano:		53.125t	68,165t
Arqueo bruto:		41,483t	54214
Tonelaje bruto		41,483t	54214
Desplazamiento:		53.124t	68,165t
TRB:		41483	54214t
Peso muerto:		94267t	68,165t
TEU:		3630	5060
Velocidad (máxima/media)	Registrada	18.8/15.6 nudos	19.1/19 nudos

Además, se consideraron los barcos que se encuentran ya modelados matemáticamente para su utilización en el modelo de maniobrabilidad SHIPMA6 que será utilizado para realizar simulaciones de tiempo acelerado de la navegación de buques en el canal. Se encontró que el buque de diseño que cumple con las características de interés del operador de la terminal de contenedores y que se encuentra modelado es el siguiente:

**Tabla 2. Características del barco modelado en SHIPMA6**

Característica	Dimensión (m)
Eslora, E	273
Manga, M	32,2
Calado, Cb	11,6

Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-18

De acuerdo a lo establecido en los Términos de Referencia, el Buque de Diseño tiene una Eslora de 320 metros, Manga de 40 metros y cala 11 metros, las diferencias del buque de diseño respecto al buque modelado se presentan en situaciones específicas como la maniobra de atraque (por ejemplo) que puede ser más complicada, sin embargo en el ingreso las diferencias son mínimas y están sujetas a interpretaciones de la velocidad de avance y otros factores que no aplican como oleaje y viento. Esos factores se pueden modificar, pero es necesario realizar una serie más extensa de corridas con diferentes tipos de barco para tener un panorama más completo de las condiciones tanto físicas como de maniobrabilidad.

Considerando este buque de diseño se revisarán las siguientes características del canal:

- Alineamiento en planta.
- Ancho del canal (tramos rectos y curvos).
- Profundidad de canal.

### 21.3.2 Predimensionamiento del Canal

El predimensionamiento del canal se realizó con el fin de que los buques ingresen al puerto de Guayaquil con la menor dificultad de maniobrabilidad posible, sin embargo, se trató de que el canal mantuviera la trayectoria actual para reducir lo más posible la necesidad de dragados de apertura.

A continuación, se describe el procedimiento de cálculo para el ancho y profundidad del canal.

#### 21.3.2.1 Alineamiento en planta

Para el alineamiento de los canales podemos tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

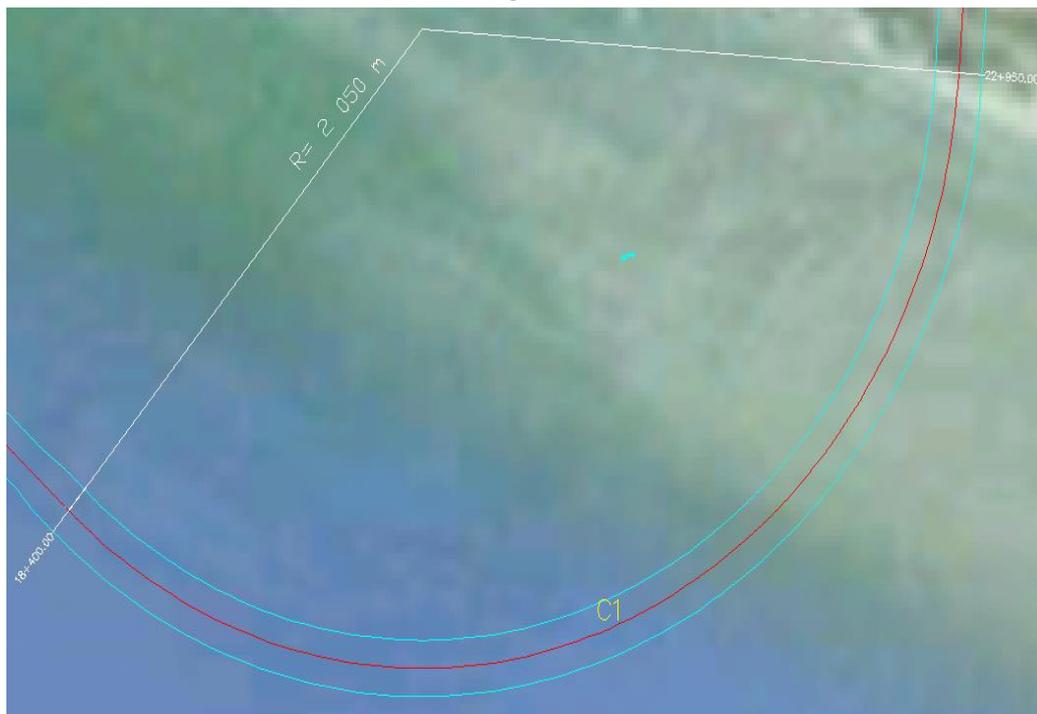
- 1 De preferencia deberán ser rectos, y en el acceso tenderán a ser normales a la costa o paralelos a la dirección predominante de los temporales.
- 2 Por ningún motivo se aceptan curvas en "S".
- 3 El tramo de transición entre mar abierto y zona protegida, debe ser razonablemente recto.
- 4 En el interior del puerto, los cambios de dirección deben ser con los mayores radios de giro posibles, recomendándose las siguientes relaciones:

<b>Deflexión</b>	<b>Radio de Giro Mínimo</b>
< 25°	>3E
25° - 30°	≥ 5E
>30° (barcos mayores a 30,000 T.P.M.)	>10E

- 5 Una sola curva es preferible a una sucesión de pequeñas o finas curvas, si el canal está adecuadamente señalado.
- 6 El canal debe estar orientado a las corrientes principales, sobre todo en el caso de corrientes por marea o en ríos, con el fin de minimizar desviaciones del barco.
- 7 Cuando existan corrientes transversales o vientos, es deseable que el ancho del canal considere un ángulo de deriva menor a 10 a 15°, para evitar problemas de control del barco.

Debido a que las condiciones físicas han determinado la geometría del canal actual, lo que se hizo para el diseño del canal fue solamente ajustar los radios de curvatura, pues si se colocaban los radios de giro mínimos, la posición del eje se modificaba considerablemente, lo que implicaba un mayor volumen de material a dragar. En las siguientes figuras se muestran los radios de curvatura en las zonas de difícil maniobra que no afectan el trazo en planta del eje del canal. En las secciones ya se muestra el nuevo diseño de ancho y profundidad del canal a una profundidad de -11m al MLWS.

**Figura 10. Curva luego del paso de la Zona de Goles, comprendida entre el cadenamiento 18+400 al 22+950 - Ingreso**



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

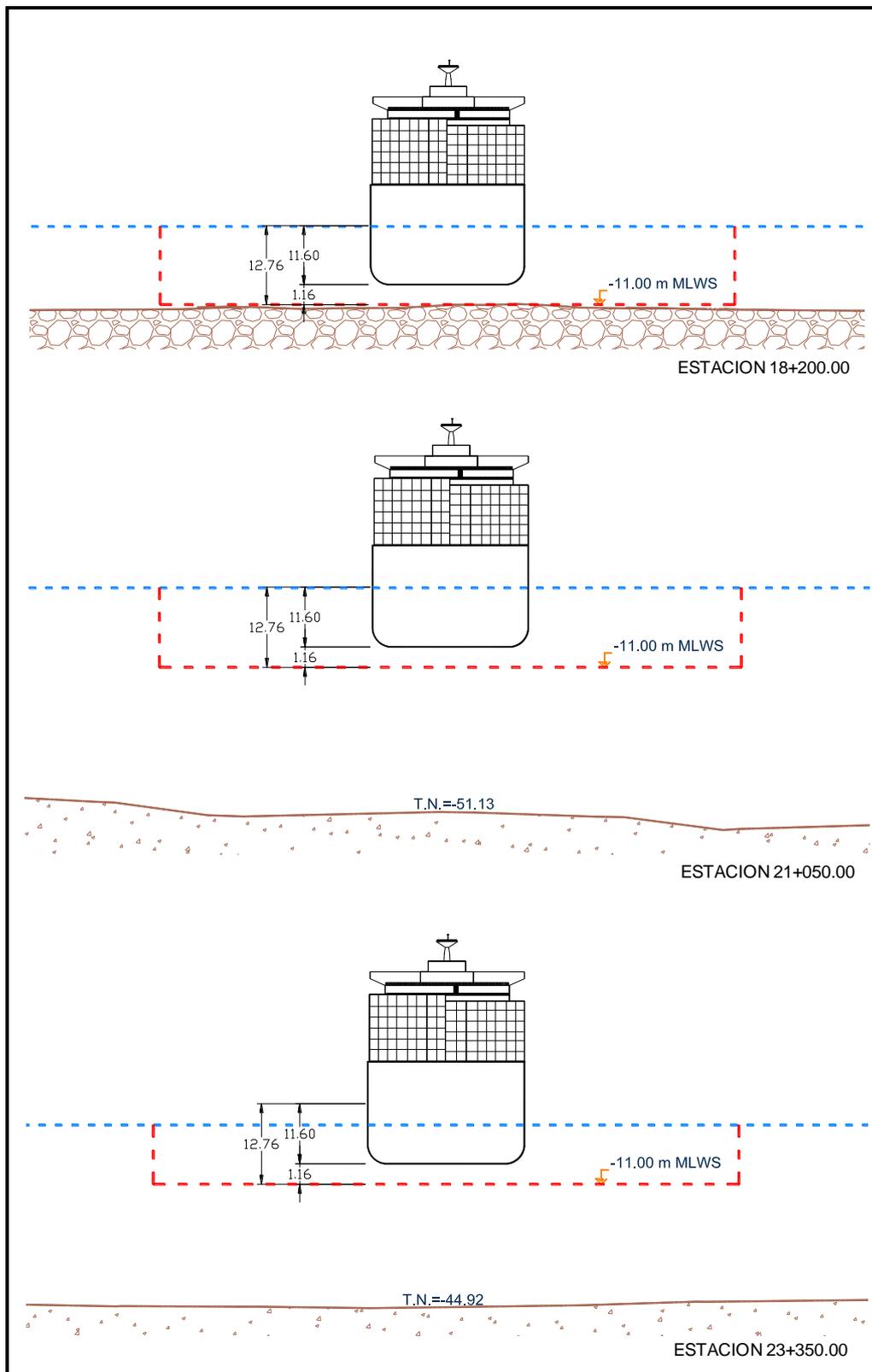
**Tabla 3. Cuadro de Construcción de la Curva C1; situada entre el cadenamiento 18+400 al 22+950**

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN	
Centro de curva	(9 695 190.50 , 584 868.23)
Longitud de curva	4 566.80 m
Radio	2 050 m
Delta	127° 38' 17.98"

Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-20

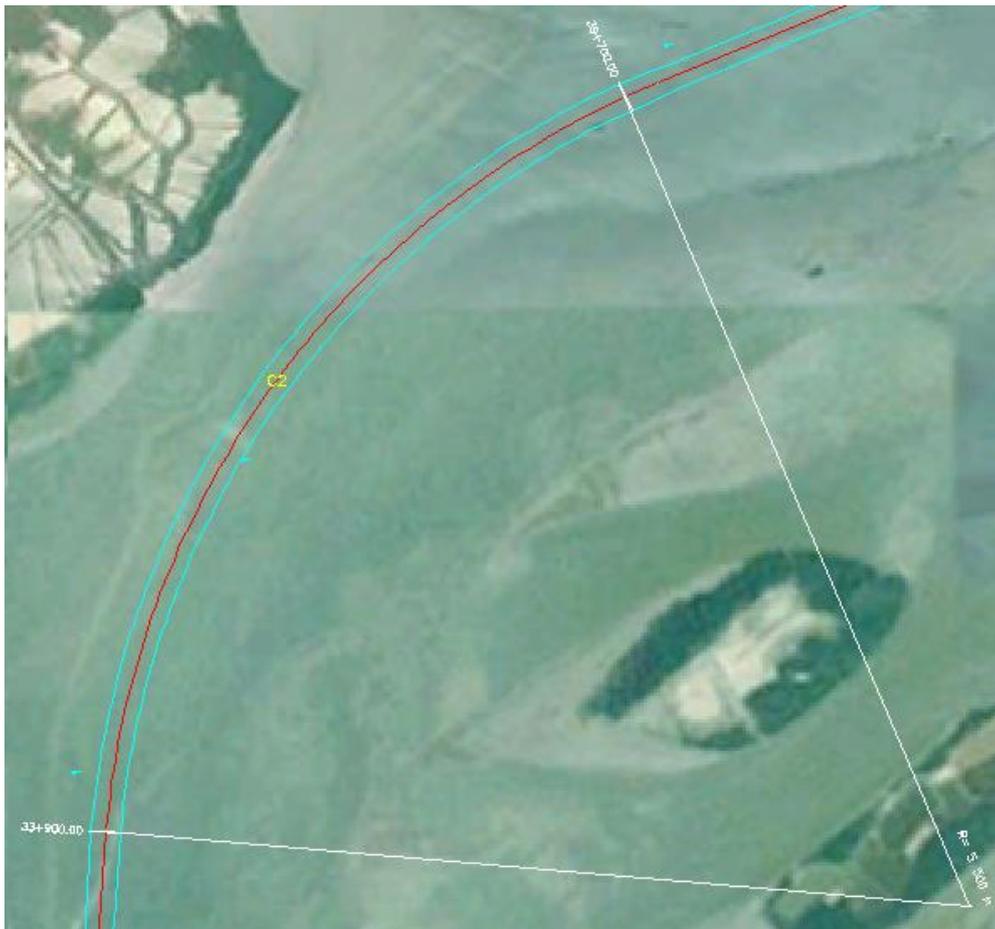
Figura 11. Corte transversal de algunas secciones en la Curva C1



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-21

**Figura 12. Curva a la Altura de Roca Seiba, comprendida entre el cadenamiento 33+900 al 39+700**



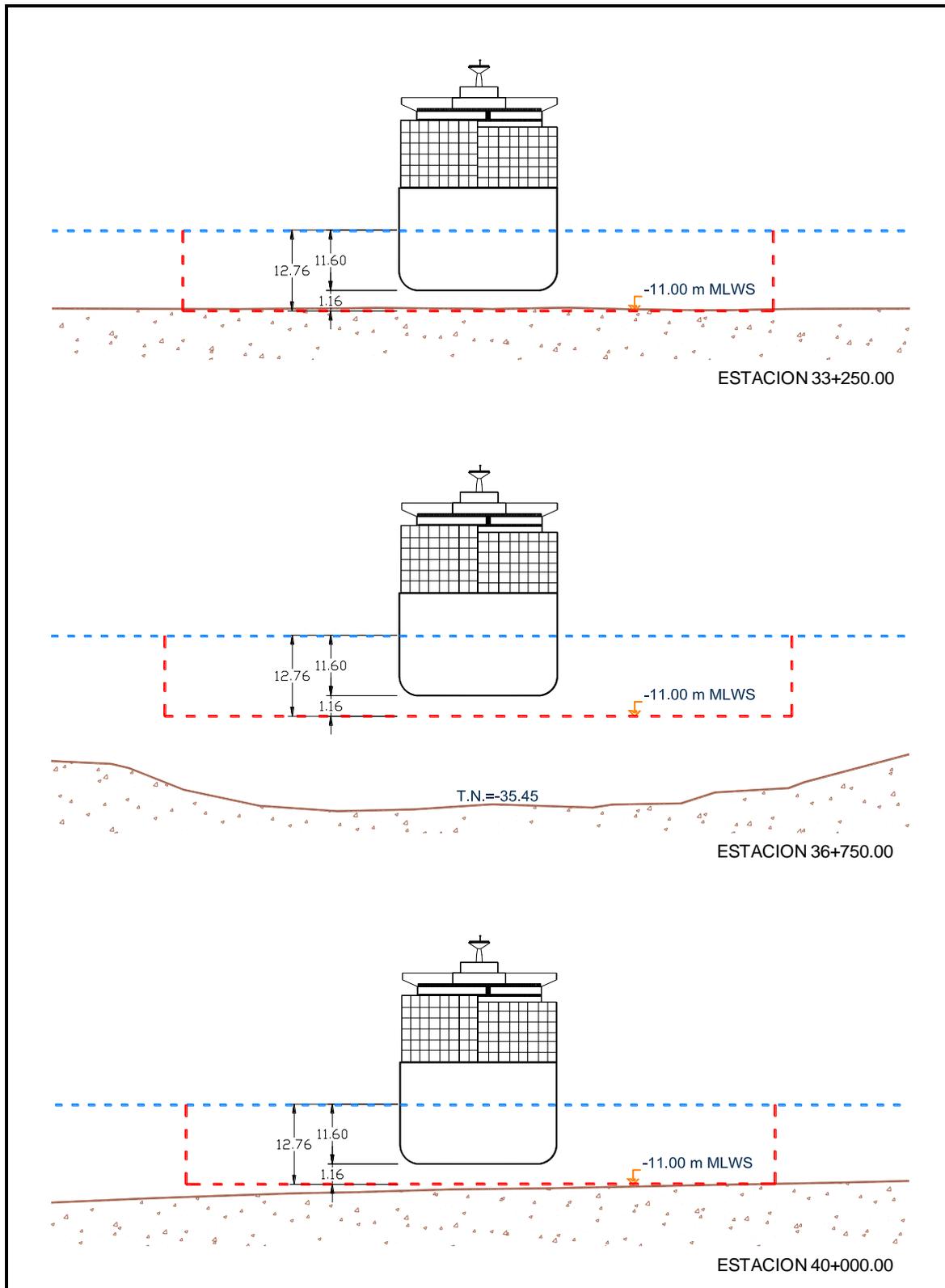
Fuente: Grupo de Trabajo 2012

**Tabla 4. Cuadro de Construcción de la Curva C2; situada entre el cadenamiento 33+900 al 39+700**

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN	
Centro de curva	(9 705 988.39, 585 632.13)
Longitud de curva	5 993.06 m
Radio	5 500 m
Delta	62° 25' 55.22"

Fuente: Grupo de Trabajo 2012

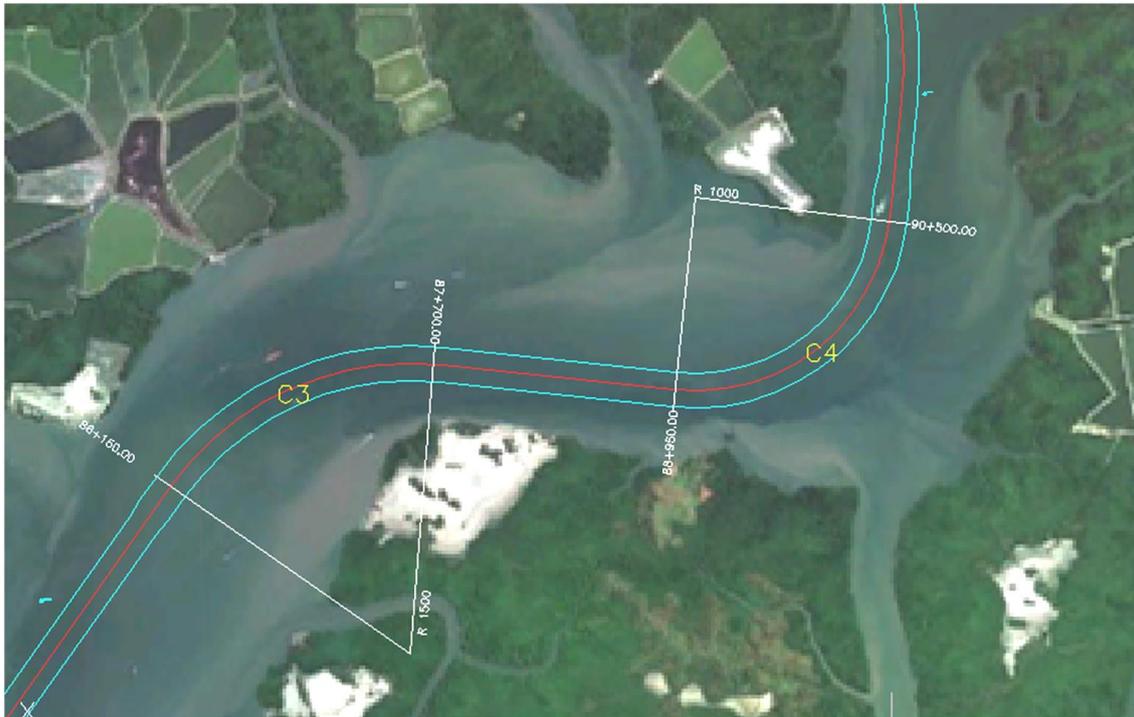
Figura 13. Corte transversal de algunas secciones en la Curva C2



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-23

Figura 14. Curvas en la Zona de Cuarentena - antepuerto, comprendidas entre el cadenamiento 86+150-87+750 y 88+950-90+500, respectivamente.



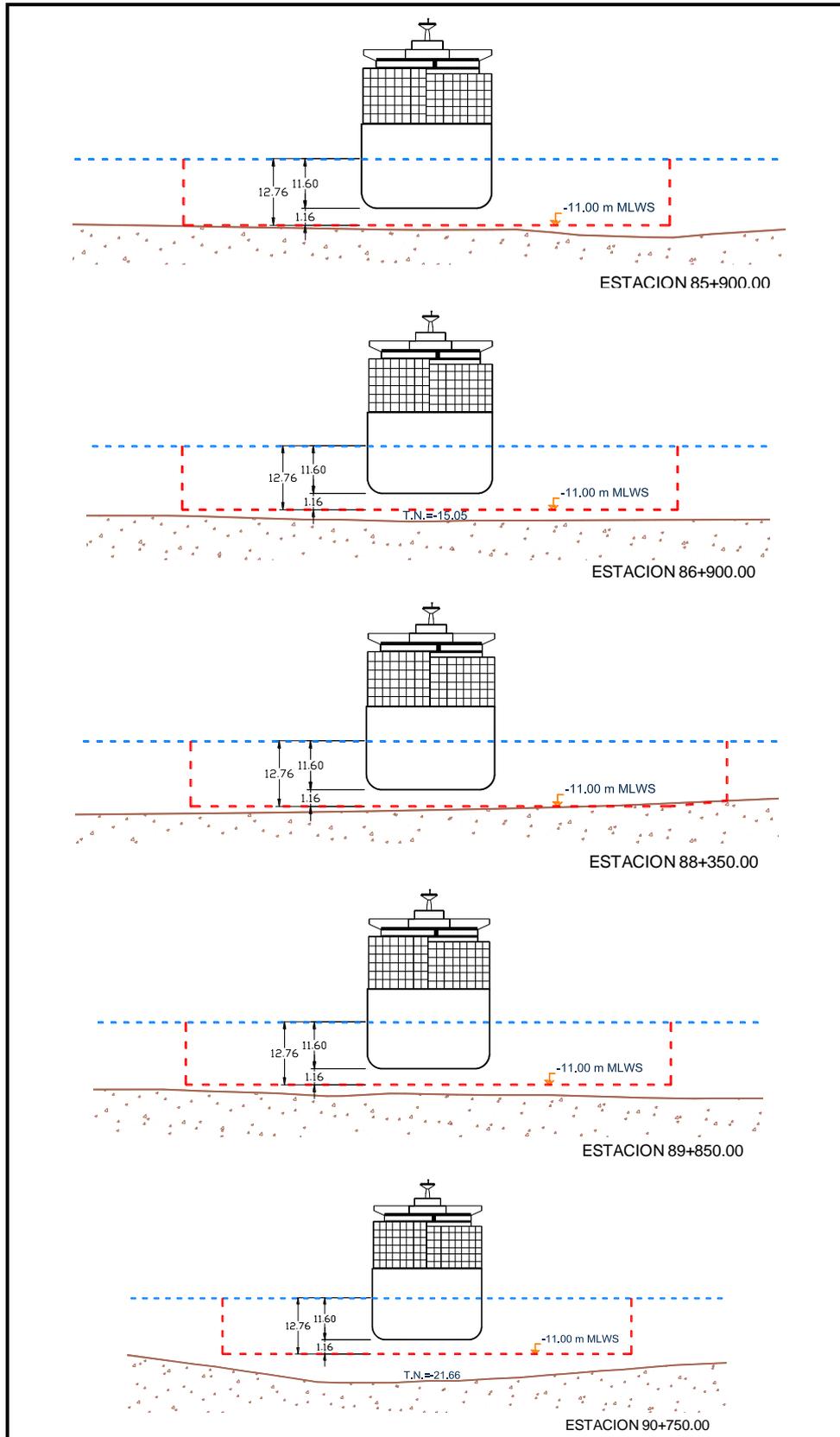
Fuente: Grupo de Trabajo 2012

Tabla 5. Cuadro de Construcción de la Curva C3 y C4; situadas entre el cadenamiento 86+150-87+750 y 88+950-90+500, respectivamente.

CUADRO DE CONSTRUCCIÓN C3	
Centro de curva	(9 743 053.39, 618 197.66)
Longitud de curva	1 595.91 m
Radio	1 500 m
Delta	60° 57' 34.39"
CUADRO DE CONSTRUCCIÓN C4	
Centro de curva	(9 745 410.81, 619 656.94)
Longitud de curva	1 584.90 m
Radio	1 000 m
Delta	90° 48' 30.74"

Fuente: Grupo de Trabajo 2012

Figura 15. Corte transversal de algunas secciones en las Curvas C3 y C4



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-25

## Ancho del canal

Para el dimensionamiento del ancho del canal, se consideraron los siguientes parámetros:

- Barco de diseño (dimensiones y características de maniobrabilidad)
- Vientos, corrientes y oleaje
- Distancia existente a las márgenes del canal
- Trazo en planta del canal
- Tipos de carga (común y peligrosa)
- Ayudas a la navegación

Cabe resaltar que se tiene la presencia de roca de la Boya 8 (12+500) a la Boya 13 (19+150). Sin embargo, el cálculo del ancho del canal no se ve afectado por esto, obteniendo así un solo ancho y sobre ancho del canal.

Para obtener el ancho del canal se siguió el procedimiento que se describe a continuación:

El ancho recomendado por el PIANC<sup>1</sup> para una sola vía de navegación es:

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

Donde:

N = controlabilidad del barco

ni = sobre ancho

Tr = ancho respecto a las orillas del talud

Debido a que el barco de diseño es de tipo Post-Panamax, la controlabilidad del barco se considera mala, por lo que el valor de N se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$N = 1.8 M = 77.04 \text{ m}$$

Para el cálculo del sobre ancho del canal se consideraron los parámetros que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 6. Parámetros a considerar para sobre ancho del canal en roca y material suave**

Ancho ni	Roca	Material suave
Velocidad del barco "Vb" (nudos) 33-48	0.1	0.1
Viento dominante ≤ 15 nudos	0	0
Corriente transversal dominante (nudos) media >0.5 - 1.5	0	0

<sup>1</sup> International Association of Navigational Congresses (PIANC) 2006

Ancho ni	Roca	Material suave
Corriente longitudinal dominante (nudos) fuerte > 3	0.2	0.2
Altura de la cresta del oleaje significativo Hs y su longitud λ (m)	0	0
Ayudas a la navegación, media	0.2	0.2
Superficie de fondo, rugosa y dura	0.1	0.1
Profundidad del canal	0.4	0.4
Nivel de riesgo de la carga	0	0

Fuente: Grupo de Trabajo 2012

Con lo que el sobreancho da como resultado:

$$\sum_{i=1}^n n_i = 42.8 \text{ m}$$

Respecto al ancho de las orillas del talud se considera la siguiente expresión:

$$Tr = 0.5M = 21.4 \text{ m}$$

Al sumar todos los términos, se tiene:

$$B = 21.4 + 77.04 + 42.8 + 21.4 = 162.64 \text{ m}$$

Para el cálculo del sobre ancho se utilizó la siguiente expresión:

$$\Delta B = 2r - \sqrt{4r^2 - E^2} = 7.96 \text{ m}$$

En resumen, el ancho del canal por redondeo práctico será de 160m con un sobre ancho de 170m. Es importante resaltar que para la zona donde se tiene roca (Boya 8-Boya13) el talud será 4:1, mientras que para el resto del canal el talud será 10:1.

### 21.3.2.2 Profundidad del canal

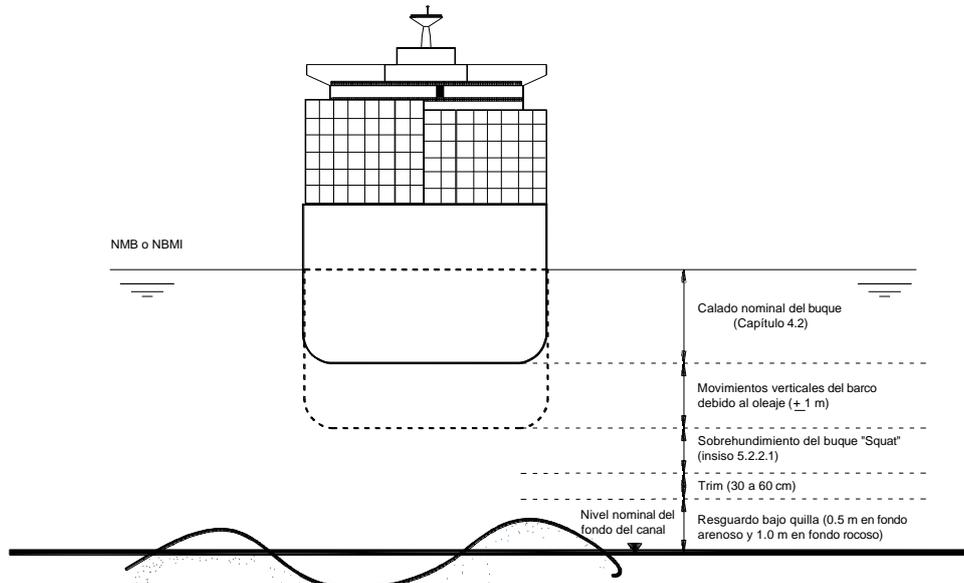
Para garantizar la seguridad de navegación es importante conocer el tirante mínimo de agua debajo de un buque. Para conocer su valor se consideran varios factores:

- Calado del buque a plena carga
- El oleaje de operación considerando la marea a lo largo del canal
- La relación tirante de agua/calado del buque
- El Trim o diferencia de calados entre la proa y a popa del barco, por efecto de la carga
- El resguardo bajo la quilla del barco para permitir su gobernabilidad

En la Figura a continuación se muestran los factores de cálculo de la profundidad del canal.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-27

Figura 16. Factores para determinar la profundidad del canal.



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

De acuerdo con el Manual de Dimensionamiento Portuario, los parámetros que se consideraron se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Factores establecidos de acuerdo al Manual de Dimensionamiento Portuario

Factores	Dimensión (m)
Calado del buque a plena carga	11
Movimientos verticales del barco	0.6
Squat	0.12
Trim	0.3
Resguardo bajo la quilla	0.5

Fuente: Grupo de Trabajo 2012

Para el cálculo del sobrehundimiento se utilizó la siguiente la ecuación:

$$Sq_{max} = 2.4 \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \frac{F^2}{\sqrt{1 - F^2}}$$

Donde:

$\nabla$ = Volumen de desplazamiento del barco

$L_{pp}$ = Eslora entre perpendiculares

$F$ = número de Froude

Sin embargo de acuerdo a la conclusión del Estudio, se tendrá una profundidad náutica de -11m al MLWS, pues se considerará el Beneficio de Marea (BM). En la Tabla 8 se presenta un resumen del ancho para cada tramo del canal.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-28

**Tabla 8. Resumen de las características del ancho y profundidad del canal**

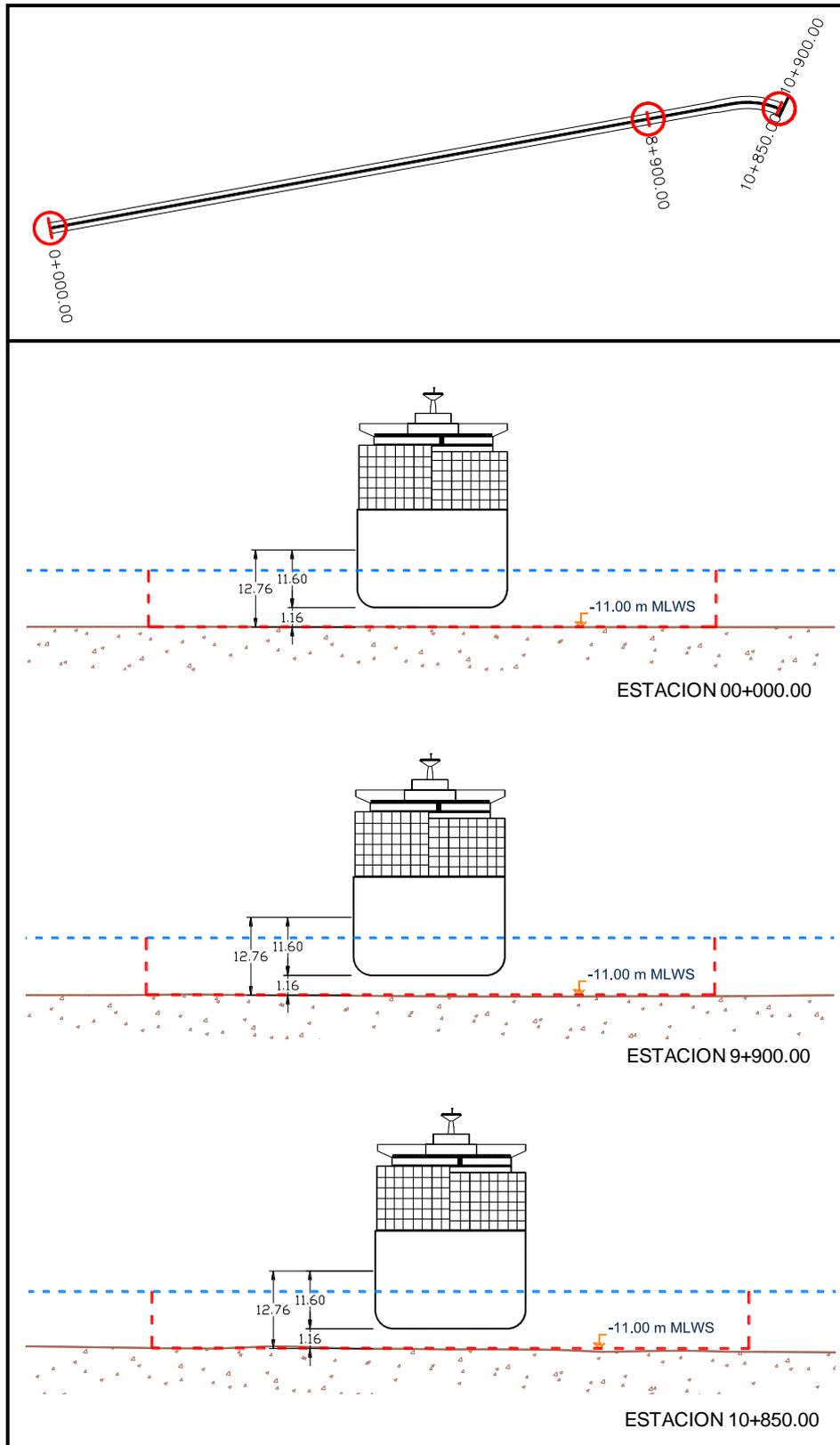
Tramos	Abscisa (km)	Profundidad Proyecto (m)	Ancho (m)
Tramo 1 Boya de mar - Boya 7	0+000 – 10+900	-11.0	160
Tramo 2 Boya 7 – Boya 13	10+900 – 19+150	-11.0	160
Tramo 3 Boya 13 – Boya 17	19+150 – 31+550	-11	160
Tramo 4 Boya 17 – Boya 33	31+550 – 33+300	-11	160
	33+300 – 39+950	-11	170
	39+950 – 46+050	-11	160
	46+050 – 46+650	-11	170
	46+650 – 46+800	-11	160
Tramo 5 Boya 33 – Boya 66	46+800 – 51+900	-11	160
	51+900 – 52+750	-11	170
	52+750 – 62+050	-11	160
	62+050 – 62+650	-11	170
	62+650 – 68+550	-11	160
	68+550 – 69+600	-11	170
	69+600 – 76+850	-11	160
Tramo 6 Boya 66 – Boya 88	76+850 – 77+350	-11	170
	77+350 – 77+750	-11	170
	77+750 – 80+200	-11	160
	80+200 – 81+400	-11	170
	81+400 – 84+000	-11	160
	84+000 – 84+400	-11	170
	84+400 – 85+950	-11	160
	85+950 – 90+700	-11	170
90+700 – 91+300	-11	160	

Fuente: Grupo de Trabajo 2012

### 21.3.2.3 Secciones del canal después de la reconfiguración

En esta sección se presentan cortes transversales de algunas estaciones representativas de cada tramo, con los anchos y profundidades obtenidas de la reconfiguración náutica.

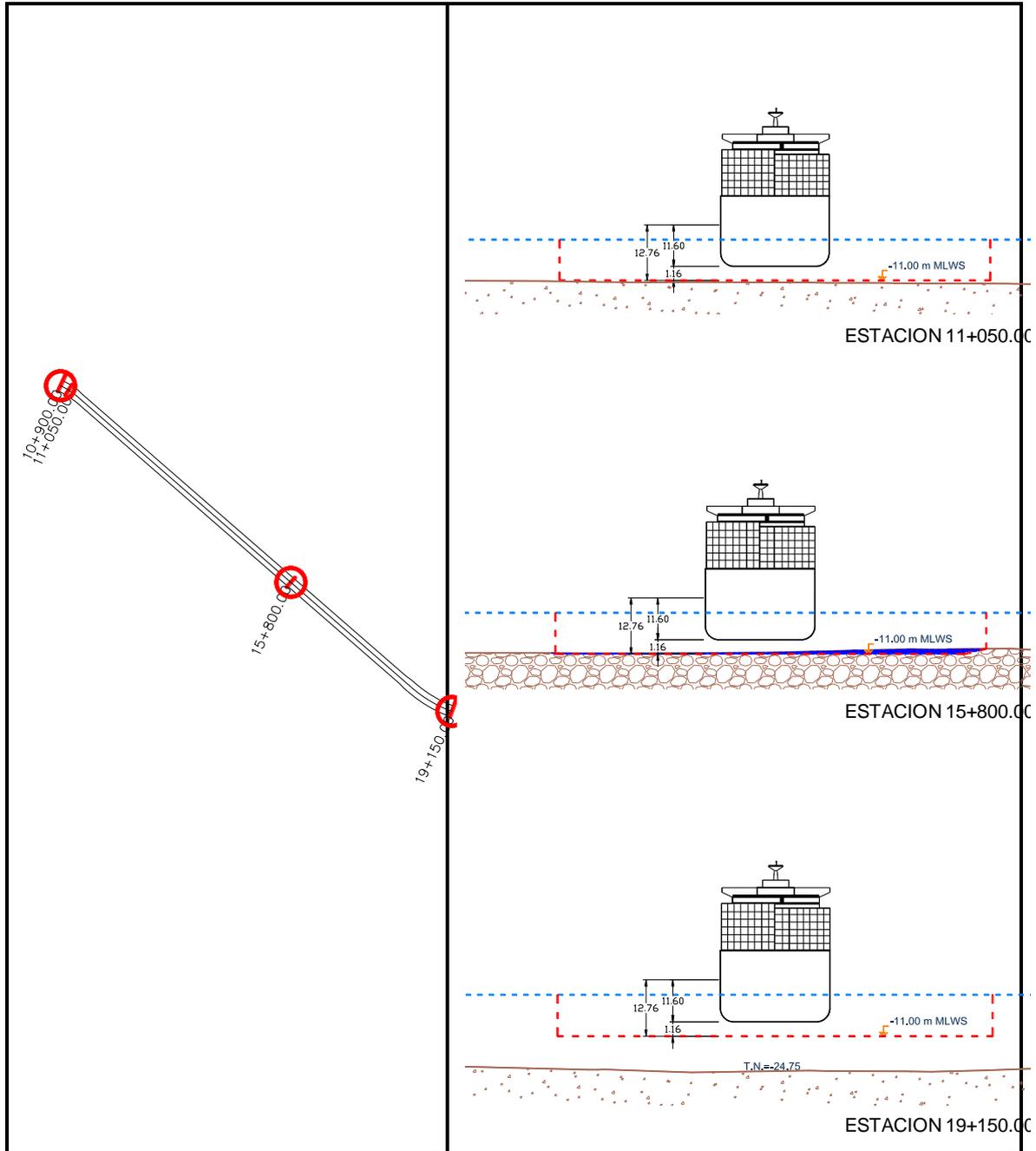
Figura 17. Corte de secciones transversales en el Tramo 1, correspondiente de la Boya de mar a la Boya 7 (0+000 – 10+900)



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-30

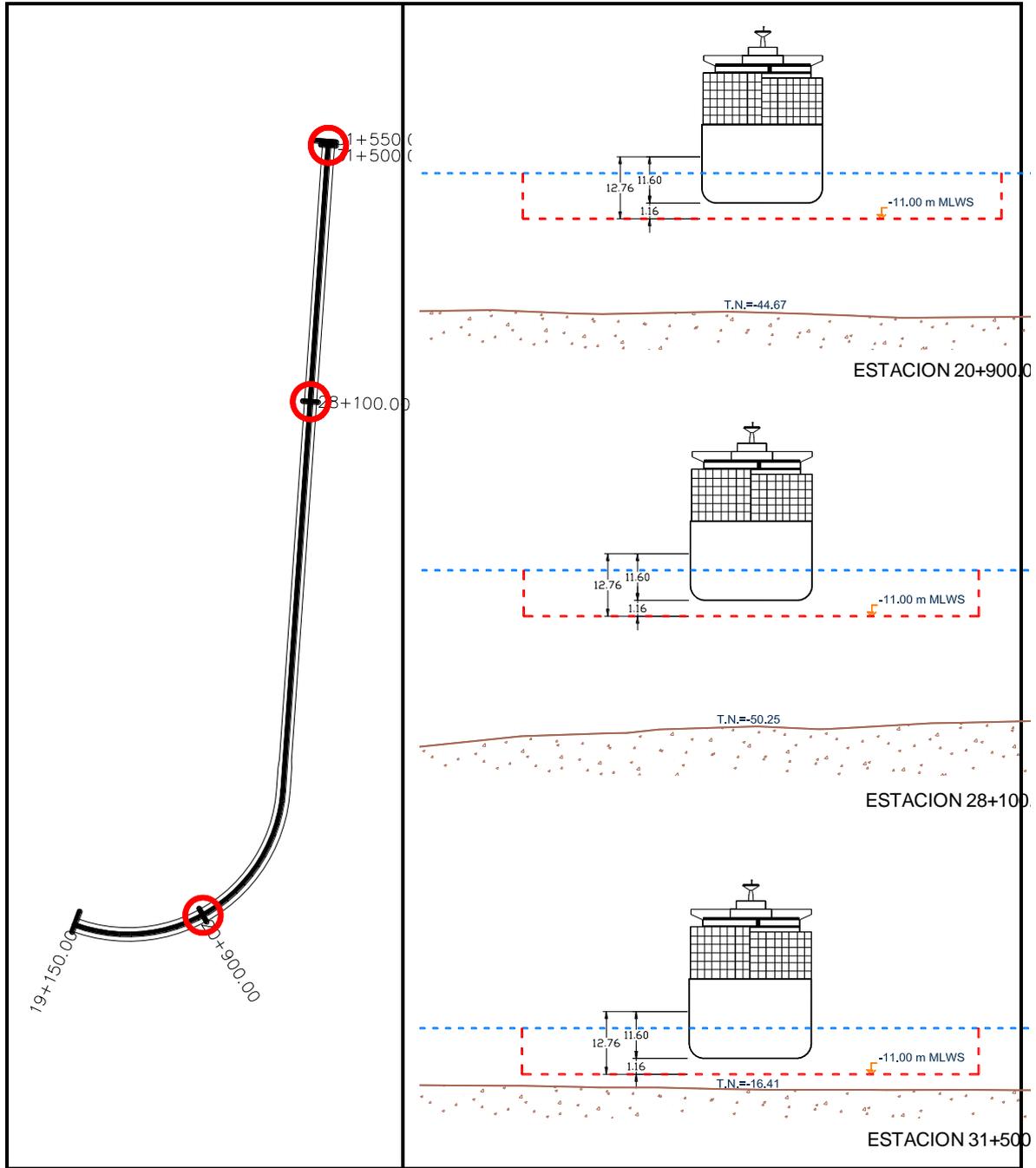
Figura 18. Características de las secciones del canal en el Tramo 2, correspondiente de la Boya 7 a la Boya 13 (10+900 – 19+150)



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-31

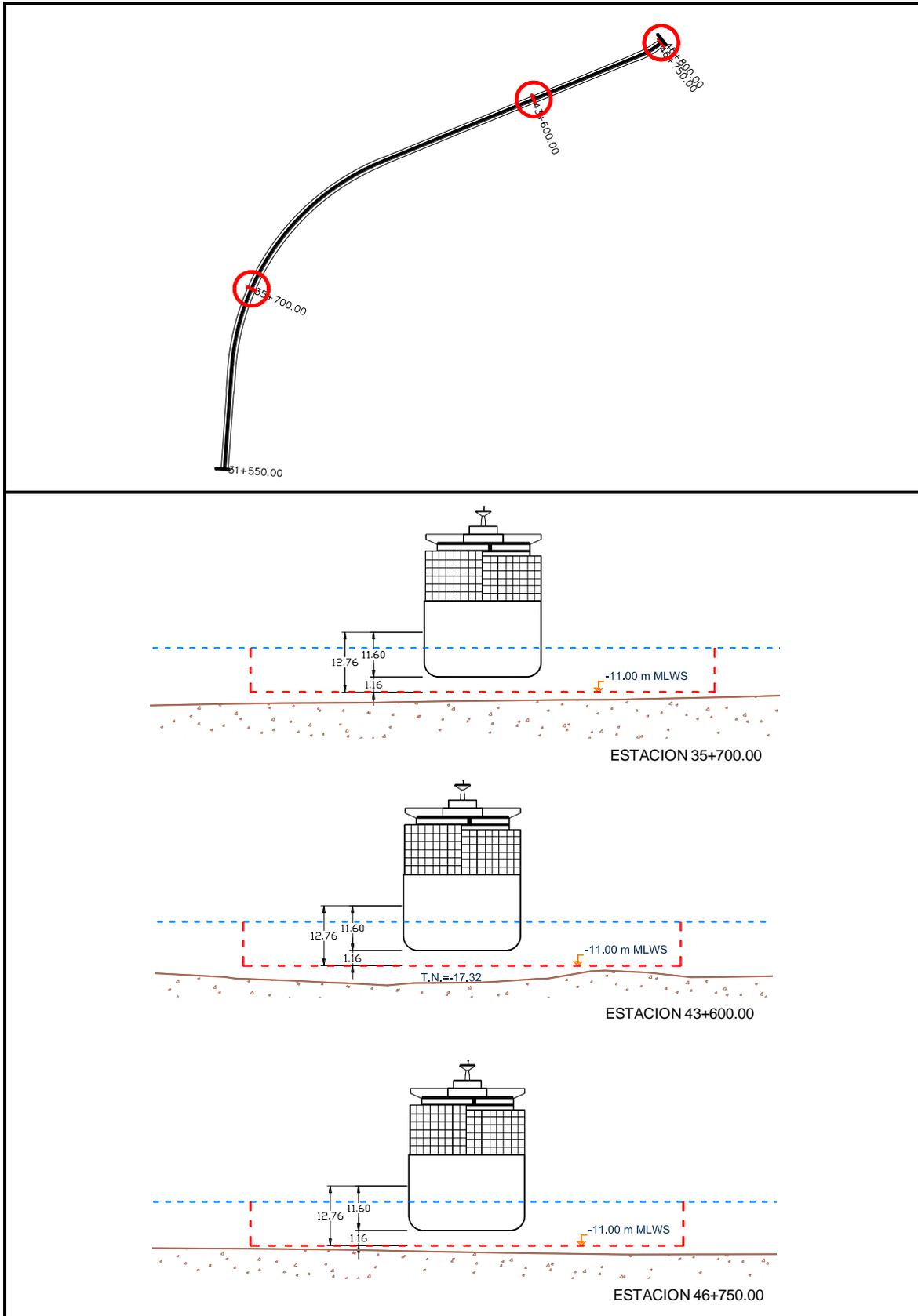
Figura 19. Características de las secciones del canal en el Tramo 3, correspondiente de la Boya 13 a la Boya 17 (19+150 – 31+550)



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-32

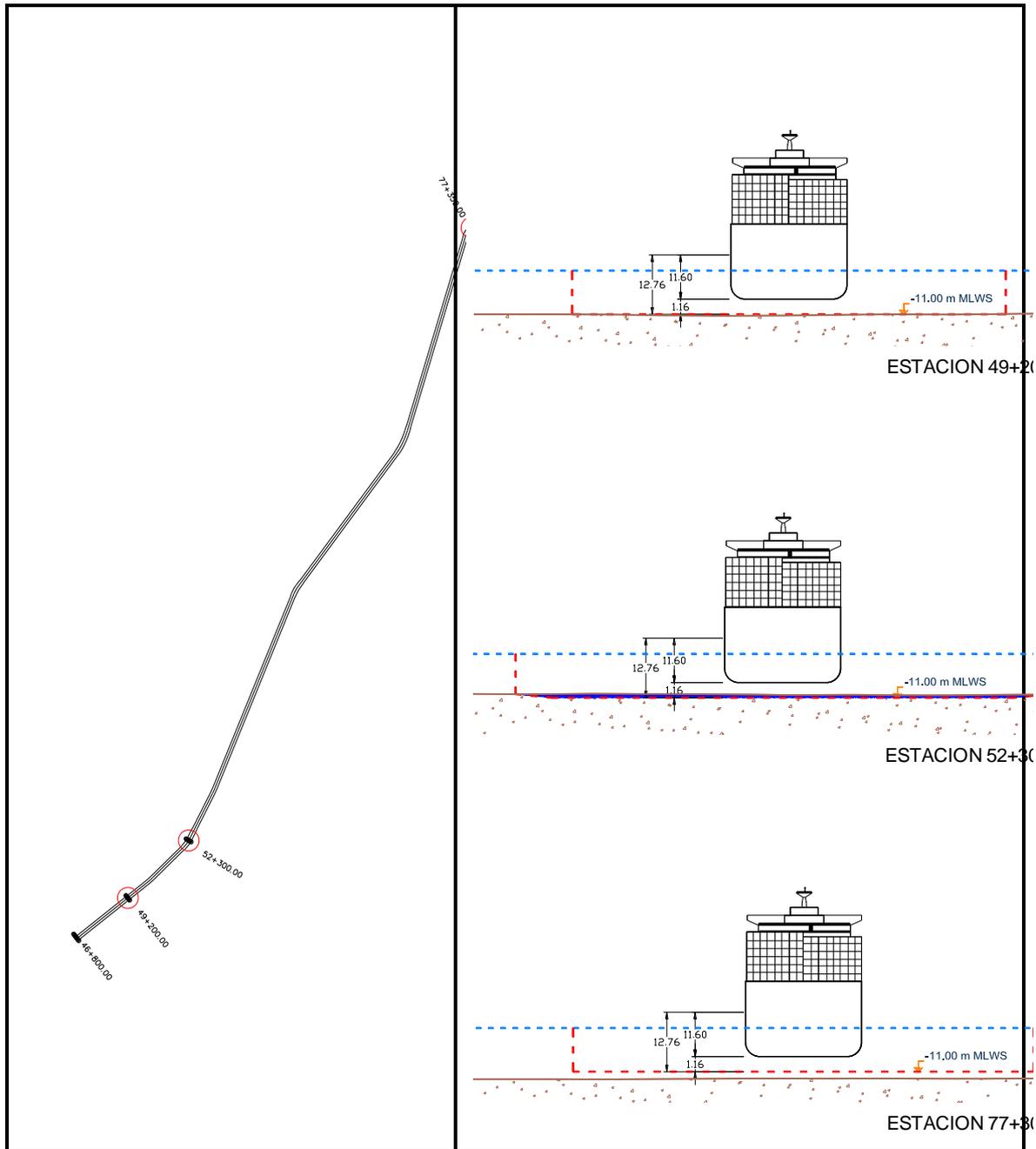
Figura 20. Características de las secciones del canal en el Tramo 4, correspondiente de la Boya 17 a la Boya 33 (19+150 – 31+550)



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-33

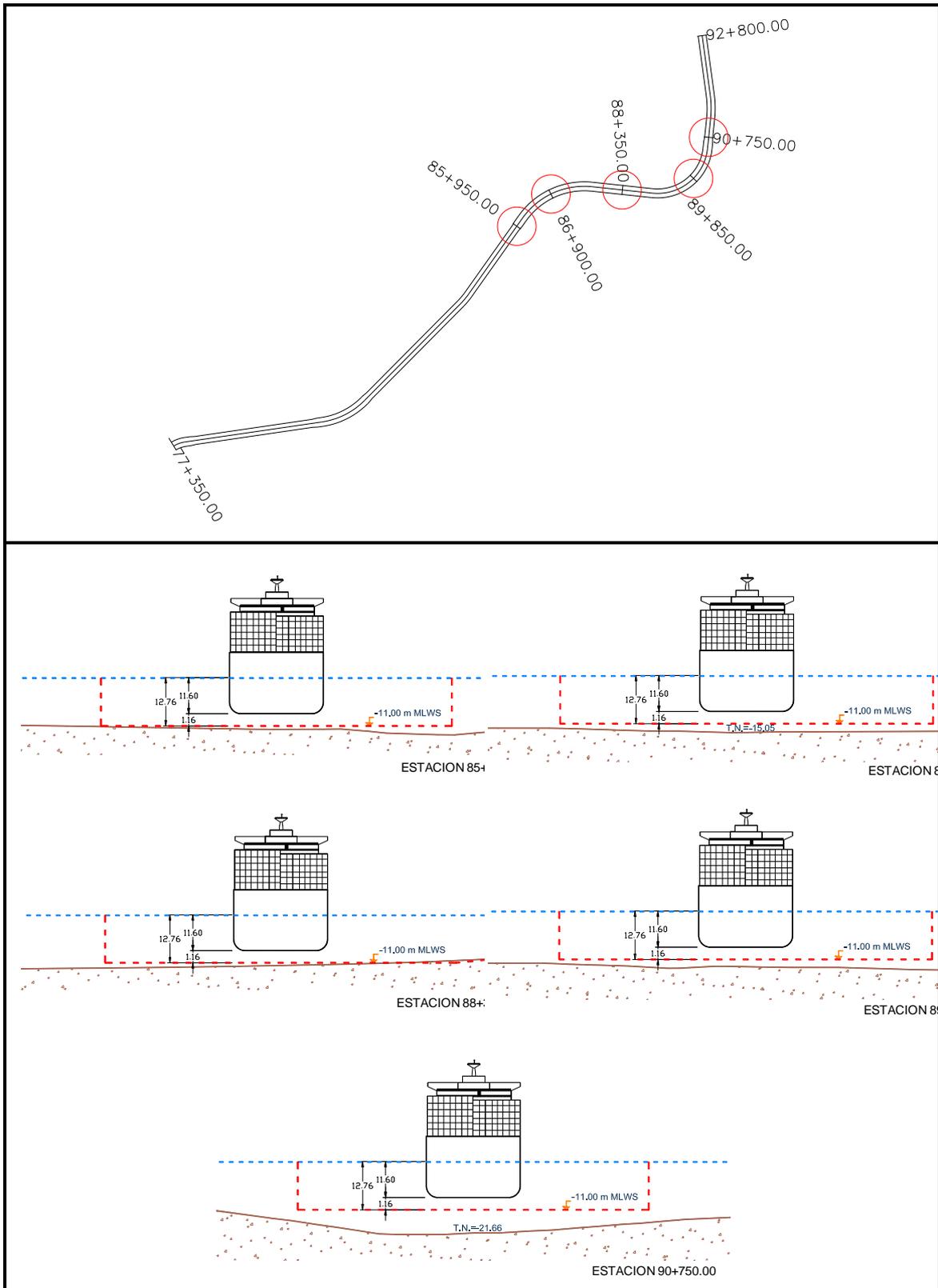
Figura 21. Características de las secciones del canal en el Tramo 5, correspondiente de la Boya 33 a la Boya 66 (46+800 – 77+350)



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-34

Figura 22. Características de las secciones del canal en el Tramo 6, correspondiente de la Boya 66 a la Boya 85 (77+350 – 92+800)



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-35

### 21.3.3 Simulación de la Maniobrabilidad de Buques en el Canal

Los modelos de maniobrabilidad de embarcaciones en tiempo acelerado se utilizan para la revisión del diseño de puertos, canales de navegación, canales de acceso y geometría de puertos y dársenas.

De acuerdo a la PIANC el primer dimensionamiento basado en su método propuesto debe ser seguido de simulaciones de maniobrabilidad de embarcaciones.

Estas simulaciones permiten tener una visión de las restricciones para navegar de las embarcaciones específicas y además incorporan condiciones hidráulicas y meteorológicas que no se pueden tomar en cuenta el dimensionamiento preliminar, por otro lado permiten incorporar, también de manera matemática, las características de diferentes embarcaciones.

Normalmente los modelos se alimentan con una geometría de partida, la ruta deseada de los buques, su posición inicial, el uso o no de remolcadores, las características del barco como su masa, su área expuesta al viento, sus características de maniobrabilidad.

Por otro lado, se requiere alimentar también la configuración del fondo, el patrón de corrientes, de vientos y de oleajes y normalmente los resultados hidrodinámicos de la aplicación de otros modelos.

Como resultado se obtiene la trayectoria, posición, curso y orientación de la embarcación con respecto al tiempo.

Para la realización de las simulaciones de tiempo rápido se utilizó el programa SHIPMA6.

#### 21.3.3.1 Descripción del Programa SHIPMA6

SHIPMA6 es un programa de simulación del comportamiento de maniobrabilidad de embarcaciones desarrollado en conjunto por el Maritime Research Institute Netherlands (MARN) y WL/Delft Hydraulics, el cual permite simular matemáticamente el comportamiento en maniobras de naves en puertos así como en canales de navegación y que considera los siguientes aspectos:

- Características de maniobrabilidad de buques
- El tipo de maniobra deseada
- Apego a una ruta trazada
- Acciones de máquina y timón.
- Asistencia de remolcadores
- Viento
- Oleaje
- Corrientes
- Presencia del fondo en aguas someras

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-36

- Succión de barco.

El programa es utilizado en estudios de puertos y vías navegables para proporcionar un panorama de las posibilidades y restricciones de los barcos en relación a las condiciones ambientales y la infraestructura existente en un caso específico.

El programa NO puede ser utilizado para los siguientes fines:

- realización de diseños detallados de vías de navegación
- maniobras de atraque complicadas
- entrenamiento de pilotos
- interacciones entre barcos
- interferencia humana compleja,

Para estos propósitos se requiere de la utilización de simuladores de tiempo real.

### 21.3.3.2 Descripción Matemática del Modelo

El modelo matemático de maniobrabilidad de embarcaciones consiste en un grupo de ecuaciones que representan la relación entre la posición de un buque y sus velocidades en 2 diferentes momentos subsecuentes para las tres direcciones horizontales de su movimiento. Las ecuaciones generales de los movimientos del buque en el plano horizontal se pueden resumir como sigue:

$$X=m \{u - rv- xgr^2\}$$

$$Y= m \{v + ru + xgr\}$$

$$N= lzz r + mxg \{v + ru \}$$

Donde:

X= Total de las fuerzas longitudinales actuantes sobre el buque [N]

Y= Total de las fuerzas transversales actuantes sobre el buque [N]

N= Total de los momentos de giro actuantes sobre el buque [Nm]

m= Masa del buque [kg]

lzz= Momento de inercia del buque respect al eje vertical [Kgm<sup>2</sup>]

u= Velocidad de avance del buque [m/s]

v= Velocidad de oscilación del buque [m/s]

r= Tasa de cabeceo del buque [deg/s]

xg= Posición en x del centro de gravedad del buque [m]

Esta ecuación general se complementa incorporando tanto las fuerzas de control propias del barco como son las producidas por ángulo del timón, la velocidad del barco y la velocidad de giro de la propela, así como las fuerzas actuantes externas que serían las producidas por la corriente, el viento, el oleaje, la succión por presencia del fondo y el uso de remolcadores.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-37

### 21.3.3.3 Escenarios de Ensayo de Maniobrabilidad

En conjunto con el Especialista en Navegabilidad del Grupo de Estudio, se determinaron las principales zonas en donde existe dificultad para la navegación y es precisamente en estas zonas donde se realizarán corridas de simulación partiendo de la lógica de que si se determina que la geometría del canal es adecuada en estas áreas, lo será también para trayectos que actualmente representan una dificultad menor. La información necesaria para la modelación en cada una de las zonas a ser estudiadas es la siguiente:

- Diseño en planta del canal
- Batimetrías de la zona de estudio
- Corrientes y mareas
- Dirección y velocidad del viento
- Altura y periodo de ola
- Definición de la maniobra del buque a seguir por el piloto automático

Las zonas seleccionadas para su estudio se describen brevemente a continuación:

#### ➤ Zona de los Goles

Está zona es la comprendida entre la Boya 7 (10+850km) y la Boya 13 (19+150km). El tipo de material que se tiene en el fondo es roca y se tiene la presencia de corrientes, lo cual hace más difícil el manejo de las embarcaciones en esta zona.

En la figura siguiente, se muestran sobre la carta de navegación correspondiente las zonas referidas por los pilotos en donde se tienen problemas de maniobrabilidad; en color rojo se indican restricciones de profundidad y en color negro se indican restricciones por la presencia de corrientes.

**Figura 23. Zona de los Goles, la cual presenta problemas de corrientes. Comprendida entre la Boya 7 (10+850km) y la Boya 13 (19+150km)**



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-38

Se decidió que para la simulación de maniobrabilidad se tomaría la zona curva del canal en presencia de la corriente, considerando además 2 tramos rectos, uno en zona abierta en el mar y otro en la boca del estero. El tramo a modelar se presenta en la figura a continuación.

**Figura 24. Canal propuesto sobre imagen satelital, Zona de los Goles. Comprendida entre la Boya 7 (10+850km) y la Boya 13 (19+150km)**

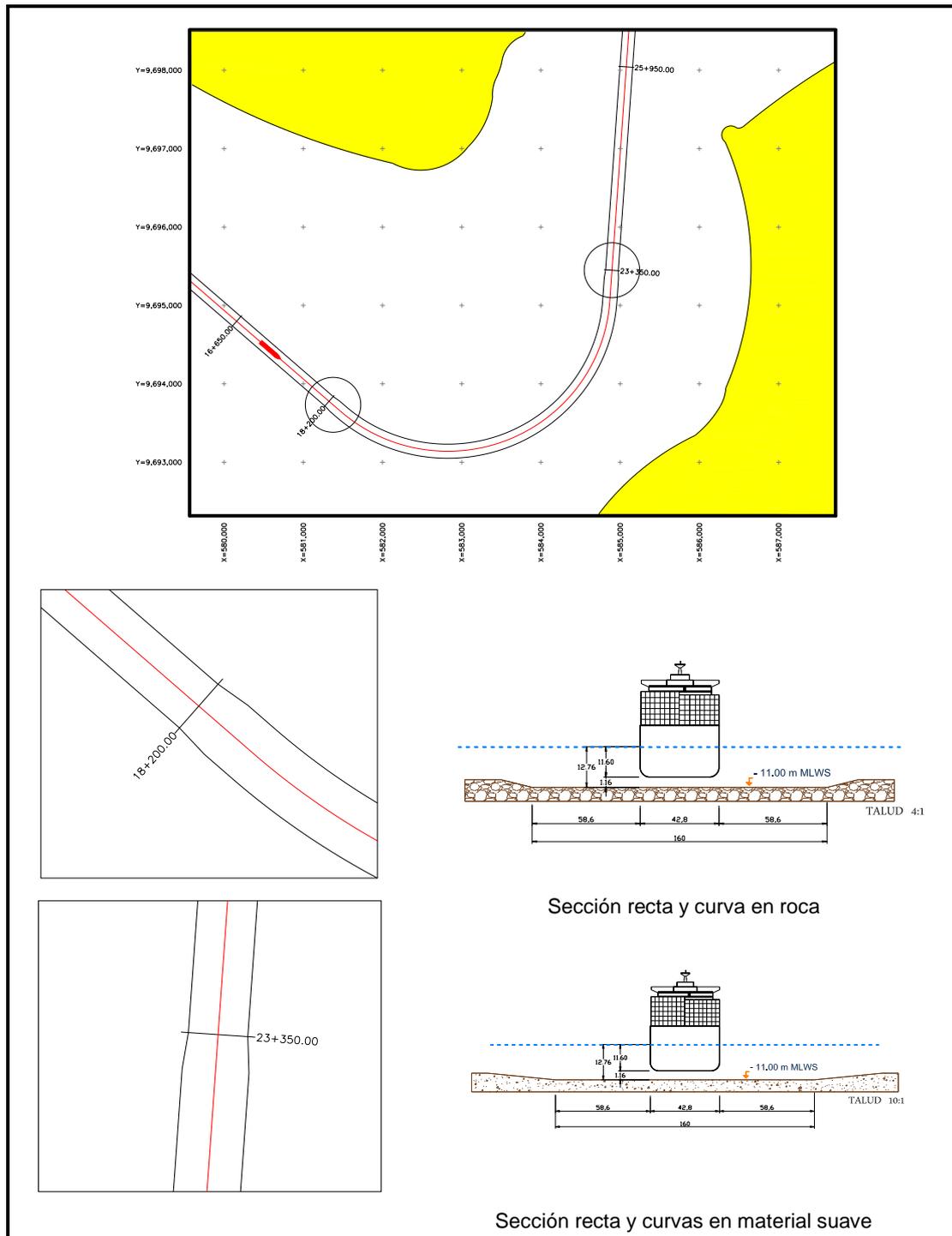


Fuente: Grupo de Trabajo 2012

Las secciones del canal en este tramo se pueden apreciar detalladamente en la siguiente figura:

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-39

Figura 25. Representación de la curva comprendida entre la Boya 7 (10+850km) y la Boya 13 (19+150km)

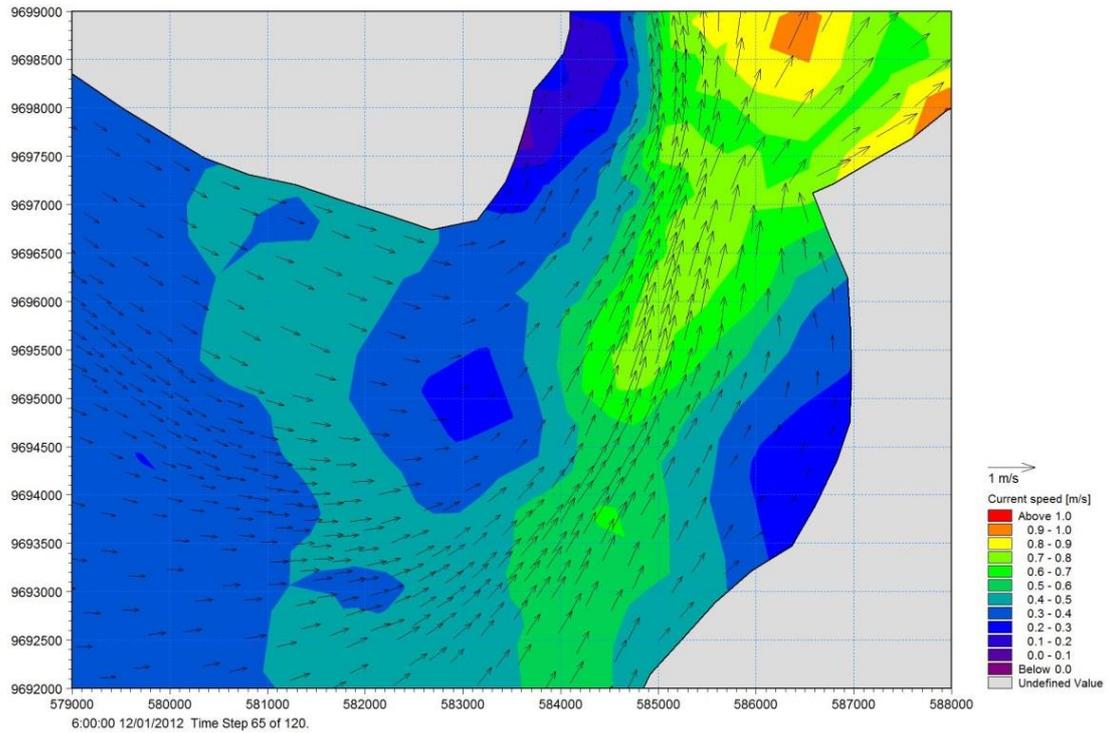


Fuente: Grupo de Trabajo 2012

De igual manera se definieron las condiciones hidrodinámicas para las que se realizaron los ensayos, las mismas fueron extraídas de la modelación hidrodinámica presentada en el capítulo XX y representan las condiciones de flujo y refluo de la marea en la zona, los campos hidrodinámicos utilizados se presentan en las figuras a continuación.

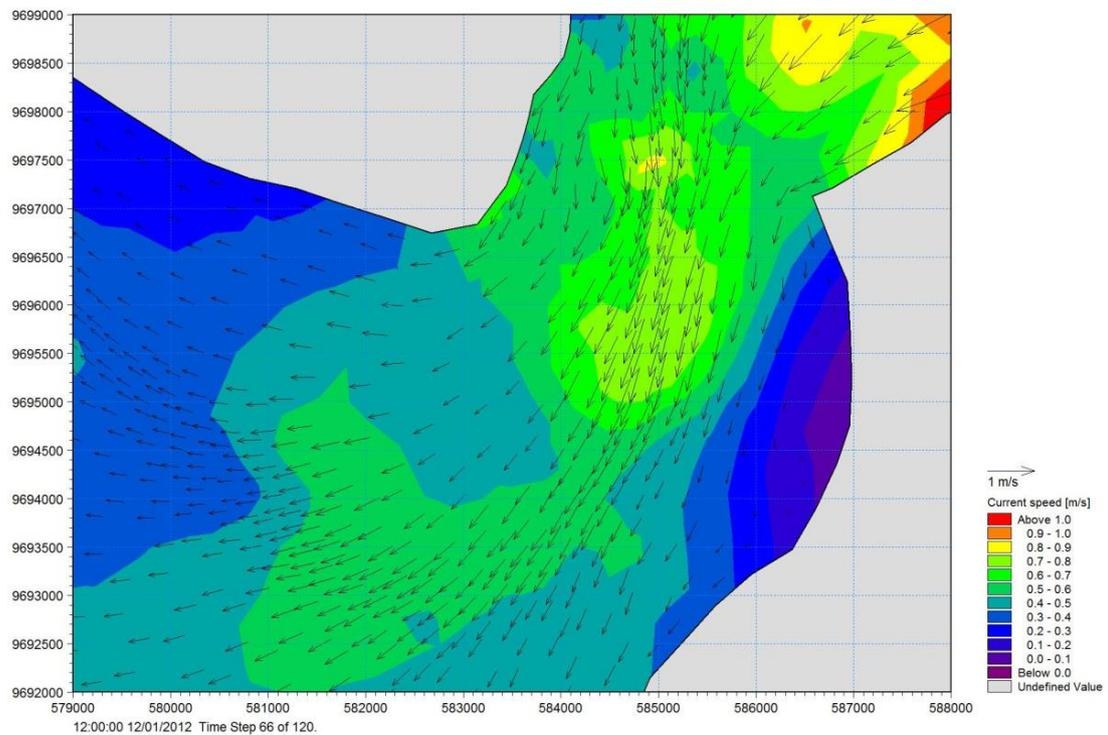
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-40

**Figura 26. Campo hidrodinámico en flujo de la zona de los Goles, comprendida entre la Boya 7 (10+850km) y la Boya 13 (19+150km)**



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

**Figura 27. Campo hidrodinámico en reflujo de la zona de los Goles, comprendida entre la Boya 7 (10+850km) y la Boya 13 (19+150km)**



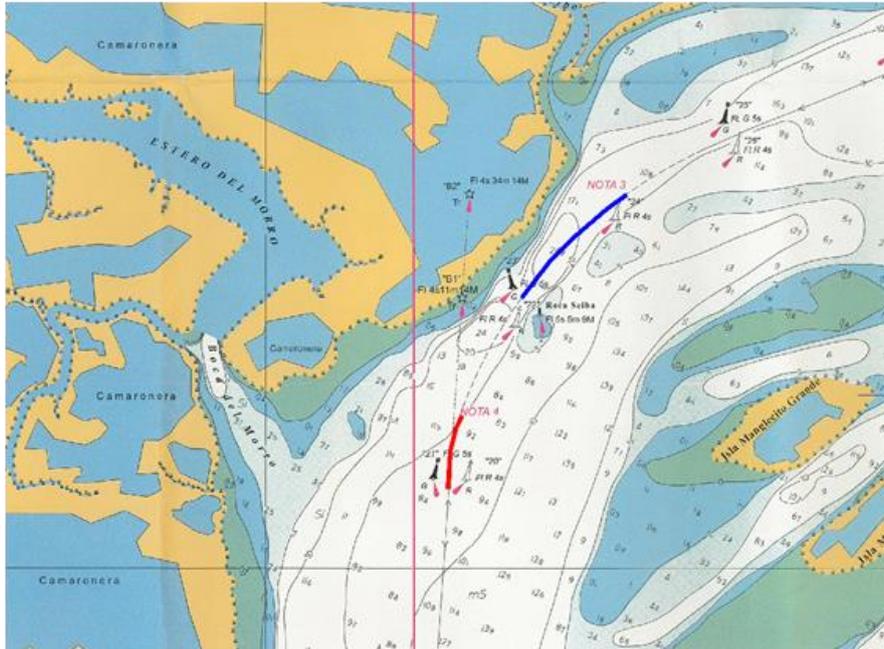
Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-41

➤ **Zona de la Roca Seiba**

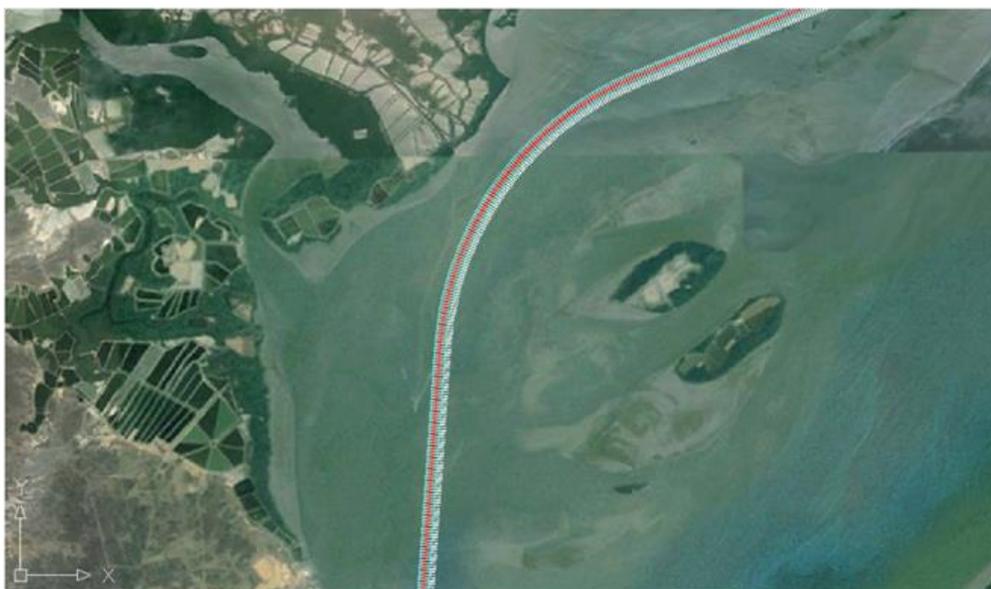
Esta zona está comprendida entre la Boya 17 (31+600km) a la Boya 33 (46+900), el tipo de material en el fondo es suave. De la imagen se puede observar que el tramo marcado con rojo representa restricciones de profundidad y el tramo marcado con azul representa una problemática con el cambio brusco de rumbo (caída) de la embarcación, de acuerdo a los comentarios realizados por los pilotos del Puerto.

**Figura 28. Zona de Roca Seiba, comprendida entre la Boya 17 (31+600km) y la Boya 33 (46+900)**



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

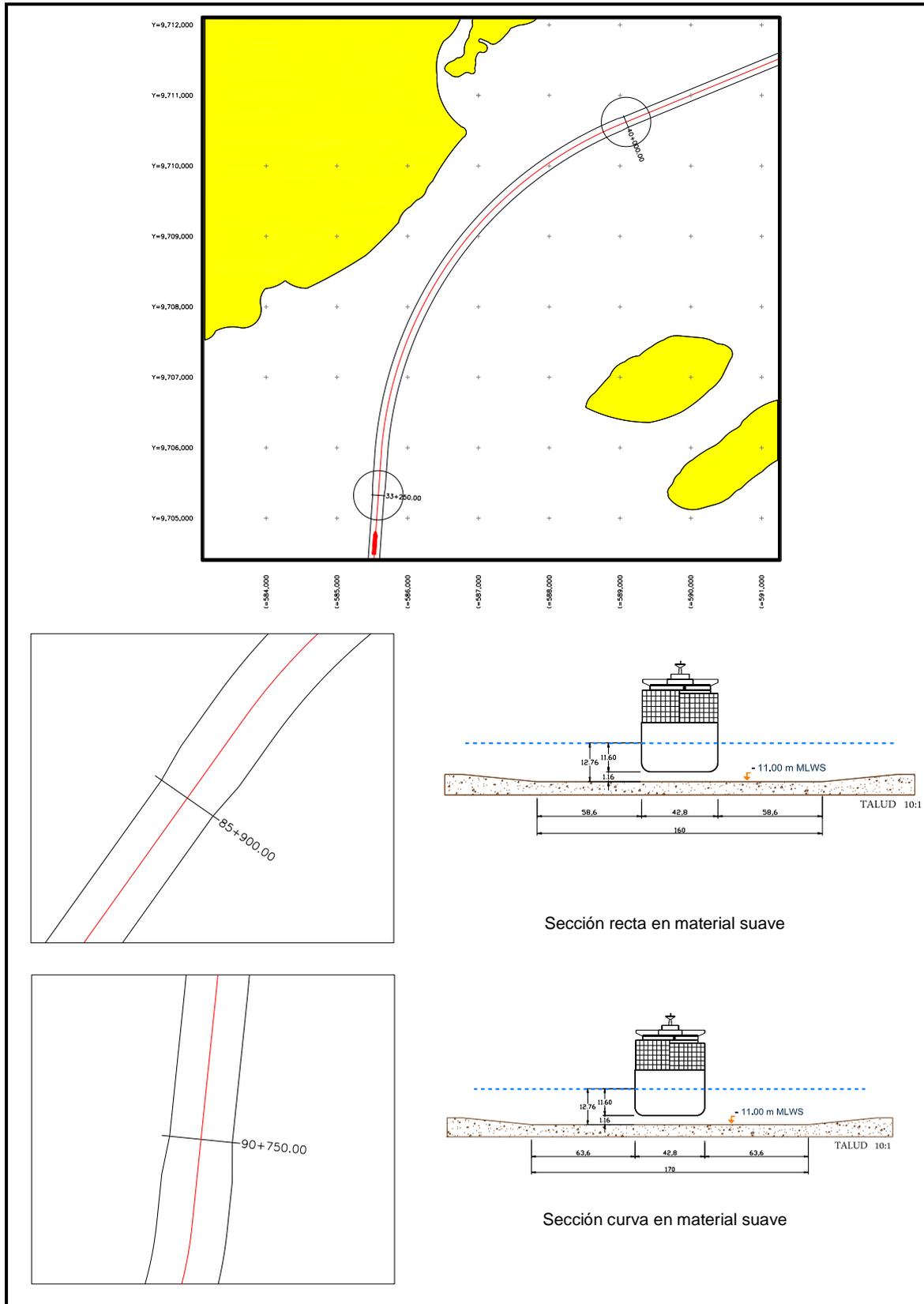
**Figura 29. Canal propuesto sobre imagen satelital, zona de Roca Seiba. Comprendida entre la Boya 17 (31+600km) y la Boya 33 (46+900)**



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-42

Figura 30. Representación de la curva comprendida entre la Boya 17 (31+600km) y la Boya 33 (46+900)

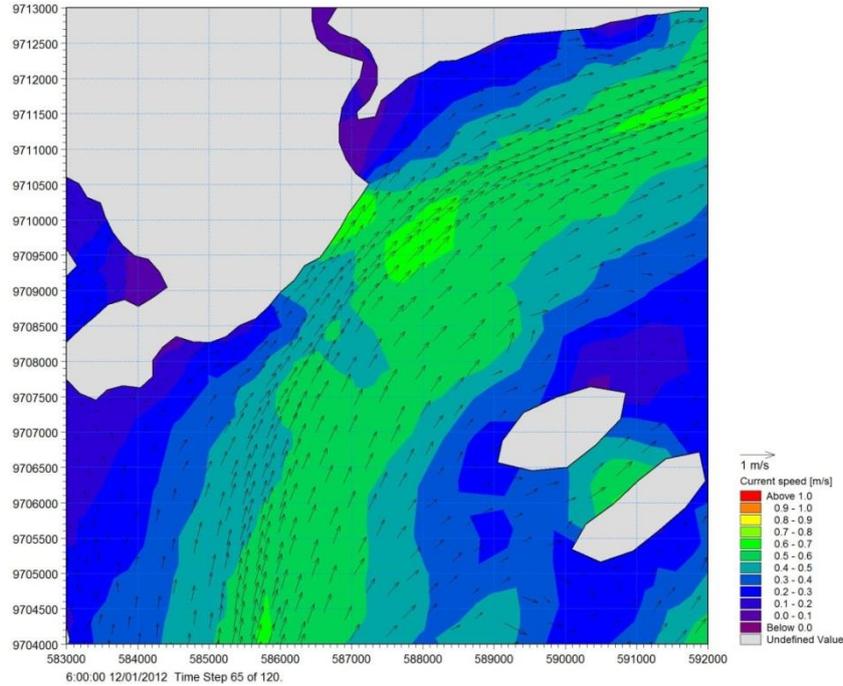


Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-43

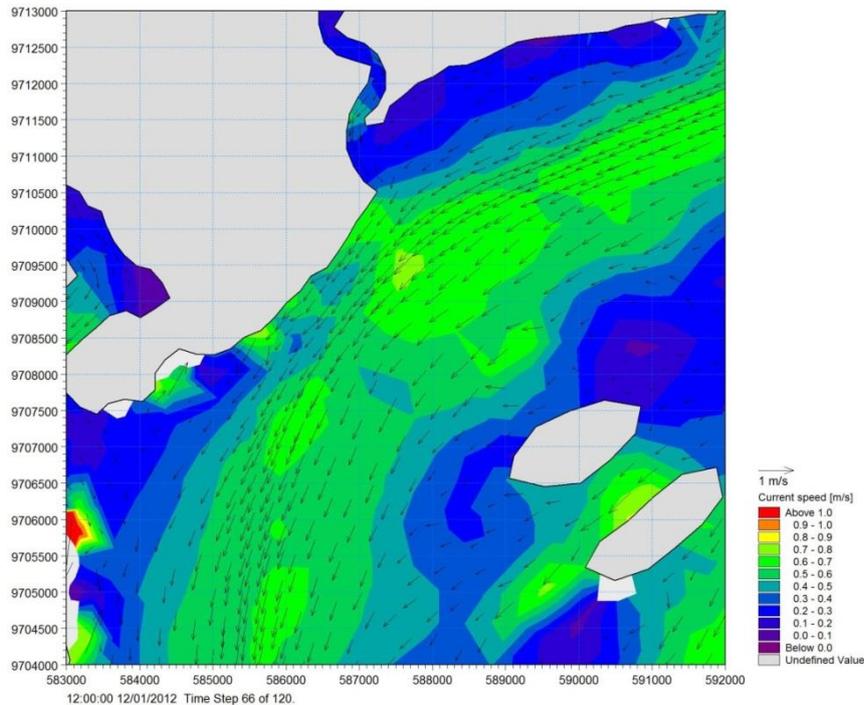
Como en el tramo anterior, se presentan en las siguientes figuras los campos hidrodinámicos utilizados en los ensayos de maniobrabilidad para esta zona.

**Figura 31. Campo hidrodinámico en flujo de la zona de Roca Seiba, comprendida entre la Boya 17 (31+600km) y la Boya 33 (46+900)**



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

**Figura 32. Campo hidrodinámico en reflujos de la zona de Roca Seiba, comprendida entre la Boya 17 (31+600km) y la Boya 33 (46+900)**



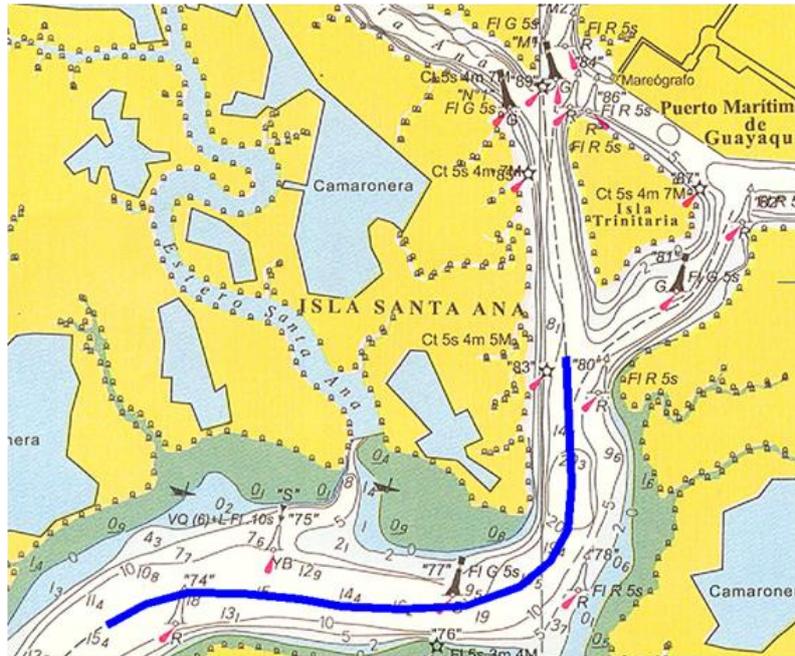
Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-44

➤ **Zona del antepuerto – Área de Cuarentena**

Esta zona es la comprendida entre la Boya 75 (88+100km) y Boya 85 (92+800), el material que se tiene es suave y el trayecto de esta zona se muestra en la Figura 20.4. En está, se muestra con azul la zona que presenta problemas para el viraje o caída de la embarcación. Se puede observar que el problema es en una trayectoria muy grande (4.8 km) esto se debe a que el radio de curvatura no es el adecuado.

**Figura 33. Área de Cuarentena, comprendida entre la Boya 75 (85+100km) y la Boya 85 (92+800)**



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

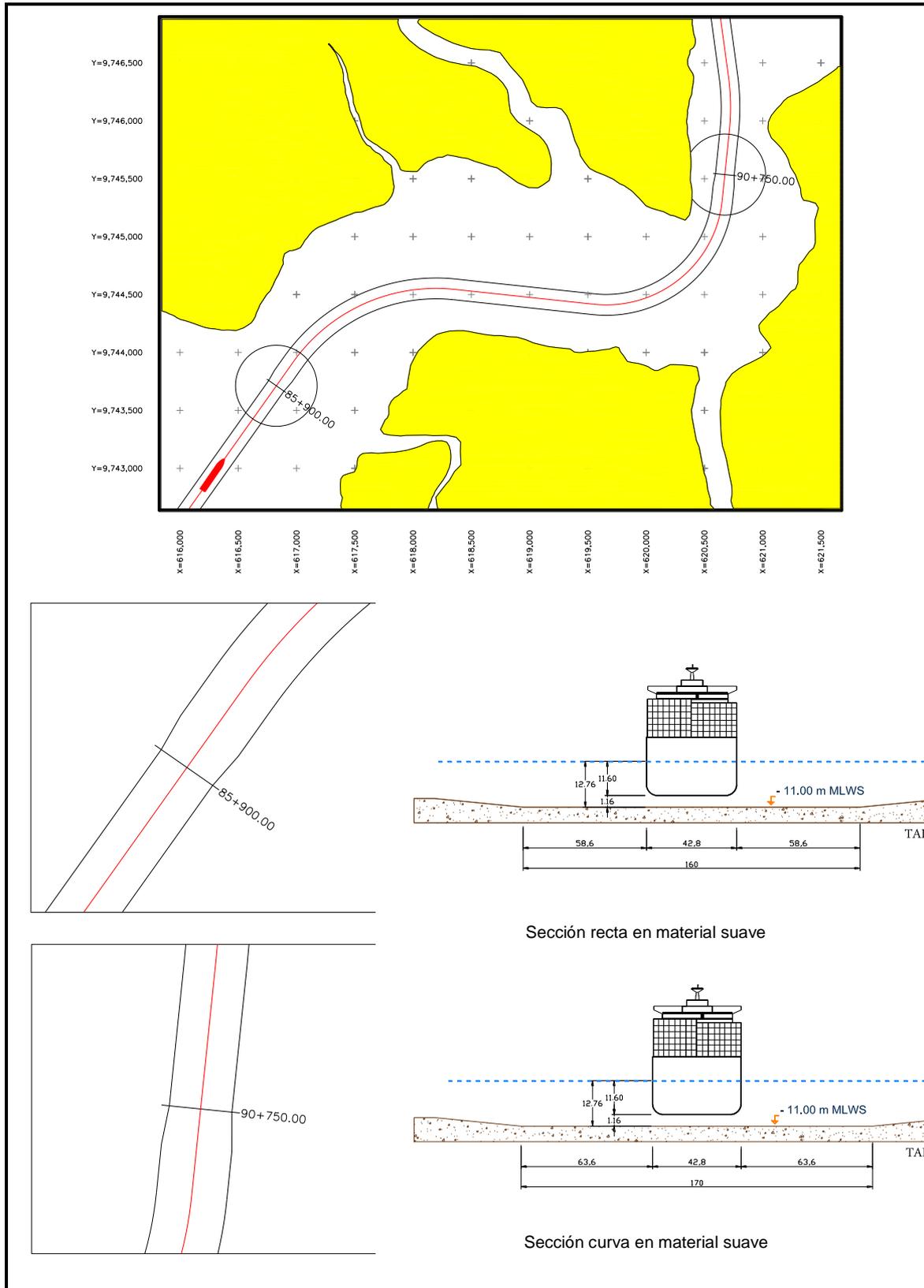
**Figura 34. Canal propuesto sobre imagen satelital, área de Cuarentena, comprendida entre la Boya 75 (85+100km) y la Boya 85 (92+800)**



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-45

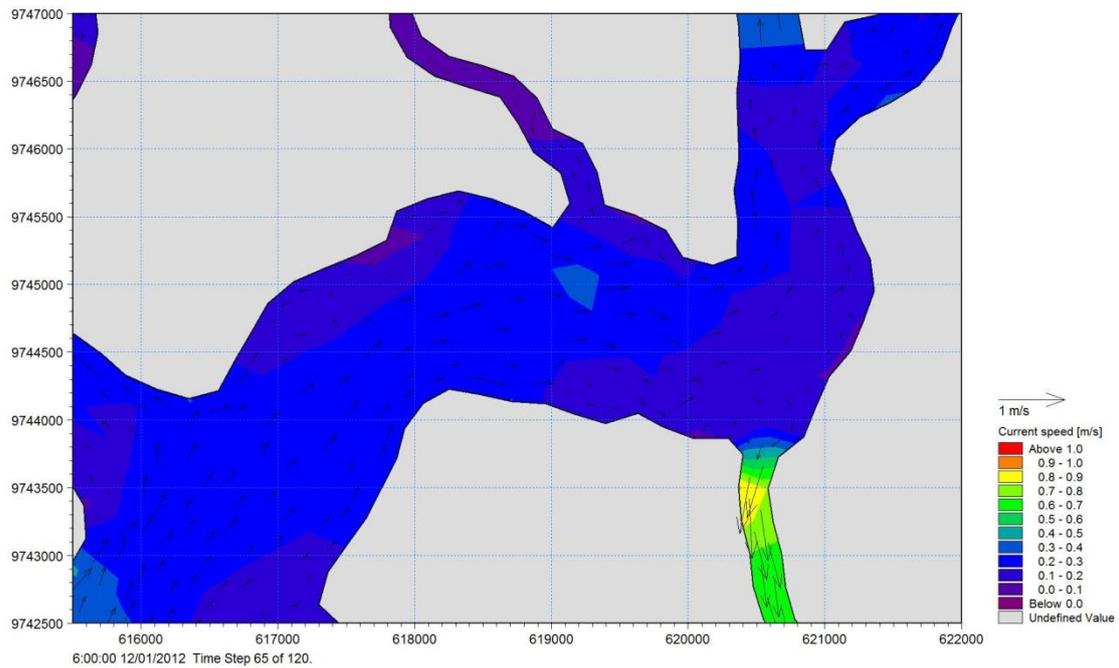
Figura 35. Representación de la curva comprendida entre la Boya 75 (85+100km) y la Boya 85 (92+800)



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

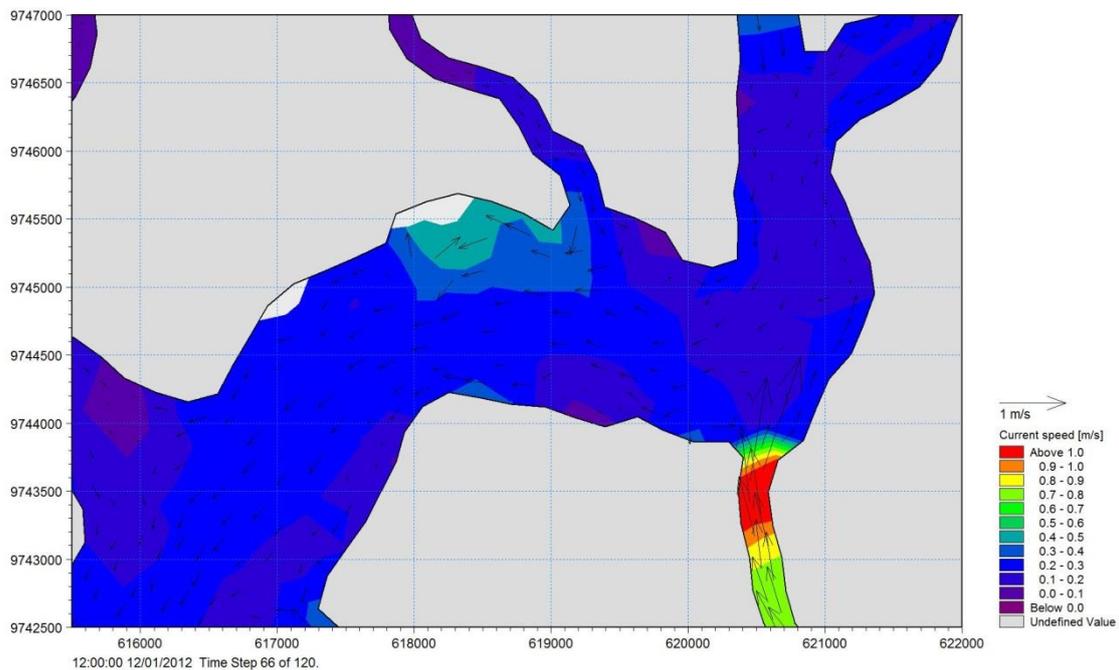
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-46

**Figura 36. Campo hidrodinámico en flujo del área de cuarentena, comprendida entre la Boya 75 (85+100km) y la Boya 85 (92+800)**



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

**Figura 37. Campo hidrodinámico en reflujos del área de cuarentena, comprendida entre la Boya 75 (85+100km) y la Boya 85 (92+800)**



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

Las simulaciones en las tres zonas descritas se realizaron para la condición de flujo, haciéndola coincidir con un barco entrando al puerto. Los resultados indican que para los casos analizados el buque modelado puede mantener su trayectoria dentro del canal de navegación propuesto, con lo cual se avalan los anchos propuestos.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-47

### 21.3.4 Dimensionamiento definitivo del canal

Tomando como base los predimensionamientos y los ensayos realizados se puede establecer que el dimensionamiento definitivo del canal en esta etapa será como sigue:

**Tabla 9. Resumen de las características del ancho y profundidad del canal**

Tramos	Abscisa (km)	Profundidad Proyecto (m)	Ancho (m)
Tramo 1 Boya de mar - Boya 7	0+000 – 10+900	-11.0	160
Tramo 2 Boya 7 – Boya 13	10+900 – 19+150	-11.0	160
Tramo 3 Boya 13 – Boya 17	19+150 – 31+550	-11	160
Tramo 4 Boya 17 – Boya 33	31+550 – 33+300	-11	160
	33+300 – 39+950	-11	170
	39+950 – 46+050	-11	160
	46+050 – 46+650	-11	170
	46+650 – 46+800	-11	160
Tramo 5 Boya 33 – Boya 66	46+800 – 51+900	-11	160
	51+900 – 52+750	-11	170
	52+750 – 62+050	-11	160
	62+050 – 62+650	-11	170
	62+650 – 68+550	-11	160
	68+550 – 69+600	-11	170
	69+600 – 76+850	-11	160
Tramo 6 Boya 66 – Boya 88	76+850 – 77+350	-11	170
	77+350 – 77+750	-11	170
	77+750 – 80+200	-11	160
	80+200 – 81+400	-11	170
	81+400 – 84+000	-11	160
	84+000 – 84+400	-11	170
	84+400 – 85+950	-11	160
	85+950 – 90+700	-11	170
90+700 – 91+300	-11	160	

Fuente: Grupo de Trabajo 2012

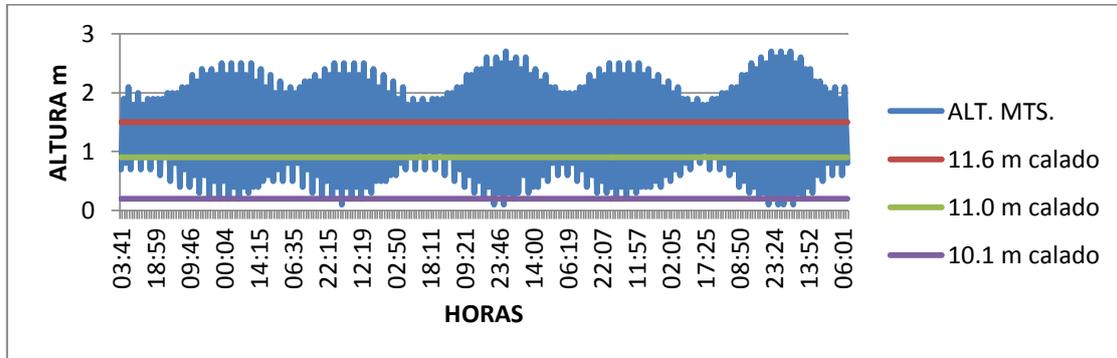
### 21.3.5 Recomendaciones de Procedimientos Operacionales en la Navegación

Entre las principales recomendaciones de operación del canal están las referentes a restricción de profundidad del canal de acuerdo a las condiciones de marea, de los datos de marea presentados en el presente estudio se obtuvo la cantidad de tiempo en la que un barco con diferentes calados puede acceder al puerto de Guayaquil sin ningún problema.

En la siguiente gráfica se presenta el registro de marea en azul, el nivel marcado en rojo representa el nivel mínimo necesario para que un barco de 11.6 m de calado

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-48

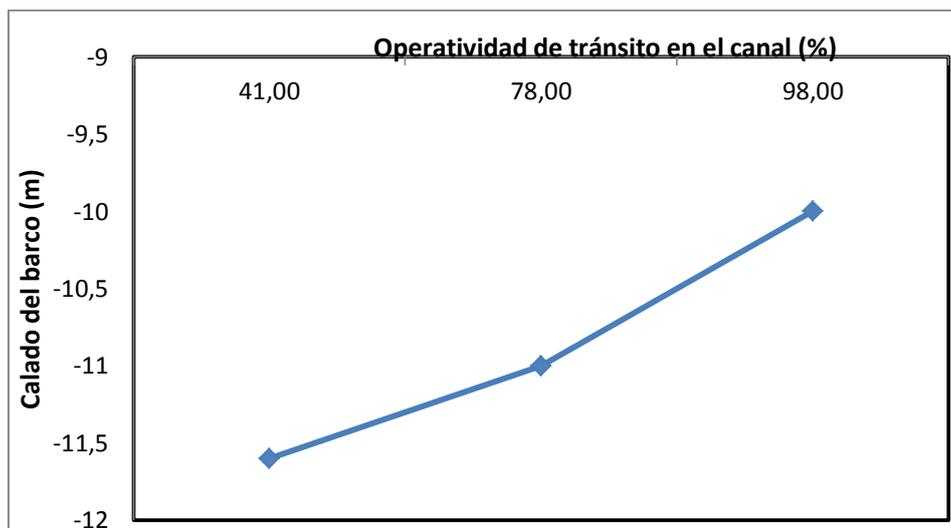
acceda sin problemas relativos a la profundidad, en verde se muestra el nivel necesario para un barco de 11 m de calado y en violeta el nivel requerido por un barco de 10 m de calado.



Extrapolando los valores obtenidos de este análisis a un año de operación se presentan en la tabla siguiente los niveles de operatividad anual del canal en términos de la profundidad de dragado a -11 m MLWS.

Calado	Operatividad (%)
-11.6	41.00
-11	78.00
-10	98.00

En la siguiente figura se puede observar de forma gráfica la relación de calado-operatividad del canal en términos del comportamiento de marea observada en el sitio.



Durante la navegación, los prácticos deberán cumplir con las disposiciones indicadas en el Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes. Se tomará en cuenta además los siguientes criterios:

- Por ningún concepto, excepto en casos de emergencia, las naves podrán salir del canal de navegación, cualquiera que fuere su calado. Se prohíbe que una nave alcance a otra en los siguientes tramos del canal de acceso (Estero Salado):
  - Boya No. 6A y Boya No. 13
  - Boya No. 20 y Boya No. 26
  - Boya No. 32 y Boya No. 36
  - Boya No. 39 y Boya No. 48
  - Boya No. 59 y Boya No. 62
- En las boyas de caída del canal de navegación, tendrá preferencia el buque que navegue con marea a favor. Se prohíbe el cruce de naves entre las boyas No. 6A y No. 13. Conclusiones y recomendaciones

### 21.3.6 Conclusiones Reconfiguración Náutica del Escenario Recomendado

Se realizó el diseño geométrico del canal de acceso al Puerto de Guayaquil, de las diferentes revisiones de predimensionamiento basadas en las recomendaciones internacionales se obtuvieron dimensiones mínimas para el canal tanto en la zona abierta o expuesta, como en la zona protegida:

	Ancho Canal Exterior	Ancho Canal Interior
Tramo recto fondo de roca	160 m	160 m
Tramo curvo fondo de roca	170 m	170 m
Tramo recto fondo de material suave	160 m	160 m
Tramo curvo fondo de material suave	170 m	170 m

Esta geometría se ensayó en un modelo de maniobrabilidad para determinar si la navegación es razonablemente posible en estas condiciones.

Del análisis de maniobrabilidad de tiempo acelerado realizado con el programa SHIPMA6 desarrollado en conjunto por el Maritime Research Institute Netherlands (MSCN) y WL/DELFT Hydraulics, se pudo desprender que los anchos propuestos para el canal son aceptables para esta etapa del diseño.

Por otro lado se desarrolló un análisis de operatividad del canal en función de la profundidad de dragado a -11 m MLWS para diferentes calados de buque y para el funcionamiento de marea del canal, se utilizaron los datos de marea de este estudio y se realizó la extrapolación del tiempo operativo a un año de funcionamiento, obteniéndose los resultados que se presentan en la siguiente tabla:

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-50

Dragado del canal	Calado del buque	Operatividad horas anuales	Operatividad porcentaje
-11 m MLWS	11.6 m	3 592	41.00 %
-11 m MLWS	11.0 m	6 833	78.00 %
-11 n MLWS	10.5 m	8 585	98.00 %

De lo descrito anteriormente se desprende que con el canal dragado a la profundidad mencionada de -11 m MLWS, un buque con calado de 11.6 m solo podrá utilizar el canal en condiciones navegables durante el 41% del tiempo anual, esto es, durante 3,592 horas anuales, lo anterior implica que se deba desarrollar una política de utilización del canal de acuerdo a las profundidades disponibles para buques con un calado de 11.6 m.

Asimismo se puede establecer que, para un buque de 10 m de calado, la operatividad del canal en cuanto a la profundidad es de 98% del tiempo.

Ahora bien, la restricción de operatividad mencionada solo se presenta en los tramos de profundidad restringida y ésta es solo para buques con un calado mayor a 10 m.

De igual manera se establece que solamente en estos tramos de profundidad restringida, que por otro lado representan los tramos más caros en términos de dragado de construcción y mantenimiento, se deberá mantener el ancho mínimo calculado de 160 m en rectas y 170 m en curvas, en aquellos tramos donde la profundidad natural del canal sea superior a -11 m MLWS se podría señalar un canal de navegación más ancho sin que esto implique un aumento de los volúmenes de dragado.

Para poder determinar si un canal de navegación más angosto que los valores señalados es técnicamente factible desde los puntos de vista de seguridad y maniobrabilidad, reduciendo con esto los volúmenes de dragado, es necesario realizar simulaciones de maniobrabilidad de embarcaciones en tiempo real que consideren el factor humano.

Al mismo tiempo, la optimización operacional del canal de navegación deberá contemplar ayudas adicionales como la correspondiente señalización y un sistema de monitoreo de tráfico marítimo o VTS por sus siglas en inglés, con personal altamente calificado de acuerdo a la recomendación V-103 de la IALA.

### 21.3.7 Recomendaciones Reconfiguración Náutica del Escenario Recomendado

Las principales recomendaciones que se pueden desprender tanto de las simulaciones de maniobrabilidad como de las consideraciones económico financieras son las siguientes:

- Dado que el costo de los estudios de maniobrabilidad resulta marginal en comparación con los costos de construcción y mantenimiento del canal de navegación, se recomienda ampliamente la realización de simulaciones de maniobrabilidad en tiempo real, lo cual permite, además del entrenamiento de los

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-51

prácticos, la incorporación de otros factores del medio físico que no pueden ser considerados en simulaciones de tiempo rápido donde no se toma en cuenta el factor humano.

- Las simulaciones en tiempo real pueden ser soportadas por un programa intensivo de simulaciones del canal de navegación en tiempo rápido, incorporando los diferentes escenarios que se definan entre las diferentes parte involucradas en el uso y operación del canal, como serían las autoridades correspondientes y los diferentes usuarios del canal.
- Las modificaciones geométricas de canal a lo largo de su trayecto que puedan traducirse en ahorros en cuanto a los dragados solo podrán ser soportadas por los resultados de la combinación de los modelos de maniobrabilidad y de las condiciones de señalización y control de tráfico de buques.
- Se recomienda conciliar con los diferentes usuarios y concesionarios del Puerto de Guayaquil la frecuencia de arribo de buques con calado superior a 10 m, con lo cual será posible tomar una decisión en cuanto a la profundidad óptima de dragado del canal en función de diferentes escenarios de recepción de buques de acuerdo a las tendencias de crecimiento del tamaño de las naves.

### **21.3.8 Configuración de un VTS para el Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil**

#### **21.3.8.1 Alcance**

El presente trabajo tiene como objetivo estructurar una propuesta referencial de configuración de un Sistema VTS para control de tráfico marítimo en el Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil y con ello minimizar los riesgos de seguridad a la navegación y de contaminación en el ingreso de buques mercantes con mayor eslora y calado; sin embargo se debe tomar en consideración que para determinar una configuración de detalle se debe contar con ciertos estudios técnicos, los mismos que no han sido ejecutados y no son parte de la presente consultoría.

#### **21.3.8.2 Descripción General de un VTS**

La Organización Marítima Internacional, OMI, reconoce la importancia del VTS como una herramienta que contribuye a minimizar los potenciales riesgos en la operación de los buques y la protección ambiental.

Los beneficios de la implementación de un VTS son algunos entre ellos la identificación y monitoreo de buques, llevar una planificación del movimiento de buques en áreas de riesgo (canales), y proveer asistencia e información relevante durante la navegación. También es un sistema empleado para brindar seguridad a los buques durante la navegación en la zona sometida al control del sistema ya que esto permite identificar posibles incursiones o robos a los buques durante navegaciones restringidas en las cuales deben reducir su velocidad y/o en áreas de espera (fondeaderos).

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-52

El sistema de tráfico de buques (VTS) es una solución de sistemas estándar que integra radares, cámaras de video, AIS (Sistema Automático de Identificación) y demás sensores con un rastreador de sistema de radar o rastreador compuesto avanzado a fin de proporcionar una solución de vigilancia por radar efectiva en costos aplicable tanto a puertos pequeños como grandes. Los barcos se capturan y rastrean automáticamente utilizando toda la información de los sensores disponibles. Se minimiza la carga de trabajo del operador ya que las videocámaras se asocian a rastreadores de radar para colaborar en la identificación y en el monitoreo de buques que ingresan o abandonan el puerto.

El centro del sistema VTS puede configurar y controlar de manera remota los diferentes sensores. Un sistema VTS puede incluir uno o más de los siguientes componentes:

- Radar y sus componentes
- Consola del operador y/o Estación de Monitoreo
- Administrador de Cámaras
- Respondedores AIS o receptor
- Cámara diurnas
- Cámara infrarroja de largo alcance (IR)
- Cámaras ópticas de largo alcance
- Estaciones meteorológicas
- Redes inalámbricas o de microondas

### 21.3.8.2.1 Regulaciones para la Configuración de un VTS

Los principales instrumentos internacionales que regulan y recomiendan el uso de un Servicio de Tráfico de Buques (VTS), están orientados a la seguridad de la navegación y a la protección del medioambiente, puesto que este tipo de sistemas contribuye a minimizar los riesgos en áreas de elevado tráfico de buques o de áreas de navegación restringidas y que pueden ocasionar accidentes poniendo en riesgo la vida humana y/o contaminación al medio ambiente.

La siguiente tabla indica los principales instrumentos internacionales a los cuales hace referencia la importancia de contar con un VTS.

Instrumento	Entrada en Vigor
Convenio Internacional sobre la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, 1974 (SOLAS) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protocolo 1978</li> <li>• Protocolo 1988</li> <li>• Capítulo XI Código ISPS</li> </ul>	Mayo 1980 Mayo 1981 Febrero 2000 Junio 2004
Convenio Internacional sobre las Regulaciones de la Prevención de Abordajes en el Mar	Julio 1977 (Enmendado 1981, 1987, 1989, 1993 y la resolución A.910 (22) de noviembre 2001.



Instrumento	Entrada en Vigor
Convenio Internacional sobre la Formación, Capacitación, Certificación y Guardia de la Gente de Mar (STCW) 1978, Enmendado 1995	Abril 1984 Febrero 1997
Convención Internacional sobre Búsqueda y Rescate (SAR), 1979. Revisado por el MSC <sup>2</sup> .70(69)	Junio 1985 Enero 200
Convención sobre la Organización Marítima Internacional por Satélite 1975/76 (IMSO)	Julio 1979 Enmendado en 1985 y 1989)
Convenio Internacional sobre la Prevención de la Contaminación por Buques, 1973 y enmendado en 1978 (MARPOL 73/78)	Octubre 1983
Convenio Internacional sobre el Control de la Gestión de Agua de Lastre y Sedimentos.	Adoptado en el 2004, entrada en vigor 12 meses después de ratificación por 30 países.
Convenio Internacional sobre la Preparación, Respuesta y Cooperación de la Contaminación por Hidrocarburos.	Mayo de 1995

Si bien es cierto que los convenios internacionales recomiendan la implementación de sistemas de control de tráfico marítimo, existen varios países que han incorporado estas recomendaciones a su normativa nacional, especialmente porque contribuye como se mencionó anteriormente a la seguridad de la navegación y la prevención de la contaminación, esto debido a que el control del tráfico marítimo permite reducir el riesgo en las diferentes áreas de navegación, igualmente uno de los factores importantes que permitió a los países más desarrollados mantener estos sistemas también fue la implementación del Código PBIP ya el VTS se transforma en una herramienta para minimizar las amenazas a los buques y al puerto.

La Asociación Internacional de Autoridades en Ayudas a la Navegación Marítima y Faros (IALA), considera al VTS como una ayuda a la navegación es por ello que dentro de su estructura organizacional mantiene el Comité de VTS 3, tiene una estrecha relación de cooperación con la OMI en cuanto a la seguridad de la navegación.

El principal documento de políticas y regulación del servicio de tráfico de buques es la Resolución OMI. A. 857(20) "Guidelines for Vessel Traffic Service", adoptada en noviembre de 1997. Esta resolución como su predecesora publicada en 1985, fue extraída de trabajos del Comité VTS de la IALA.

### 21.3.8.2.2 Configuración General

La estación de monitoreo puede ser de dos tipos según su uso: Estación de Control de Tráfico Marítimo y Estación de Vigilancia Costera.

En el caso de la APG se orienta hacia una Estación de Control de Tráfico Marítimo, puesto que estas son más empleadas en los puertos, canales o áreas costeras que requieren dar asistencia a los buques durante su tránsito o embarque/desembarque en

<sup>2</sup> Comité de Seguridad Marítima OMI

<sup>3</sup> Vessel Traffic Service (Servicio de Tráfico de Buques)

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-54



las áreas de interés. Estas estaciones tienen recurso humano especializado en las tareas de tráfico marítimo.

La Estación de Control de Tráfico Marítimo puede estar constituida por el Centro de Monitoreo VTS y Estaciones de Monitoreo. Los componentes principales que conforman una Estación de Monitoreo son sensores:

- Radar
- Sistema Automático de Identificación de Buques (AIS por sus siglas en inglés)
- Circuito cerrado de televisión o CCTV

Otros equipos pueden complementar las estaciones de monitoreo como sistemas meteorológicos y sistemas de comunicación según las necesidades particulares de las estaciones.

Las Estaciones de Monitoreo pueden estar ubicadas en sitios remotos donde los servicios públicos como la energía eléctrica y las comunicaciones son limitados. Cuando la energía eléctrica es limitada se pueden utilizar un sistema de generación eléctrica alternativo como el de energía solar. Cuando no hay disponible un sistema de comunicación fijo (alámbrico) se diseña e instala un sistema inalámbrico para transmitir la data generada en la estación de monitoreo al centro de comando (Centro de Monitoreo VTS).

Para lograr la integración de las estaciones de monitoreo en un Centro de Comando se requiere un programa (“software”) robusto y escalable. Este programa se conoce como un Sistema de Tráfico e Información Marítimo (VTMIS de sus siglas en inglés). Generalmente el VTMIS integra diferentes tipos de sensores (radares, AIS, etc.) y de diferentes marcas comerciales haciendo posible la operación del sistema confiable y seguro.

#### ➤ **El Radar**

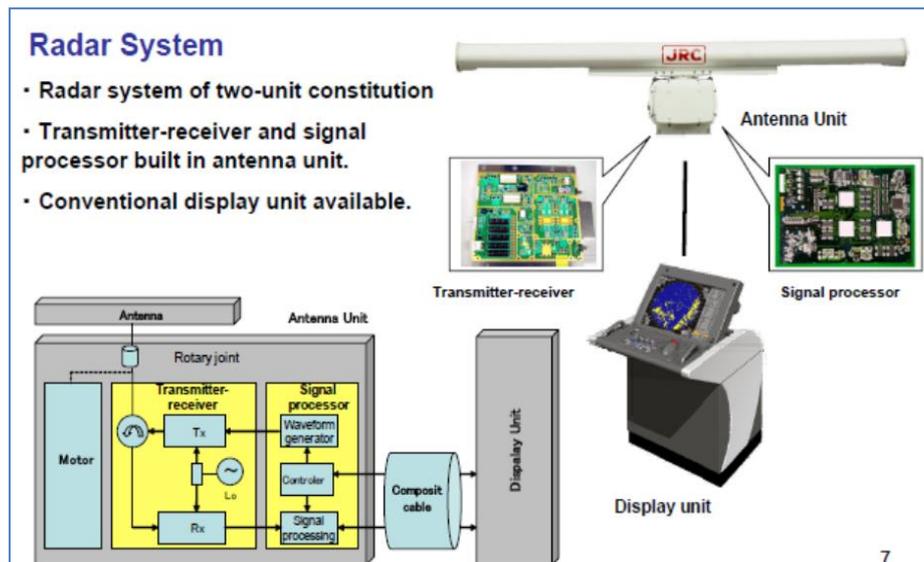
El radar es un dispositivo que utiliza las ondas electromagnéticas para entre otras cosas medir distancia, dirección y velocidad de blancos u objetivos que pueden ser estáticos o móviles como los buques o embarcaciones marítimas. Este dispositivo emite un pulso de radio que se refleja en el blanco y se recibe en el emisor.

Un sistema de radar básico consta de la antena o sensor, el transmisor-receptor, el procesador de señal y la unidad de presentación o despliegue.

La capacidad de detección de blancos depende de dos factores principales del sensor o antena y del procesador de señal que puede ser físico y/o con un programa (“software”) que analiza a través de algoritmos complejos las señales captadas por el sensor.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-55

Figura 38. Configuración Básica de un Radar



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

### ➤ Sistema Automático de Identificación de Buques (AIS)

El AIS es una tecnología basada en transpondedor que permite el seguimiento de los buques de navegación marítima desde las estaciones en tierra y desde otras embarcaciones. Los AIS operan en la banda marítima de VHF y son capaces de enviar información como la identificación del buque, posición, rumbo, eslora, manga, tipo, y la información de proyecto, carga peligrosa, a otros buques y estaciones terrestres.

Estos informes y mensajes de los buques están normalmente en modo de emisión y autónomo lo que significa que cualquier otro buque, aeronave o en estaciones de tierra que participen dentro del alcance de radio VHF puede monitorear las transmisiones y actualizar automáticamente los informes de cada embarcación participante.

Todos los buques SOLAS y los más de 300 toneladas de registro bruto están ahora equipados con clase A AIS. En ese momento, la mayor parte del tráfico de buques de carga que ingresen al Canal de Acceso del Puerto de Guayaquil será capturado a través de AIS.

### ➤ Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)

El CCTV se utiliza para proyectar la imagen del blanco u objetivo localmente o remotamente en el Centro de Comando. Generalmente se utiliza un sistema que permite la detección, reconocimiento e identificación de objetivos durante el día y la noche a través de una variedad de matices de color gris/oscuro. El CCTV consta de una cámara de color para proyectar los blancos de día y una cámara térmica para proyectar los blancos durante la noche sobre una montura motorizada muy precisa que permite la movilidad de la cámara tanto horizontal como vertical.

El CCTV se integra con el radar de tal forma que automáticamente sigue el blanco u objetivo. También, tiene la opción de ser operado manualmente a conveniencia del operador.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-56

Figura 39. Ejemplo de Camaras de Vigilancia (CCTV)



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

### 21.3.8.3 Configuración del Sistema en el Canal de Acceso del Puerto de Guayaquil

#### 21.3.8.3.1 Riesgos a la Navegación en el Canal de Guayaquil

Conforme se analizó en el Capítulo 13 del presente estudio se determinó las áreas de mayor riesgo a la navegación y que se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 10. Riesgos Identificados por Tramos Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil

	VARAMIENTO	COLISIÓN	
TRAMO	VALOR TOTAL DEL RIESGO	VALOR TOTAL DEL RIESGO	TOTAL
Tramo 1	32	41	73 (13,44%)
Tramo 2	44	50	94 (17,31%)
Tramo 3	35	47	82 (15,10%)
Tramo 4	41	50	91 (16,7%)
Tramo 5	53	59	112 (20,62%)
Tramo 6	38	53	91 (16,7%)
<b>TOTAL</b>	<b>243</b>	<b>300</b>	<b>543</b>

Fuente: Grupo de Trabajo 2012

Como se puede identificar el mayor riesgo existe en el tramo 5, seguidos por los tramos 2, 4 y 6, respectivamente, y tomando en consideración conforme la propuesta de reducir el ancho del canal pero mantener una mayor profundidad para ingreso de buques con mayor calado es necesario minimizar los riesgos en accidentes como varamientos y colisión, igualmente existe el área conocida como CUARENTENA, en el cual se debe brindar seguridad, puesto que en ésta permanecen los buques mercantes fondeados en espera de muelle, y se han presentado incidentes de robo. A continuación se muestra una carta de la evaluación de riesgos del Canal de Acceso de Guayaquil, en función del cual se debe caracterizar las soluciones y equipamiento al sistema del VTS.

Figura 40. Riesgos Carta de Evaluación de Riesgos por Tramos en el Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

### 21.3.8.4 Determinación de Puntos y Áreas de Cobertura

#### 21.3.8.4.1 Cobertura Radárica

Para determinar la cobertura radárica en un sistema VTS es necesario primeramente determinar el tipo de contacto que se desea detectar y se va a asistir en el control de tráfico marítimo, en este caso se considera superiores al de nivel 4, es decir sobre una superficie radárica transversal más de 40m<sup>2</sup> (RCS) y material metal.

Tabla 11. Clasificación de contactos para detección de radares en sistemas VTS

TARGET	Type of Capability			Design Requirements		
	Basic	Standard	Advanced	Radar cross section		Height of Target
				S-band	X-band	
1 Aids to Navigation etc. – without radar reflector. Small open boats, fibreglass, wood or rubber with outboard motor and at least 4 meters long, small speedboats, small fishing vessels, small sailing boats and the like.			X		1 m <sup>2</sup>	1 m ASL
2 Inshore fishing vessels, sailing boats, speedboats and the like.			X		3 m <sup>2</sup>	2 m ASL
3 Aids to Navigation with radar reflector.		X	X	4 m <sup>2</sup>	10 m <sup>2</sup>	3 m ASL
4 Small metal ships, fishing vessels, patrol vessels and the like.	X	X	X	40 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	5 m ASL
5 Coasters and the like.	X	X	X	400 m <sup>2</sup>	1,000 m <sup>2</sup>	8 m ASL
6 Large coasters, bulk carriers, cargo ships and the like.	X	X	X	4,000 m <sup>2</sup>	10,000 m <sup>2</sup>	12 m ASL
7 Container carriers, tankers etc.	X	X	X	40,000 m <sup>2</sup>	100,000 m <sup>2</sup>	18 m ASL

Fuente: (IALA Recomendación V-128)

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-58

Para determinar el tipo de radar que se requiere se debe observar los procedimientos de selección que se detallan en la Recomendación de la IALA V-128, puesto que esto implicaría costos si se escoge una alternativa muy costosa y que va a ser subutilizada, sin embargo el presente trabajo es un documento de referencia para la configuración del sistema VTS en el control de tráfico marítimo en el acceso al canal del Puerto de Guayaquil, por lo que se estima el factor básico conforme a la fórmula de cobertura radárica, la altura de la antena del radar a la cual debería estar para tener una cobertura para el tipo de blanco definida para 10Mn, esto sin embargo es un resultado preliminar ya que los estudios de propagación determinarán los sectores ciegos que el radar por situaciones geográficas no pueda recibir una señal ya que existe obstáculos para esto.

Uno de los factores que afectan al alcance de un radar es la altura de la antena y la altura del contacto, por lo que el alcance del radar se define con la fórmula que se indica a continuación y se incluye una tabla de la altura del contacto y de la antena para determinar el alcance visual (por horizonte) que tiene el radar.

$$R_{\text{máx}} = 2,2 \times (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \text{ donde}$$

$R_{\text{máx}}$ : horizonte radar (millas)

$h_1$ : altura de antena (mts)

$h_2$ : altura del blanco (mts)

**Tabla 12. Altura de Antenas y detección de blancos**

Altura de la antena del radar (metros)								
Altura del blanco (mts)	50	100	150	200	250	300	350	400
1	17,76	24,20	29,14	33,31	36,99	40,31	43,36	46,20
2	18,67	25,11	30,06	34,22	37,90	41,22	44,27	47,11
3	19,37	25,81	30,75	34,92	38,60	41,92	44,97	47,81
4	19,96	26,40	31,34	35,51	39,19	42,51	45,56	48,40
5	20,48	26,92	31,86	36,03	39,70	43,02	46,08	48,92
6	20,95	27,39	32,33	36,50	40,17	43,49	46,55	49,39
7	21,38	27,82	32,77	36,93	40,61	43,93	46,98	49,82
8	21,78	28,22	33,17	37,34	41,01	44,33	47,38	50,22
9	22,16	28,60	33,54	37,71	41,39	44,71	47,76	50,60
10	22,51	28,96	33,90	38,07	41,74	45,06	48,12	50,96
11	22,85	29,30	34,24	38,41	42,08	45,40	48,45	51,30
12	23,18	29,62	34,57	38,73	42,41	45,73	48,78	51,62
13	23,49	29,93	34,88	39,04	42,72	46,04	49,09	51,93
14	23,79	30,23	35,18	39,34	43,02	46,34	49,39	52,23
15	24,08	30,52	35,46	39,63	43,31	46,63	49,68	52,52

Fuente: Grupo de Trabajo 2012

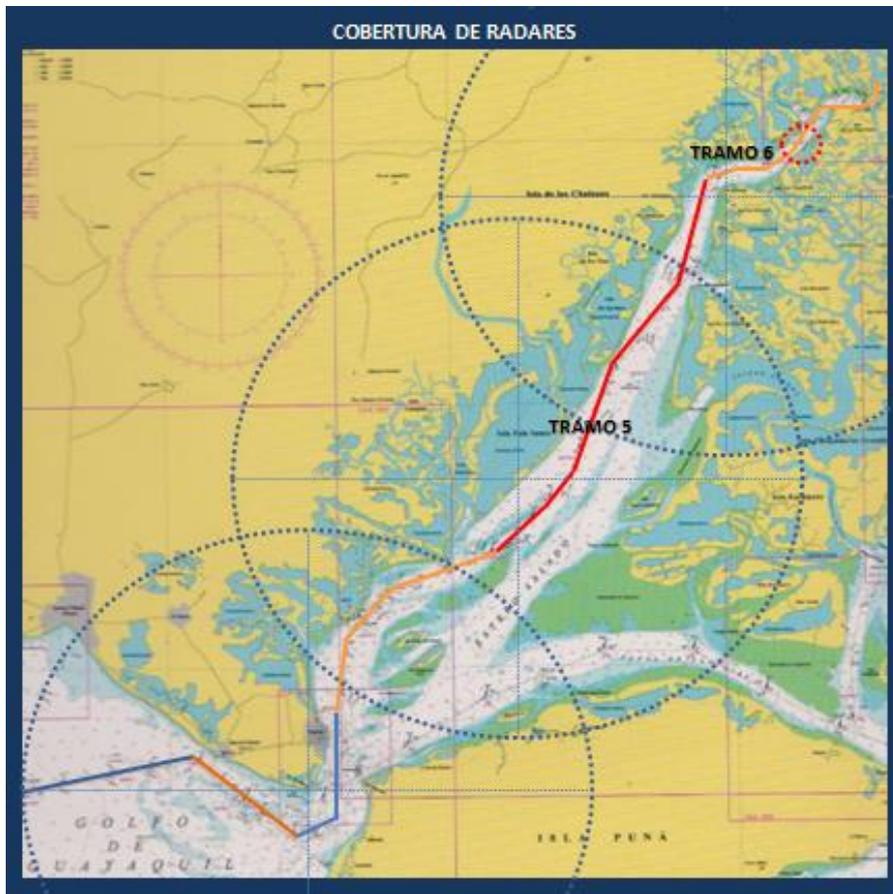
En la siguiente figura se expone un área de cobertura recomendada para tres puntos de monitoreo de radares, puesto que la configuración del canal hacen que mínimo se instale tres estaciones remotas de monitoreo, los círculos de cobertura determinan un radio de 10 millas, lo cual está dentro de los rangos aceptables de identificación de contactos.

Como podemos observar los puntos seleccionados a fin de tener una mejor cobertura son: Punta El Morro, Isla de La Seca y Punta Samper, no se ha analizado las instalaciones que dispone APG para su instalación, y si tiene generación eléctrica, sin

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-59

embargo si se colocaría en otros puntos, posiblemente esto implique aumentar puntos de estaciones de monitoreo ya que existirían puntos ciegos.

Figura 41. Cobertura Projectada de Radares



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

#### 21.3.8.4.2 Cobertura de Cámaras

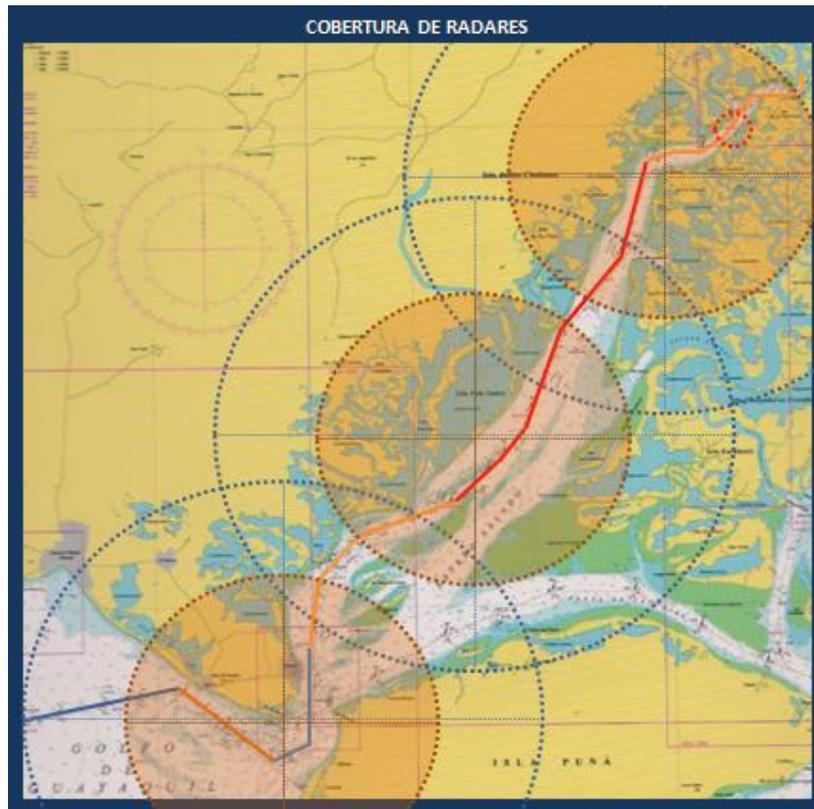
La cobertura de las cámaras tienen que ser en función de la densidad del tráfico de buques, ya que pueden estar cubriendo un tramo específico y necesitarse en otro, lo cual implicaría tener más de una cámara en un punto, sin embargo en forma general se estima que deba tener una cámara como mínimo en cada estación remota, es decir debería existir, tres cámaras, igualmente se debe tomar en cuenta que el costo de una cámara va a depender de la configuración de la misma, es decir si sirve para día y noche, si es térmica y el alcance de la misma.

Por otra parte si bien es cierto que existen cámaras menos costosas pero tienen poco alcance, por lo tanto implicaría mayor infraestructura para instalarlas a lo largo del canal de acceso.

A continuación se considera una cobertura de las cámaras para una distancia de 5 Mn, en los puntos de las estaciones remotas lo que permite tener la siguiente cobertura.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-60

Figura 42. Cobertura Proyectada de Cámaras (CCTV)



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

#### 21.3.8.4.3 Cobertura de AIS

En lo que respecta a los sensores de AIS, son equipos VHF, por lo tanto están limitadas únicamente a propagación de las ondas electromagnéticas, en promedio esta cobertura alcanza las 30 Mn, por lo tanto con dos equipos sería suficiente, sin embargo el costo de implementación no es muy alto por lo que se recomendaría tener en las tres estaciones remotas. Por otra parte este sistema ya está implementado en el canal de acceso, lo que se requeriría es la integración de los equipos existentes al VTS.

#### 21.3.8.4.4 Cobertura de Comunicaciones

Los sensores, como radares, cámaras, pueden utilizar internet para el envío de datos, sin embargo, en los puntos seleccionados y a lo largo del canal se tiene una baja señal de este tipo de servicio por lo que se recomienda un enlace microondas con una capacidad de envío de datos de video, con una red destinada a ese servicio.

#### 21.3.8.5 Configuración por Cada Punto Remoto

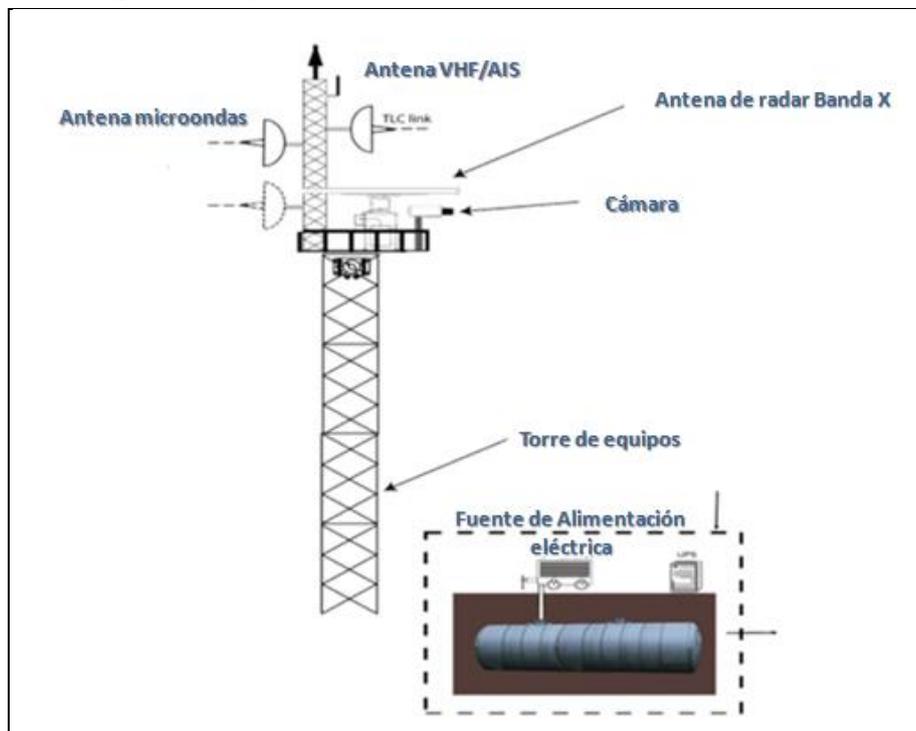
La configuración básica de cada punto remoto señalado anteriormente su posición es conforme la siguiente descripción:

- Sensores
  - Radar
  - Cámara

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-61

- AIS
- Infraestructura
  - Obra Civil
  - Obras Metálicas (torres)
- Comunicaciones
  - Sistema de microondas
- Alimentación Eléctrica
  - Cableado de la red comercial
  - Generador
  - Paneles solares

Figura 43. Componentes Generales de una estación de monitoreo remoto



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

### 21.3.8.6 Configuración General

La configuración general del sistema comprende las estaciones de monitoreo remotas y el Centro de Comando, en el presente trabajo se expone la configuración con tres estaciones remotas y un Centro de Mando, el cual estaría en la Autoridad Portuaria de Guayaquil.

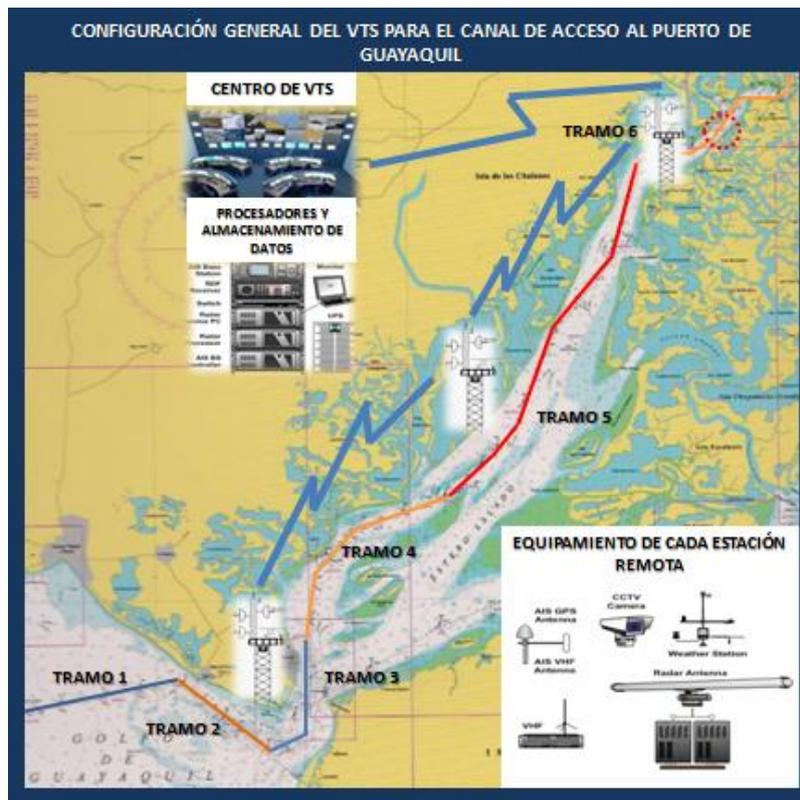
La configuración general se suma a la configuración de cada estación remota y la infraestructura y equipamiento del Centro de Mando, el cual debe tener el siguiente equipamiento básico.

- Pantallas de visualización para cada radar
- Pantalla de visualización para cada cámara

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-62

- Equipos de Comunicación VHF-DSC, y portuario
- Sistema de almacenamiento de datos
- Hardware del sistema
- Software del sistema
- Estaciones de trabajo

Figura 44. Configuración General del Sistema VTS



Fuente: Grupo de Trabajo 2012

### 21.3.8.7 Características Generales de los Equipos

La Recomendación IALA V-128 “Operational and Technical Performance Requirements for VTS Equipment”, hace una descripción de las características generales que debe tener los equipos de los sistemas VTS, y le categoriza en tres niveles en el performance de cada equipo (sensor) un Básico, Estándar y Avanzado; como se observa en la tabla2, que es parte de las recomendaciones de la citada resolución, para el tipo de buques al cual se quiere orientar el control de tráfico marítimo las tres configuraciones pueden dar este servicio, sin embargo se debe tomar en cuenta que mientras mejores son las especificaciones de los sensores el costo de los mismos se eleva.

Por otra parte es necesario tener en cuenta que los sensores van a trabajar 24/7 por lo tanto su disponibilidad sería de un 99%, y en vista que los puntos para reparar los sistemas no son tan accesibles, es recomendable analizar el Tiempo Medio entre Fallas el MTBF el cual principalmente para el radar no debe ser inferior a 20,000 horas.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-63

### 21.3.8.8 Sensores

#### 21.3.8.8.1 Radares

La configuración para este tipo de sensor es necesaria analizarla en función de la tarea que va a desarrollar, el tipo de contacto que requiere mantener un control y la meteorología del lugar, si se pone un radar de las mejores características este puede llegar a tener un costo muy elevado, por lo tanto se debe tomar en cuenta que se requiere tres radares, el alcance visual (por la configuración del canal) es máximo de 10 millas, si se recomienda que su MBTF no sea inferior a 20,000 horas y que cumplan las siguientes características generales para poder tener una mejor discriminación:

- Radar estado sólido en banda X
- Compresión de pulso y procesamiento coherente
- Agilidad de frecuencia y diversidad de frecuencia
- Procesamiento de pulso efecto doppler
- Antena de entre 9 y 12 pies
- Cumpla las Regulaciones IALA V-128

#### 21.3.8.8.2 Cámaras

Las cámaras de vigilancia también pueden tener una variada configuración y características lo que se debe tomar en consideración es que la de mejor capacidades tiene que estar en el punto de interés de seguridad es decir entre el tramo 5 y 6, puesto que en este se tiene el área conocida como CUARENTENA, y tiene una incidencia de riesgo por robo, por lo tanto requiere una cámara con mejores características y alcance para una vigilancia diurna y nocturna. Por lo anteriormente expuesto estas cámaras deben poder cumplir las siguientes funciones:

- Visión Diurna y Nocturna
- Visión Térmica/Inflaroja (cámara punto de interés de seguridad)
- Alcance mínimo de 5 Mn para contactos de 1.000 RCS (buques mercantes)
- MTBF mínimo de 10,000 horas
- Conexión para control remoto (Ethernet TCP/IP)
- Cumpla las Regulaciones IALA V-128

#### 21.3.8.8.3 AIS

En lo que respecta al equipo AIS se debe tener en consideración si se va a colocar solo pasivo u activo, la diferencia entre el uno y el otro es que el activo sirve para transmitir datos a los buques, pero orientados a información de seguridad marítima, en forma general el equipo debe tener la siguiente estructura:

- Receptor AIS primario
- Receptor AIS secundario
- Frecuencia entre 161.975 / 162.025 MHz
- Ancho de banda de 25 KHz.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-64

- Velocidad de datos de 9600 bps
- Antena de estación AIS primaria
- Antena de estación AIS secundaria.
- Cumpla las Regulaciones IALA V-128

#### 21.3.8.8.4 Software de Control

El software de control puede tener una variada configuración conforme a la necesidad del usuario, sin embargo lo que se recomienda es que cumpla las siguientes funciones:

- Cumpla las Regulaciones IALA V-128 y del Manual VTS del 2008
- Procesador de datos y señales
  - ✓ Multiradar tracking
  - ✓ Fusión multisensor
- Administración del sensor remoto
  - ✓ Control de sensores
  - ✓ Recepción de señales de sensores
  - ✓ Administración BITE
- Control de reglas de navegación
- Apoyo a la navegación en canales angostos
  - ✓ Control de distancia entre buques
  - ✓ Alarmas de navegación fuera de la línea de navegación
  - ✓ Control de la dirección de tráfico
- Monitoreo de Buques con Carga Peligrosa
- Información del puerto PBIP
- Soporte de Búsqueda y Rescate
- Sistemas de Control de Alarmas del Sistema VTS (control de fallas)

#### 21.3.8.8.5 Hardware

El equipamiento del hardware debe tomar en consideración las siguientes funciones que debe cumplir la arquitectura del sistema:

- Cumpla las Regulaciones IALA V-128 y del Manual VTS del 2008
- Multiradar tracking y fusión

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-65

- Integración de cámaras TV/IR
- Integración de AIS
- Presentación de pantallas
- Integración de sensores de viento, hidrología, etc.
- Almacenamiento de datos
- Alarmas visuales y de audio
- Generación y administración de reportes
- Administración de la base de datos
- Interfaces con sistemas externos

#### 21.3.8.8.6 Comunicaciones

El estudio técnico de la capacidad de envío de datos de los diferentes sensores, determinará la configuración de la capacidad requerida, se puede estimar que se requeriría el equipamiento de radio enlace vía microondas con disponibilidad mínimo de entre uno y dos E1.

#### 21.3.8.8.7 Estaciones Meteorológicas

Se debe definir si la configuración del sistema contendría este tipo de sensores, que permita tener información disponible para los buques en lo que respecta a viento, corriente, nivel de lluvia entre otros.

#### 21.3.8.8.8 Infraestructura

**Obras Civiles.-** En los puntos seleccionados o en aquellos que se debe implementar, se debe tomar en consideración la infraestructura necesaria para el almacenamiento de equipos de la estación remota (que son mínimos) y de la generación eléctrica, el cerramiento, entre otras.

**Obras Metálicas.-** Las torres donde se instalarán los sensores, es recomendable que tenga una altura de entre 30 y 50 metros, debido a que existen a lo largo del canal el manglar que podría obstaculizar la visualización de los sensores. Los diseños técnicos de este tipo de torres también se deberá realizarlo en función del resultado de los estudios de suelo y pesos que soportaría.

#### 21.3.8.8.9 Generación Eléctrica

Al inspeccionar los diferentes sitios y determinar los más adecuados para la instalación de las torres y sus sensores, es necesario determinar si existe posibilidad de conectarse a una línea pública (condición ideal) y en caso de instalar generadores con almacenamiento de combustible si existe el acceso (terrestre-fluvial) para abastecer logísticamente a esa estación remota y mantener el poder de generación eléctrica, o de ser el caso la instalación de paneles solares, en caso de ser así es necesario que los equipos (sensores) que se instalan deben ocupar la menor capacidad posible de poder eléctrico. Igualmente se debe tener en consideración que el sistema de VTS debe estar funcionando 24/7 por lo tanto debe tener un sistema de generación eléctrica de contingencia y de encendido automático.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-66

#### 21.3.8.8.10 Sistema de Seguridad

Puesto que las estaciones remotas, son instaladas en lugares en los cuales es difícil mantener personal permanente trabajando, es necesario que se tenga ciertos niveles de seguridad, como son alarmas audibles, cámaras de vigilancia, multicerramiento entre otros sistemas.

#### 21.3.8.9 Requisitos para la instalación de un VTMS

##### 21.3.8.9.1 Estudios necesarios para determinar la configuración al detalle

Como se mencionó anteriormente en el presente trabajo se expone una configuración general del sistema VTS para el control de tráfico marítimo en el Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil, sin embargo es necesario que se ejecuten los respectivos estudios de detalle para determinar la configuración final del sistema y para ello es necesario realizar los siguientes estudios, adicionalmente es recomendable cumplir el procedimiento de determinación de necesidades que lo establece en el Manual de VTS de la IALA, la Recomendación IALA-V-127 "Operational Procedures for Vessel Traffic Services" y la Recomendación IALA V-128 "Operational and Technical Performance Requirements for VTS Equipment".

- Estudios de Propagación de los Sensores y Comunicaciones
- Estudios de Suelos para la Infraestructura
- Estudios de Diseño para Infraestructura
- Estudio de Especificaciones Técnicas de los Sensores conforme al tipo de buques que requiere mantener el control.
- Estudio sobre el sistema de Telecomunicaciones
- Estudio sobre Software y Hardware para las Interfaces de Integración
- Estudios de Impacto Ambiental
- Estudios de Suelo
- Recursos Humanos y Capacitación

#### 21.3.8.10 Presupuesto Estimado

El presupuesto presentado en el presente informe, toma de referencia de varios equipos, en un costo promedio, principalmente en los sensores, que conforme a sus características de detalle pueden incrementar su valor, por ejemplo un radar en banda Ka, que tiene una alta definición de detalle para contactos de 2m<sup>2</sup> RCS, tiene un alcance para ese tipo de contactos de 6 Mn, serviría para detectar y mantener el control de tráfico de todas las embarcaciones mayores y menores del canal de acceso incluso de incursiones anfibia (personas) pero este radar puede estar costando un promedio de \$500.000,00; por otra parte un radar estándar de magnetron de 25KW que es utilizado generalmente en los buques para navegación oscila en un valor de \$50.000,00; igualmente son las cámaras, todo va a depender de la necesidad planteada y las características y alcances requeridos, por ejemplo una cámara optrónica diurna/nocturna y térmica con un alcance de 10Mn para contactos de 40m<sup>2</sup> de RCS (embarcación menor a 20TRB) puede costar un promedio de \$400.000,00 y una cámara de menores características de 5Km de alcance diurna y nocturna puede costar \$40.000,00.

Por lo anteriormente expuesto es necesario que se siga el procedimiento para determinación de necesidades del sistema VTS, con una evaluación de los riesgos

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-67

potenciales a la navegación, a la seguridad y a la contaminación que establece el Manual de VTS-2008 de la IALA y la Recomendación IALA-V-127 “Operational Procedures for Vessel Traffic Services” y la Recomendación IALA V-128 “Operational and Technical Performance Requirements for VTS Equipment”.

Igualmente el presupuesto de los estudios esta realizado para tres puntos de las estaciones remotas y el centro de mando en APG-Guayaquil.

**Tabla 13. Presupuesto Estimado de Instalación de un Sistema VTS para Control de Tráfico en el Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil**

Componentes del Sistema	Valor Unit. Referencial (Instalado)	Punta de El Morro	Isla de la Seca	Punta Samper	Centro de Mando APG
<b>1.- Estudios técnicos de diseño del sistema VTS</b>					
Estudios de configuración y necesidades del sistema VTS	\$20.000				1
Estudios de propagación, de suelo, impacto ambiental, de infraestructura	\$60.000	1	1	1	
Estudios de detalle de características de equipos (hardware, software, comunicaciones) y sensores	\$10.000	1	1	1	1
<b>2. Sistema de Vigilancia Marítimo</b>					
Radar Estandar	\$200.000	1	1	1	
Cámara Multisensor Visual/IR/Termica	\$200.000			1	
Cámara Visual Diurna Nocturna	\$100.000	1	1		
Estación Receptora AIS Primaria	\$15.000	1		1	
Estación Receptora AIS Secundaria	\$10.000		1		
Antena AIS estación primaria 8 dB	\$5.000	1		1	
Antena AIS estación secundaria 3 dB	\$4.000		1		
Pantallas de visualización	\$2.000				6
<b>3. Obras Metal Mecánicas</b>					
Torre Cuadrada 30 a 40 m	\$120.000	1	1	1	
Shelter - Armario Metálico	\$12.000	1	1	1	
<b>4. Obras Eléctricas y Accesorios</b>					
Generador de Emergencia 8KW	\$10.000	1			
Rectificador, Power Plant 8KVA	\$8.000	1			
Tanqueria de combustible	\$10.000	1			
Banco de Baterías 8 horas	\$18.000		1	1	
Varios	\$50.000	1	1	1	
Sistema de alimentación solar Paneles solares de 8KW (71 KWPA)	\$120.000		1	1	
<b>5. Seguridad</b>					
Sist. Seguridad Centros de Monitoreo (C/I, Acceso, Video y Eléctrico)	\$10.000	1	1	1	
Sistemas de seguridad Sitios Radar (C/I, Acceso y Eléctrico)	\$90.000	1	1	1	
Sistema perimetral de Seguridad	\$15.000	1	1	1	
<b>6. Obra Civil</b>					
Cerco Perimetral o/alambrado de cuchilla en borde superior + Base Shelter	\$20.000	1	1	1	
Cimentación de la torre 30 a 50m	\$30.000	1	1	1	
Adecuación y equipamiento	\$30.000				1
<b>7. Telecomunicaciones</b>					
Radios Microondas ( Incluye instalación y antena)	\$50.000	1	1	1	1
<b>8. Capacitación Operadores</b>					
Curso de capacitación por operador	\$2.000				12
<b>Costo por Sitio/Estación</b>		\$815.000	\$919.000	\$1.025.000	\$146.000
<b>TOTAL DE INVERSIÓN</b>		<b>\$2.905.000</b>			

*Nota: El presupuesto es estimado en relación a un precio promedio de los sensores y equipamiento, sin embargo el estudio de detalle determinará que tipo de equipamiento requiere el sistema VTS y un equilibrio de costo/efectividad*

Fuente: Grupo de Trabajo 2012

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: 0	Página
Asociación Geostudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-68

### 21.3.9 Mejoramiento del Sistema de Boyado y Balizamiento

Como se ha explicado, la reconfiguración náutica del canal, implica considerar que se va a tener un canal con dimensiones menores a las que las Recomendaciones de Obras Portuarias lo establecen, por lo que a más de la implementación del Sistema VTS, se debe realizar un mejoramiento del Sistema de Boyado y Balizamiento del Canal.

#### 21.3.9.1 Señalización Marítima y Ayudas a la Navegación

Las ayudas a la navegación marítima son los dispositivos externos al buque que está diseñado y construido para mejorar la seguridad a la navegación y facilitar el tráfico marítimo. Las ayudas visuales a la navegación están construidas para comunicar un navegante a bordo de un buque información que le pueda ayudar en la tarea de navegación, el proceso de comunicación se conoce como señalización marítima. La IALA es la organización mundial que norma la señalización náutica en el mundo, con todas sus características y uso.

#### 21.3.9.2 Normativa en relación a la Señalización Marítima

El Ecuador consta como Miembro Nacional de la Asociación Internacional de Señalización Marítima (IALA), la cual norma, diseña y promulga el Sistema Internacional de Balizamiento, que describe las características de las ayudas a la navegación utilizadas a nivel mundial y zonifica las partes del Mundo que lo utilizan, tal cual como se indica en el Anexo "F" SISTEMA DE BALIZAMIENTO MARÍTIMO DE IALA 2010.

Como norma nacional, en el Ecuador existe y se encuentra vigente la Ley de Faros y Boyas, misma que en sus considerandos menciona que es necesario instalar y mantener un Servicio de Faros y Boyas en los mares territoriales y ríos del Ecuador, de acuerdo a las actuales exigencias de la seguridad para la navegación. De igual forma incluye el pago de una tarifa por el uso de este servicio a todas embarcaciones nacionales y extranjeras que naveguen en mares y ríos del Ecuador y recalen en alguno de sus puertos.

En el artículo 8 de la Ley de Faros y Boyas consta también que el derecho que se establece por esta Ley es sin perjuicio de los cobros por concepto de mantenimiento de boyas y faros y demás facilidades a la navegación dentro de la zona marítima y fluvial sobre la cual la Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG) tiene jurisdicción y los cuales están considerados dentro de los Derechos Portuarios que se cobran a las naves o Agentes, de acuerdo a la "Reglamentación y Tarifa Puerto de Guayaquil"; entendiéndose entonces que la responsabilidad directa de la señalización marítima del canal de acceso al Puerto Principal es de APG.

#### 21.3.9.3 Boyas y Enfiladas en el Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil

##### 21.3.9.3.1 Boyas

Se define una boya como una ayuda flotante menor, normalmente iluminada aunque hay casos en los que no se instala luz.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-69



Estos tipos de ayudas a la navegación están específicamente reguladas por el Sistema de Balizamiento Marítimo de la IALA y suelen tener flotador de formas circulares con un diámetro entre 1 y 3 metros. Además, debido a las limitaciones de la estructura, es aplicable lo siguiente:

- Las que tienen luces están generalmente alimentadas por energía solar o baterías primarias, aunque hay todavía en uso boyas de gas.
- El alcance de la luz está generalmente restringido desde 2 a 5 millas náuticas, aunque en algunas aplicaciones se usan alcances mayores.
- Pueden también disponer de señales sonoras.
- Debido a las limitaciones de espacio y de alimentación, los servicios adicionales son reducidos, pero a veces se montan unidades racon y AIS como complemento de la luz.

### 21.3.9.3.2 Enfiladas

Se define una enfilada como una ayuda fija en tierra, generalmente con dos marcas, las cuales deben alinearse con la proa o popa de un buque, para alcanzar el rumbo deseado.

Considerando que las boyas básicamente marcan los límites laterales de un canal en una vía de navegación donde es seguro navegar, incluyendo también el balizamiento de los peligros naturales, y partiendo de la premisa de que el eje del canal se mantendrá, por las características hidrodinámicas y de reposicionamiento continuo de la que ha sido objeto, se propone mantener el número de Boyas y Enfiladas existentes, con las características actuales, bajo el criterio de disponibilidad permanente<sup>4</sup>.

### 21.3.9.3.3 Diseño o Reposicionamiento de las Boyas

Para el diseño o reposicionamiento de las Boyas, se considerará:

- Precisar el equipamiento, necesidades energéticas y fuentes de alimentación.
- Selección del tamaño del modelo y del tren de fondeo.
- Integración del equipamiento y el suministro de energía.
- Valbración de las necesidades de mantenimiento.
- Técnicas de fondeo y recuperación.
- Protección de los equipos contra daños.
- Capacidad para reparar fallos sin tener que izar la boya.

<sup>4</sup> La probabilidad de que una ayuda a la navegación o sistema de ayudas, de la manera que lo defina la autoridad competente, está cumpliendo su función en cualquier instante. Esto se expresa como un porcentaje del tiempo total que la ayuda o sistema de ayudas debería haber estado cumpliendo su función

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-70

#### 21.3.9.3.4 Diseño de Trenes de Fondeo y Radios de Borneo

El tren de fondeo para una ayuda flotante es la suma de los elementos que la mantienen situada dentro de un área determinada. Esos componentes han de resistir las fuerzas del viento, el oleaje y la corriente sobre su estructura e impedir el garreo. Los métodos para determinar las fuerzas se recogen en la recomendación E107 de la IALA. Las premisas básicas son las siguientes:

- La parte del tren inmediata al anclaje deberá permanecer tangencial al lecho marino bajo cualquier condición de corriente y viento en el lugar.
- El eje de la boya permanecerá vertical bajo las condiciones más habituales de viento y corriente.
- La relación entre la tensión de rotura del tren de fondeo y el esfuerzo calculado no será inferior a 5 para las condiciones más desfavorables de viento y corriente.
- La reserva de flotabilidad de la ayuda flotante completamente equipada será mayor que la combinación de las cargas de viento y corriente en las condiciones más desfavorables.

Para el Radio de Borneo, la recomendación de la IALA para el diseño de trenes de fondeo normalizados (E-107), Mayo 1998, indica que el radio de borneo máximo (radio del círculo de vigilancia) es:

$$r_m = \sqrt{L^2 - H^2}$$

Donde:

$r_m$  = Máximo radio de borneo en metros.

L = Longitud del tren de fondeo en metros.

H = Profundidad en metros. (Definida como la profundidad máxima e incluye el nivel en pleamares vivas y la mitad de la altura máxima de ola en la zona).

La longitud mínima recomendada para un tren de fondeo es:

- $L_{min} = 2H$  para profundidades menores de 50 metros;
- $L_{min} = 1.5H$  para profundidades mayores de 50 metros;

Es importante indicar que este criterio se encuentra ya incluido en el diseño del Canal para los distintos escenarios.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-71

### 21.3.9.3.5 Posicionamiento de Boyas

La situación en la carta de una ayuda flotante indica la posición nominal (verdadera) del ancla o del peso muerto.

En la mayoría de las ayudas flotantes, es posible que el anclaje esté fuera de posición debido a los temporales o que lo esté por los errores cometidos mientras se efectúa la maniobra de fondeo.

Tradicionalmente los pesos muertos han sido largados (fondeados) mientras se tomaban demoras y/o ángulos horizontales con el sextante a marcas visuales fijas. Cuando no se divisaba tierra, el proceso se realizaba mediante radiofaros o ayudas de radio-posicionamiento, y aunque todavía se usa este procedimiento, el uso de receptores DGPS se considera como el método más adecuado debido a su comodidad, elevada precisión y fiabilidad.

Un buque balizador, usando el DGPS, puede situarse en torno a los 10 metros respecto a la posición nominal de la boya en el momento de arriar el fondeo. Si éste es largado libremente, la posición final en el fondo dependerá de la corriente dominante, la profundidad, la forma del muerto y la naturaleza del fondo marino. El controlar el descenso del peso muerto en la operación de fondeo contribuirá sustancialmente a mejorar la precisión en la posición de la boya.

### 21.4 Cálculo de Volúmenes para el escenario recomendado ajustado a la nueva configuración náutica

Con la reconfiguración descrita se procedió a realizar los planos, considerando para ello el mismo track de navegación definido actualmente, se realizaron las secciones cada 50 m y se obtuvo los volúmenes a dragar para una profundidad de 11 metros al MLWS, más 0,25 metros de sobredragado. Los planos y los cálculos se presentan en los anexos de este capítulo. El resumen de los cálculos se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 14. Cuadro resumen volúmenes apertura calculados Escenario Recomendado Ajustado

Escenarios		Volumen en m3 de Dragado de apertura (Material Suelto)	Volumen en m3 de Dragado de apertura (Roca)
1	Reconfiguración Profundidad Náutica 11 metros al MLWS + 0,25 metros de sobredragado	10'366.021,58	185.384,7

Elaborado por: Grupo Consultor

De igual manera con los resultados obtenidos en el Modelamiento Matemático, se calcula el volumen de mantenimiento anual para el escenario ajustado.

**Tabla 15. Cuadro resumen del volumen mantenimiento calculados Escenario Recomendado Ajustado**

Tramo	Long (m)	Ancho (m)	Tasa promedio de sedimentación (mm/m <sup>2</sup> /30 días)	Volumen anual (1E6m <sup>3</sup> )
B3	10850	160	3,4	0,0712
B8A	8300	160	35,0	0,5661
B17	12450	160	34,5	0,8364
B27	15300	164	9,2	0,2819
B48	30500	165	16,8	1,0303
B67	14000	165	8,3	0,2344
<b>TOTAL</b>	<b>91400</b>		<b>107,32</b>	<b>3,02</b>

Fuente: Grupo de Trabajo 2012

**Tabla 16. Cuadro resumen volumen de mantenimiento calculado para el Escenario Recomendado Ajustado para época seca y época húmeda**

Escenarios		Volumen en m <sup>3</sup> de Dragado Mantenimiento (Material Suelto)	Volumen en m <sup>3</sup> de Dragado de Mantenimiento Época Húmeda (Material Suelto)	Volumen en m <sup>3</sup> de Dragado de Mantenimiento Época Húmeda (Material Suelto)
1	Reconfiguración Profundidad Náutica 11 metros al MLWS + 0,25 metros de sobredragado	3'020.000,00	1'932.800,00	1'087.200,00

Elaborado por: Grupo Consultor

Como se indicó, el volumen total de Mantenimiento se obtiene del cálculo de los resultados del Modelo Matemático de Sedimentación, los porcentajes de sedimentación para la Época Húmeda y Época Seca, se estiman en base a los registros porcentuales de sedimentación descritos en el estudio, que indican que el 64% de Sedimentación Anual se produce en Época Húmeda y el 36% en Época Seca.

## 21.5 Dragado del Ajuste del Escenario Recomendado

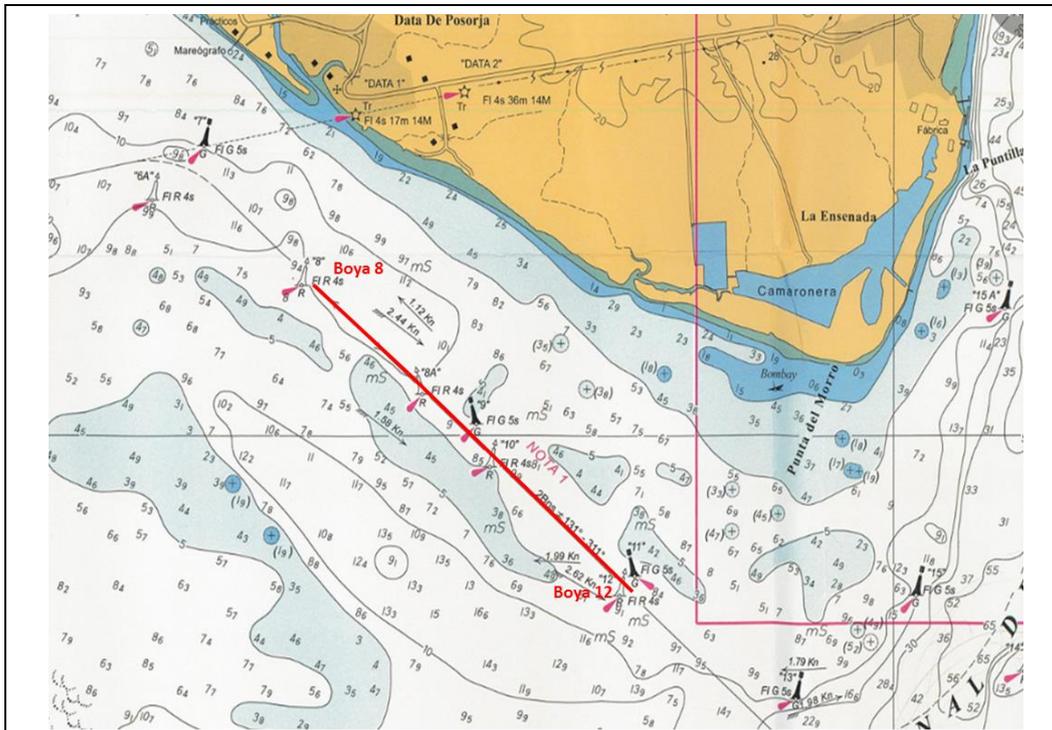
### 21.5.1 Antecedentes

Una vez que se ha ajustado el escenario para el dragado a una profundidad de 11 metros al MLWS, para los “Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño del Canal Actual y Alternativo de Acceso a los Muelles de la Terminal Marítima Simón Bolívar, para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. con respecto al MLWS” se desarrolla los criterios básicos para el dragado de este escenario, en base a lo establecido en el capítulo 17 Estudio de Dragado.

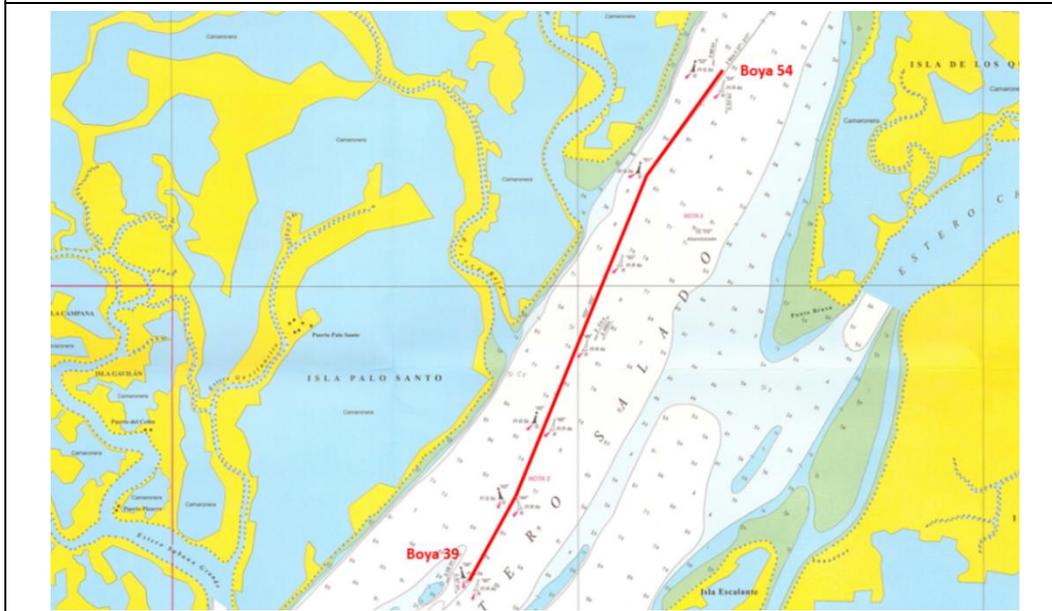
Como ya se indicó, los dos sitios críticos a considerarse por el material predominante, son la Barra Externa (Boyas 7 a la 13) y la Barra Interna (Boya 33 a la 66); y en cada uno de ellos sus sitios críticos, en la Barra Externa (Tramo entre la Boya 8 a 12) y en

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-73

la Barra Interna (Tramo 39 a 54); en el primer caso por la presencia de material rocoso, y en el segundo caso por la alta tasa de sedimentación existente.



**Boya 8 a la Boya 12– Los Goles – Barra Externa – Sector Crítico (Fuente IOA 1070)**



**Boya 39 a la Boya 54 – Barra Interna – Sector Crítico (Fuente IOA 1071)**

Sin embargo, si se realiza el dragado a las profundidades de 10.50 m y 11.0 m, la parte inicial del canal desde la Boya de Mar hasta la Boya 7 también se considera como crítica, ya que de acuerdo al estudio geo sísmico realizado entre las boyas 3 y 5 se encuentra con que posee una capa arenosa de 2.0m, luego de lo cual predomina la presencia de una roca blanda meteorizada hasta una profundidad de 10m.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-74

### 21.5.2 Objetivo General

Describir el procedimiento del Estudio de Ingeniería de Dragado en el Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil, empleando la información obtenida en el ajuste y en los capítulos precedentes.

### 21.5.3 Objetivos Específicos

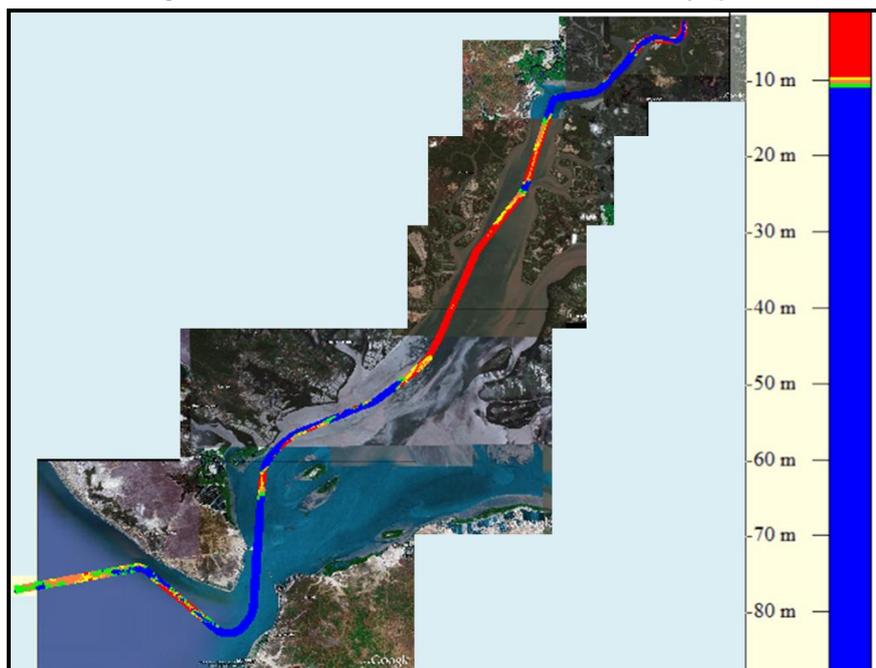
Entre los objetivos específicos se tiene:

- Identificación de las Alternativas de Dragado – Tipos de Dragas
- Metodología de Dragado – Área de Depósito
- Cuantificación del Costo del Dragado - Costos Unitarios
- Programación de Obra

### 21.5.4 Área de Estudio

El Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil se encuentra situado en el Estuario Externo del Golfo de Guayaquil hasta el Canal de El Morro y en el Estuario Interno en el Estero Salado, desde el Canal de El Morro hasta el Sur de la Ciudad de Guayaquil en la confluencia del Estero Salado y el Estero Cobina. El canal se encuentra balizado con 64 boyas (incluido la Boya de Mar hasta la Boya 85) que corresponden a 94+000 Km, el área de Estudio del presente Proyecto abarca desde la Boya de Mar hasta la Boya 80 91+350 Km, a excepción de la Boya 7 a la Boya 10. Sin embargo, para propósitos de integrar todo el canal, se emplearán los resultados del Estudio de Dragado del Área de Los Goles (Boya 7 a la Boya 10), realizada por GEOESTUDIOS (Marzo 2011).

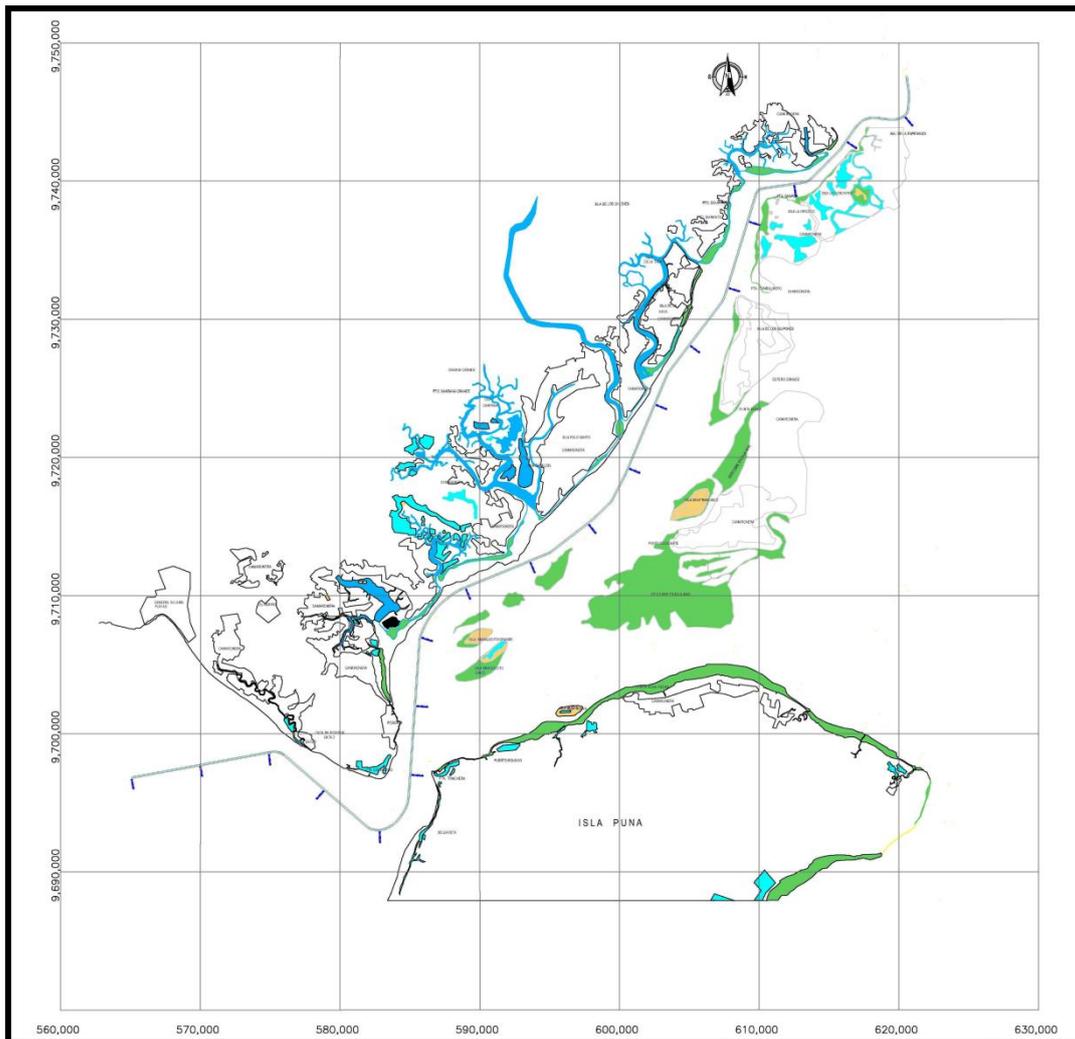
Figura 45. Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil



Fuente: Grupo de Trabajo

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-75

Figura 46. Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil



Fuente: Grupo de Trabajo

### 21.5.5 Escenario Propuesto para el Análisis

Tal como se había definido, el escenario propuesto en función de la recomendación, es dragar el Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil a una profundidad de 11 metros al MLWS con un canal reconfigurado y avalado por el Modelamiento de navegabilidad.

### 21.5.6 Buques de Diseño y Profundidad de Dragado

Se entiende como Buque de Diseño como el buque o conjunto de buques que se utilizarán para el dimensionamiento de los accesos y áreas de flotación; en general se tratará de los buques de mayores exigencias que puedan operar en la zona que se considere, según las condiciones de operación de la misma, considerando los criterios de la Reconfiguración Náutica descrita en este capítulo (simulación) para ajustar el escenario recomendado. Las características de los Buques que pueden ingresar por el Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil con beneficio de marea son:

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-76

**Tabla 17: Buques de Diseño**

BUQUES DE DISEÑO	ESLORA (m)	MANGA (m)	CALADO (m)	OPERATIVIDAD %
Términos de Referencia	320	40	11	78
Buque Empleado en la Simulación	318,2	42,8	11,6	41

Fuente: Grupo Consultor 2012

### 21.5.7 Resultados de la Reconfiguración del Canal a la profundidad náutica de 11 metros al MLWS

Conforme lo obtenido en la reconfiguración del canal, se tiene los siguientes resultados.

**Tabla 18. Resumen de las características del ancho y profundidad del canal**

Tramos	Cadenamiento (km)	Profundidad Proyecto (m)	Ancho (m)
Tramo 1 Boya de mar - Boya 7	0+000 – 10+900	-11.0	160
Tramo 2 Boya 7 – Boya 13	10+900 – 19+150	-11.0	160
Tramo 3 Boya 13 – Boya 17	19+150 – 31+550	-11	160
Tramo 4 Boya 17 – Boya 33	31+550 – 33+300	-11	160
	33+300 – 39+950	-11	170
	39+950 – 46+050	-11	160
	46+050 – 46+650	-11	170
	46+650 – 46+800	-11	160
Tramo 5 Boya 33 – Boya 66	46+800 – 51+900	-11	160
	51+900 – 52+750	-11	170
	52+750 – 62+050	-11	160
	62+050 – 62+650	-11	170
	62+650 – 68+550	-11	160
	68+550 – 69+600	-11	170
	69+600 – 76+850	-11	160
Tramo 6 Boya 66 – Boya 88	76+850 – 77+350	-11	170
	77+350 – 77+750	-11	170
	77+750 – 80+200	-11	160
	80+200 – 81+400	-11	170
	81+400 – 84+000	-11	160
	84+000 – 84+400	-11	170
	84+400 – 85+950	-11	160
	85+950 – 90+700	-11	170
90+700 – 91+300	-11	160	

Fuente: Grupo Consultor 2012

### 21.5.8 Requerimientos de Dragado y sitio de depósito

De acuerdo a los escenarios, propuestos para el Estudio que comprenden dragado del canal a una profundidad de 11.0 m al MLWS, más 0,25 metros de sobredragado.

El área definida para el depósito del material dragado, se encuentra al Sur Oeste de la Enfilada 1; en las coordenadas:

Latitud: 02° 47' 48" Sur; Longitud: 080° 15' 36" Oeste

El punto tiene una profundidad de 35 metros al Promedio de las Mareas más bajas de Siglia (MLWS); teniendo una profundidad de 37,1 metros al Promedio de las Mareas más altas de Siglia (MHWS), y se encuentra a 24 millas con respecto a la media de la barra interna. Con respecto a la barra externa se localiza 3 millas.

Cuando se drague de la Boya de Mar hacia la Boya 12 incluyendo el área de los Goles, para llegar al Área de Deposito de coordenadas (2°, 47'48" S, 80° 15'36" W), se navegará siempre de la boya 7 a la boya 13, con un RV 131°; a partir de la boya 13, a partir de la Boya 13, se navegará dejando a esta por la izquierda, navegando al RV 175° a una distancia de 1,5 Millas Náuticas (MN). Al dragar el interior del Estuario, se navegará por el canal al 180, dejando a la Boya 14, ubicándose en el punto de coordenadas 2° 46.4'78" S, 80° 14.27'58" W, continuara su navegación con rumbo S 34° W RV y recorrerá 2.0 millas hasta el sitio de vertido.

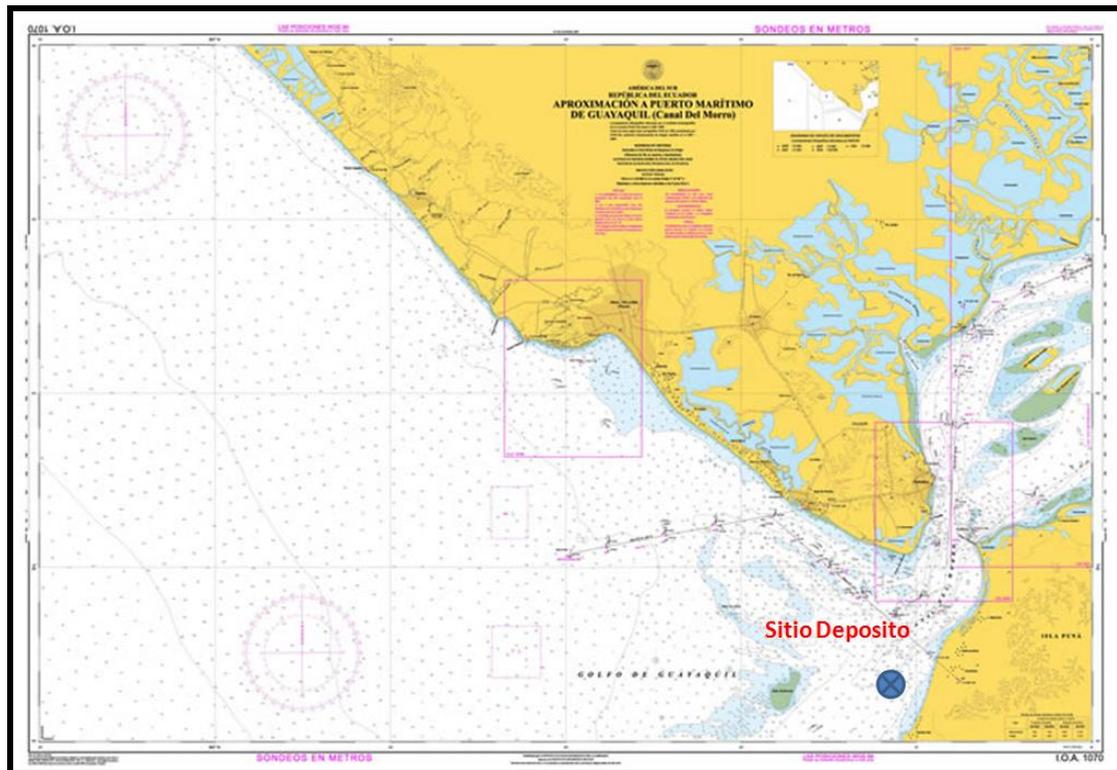
Figura 47. Ubicación del Sitio de Depósito



Elaborado por: Grupo Consultor 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-78

Figura 48. Ubicación del Sitio de depósito



Elaborado por: Grupo Consultor 2012

### 21.5.9 Características del Medio

Una vez que se ha identificado el material a dragar y tomando en cuenta que las operaciones se llevan en el Estuario Exterior y en el Estuario Interior, es importante indicar que el sitio donde se realizarán las operaciones de dragado, motivo del presente estudio, recibe influencia del océano y también la influencia del Estuario Interior del Golfo de Guayaquil. En el Estuario exterior está presente un mar de leva bajo, el cual produce movimientos verticales muy significativos aunque no se lo pueda detectar visualmente; adicionalmente, a partir de las 14:00 horas aproximadamente, por las condiciones climatológicas del lugar el viento intensifica su actividad lo que hace que las maniobras en la zona para actividades como las del dragado se compliquen.

Este tipo de escenarios no permiten la presencia de un equipo que no tenga autonomía, pues las condiciones imperantes hacen que en el caso de las dragas mecánicas y aún las de succión con corte sufran estrés mecánico por la acción de las olas, generando gran riesgo para el personal y el equipo.

En el sitio se tiene las siguientes condiciones:

En el área de estudio las características tanto de olas como de corrientes están en función del estado de marea, por ende las características (velocidad y dirección) de las corrientes deben ser analizadas para cada estado de marea. Para el presente estudio también se clasificará este análisis para el Estuario exterior y Estuario Interior.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-79

De estudios previos se tiene que los rangos de velocidades a lo largo de todo el canal de acceso al Puerto de Guayaquil están entre 0,5 y 2,0 m/s dependiendo del rango de la marea y de la localización en el Estuario.

### Estuario Exterior (fuera del Estero Salado – Expuesto al Mar)

- Velocidad y dirección de las corrientes:**  
 En este sector del estuario la dirección de las corrientes durante la fase de flujo está orientada principalmente entre 90° y 120°, y durante la fase de reflujos entre 280° y 320°, lo cual atiende al estado de marea. En cuanto a velocidades de corrientes se tiene las máximas velocidades en el orden de 0.79 m/s para ambos estados de marea, las direcciones registradas con estos valores fueron 24° (flujo) y 254° (reflujo); esta información corresponde a un estudio de INOCAR (2007) realizado en el sector de los GOLES. Se debe enfatizar también que las máximas velocidades se esperan durante la fase de sicigia.
- Velocidad y Dirección del Viento: Máximo Extraordinario 8 m/s; Máximo 4 m/s**  
 Para el análisis de vientos del estuario exterior se utilizó información de la NOAA, de esta data se obtuvo que las velocidades promedio de vientos están alrededor de los 4.1 m/s (Model NHC/TAFB – NOAA, 2012).
- Altura y periodo de olas:**  
 En cuanto al oleaje, durante la fase de sicigia se presentan las mayores alturas de olas, en el estudio de INOCAR (2007) se encontraron alturas máximas que alcanzaban los 2,33 metros en tanto que las mínimas registradas fueron 0.25 metros aproximadamente. Para ambos casos se registraron periodos de 3 segundos.
- Amplitud de mareas:**  
 El rango estimado de mareas en el estuario exterior se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 19. Rangos de Mareas en el Área de Estudio**

RANGOS MÁXIMOS DE LAS MAREAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO PROMEDIO		
Data de Posorja	2.6 (Máxima Maximorum)	SICIGIA
Data de Posorja	0.1 (mínima)	
Data de Posorja	1.8 (máxima)	CUADRATURA
Data de Posorja	0.9 (Mínima Minimorum)	

Fuente: INOCAR 2008 Tabla de Mareas

### Estuario Interior (En el Estero Salado – Protegido del mar)

- Velocidad Máxima de Corrientes Superficial:**  
 En las mediciones realizadas para el presente estudio, se tiene que en las estaciones 1, 2 y 3, ubicadas en el Estuario Interior, a nivel superficial se registraron corrientes con velocidades máximas entre 0.76 y 1.2 m/s, este último

valor corresponde a la estación 3 que se ubica en medio del canal, entre Posorja y la Isla Puná. Las direcciones correspondientes a estos valores están entre 196° y 220°.

- **Velocidad y Dirección del Viento:**  
Como referencia para el estuario interior se consideró la información de vientos de la estación meteorológica de Guayaquil (INOCAR, 2011). La máxima velocidad registrada fue 3,3 m/s en septiembre del 2011 con dirección W, en tanto que para enero del 2012 la máxima velocidad fue 2,6 m/s con dirección SW.
- **Altura y periodo de olas:**  
Las características del oleaje en el estuario interior no presentan una mayor variación debido a la dinámica del estuario, por lo que podrían presentarse mayormente olas generadas por vientos, de pocos centímetros de altura.
- **Amplitud de mareas: 2,6 metros (máxima) / 0,1 metros (mínima) – Sicigia**  
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, 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 (EIA PARA LOS TRABAJOS DE DRAGADO PERMANENTE DEL CANAL DE ACCESO AL PUERTO MARÍTIMO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL-2008).

#### 21.5.10 Criterios Ambientales

De acuerdo a los monitoreos ambientales desarrollados por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), el sedimento en el Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil se encuentra en buen estado y dentro de los rangos permisibles; la actividad del dragado generará afectaciones de bajo impacto, tanto en el dragado de apertura como el de mantenimiento pues los organismos se habituarán al permanente paso de embarcaciones por el sitio; por lo que el dragado debe hacerse con criterios de causar bajo impacto, es por esto que para dragar la roca se descarta la voladura porque puede afectar de manera representativa a las especies, por lo que se optará al dragar la roca por “Disgregación mediante corte”.

#### 21.5.11 Equipos Propuestos

Como se ha analizado en detalle, para el dragado del material suelto el equipo más adecuado es la Draga de Succión en Marcha; sin embargo por la presencia de roca, se propone una draga hidráulica ó mecánica que pueda disgregar mediante corte la roca existente en el lecho marino; este equipo deberá tener autonomía y ser capaz de trabajar en conjunto con la draga de succión en marcha.

Este tipo de obras deben ser conceptualizadas con experiencia y capacidad, por lo que se sugiere abrir la opción a empresas internacionales especializadas de Dragado, las cuales pueden suplir en equipos disponibles en el país y experiencia en este tipo de trabajos. Se sugiere se considere empresas con experiencia comprobada 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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-81

- Van Oord (Países Bajos)
- Dredging International (Bélgica)
- Boskalis International (Países Bajos)
- Jan De Nul (Bélgica)

### 21.5.11.1 Características de los Equipos Propuestos

#### Tipo de Draga para roca:

- Draga de cortador autopropulsada
- Estabilidad para el trabajo mar por olas de viento
- Profundidad de dragado de al menos 20 metros
- Potencia total instalada mínima de 23.000 kW
- Potencia mínima de las bombas de dragado en cada terminal de 5.000 kW
- Potencia mínima de las bombas de succión sumergidas en cada terminal de 4.000 kW.
- Potencia mínima del cortador 6.000 kW
- Calado permisible para trabajo en el Área de la Barra Externa, menor a 8 metros.

#### Tipo de Draga de Apertura para material suelto (arena, limo, arcilla y sus combinaciones):

- Draga de Succión en Marcha
- Profundidad de Dragado de al menos 25 metros
- Capacidad de Tolva de al menos de 11.000 m<sup>3</sup>
- Mínima potencia total instalada de al menos 13.000 kW
- Potencia mínima de bombas de succión de 7.000 kW
- Diámetro de Succión al menos de 1.200 mm
- Velocidad de carga, 2 a 3 n.
- Velocidad de cruceo vacía 14n
- Velocidad de cruceo llena 12n
- Calado permisible para trabajo en el Canal de Acceso, menor a 9 metros.

#### Tipo de Draga de Mantenimiento para material suelto (arena, limo, arcilla y sus combinaciones):

- Draga de Succión en Marcha
- Profundidad de Dragado de al menos 15 metros
- Capacidad de Tolva de al menos de 8.000 m<sup>3</sup>
- Mínima potencia total instalada de 8.000 kW
- Potencia mínima de bombas de succión de 2.000 kW
- Velocidad de carga, 2 a 3 n.
- Velocidad de cruceo vacía al menos 12n
- Velocidad de cruceo llena no menos de 10n.
- Calado permisible para trabajo en el Canal de Acceso, menor a 9 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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-82

Nota: Para los escenarios que se describirán para el mantenimiento del dragado, se propone el siguiente cuadro referencial:

ESCENARIO	DRAGA APERTURA (VOLUMEN CANTARA)	DRAGA MANTENIMIENTO (VOLUMEN CANTARA)
Dragado a Profundidad de 11 m al MLWS + 0,25 m de sobredragado	11.000 m <sup>3</sup>	8.000 m <sup>3</sup>

### 21.5.12 Metodología de Dragado

Teniendo siempre como premisa que la eliminación del estrato rocoso en el sitio del proyecto no puede ser ejecutada por medios explosivos debido a la alta sensibilidad ambiental del sitio y considerando como la única opción de extracción de este estrato rocoso es el dragado, a continuación se presenta la metodología del dragado con el escenario planteado en función de los estudios de ingeniería básica realizados; en lo que tiene que ver con el material suelto, se presenta de igual manera todos los detalles.

#### 21.5.12.1 Taludes de Dragado

Para la profundidad de 11.0 m. al MLWS los taludes no generan incrementos de esfuerzos cortantes considerables y, acorde a lo ya indicado en el Estudio Geotécnico, los factores de seguridad de los taludes analizados presentan valores de estabilidad segura. Además se ha considerado la influencia de la sección transversal cada 50 m y el desarrollo de la longitud horizontal del talud en cada sección transversal. Se consideran taludes 1:4 (V:H)<sup>5</sup> para roca y 1:10 (V:H) para sedimentos. Al final de cada tramo recto o curvo se obtiene la variación promedio del desarrollo horizontal de los taludes, por tramos, a partir del cual se consideró el 60% como aproximación máxima del pescante absorbente de la draga de succión en marcha con respecto a límite superior del talud, definiendo de ésta manera el límite exterior de la enfilada.

Cuando la sección transversal contiene en todo su ancho material que dragar, la enfilada quedará definida por la aproximación derecha e izquierda de los pescantes absorbentes de la draga al 60% del desarrollo horizontal del talud; si la sección transversal presenta parcialmente material para dragar, entonces la enfilada quedará definida interiormente hasta el sitio de corte de la traza diagonal de la sección con la profundidad que se analice. El sentido longitudinal quedará definido por la similitud de las secciones transversales de acuerdo al tramo que se considere.

#### 21.5.12.2 Enfiladas de Dragado

Con el propósito de orientar el dragado tanto para material rocoso como para sedimento, se han diseñado las enfiladas a lo largo del canal, desde la Boya de Mar hasta la Boya 80, con amplitudes transversales de dragado que serán constantes en el fondo del track de navegación por cada enfilada diseñada. A continuación se describen las características de cada enfilada diseñada para cada uno de los casos considerados; se presentan las abscisas entre las que está definida, el ancho de la enfilada, el talud considerado y el tipo de material a dragar existente en esa enfilada, el

<sup>5</sup> V = Vertical, H = Horizontal

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-83

tipo de material está representado con las siglas del Sistema Unificado de Clasificación de Materiales, que en el caso del fondo del Canal de Acceso se tienen los siguientes materiales:

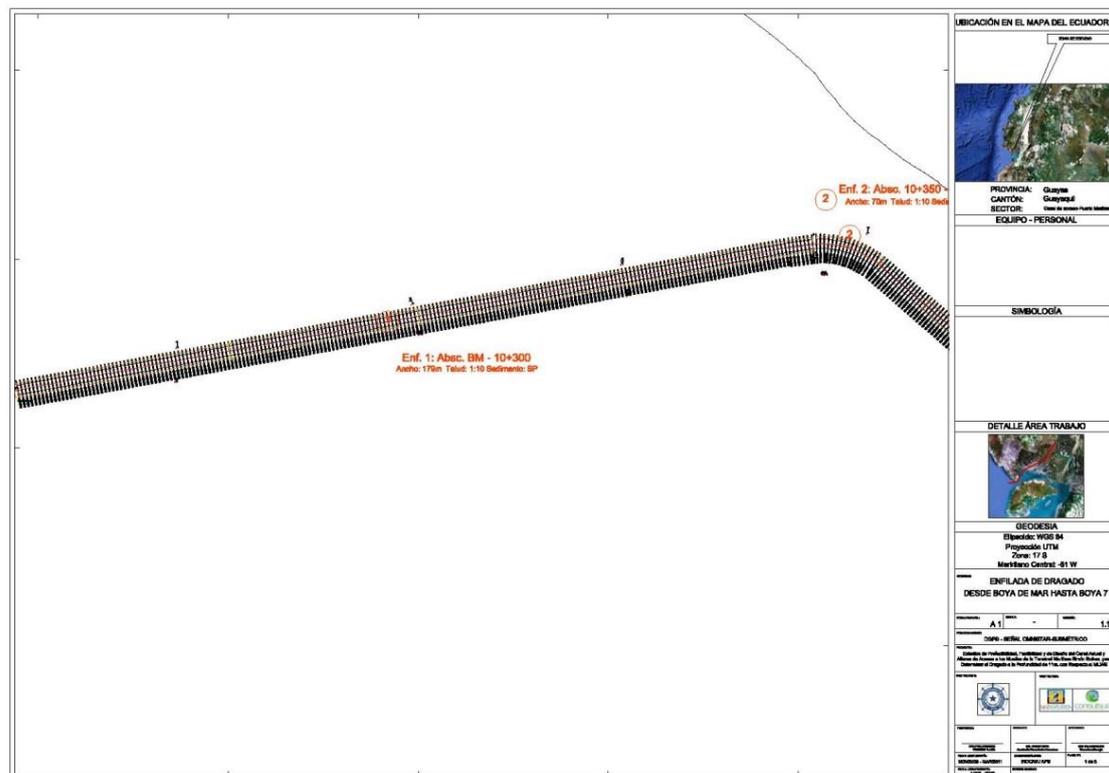
**Tabla 20. Denominación de sedimentos existentes en las enfiladas diseñadas**

Denominación de los sedimentos	
<b>SP</b>	arenas mal graduadas.
<b>SM</b>	arenas limosas.
<b>CH</b>	arcillas de alta compresibilidad

Fuente: Viguera M, 1997

## ENFILADAS PARA LAS PROFUNDIDADES DE 10.5 m Y 11.0 m

**Figura 49. Primer Tramo: Boya de Mar a Boya 7**



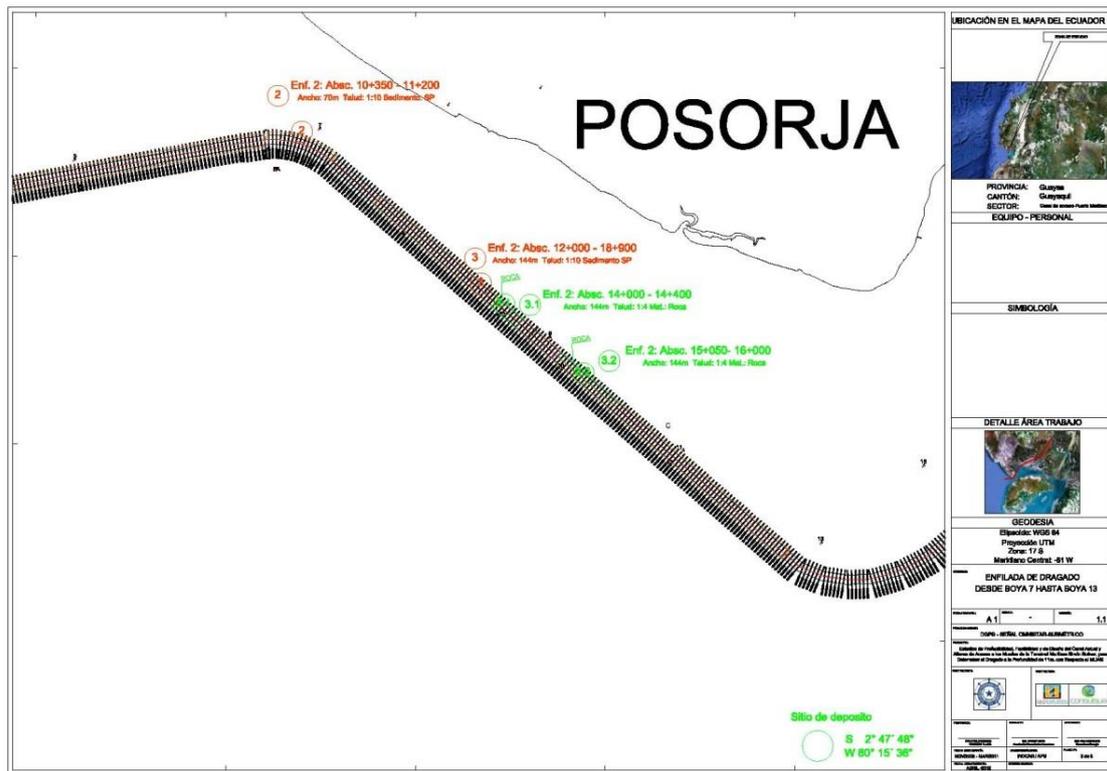
Elaborado por: Grupo Consultor 2012

Enfilada 1: Absc. BM– 10+300  
Ancho: 179m Talud 1:10 Sedimento: SP

Enfilada 2: Absc. 10+350– 11+200  
Ancho: 70m Talud 1:10 Sedimento: SP

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-84

Figura 50. Segundo Tramo: Boya 7 a Boya 13



Elaborado por: Grupo Consultor 2012

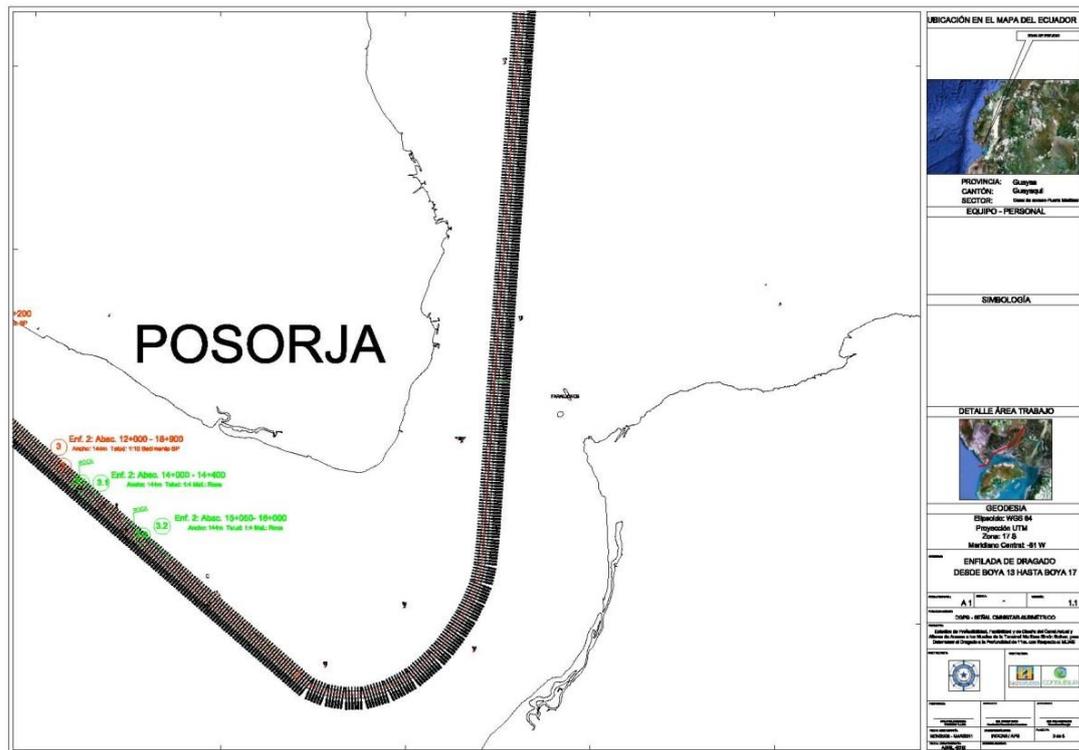
Enfilada 3: Absc.12+000 – 18+900  
 Ancho: 144m Talud 1:10 Sedimento: SP

Enfilada 3.1: Absc.14+000 – 14+400  
 Ancho: 144m Talud 1:4 Material: Roca

Enfilada 3.2: Absc.15+050 – 16+000  
 Ancho: 144m Talud 1:4 Material: Roca

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-85

Figura 51. Tercer Tramo: Boya 13 a Boya 17



Elaborado por: Grupo Consultor 2012

No hay enfiladas porque las profundidades son mayores a la profundidad de dragado

Figura 52. Cuarto Tramo: Boya 17 a Boya 33



Elaborado por: Grupo Consultor 2012

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-86

Enfilada 4: Absc.32+750 – 34+850

Ancho: 144m Talud 1:10 Sedimento: época fría CH; época cálida SM

Enfilada 5: Absc.34+900 – 35+700

Ancho: 89m Talud 1:10 Sedimento: época fría CH; época cálida SM

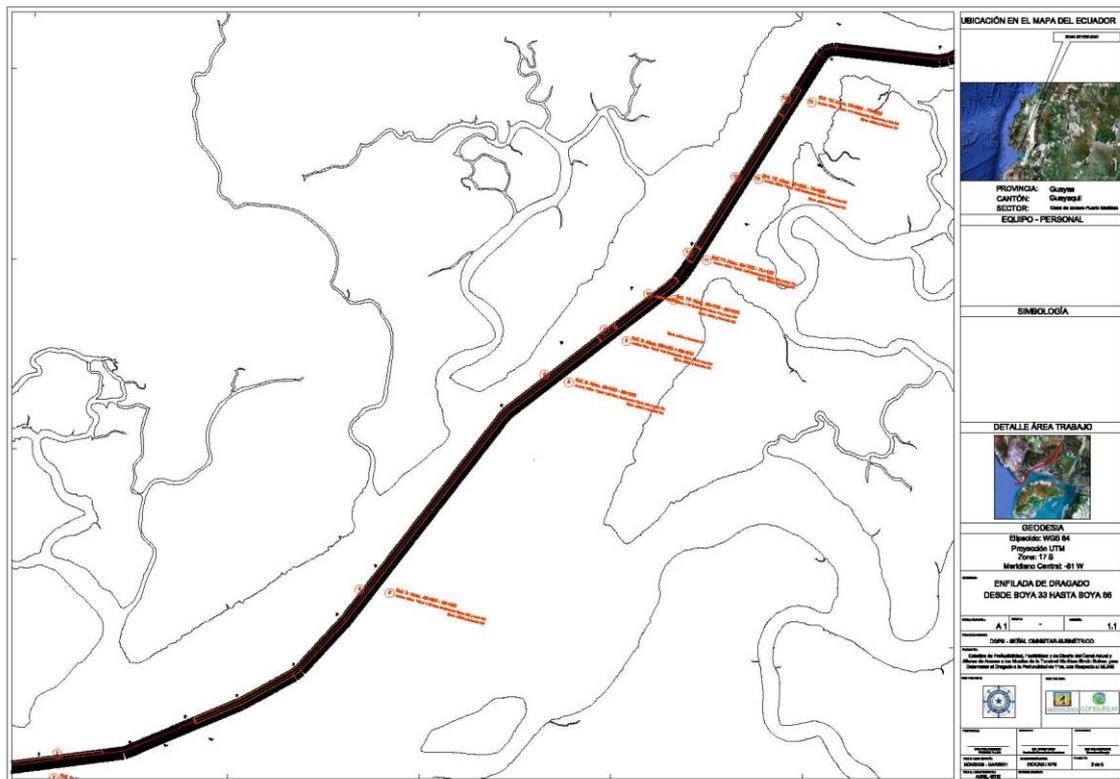
Enfilada 6: Absc.38+900 – 42+700

Ancho: 201m Talud 1:10 Sedimento: época fría CH; época cálida SP- SM

Enfilada 7: Absc.42+050 – 45+900

Ancho: 89m Talud 1:10 Sedimento: época fría SP; época cálida SM

Figura 53. Quinto Tramo: Boya 33 a Boya 66



Elaborado por: Grupo Consultor 2012

Enfilada 8: Absc.48+900 – 62+500

Ancho: 169m Talud 1:10 Sedimento: época fría SM; época cálida CH

Enfilada 8: Absc.62+500 – 68+050

Ancho: 169m Talud 1:10 Sedimento: época fría CH; época cálida CH

Enfilada 9: Absc.66+050 – 66+650

Ancho: 70m Talud 1:10 Sedimento: época fría CH; época cálida CH

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-87

Enfilada 10: Absc.66+700 – 69+000

Ancho: 207m Talud 1:10 Sedimento: época fría CH; época cálida CH

Enfilada 11: Absc.69+700 – 70+150

Ancho: 197m Talud 1:10 Sedimento: época fría CH; época cálida CH

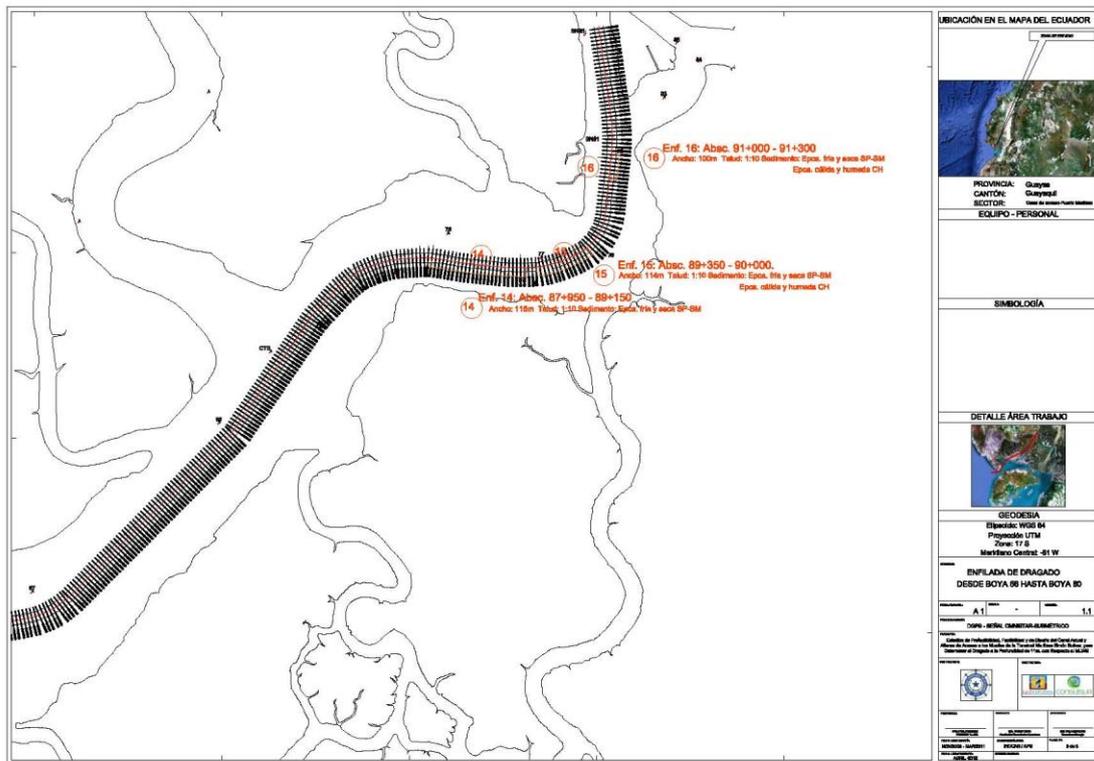
Enfilada 12: Absc.70+200 – 74+950

Ancho: 207m Talud 1:10 Sedimento: época fría CH; época cálida CH

Enfilada 13: Absc.74+950 – 75+900

Ancho: 194m Talud 1:10 Sedimento: época fría CH; época cálida CH

Figura 54. Sexto Tramo: Boya 66 a Boya 80.



Elaborado por: Grupo Consultor 2012

Enfilada 14: Absc.87+950 – 89+150

Ancho: 116m Talud 1:10 Sedimento: época fría y cálida SP-SM

Enfilada 15: Absc.89+350 – 90+000

Ancho: 114m Talud 1:10 Sedimento: época fría SP-SM, cálida CH

Enfilada 16: Absc.91+000 – 91+300

Ancho: 114m Talud 1:10 Sedimento: época fría SP-SM, cálida CH

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-88

### 21.5.12.3 Metodología de dragado Área Externa (Boya de Mar a Boya 13)

#### **Boya de mar - Barra Externa Roca + Sedimento**

- **Draga de corte autopropulsada**

Esta draga además de los puntales posee una autogobernabilidad a base de hélice y una amplitud horizontal de dragado (swing) de 100 m. para optimizar el área a cortar. Esta draga posee un terminal de cortador de puntas, el necesario para romper cualquier tipo de roca, dejándola en pedazos menores a un diámetro de 20 pulgadas para poder ser retiradas por la draga de marcha. El rendimiento diario del cortador se estima en 11,000 m<sup>3</sup>. Su maniobra es de tipo restringida. Este tipo de draga se utilizará exclusivamente en este tramo por existir presencia de roca.

- **Draga de succión en marcha DSM**

La draga de succión en marcha, en los sectores donde existe roca, entrará primero a dragar antes que la draga de corte de roca, esto lo hará para retirar el sedimento existente sobre el estrato rocoso y dejar libre la superficie de la roca para que la draga de corte realice su trabajo de manera directa sobre la roca. Luego la DSM se utilizará para retirar la mezcla del material de roca triturada y sedimento que dejó preparado la draga con cortador. El recorrido de ida y vuelta, serán las veces necesarias hasta llegar a la cota del proyecto, la misma que se comprobará con la ayuda de las batimetrías de control que se deberán realizar para la verificación del avance del dragado.

La draga de succión en marcha tendrá dos tuberías de succión, cada una con un diámetro de al menos 42 pulgadas, esto cubre la posibilidad de retirar la roca triturada con diámetros hasta de 100 cm. La capacidad de carga de la tolva será de 11,000 m<sup>3</sup> por viaje y se desplazará entre 2 a 3 nudos dragando. Por ser del tipo autopropulsada, la draga de succión en marcha podrá trabajar con un mínimo de impacto al tráfico naviero ya que, de ser requerido, puede realizar maniobras para dar paso a buques en el canal.

- **Preparación del área**

Antes de iniciar las labores de dragado, se recomienda lo siguiente:

- Comunicar a las autoridades respectivas el inicio de las obras, lugares de dragado y tiempo de operación, de tal manera que los usuarios del canal de navegación estén sobre alerta.
- Reubicar temporalmente la boya 8A del canal de navegación, durante el proceso de dragado.
- Verificar el perfecto estado de operación de los equipos de dragado.

- **Dragado en Sector Los Goles**

Cuando la draga de succión con corte comience a operar en la enfilada, la draga de succión en marcha ingresará a operar en la enfilada sur. Para el ingreso al área de trabajo, las dragas y embarcaciones saldrán por el canal de acceso frente a la boya 16 a un rumbo verdadero RV 183° 48'; siguiendo por el canal pasando la boya 13 se

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-89



tomará el rumbo verdadero RV 311° pasando por las boyas 12 y 11; hasta el ingreso por la boya 10, hasta la boya 7 con el mismo RV 311°.

La Draga de succión en marcha realizará, con la ayuda de sus pescantes, la absorción del sedimento y roca triturada, los depositará en la tolva en el área diseñada para esta maniobra, sobre la cual navegará con una velocidad de 2 a 3 nudos con rumbo de ida N 135° W, y de vuelta S 45° E, entre las Boyas 7 a 10. El tiempo estimado es de 2 horas hasta llegar a la capacidad máxima de la tolva.

- **Transporte cargada (viaje de ida)**

Cuando la tolva está llena, los brazos de succión se levantan fuera del agua y la draga comienza su navegación al sitio de depósito o lugar de descarga. La velocidad de navegación hasta llegar al sitio de descarga será 12 nudos, por lo que se estima que se tomará 30 minutos del área de Los Goles.

Desde el área de Los Goles, se navegará siempre de la boya 7 a la boya 12, con un RV 131°; a partir de la boya 12 se navegará al mismo RV (131°), hasta tener al lado izquierdo de la draga la boya 13, en ese punto realizará un giro al RV 170° navegando una distancia de 1,35 Millas Náuticas (MN) es decir 2500 metros de distancia.

- **Descarga**

Cuando la draga llega al sitio de depósito, abre las compuertas de fondo y se produce el vaciado, terminada la descarga las compuertas se cierran. Esta operación la realiza en aproximadamente 15 minutos.

- **Transporte descargada (viaje de regreso)**

Una vez que la cántara está libre de sedimentos, la draga procede a liberar el agua que ingresa luego del cierre de compuertas mediante bombeo, e inicia el viaje de retorno al área de trabajo para realizar un nuevo ciclo de dragado. El tiempo estimado es de 30 minutos.

- **Condiciones emergentes de operación**

La batimetría de control deberá realizarse durante el tiempo de operación a medida que se vaya dragando cada enfilada. Esto permitirá optimizar el tiempo de dragado.

Debido al tráfico naviero, la draga de succión en marcha deberá emplear maniobras que no impidan la libre navegación del canal, especialmente cuando se esté operando en las enfiladas.

#### **21.5.12.4 Metodología de dragado Área Internar (Boya 13 a Boya 80)**

La operación de la draga de succión será igual, cuando la tolva está llena, los brazos de succión se levantan fuera del agua y la draga comienza su navegación al sitio de depósito o lugar de descarga. La velocidad de navegación hasta llegar al sitio de descarga será 12 nudos y la distancia promedio es 24 millas, considerando como punto medio entre la Boya 51 hasta el lugar de depósito ubicado en las coordenadas Latitud: 02° 47' 48" Sur; Longitud: 080° 15' 36" Oeste, frente a la Isla Puná.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-90



- **Transporte al sitio de descarga.**

Cuando la draga llega al sitio de depósito, abre las compuertas de fondo y se produce el vaciado, terminada la descarga las compuertas se cierran. Esta operación la realiza en aproximadamente 1.7h

- **Transporte de retorno (viaje de regreso)**

Una vez que la cántara está libre de sedimentos, la draga procede a liberar el agua que ingresa luego del cierre de compuertas mediante bombeo, e inicia el viaje de retorno al área de trabajo para realizar un nuevo ciclo de dragado. El tiempo estimado es de 1.5h.

- **Condiciones emergentes de operación**

Al igual que en el dragado de la Barra Externa, la batimetría de control deberá realizarse durante el tiempo de operación a medida que se vaya dragando cada enfilada, permitiendo optimizar el tiempo de dragado. Debido al tráfico naviero, la draga de succión en marcha deberá emplear maniobras que no impidan la libre navegación del canal, especialmente cuando se esté operando en las dos enfiladas.

### **21.5.12.5 Rutina de dragado – criterios operacionales**

La rutina de dragado será igual en todos los escenarios, lo que cambiará serán las dimensiones de las enfiladas

Siempre se considerará iniciar el dragado, primero por la barra externa, partiendo de la Boya de Mar hacia el interior, con la draga de succión en marcha para que retire el sedimento arenoso y descubra el afloramiento rocoso existente en las Enfiladas 3.1 Absc. 14+000 – 14+400 y Enfilada 3.2 Absc. 15+050 – 16+000. La draga de succión en marcha, una vez descubierta la roca, podrá trasladarse a otros tramos como al de la Enfilada 1 Absc. BM – 10.300 y no parar su rutina de trabajo.

La Draga de Corte, entrara a las enfiladas 3.1 y 3.2, a triturar la roca hasta dejarla en tamaños aceptables a las condiciones de succión de la DSM, rutina que se repetirá las veces necesarias hasta llegar al objetivo propuesto. Los anchos de las enfiladas están indicados en los planos correspondientes.

Extraído el material rocoso en las cantidades necesarias de acuerdo a lo programado, la draga de corte terminará su labor y podrá iniciar su desmovilización, quedando únicamente la draga de succión en marcha para extraer el sedimento de las enfiladas indicadas en el plano que para este efecto se ha diseñado. La rutina de trabajo está indicada en los numerales 17.10.19.2 y 17.10.19.3. La DSM, se encargara de dragar el sedimento de la barra interna hasta la Boya 80, en función de las enfiladas diseñadas y explicadas en el numeral 17.10.19.1. Esta metodología es aplicable también a la profundidad de 10,50 m.

### **21.5.12.6 Condiciones de Personal**

La dotación del personal Técnico y de Operaciones, a bordo de las unidades de dragado, estará definido por profesionales en el orden Técnico como los ingenieros con la suficiente experiencia en ejecución de obras de dragado, así como su personal auxiliar; el personal de operaciones que estará constituido por personal naval, oficiales

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-91

navegantes y personal especialista en las diversas coberturas técnicas propias de una embarcación a flote cuya gama va desde el Capitán del buque o draga hasta el marinero de cubierta. La dotación del personal de draga extranjera estará supeditada a las leyes, normas y reglamentos propios del País de origen, las que deberán contemplar la alternabilidad para laborar 24h diarias. De contratarse personal nacional las labores y remuneraciones se regirán por las leyes y reglamentos nacionales.

### 21.5.12.7 Estimación de Tiempo Dragado de Apertura - Equipos

Se calculan los tiempos estimados para la obra de dragado bajo un escenario conservador denominado “de rendimiento real” con una eficiencia de trabajo del 70%, donde se considera que los días de trabajo tendrán variaciones ocasionadas por distintos factores como el tráfico naviero, las maniobras de abastecimiento de combustible, las maniobras adecuadas de mantenimiento de la draga, etc. Estos cálculos se presentan en las siguientes tablas de cálculo, la cual exclusivamente estiman los días por actividad de dragado, de corte y de succión en marcha.

Los tiempos de apertura de dragado se estimaron utilizando las características de las dos dragas, draga de succión con corte y la de succión en marcha, las cuales se presentan en las tablas siguientes:

Tabla 21. Estimación de tiempo de dragado a 11,0 m de profundidad

General		
Volumen a dragar sedimento	10.366.021,58	m <sup>3</sup>
Número de enfilada	2	
Volumen aproximado por Enf.	5183010,79	m <sup>3</sup>
Volumen roca	185.384,67	m <sup>3</sup>
Draga de corte		
Rendimiento	10000	m <sup>3</sup> /día
Tiempo de dragado total por enfilada	18,5	días
Draga de succión en marcha		
Tiempo de dragado	2	h
Tiempo ida depósito	1,7	h
Tiempo de depósito	15	min
	0,25	h
Tiempo de retorno del depósito	1,5	h
Tiempo total del ciclo de dragado	5,45	h
Eficiencia del dragado	70	%
Volumen dragado por ciclo	11000	m <sup>3</sup> /ciclo
Volumen efectivo dragado por ciclo	7700	m <sup>3</sup> /ciclo

General		
Horas del día de trabajo	24	h
Horas perdidas por tráfico naviero	6	h
Horas efectivas por día de trabajo	18	h
Cantidad de ciclo por día de trabajo	3,30	ciclo/día
Volumen dragado por día	25431,19	m <sup>3</sup> /día
Tiempo de dragado total enfiladas	408	días
Tiempo de intervención de draga de corte	19	días
<b>Tiempo total</b>	<b>408</b>	<b>días</b>
Producción mensual	762935,78	m <sup>3</sup> /mes

Elaborado por: Equipo Consultor

Las dragas que se proponen para la apertura de cualquiera de los escenarios son:

**Tipo de Draga para roca:**

- Draga de cortador autopropulsada
- Estabilidad para el trabajo mar por olas de viento
- Profundidad de dragado de al menos 20 metros
- Potencia total instalada mínima de 23.000 kW
- Potencia mínima de las bombas de dragado en cada terminal de 5.000 kW
- Potencia mínima de las bombas de succión sumergidas en cada terminal de 4.000 kW.
- Potencia mínima del cortador 6.000 kW
- Calado permisible para trabajo en el Área de la Barra Externa, menor a 8 metros.

**Tipo de Draga de Apertura para material suelto (arena, limo, arcilla y sus combinaciones):**

- Draga de Succión en Marcha
- Profundidad de Dragado de al menos 25 metros
- Capacidad de Tolva de al menos de 11.000 m<sup>3</sup>
- Mínima potencia total instalada de al menos 13.000 kW
- Potencia mínima de bombas de succión de 7.000 kW
- Diámetro de Succión al menos de 1.200 mm
- Velocidad de carga, 2 a 3 n.
- Velocidad de crucero vacía 14n
- Velocidad de crucero llena 12n
- Calado permisible para trabajo en el Canal de Acceso, menor a 9 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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-93

**Figura 55. Draga tipo, con cortador**



Fuente: Grupo Consultor 2012

**Figura 56. Draga tipo, capacidad de tolva de 11.000 m<sup>3</sup>**



Fuente: Grupo Consultor 2012

### 21.5.12.8 Dragado de Mantenimiento – Equipos - Rendimiento

Para el dragado de mantenimiento se utilizará una draga de succión en marcha que entrará a operar al tercer mes de iniciado el dragado de apertura (cualquiera que sea el escenario de dragado escogido), para el presente estudio se recomiendan tres tipos de dragas, las mismas que están en función del volumen que hay que dragar de acuerdo al escenario que se considere.

#### Tipo de Draga de Mantenimiento 2 para material suelto (arena, limo, arcilla y sus combinaciones):

- Draga de Succión en Marcha
- Profundidad de Dragado de al menos 15 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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-94

- Capacidad de Tolva de al menos de 8.000 m<sup>3</sup>
- Mínima potencia total instalada de 8.000 kW
- Potencia mínima de bombas de succión de 2.000 kW
- Velocidad de carga, 2 a 3 n.
- Velocidad de crucero vacía al menos 12n
- Velocidad de crucero llena no menos de 10n.
- Calado permisible para trabajo en el Canal de Acceso, menor a 9 metros.

Figura 57. Draga tipo, capacidad de tolva de 8.000 m<sup>3</sup>



Fuente: Grupo Consultor 2012

En la siguiente tabla se determina el rendimiento de la draga que se recomienda para el mantenimiento a las profundidades antes mencionadas:

Tabla 22. Rendimiento de la draga de mantenimiento de 8.000 m<sup>3</sup>.

Draga de succión en marcha		
Tiempo de dragado	2	h
Tiempo ida depósito	1,7	h
Tiempo de depósito	15	min
	0,25	h
Tiempo de retorno del depósito	1,5	h
Tiempo total del ciclo de dragado	5,45	h
Eficiencia del dragado	70	%
Volumen dragado por ciclo	8.000	m <sup>3</sup> /ciclo
Volumen efectivo dragado por ciclo	5.600	m <sup>3</sup> /ciclo



Draga de succión en marcha		
Horas del día de trabajo	24	h
Horas perdidas por tráfico naviero	6	h
Horas efectivas por día de trabajo	18	h
Cantidad de ciclo por día de trabajo	3,30	ciclo/día
Volumen dragado por día	18.495,41	m <sup>3</sup> /día
Producción mensual	554.862,39	m <sup>3</sup> /mes

Elaborado por: Grupo Consultor 2012

### 21.5.13 Precios Unitarios, Presupuesto de Obra y Programación de obra para el Dragado ajustado del Escenario Recomendado.

El análisis de costos unitarios y el presupuesto referencial fueron elaborados de acuerdo a la información técnica de primera mano y a cotizaciones realizadas por APG en el medio. Se analizaron tres rubros: Movilización de dragas y equipos, dragado (de corte y succión en marcha) y desmovilización de equipos. Los análisis de precios unitarios se muestran a continuación, junto con el presupuesto para este escenario recomendado y con la programación de la obra para ejecutar este escenario.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-96



## Dragado de apertura.

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA: DRAGADO CANAL DE ACCESO APG

CONTRATANTE: (horas/und.)

OFERTANTE:

FECHA: Abril 2012

RUBRO: 1 UNIDAD: Global RENDIM. R = 1,0

DETALLE: Movilización draga de corte auto propulsada

#### EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT.
	A	B	C=A*B	D=C*R
Draga cortadora	1,0	733.250,00	733.250,00	733.250,00

**MANO DE OBRA** PARCIAL M 733.250,00

DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT.
	A	B	C=A*B	D=C*R
Capitán	1,00	8.160,00	8.160,00	8.160,00
Oficial Jefe de máquina	1,00	6.720,00	6.720,00	6.720,00
Oficial de Dragado	1,00	6.240,00	6.240,00	6.240,00
Asistente de máquina	2,00	4.560,00	9.120,00	9.120,00
Oficial electricista	2,00	4.320,00	8.640,00	8.640,00
Oficial de control de averías	2,00	4.320,00	8.640,00	8.640,00
Capataz	2,00	3.600,00	7.200,00	7.200,00
Cocinero/ cámara	2,00	3.840,00	7.680,00	7.680,00
Marineros	9,00	3.600,00	32.400,00	32.400,00

**MATERIALES** PARCIAL N 94.800,00

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
Combustible	m3	5.000,00	1,06	5.300,00

**TRANSPORTE** PARCIAL O 5.300,00

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C=A*B

PARCIAL P 0,00

TOTAL COSTOS DIRECTOS $X = (M+N+O+P)$	833.350,00
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20 % X	166.670,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	1.000.020,00
VALOR ASUMIDO	1.000.000,00



**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**OBRA:** DRAGADO DE APERTURA DEL CANAL ACCESO

**CONTRATANTE:**

**OFERTANTE:**

**FECHA:** Abril 2012

**RUBRO:** 2,1 **UNIDAD:** m3 **RENDIM. R =** 0,0041

**DETALLE:** DRAGADO EN ROCA PROF. 10,5 a 11

<b>EQUIPOS</b>				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT.
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>D=C*R</b>
Draga cortadora	1	1.800,00	1.800,00	7,36
<b>MANO DE OBRA</b> PARCIAL M				7,36
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD	JORNAL/HR.	COSTO HORA	COSTO UNIT.
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>	<b>D=C*R</b>
Capitán	1,00	20,00	20,00	0,00
Oficial Jefe de máquina	1,00	15,00	15,00	0,00
Oficial de Dragado	1,00	15,00	15,00	0,00
Asistente de máquina	2,00	7,50	15,00	0,00
Oficial electricista	2,00	10,00	20,00	0,00
Oficial de control de averías	2,00	10,00	20,00	0,00
Capataz	2,00	4,00	8,00	0,00
Cocinero/ cámara	2,00	6,00	12,00	0,00
Marineros	9,00	3,00	27,00	0,00
<b>PARCIAL N</b>				0,00
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
MATERIAL		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>
Combustible	GI	2,89	1,06	3,06
<b>TRANSPORTE</b> PARCIAL O				3,06
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C=A*B</b>
				0,00
<b>PARCIAL P</b>				0,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS X = ( M+N+O+P )				10,42
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20 % X				2,08
COSTO TOTAL DEL RUBRO				12,50
COSTO ASUMIDO				<b>12,50</b>

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS****OBRA:** DRAGADO CANAL DE ACCESO APG**CONTRATANTE:** (horas/und.)**OFERTANTE:****FECHA:** Abril 2012**RUBRO:** 3 **UNIDAD:** Global **RENDIM. R =** 1,0**DETALLE:** Desmovilización draga de CORTE auto propulsada

<b>EQUIPOS</b>				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT.
	A	B	C=A*B	D=C*R
Draga cortadora	1,0	649.900,00	649.900,00	649.900,00
<b>MANO DE OBRA</b> PARCIAL M				649.900,00
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT.
	A	B	C=A*B	D=C*R
Capitán	1,00	8.160,00	8.160,00	8.160,00
Oficial Jefe de máquina	1,00	6.720,00	6.720,00	6.720,00
Oficial de Dragado	1,00	6.240,00	6.240,00	6.240,00
Asistente de máquina	2,00	4.560,00	9.120,00	9.120,00
Oficial electricista	2,00	4.320,00	8.640,00	8.640,00
Oficial de control de averías	2,00	4.320,00	8.640,00	8.640,00
Capataz	2,00	3.600,00	7.200,00	7.200,00
Cocinero/ cámara	2,00	3.840,00	7.680,00	7.680,00
Marineros	9,00	3.600,00	32.400,00	32.400,00
<b>MATERIALES</b> PARCIAL N				94.800,00
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
Combustible	m3	5.000,00	1,06	5.300,00
<b>TRANSPORTE</b> PARCIAL O				5.300,00
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C=A*B
<b>PARCIAL P</b>				0,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS X = ( M+N+O+P )				750.000,00
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20 % X				150.000,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				900.000,00
VALOR ASUMIDO				900.000,00

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-99



<b>ANALISIS DE COSTOS DE LA DRAGA DE TOLVA</b>				
<b>DESCARGA A 24 MLL</b>				
<b>TIPO</b>		<b>TOLVA</b>		
<b>CAPACIDAD</b>	M3	11.000		
1 <b>COSTO</b>	U.S.\$		30.000.000	
2 <b>DEPRECIACION</b>	AÑOS	20	125.000	\$/MES
3 <b>COSTO CAPITAL</b>		12%	300.000	\$/MES
4 <b>SEGURO</b>		4%	100.000	\$/MES
5 <b>PERSONAL</b>	3TURNOS		58.000	\$/MES
6 <b>CARGAS</b>		25%	14.500	\$/MES
7 <b>COMBUSTIBLE</b>			<b>597.500</b>	
<b>Horas productivas</b>	22	25	550	
<b>Propulsión</b>	HP	25.000	440.000	litros
<b>Bomba</b>	HP	13.000	66.000	litros
<b>Generador</b>	HP	6000	28.600	litros
<b>TOTAL</b>			534.600	litros
<b>COSTO</b>	\$/GALON	1,06	141.669	\$/MES
8 <b>LUBRICANTES</b>		15%	21.250	\$/MES
9 <b>MATERIALES VARIOS</b>		7,50%	2.250.000	\$/MES
10 <b>Mantenimiento mayor</b>		4,3%	107.500	\$/MES
<b>SUBTOTAL</b>			<b>2.520.419</b>	<b>\$/MES</b>
			<b>3.117.919</b>	
<b>CALCULO DEL CICLO DE LA DRAGA DE TOLVA</b>				
<b>DESCARGA DE FONDO A 24 MII DESDE Centr. Geometr. Barra Interna.</b>				
			<b>ALT. 1 (10.5)</b>	
1 <b>DISTANCIA</b>	MILLAS N.		24	
2 <b>VELOCIDAD C/CARGA</b>	NUDOS		10	
3 <b>VELOCIDAD S/CARGA</b>	NUDOS		12	
4 <b>CICLO</b>				
<b>CARGA</b>	h		2	
<b>IDA</b>	h		1,7	
<b>DESCARGA</b>	h		0,25	
<b>RETORNO</b>	h		1,5	
<b>TOTAL</b>	h		5,45	
<b>TOTAL</b>	<b>HORAS</b>		<b>5,51</b>	
<b>Horas productivas</b>	<b>DIA</b>		<b>18</b>	
<b>Ciclos por dia</b>			<b>3,3</b>	
5 <b>VOL. EFEC. TOLVA</b>	M3	70%	7.700	
6 <b>VOLUMEN DIA</b>	M3		25.154,26	
7 <b>VOLUMEN MES</b>	<b>M3</b>		<b>628.856,62</b>	
<b>CALCULO DEL PRECIO UNITARIO</b>				
<b>DESCARGA DE FONDO A 24 MII DESDE Centro Geomét. Barra Interna.</b>				
1 <b>VOLUMEN MES</b>	<b>M3</b>		628.857	
2 <b>COSTO DIRECTO</b>	<b>\$</b>		3.117.919	
3 <b>COSTO UNIT.DIRECTO</b>	<b>\$</b>		4,96	
4 <b>ADMINISTRACION</b>	<b>\$</b>	5%	0,25	
5 <b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>\$</b>	6%	0,30	
6 <b>COSTO UNIT.TOTAL</b>	<b>\$</b>		<b>5,50</b>	

**ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS****OBRA:** DRAGADO CANAL DE ACCESO APG**CONTRATANTE:** (horas/und.)**OFERTANTE:****FECHA:** Abril 2012**RUBRO:** 5 **UNIDAD:** Global **RENDIM. R =** 1,0**DETALLE:** Movilización draga de succión en marcha sedimentos, apertura

<b>EQUIPOS</b>				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT.
	A	B	C=A*B	D=C*R
Draga cortadora	1,0	899.900,00	899.900,00	899.900,00
<b>MANO DE OBRA</b> PARCIAL M				899.900,00
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT.
	A	B	C=A*B	D=C*R
Capitán	1,00	8.160,00	8.160,00	8.160,00
Oficial Jefe de máquina	1,00	6.720,00	6.720,00	6.720,00
Oficial de Dragado	1,00	6.240,00	6.240,00	6.240,00
Asistente de máquina	2,00	4.560,00	9.120,00	9.120,00
Oficial electricista	2,00	4.320,00	8.640,00	8.640,00
Oficial de control de averías	2,00	4.320,00	8.640,00	8.640,00
Capataz	2,00	3.600,00	7.200,00	7.200,00
Cocinero/ cámara	2,00	3.840,00	7.680,00	7.680,00
Marineros	9,00	3.600,00	32.400,00	32.400,00
<b>MATERIALES</b> PARCIAL N				94.800,00
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
Combustible	m3	5.000,00	1,06	5.300,00
<b>TRANSPORTE</b> PARCIAL O				5.300,00
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C=A*B
<b>PARCIAL P</b>				0,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS X = ( M+N+O+P )				1.000.000,00
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20 % X				200.000,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				1.200.000,00
VALOR ASUMIDO				1.200.000,00

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-101



### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**OBRA:** DRAGADO CANAL DE ACCESO APG

**CONTRATANTE:** (horas/und.)

**OFERTANTE:**

**FECHA:** Abril 2012

**RUBRO:** 6 **UNIDAD:** Global **RENDIM. R =** 1,0

**DETALLE:** Desmovilizacion draga desucción en marcha

<b>EQUIPOS</b>				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT.
	A	B	C=A*B	D=C*R
Draga cortadora	1,0	733.250,00	733.250,00	733.250,00
<b>MANO DE OBRA</b> PARCIAL M				733.250,00
DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT.
	A	B	C=A*B	D=C*R
Capitán	1,00	8.160,00	8.160,00	8.160,00
Oficial Jefe de máquina	1,00	6.720,00	6.720,00	6.720,00
Oficial de Dragado	1,00	6.240,00	6.240,00	6.240,00
Asistente de máquina	2,00	4.560,00	9.120,00	9.120,00
Oficial electricista	2,00	4.320,00	8.640,00	8.640,00
Oficial de control de averías	2,00	4.320,00	8.640,00	8.640,00
Capataz	2,00	3.600,00	7.200,00	7.200,00
Cocinero/ cámara	2,00	3.840,00	7.680,00	7.680,00
Marineros	9,00	3.600,00	32.400,00	32.400,00
<b>MATERIALES</b> PARCIAL N				94.800,00
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
Combustible	m3	5.000,00	1,06	5.300,00
<b>TRANSPORTE</b> PARCIAL O				5.300,00
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C=A*B
<b>PARCIAL P</b>				0,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS X = ( M+N+O+P )				833.350,00
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20 % X				166.670,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO				1.000.020,00
VALOR ASUMIDO				1.000.000,00

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-102

Realizando el presupuesto se tiene:

Item	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Movilización de dragas para roca	global	1,00	1.000.000,00	1.000.000,00
2,1	Dragado en roca	m <sup>3</sup>	185.384,67	12,50	2.317.308,38
3	Desmovilización de draga para roca	global	1,00	900.000,00	900.000,00
4,1	Dragado arena o sedimentos	m <sup>3</sup>	10'366.021,58	5,50	7'041.328,56
5	Movilización de draga para sedimento	global	1,00	1.200.000,00	1.200.000,00
6	Desmovilización de draga para sedimento	global	1,00	1.000.000,00	1.000.000,00
<b>TOTAL</b>					<b>63'458.636,93</b>

La programación de la obra es:

ITEM	RUBRO	Duración días	Mes 1				Mes 2				Mes 3 - 14				Mes 15			
			S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
1	Movilización de dragas para roca	15	■	■	■	■												
2	Dragado en roca	19		■	■	■	■	■	■									
3	Desmovilización de draga para roca	2							■									
4	Dragado arena o sedimentos	408		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	Movilización de draga para sedimento	15	■	■	■	■												
6	Desmovilización de draga para sedimento	2																■

El cronograma de desembolsos queda de la siguiente manera:

Item	Rubro	Total	Mes 1				Mes 2				Mes 3 - 14				Mes 15											
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
1	Movilización de dragas para roca	1.000.000,00	1'000.000,00																							
2	Dragado en roca	2.317.308,38	772.436,13				1.544.872,25																			
3	Desmovilización de draga para roca	900.000,00	900.000,00																							
4	Dragado arena o sedimentos	57.041.328,56	1'879.008,47				3'758.016,94				50'464.798,91				939.504,24											
5	Movilización de draga para sedimento	1.200.000,00	600.000,00				600.000,00																			
6	Desmovilización de draga para sedimento	1.000.000,00	1'000.000,00																							
Inversión Mensual			4'251.444,60				6'802.889,19				50'464.798,91				1'939.504,24											
Avance Parcial en %			6,70				10,72				79,52				3,06											
Inversión Acumulada							11'054.333,79				61'519.132,70				63'458.636,93											
Avance Acumulado en %							17,42				96,94				100,00											



### 21.5.13.1 Dragado de mantenimiento.

Para el dragado de mantenimiento en este escenario se tienen los siguientes análisis de precios unitarios:

**OBRA:** DRAGADO CANAL DE ACCESO APG

**CONTRATANTE:**

(horas/und.)

**OFERTANTE:**

**FECHA:** Abril 2012

**RUBRO:** 7,0

**UNIDAD:** Global

**RENDIM. R =**

1,0

**DETALLE:** Movilización draga de mantenimiento

#### EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT.
	A	B	C=A*B	D=C*R
Draga cortadora	1,0	608.235,00	608.235,00	608.235,00

#### MANO DE OBRA

PARCIAL M

608.235,00

DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT.
	A	B	C=A*B	D=C*R
Capitán	1,00	8.160,00	8.160,00	8.160,00
Oficial Jefe de máquina	1,00	6.720,00	6.720,00	6.720,00
Oficial de Dragado	1,00	6.240,00	6.240,00	6.240,00
Asistente de máquina	2,00	4.560,00	9.120,00	9.120,00
Oficial electricista	2,00	4.320,00	8.640,00	8.640,00
Oficial de control de averías	2,00	4.320,00	8.640,00	8.640,00
Capataz	2,00	3.600,00	7.200,00	7.200,00
Cocinero/ cámara	2,00	3.840,00	7.680,00	7.680,00
Marineros	9,00	3.600,00	32.400,00	32.400,00

#### MATERIALES

PARCIAL N

94.800,00

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
Combustible	m3	5.000,00	1,06	5.300,00

#### TRANSPORTE

PARCIAL O

5.300,00

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C=A*B

PARCIAL P

0,00

TOTAL COSTOS DIRECTOS $X = (M+N+O+P)$	708.335,00
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20 % X	141.667,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO	850.002,00
VALOR ASUMIDO	850.000,00



ANALISIS DE COSTOS DE LA DRAGA DE TOLVA				
<b>DESCARGA A 24 MLL</b>				
<b>TIPO</b>		<b>TOLVA</b>		
<b>CAPACIDAD</b>	<b>M3</b>	<b>11.000</b>		
1 <b>COSTO</b>	<b>U.S.\$</b>		<b>30.000.000</b>	
2 <b>DEPRECIACION</b>	<b>AÑOS</b>	<b>20</b>	<b>125.000</b>	<b>\$/MES</b>
3 <b>COSTO CAPITAL</b>		<b>12%</b>	<b>300.000</b>	<b>\$/MES</b>
4 <b>SEGURO</b>		<b>4%</b>	<b>100.000</b>	<b>\$/MES</b>
5 <b>PERSONAL</b>	<b>3TURNOS</b>		<b>58.000</b>	<b>\$/MES</b>
6 <b>CARGAS</b>		<b>25%</b>	<b>14.500</b>	<b>\$/MES</b>
7 <b>COMBUSTIBLE</b>			<b>597.500</b>	
<b>Horas productivas</b>		<b>25</b>	<b>550</b>	
<b>Propulsión</b>	<b>HP</b>	<b>25.000</b>	<b>440.000</b>	<b>litros</b>
<b>Bomba</b>	<b>HP</b>	<b>13.000</b>	<b>66.000</b>	<b>litros</b>
<b>Generador</b>	<b>HP</b>	<b>6000</b>	<b>28.600</b>	<b>litros</b>
<b>TOTAL</b>			<b>534.600</b>	<b>litros</b>
<b>COSTO</b>	<b>\$/GALON</b>	<b>1,06</b>	<b>141.669</b>	<b>\$/MES</b>
8 <b>LUBRICANTES</b>		<b>15%</b>	<b>21.250</b>	<b>\$/MES</b>
9 <b>MATERIALES VARIOS</b>		<b>7,50%</b>	<b>2.250.000</b>	<b>\$/MES</b>
10 <b>Mantenimiento mayor</b>		<b>4,3%</b>	<b>107.500</b>	<b>\$/MES</b>
<b>SUBTOTAL</b>			<b>2.520.419</b>	<b>\$/MES</b>
			<b>3.117.919</b>	
<b>CALCULO DEL CICLO DE LA DRAGA DE TOLVA</b>				
<b>DESCARGA DE FONDO A 24 MII DESDE Centr. Geomet. Barra Interna</b>				
			<b>ALT. 1 (10.5)</b>	
1 <b>DISTANCIA</b>	<b>MILLAS N.</b>		<b>24</b>	
2 <b>VELOCIDAD C/CARGA</b>	<b>NUDOS</b>		<b>10</b>	
3 <b>VELOCIDAD S/CARGA</b>	<b>NUDOS</b>		<b>12</b>	
4 <b>CICLO</b>				
<b>CARGA</b>	<b>h</b>		<b>2</b>	
<b>IDA</b>	<b>h</b>		<b>1,7</b>	
<b>DESCARGA</b>	<b>h</b>		<b>0,25</b>	
<b>RETORNO</b>	<b>h</b>		<b>1,5</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>h</b>		<b>5,45</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>HORAS</b>		<b>5,51</b>	
<b>Horas productivas</b>	<b>DIA</b>		<b>18</b>	
<b>Ciclos por dia</b>			<b>3,3</b>	
5 <b>VOL. EFEC. TOLVA</b>	<b>M3</b>	<b>70%</b>	<b>7.700</b>	
6 <b>VOLUMEN DIA</b>	<b>M3</b>		<b>25.154,26</b>	
7 <b>VOLUMEN MES</b>	<b>M3</b>		<b>628.856,62</b>	
<b>CALCULO DEL PRECIO UNITARIO</b>				
<b>DESCARGA DE FONDO A 24 MLL DESDE Centr. Geomét. Barra Interna</b>				
1 <b>VOLUMEN MES</b>	<b>M3</b>		<b>628.857</b>	
2 <b>COSTO DIRECTO</b>	<b>\$</b>		<b>3.117.919</b>	
3 <b>COSTO UNIT.DIRECTO</b>	<b>\$</b>		<b>4,96</b>	
4 <b>ADMINISTRACION</b>	<b>\$</b>	<b>5%</b>	<b>0,25</b>	
5 <b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>\$</b>	<b>6%</b>	<b>0,30</b>	
6 <b>COSTO UNIT.TOTAL</b>	<b>\$</b>		<b>5,50</b>	



**OBRA:** DRAGADO CANAL DE ACCESO APG

**CONTRATANTE:**

(horas/und.)

**OFERTANTE:**

**FECHA:** Abril 2012

**RUBRO:** 8

**UNIDAD:** Global

**RENDIM. R =**

1,0

**DETALLE:** Desmovilización draga de mantenimiento

**EQUIPOS**

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT.
	A	B	C=A*B	D=C*R
Draga cortadora	1,0	524.900,00	524.900,00	524.900,00

**MANO DE OBRA**

PARCIAL M

524.900,00

DESCRIPCION (CATEG.)	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	COSTO UNIT.
	A	B	C=A*B	D=C*R
Capitán	1,00	8.160,00	8.160,00	8.160,00
Oficial Jefe de máquina	1,00	6.720,00	6.720,00	6.720,00
Oficial de Dragado	1,00	6.240,00	6.240,00	6.240,00
Asistente de máquina	2,00	4.560,00	9.120,00	9.120,00
Oficial electricista	2,00	4.320,00	8.640,00	8.640,00
Oficial de control de averías	2,00	4.320,00	8.640,00	8.640,00
Capataz	2,00	3.600,00	7.200,00	7.200,00
Cocinero/ cámara	2,00	3.840,00	7.680,00	7.680,00
Marineros	9,00	3.600,00	32.400,00	32.400,00

**MATERIALES**

PARCIAL N

94.800,00

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
		A	B	C=A*B
Combustible	m3	5.000,00	1,06	5.300,00

**TRANSPORTE**

PARCIAL O

5.300,00

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C=A*B

PARCIAL P

0,00

TOTAL COSTOS DIRECTOS $X = (M+N+O+P)$	625.000,00
INDIRECTOS Y UTILIDAD 20 % X	125.000,00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	<b>750.000,00</b>

Realizando el presupuesto se tiene:

Item	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
7	Movilización draga de mantenimiento	global	1,00	50.000,00	850.000,00
4,1	Dragado arena o sedimentos	m <sup>3</sup>	3'020.000,00	5,50	16'618.218,56
8	Desmovilización de draga	global	1,00	750.000,00	750.000,00
<b>TOTAL</b>					<b>18'218.218,56</b>

## 21.6 Análisis Económico Financiero Escenario Recomendado

Finalmente, se analizó un sexto escenario, construido a partir de optimizaciones de algunas variables, principalmente el ancho del canal, cuyos resultados financieros-económicos son aún más favorables. La profundidad de este escenario es intermedia entre 10.5 y 11 metros. Para su análisis se usó exactamente la misma información (ingresos, costos, financiamiento, entre otras), del escenario cuatro a 11 metros de profundidad más dragado de garantía. Para este escenario además se consideró el horizonte de 15 años. La tabla a continuación muestra los resultados económicos obtenidos para este escenario.

**Tabla 23 Resumen de Resultados de Evaluación Económica y Financiera de Escenarios de dragado del Puerto de Guayaquil**

	Escenario 6
Volumen en m <sup>3</sup> de Dragado de apertura (arena)	10'366.021,58
Volumen en m <sup>3</sup> de Dragado de apertura (roca)	185.384,70
Volumen en m <sup>3</sup> de Dragado de mantenimiento (arena)	3'020.000,00
Costos de Dragado Apertura (Arena) en US\$ / m3	5,5
Costos de Dragado Apertura (roca) en US\$ / m3	12,5
Costos de Dragado Mantenimiento (arena) en US\$ / m3	5,5
Tiempo de dragado de apertura (meses)	14
Inicio de dragado de mantenimiento (mes)	2
Inversión en dragado de apertura	69'768.215, 63
Ingresos proyectados en año de referencia (año 8) en US\$	28'365.262,22
Costo de mantenimiento de dragado en US\$ en año de referencia (8)	24'937.033,94
TIR sobre inversión total en %	7,8
VAN sobre inversión total en US\$	-17'914.729,28
Recuperación de la inversión en años	15

Elaborado por: Grupo consultor



De acuerdo a los resultados, se considero que este escenario es factible. El TIR es positivo pero el VAN es negativo, lo cual podría corregirse con al menos un año más para lograr la recuperación.

## **21.7 Criterios para la Implementación de las Operaciones de Dragado de Apertura y Mantenimiento.**

### **21.7.1 Introducción**

Debido a las características y requerimientos de implementación del Dragado de Apertura y Mantenimiento, de Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil, aún para el escenario recomendado, luego del procedimiento de ajuste, aunque mejora su respuesta económica y financiera es importante verificar modelos de gestión que se ajusten a un requerimiento portuario a nivel local, regional y mundial.

### **21.7.2 Dragado permanente del Canal de Acceso a Puerto Marítimo y Señalización**

Como se ha indicado en los capítulos precedentes, los procesos sedimentarios son permanentes y el sistema natural siempre trata de recuperar su equilibrio dinámico, por lo que la premisa de las operaciones de dragado del Canal de Acceso deben ser vinculantes entre el Dragado de Apertura y el Dragado de Mantenimiento, es decir si se ejecuta el dragado de apertura, necesariamente se debe continuar con el de mantenimiento, caso contrario el esfuerzo financiero de la actividad de apertura se perderá; esta situación ha sido una constante en todos los dragados masivos o de apertura del Canal de Acceso, la última evidencia data de 2003, luego del dragado masivo en pocos meses el canal se había sedimentado. Es decir, dragado de apertura y el mantenimiento son actividades complementarias y no pueden manejarse en forma separada y menos aún en un corto plazo, puesto que esto permitirá garantizar el permanente mantenimiento del canal conforme al dragado requerido.

De igual forma, tal como se analizo en el Capítulo 13 Riesgos en la Navegación, los riesgos existentes en el Acceso / Salida del Canal a Puerto Marítimo de Guayaquil, son por Varamiento y Colisión; la vulnerabilidad de estos dos potenciales accidentes / incidentes, disminuye con la profundización del Canal (a través del dragado) y con una adecuada señalización náutica, es decir estas actividades son conexas.

### **21.7.3 Modelos de Gestión o formas de contratación para mantener el Canal de Acceso**

El Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil está a cargo Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG), por lo que es conveniente transferir el dragado de apertura y señalización marítima bajo una modalidad de concesión del canal de acceso, que se estructure en función de los costos de inversión de los equipos requeridos, costos de operación y mantenimiento y de una tasa atractiva de retorno de la inversión para el concesionario, con la posibilidad de incremento en la tasa por TRB o cambio de sistema de cobro conforme la demanda de uso del canal por buques de mayor calado y TRB, dando la posibilidad de iniciar en fases esta concesión, dando la oportunidad de incrementar la profundidad, conforme lo exija el mercado marítimo mundial.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-108



#### 21.7.4 Recomendaciones de Modelos de Gestión sugeridas o formas de Contratación

Del sinnúmero de opciones que se pueden considerar, este estudio recomienda las siguientes opciones para que sean analizadas:

- Concesión del Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil por peaje, con las debidas modificaciones introducidas en la Ley para el pago por tasa ingreso al Puerto de Guayaquil, y Balizamiento en concordancia con los tratados internacionales para la ejecución durante el periodo de concesión de la modernización, ampliación, operación y mantenimiento de dragado de apertura, dragado de mantenimiento y sistema de señalización Náutica para el Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil, desde la Boya de Mar hasta el área del Terminal Portuario, en un tramo de 94 + 000 Km.
- Contratación del dragado por objetivos, dragado de apertura (profundización), dragado de mantenimiento y Señalización Náutica con la meta de alcanzar la profundización de 11 metros al MLWS bajo el régimen de concesión mediante un cobro de peaje por parte del concesionario, con las debidas modificaciones introducidas en la Ley para el pago por tasa ingreso al Puerto de Guayaquil, y Balizamiento en un plazo a determinar.
- Contratación por un monto fijo / ajustable por variabilidad de mercado para las obras de:
  - Dragado de Apertura (profundización) del Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil
  - Dragado de Mantenimiento del Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil en un plazo a determinar.

Se puede establecer además en estos casos, que tanto la apertura como el mantenimiento de las condiciones de navegabilidad las Empresas deben prever la metodología y el empleo de equipos que posibilite este objetivo.

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-109



## 21.8 Anexos

### 21.8.1 Anexo A: Anexos modelo de maniobrabilidad

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-110



## 21.8.2 Anexo B: Cálculo de volúmenes

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-111



### 21.8.3 Anexo C: Plano con secciones para cálculo de volúmenes

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: 0	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Julio 2012	21-112