
PUERTO MARITIMO DE GUAYAQUIL



FASE I - CAPITULO 3

Determinación de la Tasa de Sedimentación

Realizado por:



Preparado para:



Guayaquil, Diciembre del 2011



TABLA DE CONTENIDO

3	DETERMINACIÓN DE LA TASA DE SEDIMENTACION.....	3-5
3.1	Estuarios: Modelos Sedimentarios	3-5
3.1.1	Definiciones y Generalidades	3-5
3.1.2	Tipos de Estuarios.....	3-6
3.1.2.1	Estuarios dominados por las olas.....	3-6
3.1.2.2	Estuarios dominados por las mareas.....	3-7
3.1.3	Variabilidad de los estuarios.....	3-9
3.2	Delta Complejo Dominado por Mareas, El Golfo de Guayaquil, (Según Cruz 1974, Benitez 1975).....	3-10
3.2.1	Marco Geográfico	3-10
3.2.2	Morfología	3-11
3.2.3	Dinámica de las mareas	3-12
3.2.4	Conclusiones.....	3-13
3.3	Información disponible	3-13
3.4	Análisis estadístico de la tasa de sedimentación del canal	3-14
3.4.1	Análisis de la tasa de Sedimentación.	3-14
3.4.2	Procesos de Circulación Oceánica	3-15
3.4.3	Proceso de la Onda de Marea	3-15
3.4.4	Proceso de Circulación en el Sistema Estuarino.....	3-15
3.4.5	Influencia de la Intrusión Salina	3-16
3.5	Olas	3-18
3.6	Climatología de la Región	3-18
3.6.1	Estación Húmeda y Seca	3-18
3.6.2	Eventos ENSO (El Niño - Oscilación Sur).....	3-19
3.7	Calidad de Agua	3-20
3.7.1	Temperatura.....	3-20
3.8	Sedimentología.....	3-21
3.8.1	Canal de Acceso: Sedimentos de Fondo.....	3-21
3.8.1.1	Sedimentos limosos	3-21
3.8.1.2	Sedimento arenoso	3-23
3.8.1.3	Sedimentos de Fondo del Canal de Acceso en los años 1984, 1998, 2001 y 2008	3-23
3.8.2	Canal de Acceso: Sedimentos en Suspensión	3-24
3.8.2.1	Carga Promedio de los Sedimentos en Suspensión del Canal de Acceso en los Años 1998, 2001 y 2008.....	3-24
3.8.3	Camaroneras.....	3-25
3.9	Tasa de Sedimentación	3-25
3.9.1	Batimetrías	3-25
3.10	Conclusión	3-30
3.11	Sugerencias.....	3-31
3.12	Bibliografía.....	3-32

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



3.13 Anexos.....	3-33
3.13.1 Anexo A: Volumen de sedimentación Noviembre 2009 (Boya 37 a Boya 45)	3-33
3.13.2 Anexo B: Volumen de sedimentación Marzo 2011 (Boya 54 a Boya 62)	3-34
3.13.3 Anexo C: Volumen de sedimentación Julio 2010	3-35
3.13.4 Anexo D: Volumen por dragar (proyección de volumen en el 2010)	3-36
3.13.5 Anexo E: Cálculo de resedimentación – Septiembre y Octubre 2010 ...	3-37
3.13.6 Anexo F: Volumen de sedimentación – Noviembre y Diciembre 2010 (Boya 44 a 45)	3-38
3.13.7 Anexo G: Volumen de resedimentación – Enero 2011 (Boya 44 a 45) .	3-39
3.13.8 Anexo H: Cálculo de cotas promedio, desde Boya 37 a Boya 32	3-40
3.13.9 Anexo I: Planos	3-41
3.13.9.1 Anexo I.1: Plano de la Batimetría Base – Marzo 2011.....	3-41
3.13.9.2 Anexo I.2: Plano de la Batimetría Noviembre 2009 – Marzo 2011.....	3-42
3.13.9.3 Anexo I.3: Secciones transversales para análisis de sedimentación.	3-43

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



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Documentación realizada por APG.....	3-14
Tabla 2. Salinidades máximas y mínimas promedio (0/00) en el Estuario del Estero Salado y Río Guayas (1998)	3-17
Tabla 3. Salinidades máximas y mínimas promedias (0/00) en el Estuario del Río Guayas	3-17
Tabla 4. Ocean Wave Statistics: Número de Observación de Olas.....	3-18
Tabla 5. Promedios meteorológicos mensuales en la estación Guayaquil (INOCAR). Período 1948 – 2008	3-20
Tabla 6. Comparación de Temperaturas en el Canal de Acceso.....	3-20
Tabla 7. Comparación de los tipos de sedimentos superficiales de fondo del Canal de Acceso en los años 1984, 1998, 2001 y 2008	3-23
Tabla 8. Carga de sedimentos en suspensión en la marea de reflujo	3-24
Tabla 9. Cargas promedio de sedimento en suspensión.....	3-24
Tabla 10. Histórico de batimetrías analizadas	3-25
Tabla 11. Cálculo de la Tasa de Sedimentos	3-29

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



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación evolutiva de los principales medios sedimentarios costeros (según Dalrymple et al. 1992). Un estuario se desarrolla una transgresión y desaparecen cuando empieza una regresión y/o una progradación.	3-6
Figura 2. Energía (arriba), morfología en planta (medio) y facies en sección longitudinal (abajo) en un estuario dominado por las olas. La sección representa el relleno después de una transgresión.	3-7
Figura 3. Energía (arriba), morfología en planta (medio) y facies en sección longitudinal (abajo) en un estuario dominado por las mareas.....	3-8
Figura 4. Repartición de las precipitaciones en la cuenca vertiente del río Guayas a lo largo de las secciones E-W (arriba) y N-S (abajo) (datos de CEDEGE 1975)	3-10
Figura 5. Mapa del delta del río Guayas (Golfo de Guayaquil) (Según Cruz, 1974 y Benitez, 1975)	3-11
Figura 6. Repartición de las precipitaciones en la cuenca vertiente del río Guayas a lo largo de succiones E-W (ARRIBA) Y N-A (abajo) (datos de CEDEGE 1975).	3-12
Figura 7. Mapa del delta del río Guayas (Golfo de Guayaquil) (Según Cruz, 1974 y Benitez, 1975)	3-13
Figura 8. Acumulado anual de precipitación período 1948 – 2008	3-19
Figura 9. Mapa esquemático de la Ubicación de Muestreo de distribución de los sedimentos según su textura – Junio 2008	3-22
Figura 10. Variación de niveles promedio de sedimentación entre Marzo 2005 y Marzo 2011	3-26
Figura 11. Variación de Niveles promedio de sedimentos entre Marzo 2005 y Marzo 2011	3-27
Figura 12. Variación de niveles promedio de sedimentos entre Julio 2006 y Marzo 2011	3-27

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-4

3 DETERMINACIÓN DE LA TASA DE SEDIMENTACION

3.1 Estuarios: Modelos Sedimentarios

Los Estuarios por naturaleza son sedimentadores, a continuación se presentan criterios científicos que ratifican este hecho y la descripción del Estuario donde se encuentra el Canal de Acceso a Autoridad Portuaria de Guayaquil.

3.1.1 Definiciones y Generalidades

El estudio reciente de los cuerpos sedimentados marinos costeros en relación con el eustatismo, llevó a los autores precisar y redefinir la sedimentación en los estuarios.

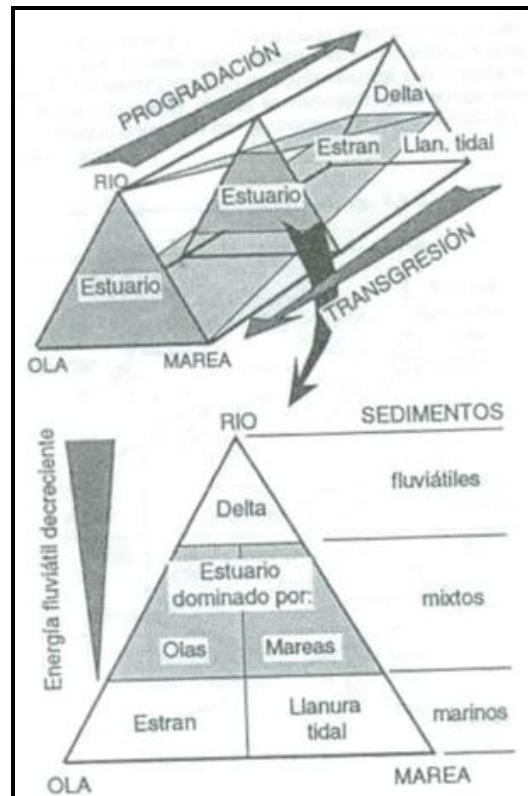
En la clasificación de los deltas (Galloway 1975), los estuarios representan un caso particular de delta con predominancia de las mareas. Ciertos autores definieron en base a criterios de salinidad (0,1 -> 32%), lo que no influye sobre los procesos sedimentarios; otros en base a la influencia de las mareas, lo que implicaría que los canales distributarios deltaicos o los lagoons tras-playa serían estuarios.

El estudio de los rellenos de valle (valley fill) ligados a las transgresiones eustáticas llamó la atención sobre la semejanza de dichos depósitos con los de los estuarios. Eso llevó a Dalrymple et al (1992) a definir un estuario como “La parte ubicada hacia el mar de un valle inundado, que recibe sedimentos de origen tanto fluvial como marino y sometida a la acción de las mareas y el río. Se extiende desde el límite superior de influencia de las mareas hasta el límite de las facies marinas costeras.”

Dicha definición implica que un estuario no es un tipo de deltas, sino un sistema independiente, cuyo desarrollo depende de la morfología de la costa (valle) y de un contexto eustático transgresivo. Por lo tanto, son sistemas efímeros a la escala geológica, ya que si aumentan los aportes sedimentarios o si baja la velocidad del alza eustática, el estuario se rellena y se vuelve delta. Más aún, según esta definición, la instalación de una sedimentación estuarina traduciría una transgresión eustática (intervalo transgresivo), mientras que la progradación de un delta representaría el prisma de alto nivel, es decir que suceden en el tiempo (Figura 1). Por lo tanto depósitos estuarinos se encuentran intercalados dentro de las cuencas deltaicas, formando sistemas llamados a veces parálisis, es decir fluvial distal con intercalaciones marinas o salobres.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-5

Figura 1. Clasificación evolutiva de los principales medios sedimentarios costeros (según Dalrymple et al. 1992). Un estuario se desarrolla una transgresión y desaparecen cuando empieza una regresión y/o una progradación.



Fuente: Dalrymple 1992

3.1.2 Tipos de Estuarios

Por la definición, un estuario está ubicado en la desembocadura de un río, que constituye un factor constante en el sistema. Ya que se desarrollan durante transgresiones que provocan la inundación y la desaparición de los deltas, solo existen dos tipos de estuarios los dominados por la energía de las olas, y los dominados por las mareas.

3.1.2.1 Estuarios dominados por las olas

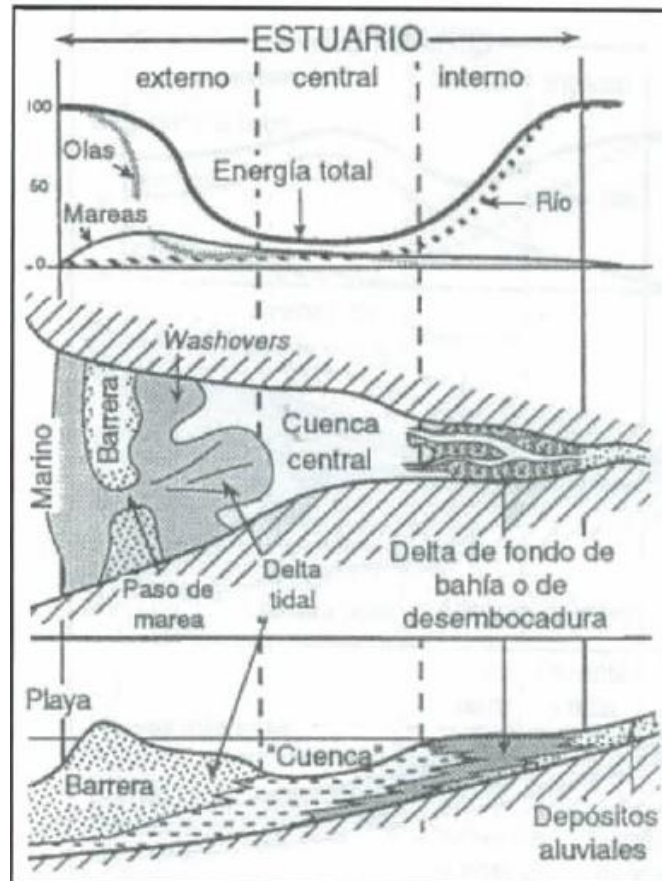
- a) Distribución de la energía.- En la boca de tales estuarios, las olas edifican barreras o cordones litorales emergidos o sub-acuáticos que impiden a las olas y a las corrientes tidales entrar en el estuario (Estuario hiposincrónico, cf.p.). Por lo tanto, la energía detrás de dicha barrera es muy débil y, si la desembocadura está totalmente tapada, se forma un lagoon, Si existe una influencia tidal, pueden formarse brechas en la barrera, y edificar deltas de flujo y reflujo.

Por disminución de la pendiente y aumento de la sección por la cual transita el agua (disminución del gradiente hidráulico), la energía del río decrece hacia el mar. Por lo tanto, los estuarios dominados por las olas están caracterizados por una alta energía en la boca, un mínimo muy pronunciado en la parte central, y nuevamente una buena energía fluviátil en el fondo (Fig. 2).

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-6

- b) Morfología y repartición de las facies.- La distribución de la energía induce una repartición grueso-fino-grueso de las facies desde la boca hasta la desembocadura (Fig. 2). En la boca, el cuerpo arenoso marino tiene las características de las arenas de playa o de barrera. En la parte tras-playa se observan abanicos de desborde (washover). Si existen mareas, la barrera puede ser cortada por pasos de marea asociados con deltas tidales de flujo en su lado interno (Fig. 2).

Figura 2. Energía (arriba), morfología en planta (medio) y facies en sección longitudinal (abajo) en un estuario dominado por las olas. La sección representa el relleno después de una transgresión.



En la parte central de muy baja energía se depositan lodos orgánicos dinos y bioturbados de tipo prodelata o lagoon, Si actúan las mareas, se presentan canales. En las orillas, se desarrollan llanuras costeras.

En el fondo, las arenas y/o conglomerados fluviales forman una delta que prograda dentro del estuario (bay-head, Fig. 2). Ya que no entran las olas y las mareas, tendrán las características de un delta dominado por el río.

3.1.2.2 Estuarios dominados por las mareas

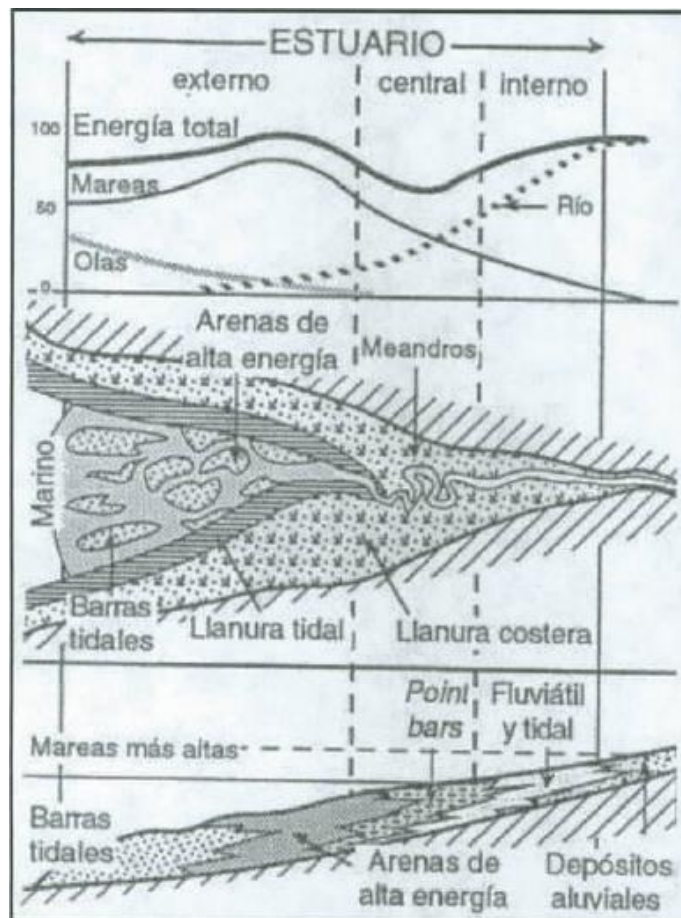
- a) Distribución de la energía.- La mayoría de los ejemplos actuales de los estuarios dominados por las mareas están ubicados en zonas macrotidales y tienen una forma de embudo. Sin embargo, algunos se encuentran de un delta dominados

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consultsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-7

por el río. En esos deltas, la energía de las corrientes de mareas dominada en la boca, y edifica barras tidales alargadas, que rompen la energía de las olas si existen. Por otro lado, la forma ensanchada (embudo) provoca la aceleración de las corrientes de marea aguas arriba (estuario hipsincrónico), hasta el punto donde la fricción contra el fondo y los bordes compense dicha energía (límite de influencia de las mareas).

La energía fluvial decrece aguas abajo, pero, ya que la ausencia de barrera permite una mejor penetración de las corrientes de marea, el mínimo de energía es menos nítido que en los estuarios dominados por las olas (Fig. 3).

Figura 3. Energía (arriba), morfología en planta (medio) y facies en sección longitudinal (abajo) en un estuario dominado por las mareas.



- b) Morfología y repartición de las facies.- Por esta última razón, la división grueso-fino-grueso de los sedimentos es menos nítida que en los estuarios expuestos a las olas. En la boca se encuentran barras tidales alargadas paralelas a la dirección de las corrientes, constituidas por arenas medianas a gruesas con estratificaciones oblicuas. Aguas arriba, en la zona de energía máxima de las corrientes tidales, cuerpos de arena fina con laminaciones horizontales, caracterizan un flujo de alta energía. Si el estuario es ancho, dicha zona comprende canales anastomosados (Fig. 3).

En la parte central de menor energía, el canal tidal-fluvial presenta una evolución morfológica en tres zonas recta-en meandros-recta hacia la cabeza (Fig. 3). En el

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consultoría	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-8

tramo recto inferior dominado por las corrientes de mareas, los sedimentos son transportados hacia arriba y pasan aguas abajo a las arenas de alta energía. En el tramo recto superior dominado por el río, los aportes son llevados hacia abajo. La zona mediana en meandros, sometida a las influencias mixtas de las mareas y del río, presenta la energía mínima del sistema y está caracterizada por el depósito de los estuarios dominados por las mareas. El canal recto superior pasa directamente al sistema fluvial, y no hay delta de desembocadura (Fig. 3).

3.1.3 Variabilidad de los estuarios

Los dos tipos de estuarios presentados son dos extremos entre los cuales pueden ocurrir muchas variaciones en función de factores sedimentarios o morfológicos.

- a) Influencia mixta de olas y mareas.- En un estuario dominado por las olas, si crece la energía de las mareas, pasados de marea cortan la barrera y la arena redistribuida edificará progresivamente barras tidales alargadas.

En la parte central, el ingreso de las corrientes tidales hace crecer la energía. Se forman canales de marea, y se depositan arenas de origen marino. Las orillas del lago están cubiertas por depósitos de llanura tidal. En el fondo, de delta, anteriormente dominado por el río, se transforma en delta dominado por mareas.

- b) Influencia de los aportes sedimentarios.- Si los aportes sedimentarios fluviales son importantes, el delta de desembocadura progresa y rellena rápidamente el estuario. De la misma manera el tamaño del cuerpo marino depende del aporte de sedimentos procedentes del mar.
- c) Morfología y el tamaño del estuario.- Si el valle es sinuoso, la fricción frena las corrientes de marea y disminuye su energía, favoreciendo la edificación por las olas de una barrera. El gradiente costero (pendiente) y la amplitud de las mareas controlan la longitud del sistema estuarino. También el caudal respectivo de las mareas y del río controlan el tamaño de las zonas dominadas por dichos procesos.
- d) Relleno del estuario.- En un estuario dominado por las olas, la progradación del delta del fondo de la bahía y del delta rellenan la parte central, donde el canal tidal y el canal fluvial se unen, permitiendo el ingreso más fácil de las corrientes de mareas.

En un estuario dominado por corrientes tidales, estas retrabajan las arenas tanto fluviales como marinas, que rellenan rápidamente las partes profundas y anchas, hasta formar la morfología en embudo. Luego, el sistema progresa sin cambio importante de forma.

En ambos casos, si sigue la progradación, el estuario relleno es sobreyacido por un delta. La principal diferencia entre estuario y delta es la dirección de transporte del material: bimodal en el primer caso, hacia el mar en el segundo.

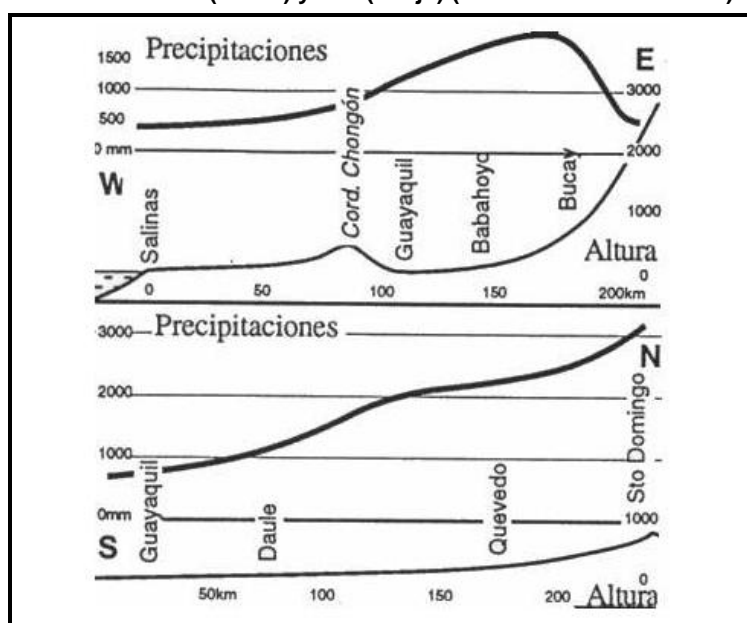
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-9

3.2 Delta Complejo Dominado por Mareas, El Golfo de Guayaquil, (Según Cruz 1974, Benitez 1975).

3.2.1 Marco Geográfico

El río Guayas nace de la confluencia de ríos meandriformes (Daule y Babahoyo) procediendo de una cuenca vertiente de 31.000 Km². El delta está ubicado a 2°30' S, bajo clima cálido (aprox. 25°C promedio anual), en la zona transicional entre el clima tropical húmedo de tipo colombiano y el clima árido peruano, controlado por la corriente fría de Humbolt. Por lo tanto, la pluviosidad anual aumenta rápidamente del SO (400 mm) al NE (3100mm) de la cuenca vertiente, y con la altura (Fig. 4). La mayor parte de las lluvias ocurren entre Diciembre y Mayo.

Figura 4. Repartición de las precipitaciones en la cuenca vertiente del río Guayas a lo largo de las secciones E-W (arriba) y N-S (abajo) (datos de CEDEGE 1975)



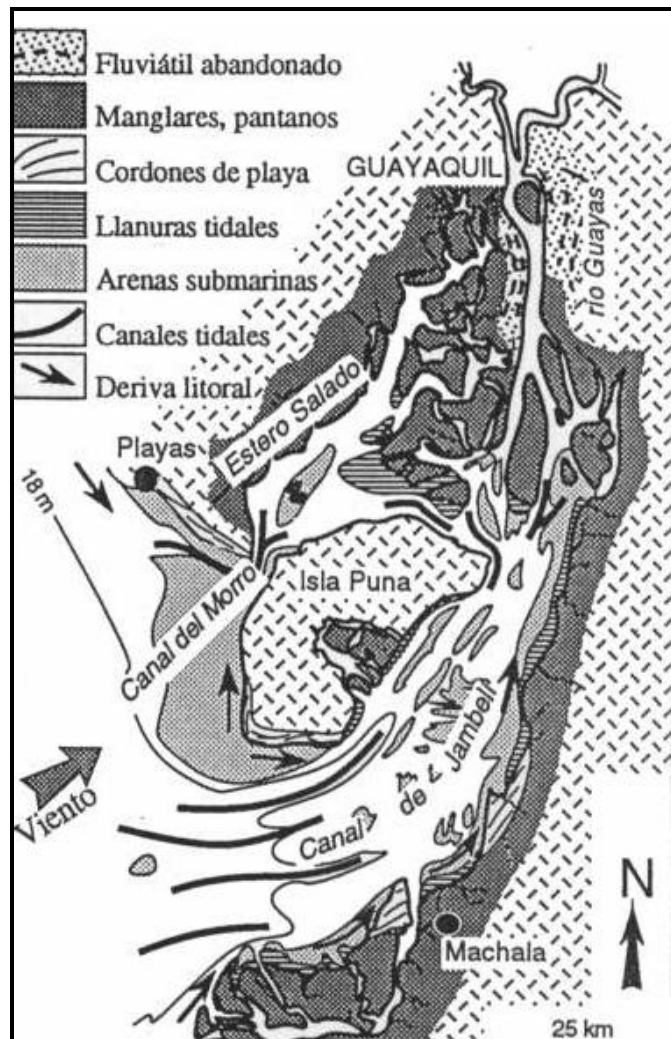
Fuente: Benitez 74

La amplitud de las mareas semi-diurnas es de 1,8 m al entrar en el canal del Morro, y son amplificadas por la forma en embudo del Golfo, hasta alcanzar 3,3 m en Guayaquil. El agua salada entra en tierra adentro hasta 200 Km al Norte de la Isla Puná: Cerca de Babahoyo, el agua del río contiene 2 ppm de derivados de cloro a marea baja, y 8 ppm a marea alta.

Los vientos dominantes provienen del OSO con una velocidad promedio de 9 Km/h en las mañanas y 20 Km/h en las tardes. En el Golfo, las olas son generadas débiles. Entre Enero y Mayo, 30% de éstas miden más de 1 metro, contra 60% de Junio a Diciembre. En ambos casos, 2/3 de las olas llegan al Sur 1/3 del SO. Los vientos y las olas generan derivas litorales notables, que convergen en dirección de la desembocadura van hacia el E o el SE a lo largo de las costas S de la Península y de la Isla Puná, y hacia el N en las costas O del continente (Machala) y de la Isla Puná (Fig. 5).

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-10

Figura 5. Mapa del delta del río Guayas (Golfo de Guayaquil) (Según Cruz, 1974 y Benitez, 1975)



Fuente: Benitez 75

3.2.2 Morfología

En la cabeza del delta se observan depósitos fluviales relleno de causas abandonados del río Guayas (Fig. 5). En la llanura deltaica, se diferencian dos zonas. Al Oeste (Estero Salado), los manglares y pantanos están cortados por numerosos canales de marea sinuosos y bifurcados (esteros), están bordeados por llanuras de marea. Un delta tilda alargado está ubicado cerca del canal del Morro, Aquí solo desembocan ríos secundarios (Chongón, Daular). Dicha zona está claramente dominada por las oscilaciones tidales. Al Este (Río Guayas, Fig. 5), los canales son rectos, llanuras tidales estrechas solo existen en zonas protegidas, y se notan abundantes barras arenosas tidales alargadas, que testiguan la importancia de las corrientes de marea, y los aportes fluviales.

En la parte distal del delta se hace sentir el oleaje. Existen también zonas (Fig. 5). El canal de Jambellí (al SE), está caracterizado por abundantes barras tidales separadas por canales de marea. Manglares y llanuras tidales solo existen atrás de los cordones de la playa edificados por la deriva litoral en el lado SE, o en bahías protegidas. En el Sur de la Isla Puná y más al NO (Fig. 5), playas y cordones arenosos debidos a las olas y la deriva litoral delimitan llanuras saladas submarinas ubicadas en la

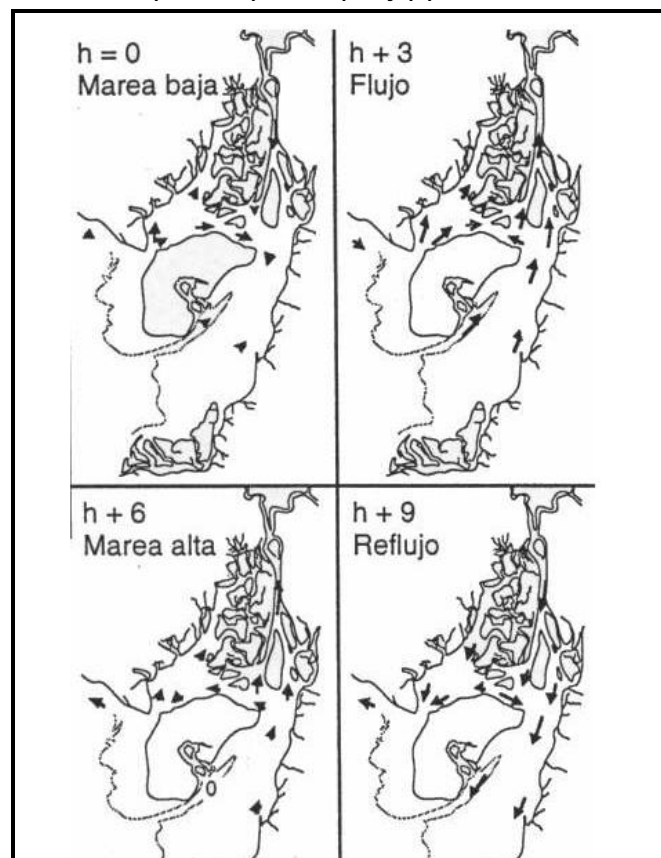
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-11

desembocadura del canal del Morro representan las levas del canal tidal y el delta tidal de reflujos del Estero Salado.

3.2.3 Dinámica de las mareas

Las medidas in situ de las corrientes de marea y granulometría de los depósitos (Cruz 1974, (Fig. 6) precisan esas observaciones. A marea baja, las corrientes son débiles, excepto en el río Guayas. Al subir (Fig. 6), la marea induce corrientes fuertes en los canales de Jambelí (1 m/s) y del Morro (0,7 m/s), depositando un delta tidal de flujo en el Estero Salado. La corriente empieza a invertirse en el río Guayas. A área alta, la circulación casi cerca en el Golfo (<0,3 m/s), pero la onda de flujo, amplificada y atrazada, se vuelve máxima (1 m/s) en el río Guayas (Fig. 6), explicando el escalonamiento de la marea alta entre Guayaquil y las playas de la Península (estuario hipsincrónico). Cuando baja la marea (Fig. 6), fuertes corrientes de reflujos barren el canal de Jambelí (1 m/s), mientras que, en el Morro, corrientes de reflujos (0,5 m/s) edifican el delta tidal. En el río Guayas, la onda de reflujos empieza, y alcanza su máximo a marea baja (Fig. 4). Al norte de la Isla Puná, la inversión de la circulación entre la marea baja y marea alta indica que el Estero se rellena y se vacía más lentamente que el canal de Jambelí.

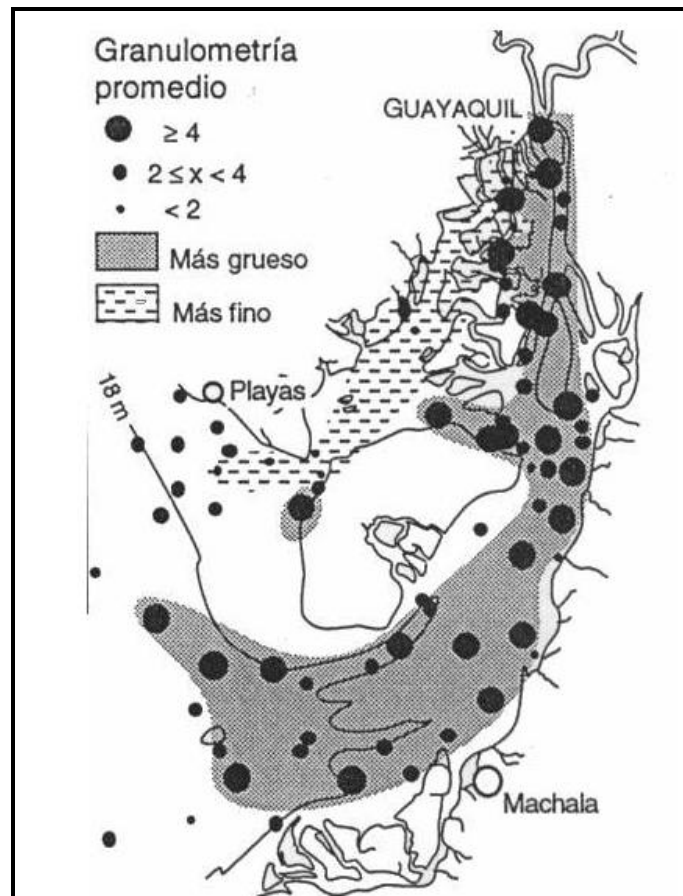
Figura 6. Repartición de las precipitaciones en la cuenca vertiente del río Guayas a lo largo de succiones E-W (ARRIBA) Y N-A (abajo) (datos de CEDEGE 1975).



El papel de las corriente tidales está ilustrado por el contraste entre los depósitos gruesos de la parte E (Jambelí, Guayas) y los finos de la O (Estero Salado). Notemos que el material grueso no parece depositarse en el Estero Salado, sino al Sur del canal de Morro.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-12

Figura 7. Mapa del delta del río Guayas (Golfo de Guayaquil) (Según Cruz, 1974 y Benitez, 1975)



Fuente: Benitez 1974

3.2.4 Conclusiones

El delta del Guayas corresponde dos sistemas sedimentarios distintos, Al Este, Río Guayas y el canal de Jambelí constituyen un delta dominado por las corrientes de marea, donde los aportes fluviales forman barras tidales de arena gruesa. Al Este, el Estero Salado es un estuario dominado por las mareas, con poca influencia fluvial, caracterizado por una sedimentación fina y la edificación de deltas tidales. Como todos los estuarios, será probablemente rellenado por aportes sedimentarios. La individualización de esos sistemas, se debe al relieve morfológico de las Isla Puná al Sur, y al Norte, a los productos de la progradación deltaica que constituyen las tierras ubicadas al Sur de Guayaquil. Al Sur se nota una nítida influencia de las olas y de las corrientes litorales.

3.3 Información disponible

Se realizaron visitas a las oficinas de Autoridad Portuaria de Guayaquil, para revisar y sistematizar la información actual e histórica disponible; la recopilación de información se realizó durante los días 22 de julio, 29 de julio y 5 de agosto. En la siguiente tabla se presenta el listado de la información batimétrica relacionada al Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-13

Tabla 1. Documentación realizada por APG

Año	Elaborado	Proyecto	Descripción
2005	Fundación APG Dragado	Levantamiento Batimétrico entre las Boyas No. 3 y 6; 8 y 13; 17 y 20 , 37 y 66 y análisis de sedimentos en el canal de acceso a la Autoridad Portuaria de Guayaquil	La Fundación APG – DRAGADO contrata los servicios de INOCAR para realizar trabajos batimétricos en las áreas situadas entre las boyas No. 3 y 6; entre las boyas No. 8 y 13; entre las boyas No. 17 y 20 y entre las boyas No. 37 y 66 ubicadas en el canal de acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil, además realiza toma de muestras de sedimentos de fondo, en diferentes sectores a lo largo de la ruta del levantamiento, los que son analizados en el laboratorio y determinan su densidad y peso específico.
2006	Fundación APG - Dragado	Memoria Técnica/Levantamiento Batimétrico entre las Boyas No. 2 y 8; 8 y 13; 17 y 22; 37 y 66 y cálculo de volúmenes en el eje del canal de acceso a la autoridad portuaria de Guayaquil	La FUNDACION APG-DRAGADO mediante oficio solicita al INOCAR monitorear nuevamente las áreas sedimentadas del canal de acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil, para lo cual el INOCAR realizó los estudios batimétricos del canal de acceso a Puerto Marítimo, determinando el volumen de sedimentación en alta y baja frecuencia. Las áreas de estudio a ser levantadas fueron las siguientes: área 1 (Boyas 2 a la Boya 8), área 2 (Boya 8 a la Boya 13), área 3 (Boya 17 a la Boya 22) y área 4 (Boya 37 a la Boya 66).
2009	Autoridad Portuaria de Guayaquil	Levantamiento Batimétrico del río Guayas, esteros y canales interiores, para la actualización de las cartas de la serie IOA - 107	Autoridad Portuaria mediante contrato con INOCAR ejecutan el levantamiento de información para la actualización de las Cartas IOA – 1072 – 1073 – 1074, los datos recolectados de las profundidades servirán para la actualización, tanto para la Carta Náutica Electrónica como para, la Carta Análoga.
2011	Autoridad Portuaria de Guayaquil	Memoria Técnica/Levantamiento Batimétrico entre las Boyas 7-13 y 33-66 en el canal de navegación hacia Puerto Marítimo de Guayaquil	Mediante el portal de compras públicas, Autoridad Portuaria de Guayaquil acredita al INOCAR para ejecutar el proyecto. Realizando la batimetría de las áreas de las boyas 7 a la 13; y las boyas 33 a la 66.

Fuente: Equipo de Trabajo

La Cartografía para el Análisis ha sido entregada por APG a la Asociación.

3.4 Análisis estadístico de la tasa de sedimentación del canal

3.4.1 Análisis de la tasa de Sedimentación.

La sedimentación es el proceso de decantación de los materiales en suspensión que se encuentran en un medio acuático. Esta acción está ligada y relacionada a muchas causas tales como las condiciones climáticas, meteorológicas, hidrológicas, mareas, corrientes, texturas de los materiales, morfología de los estuarios, vegetación costera, etc., todos interaccionan con mayor o menor intensidad dependiendo de las condiciones del entorno y clima reinante y originan consecuentemente en unos casos las erosiones y en otros las sedimentaciones.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-14



Estudios realizados por INOCAR en años anteriores sobre las diversas causas, procesos y efectos de sedimentación en el canal, se sintetizan en los párrafos siguientes:

3.4.2 Procesos de Circulación Oceánica

Según INOCAR (2008), las masas de agua del Pacífico Tropical Oriental son las que gobiernan la circulación oceánica frente a nuestras costas. Como resultado, el área del Golfo de Guayaquil está fuertemente influenciada por el aporte estacional de dichas masas. La masa de Agua Tropical Superficial proveniente de la Cuenca de Panamá, domina al norte; esta agua se caracteriza por temperaturas superiores a los 25°C y salinidades menores a 33.5 o/oo, por lo general esta masa de agua cálida se extiende desde el ecuador geográfico hasta los 13°N y hacia el oeste hasta los 120°W. Al sur del ecuador, hasta los 5°S, se localiza el extremo oriental del Agua Ecuatorial Superficial, generada por una mezcla de Agua Tropical Superficial, cálida y poco salina, con aguas de la Corriente del Perú, fría y salina; esta masa de agua está definida por un gradiente térmico que incluye las isotermas de 25 a 19°C y una salinidad de 33.5 a 35 o/oo.

3.4.3 Proceso de la Onda de Marea

En las costas ecuatorianas se presentan mareas de tipo semidiurna. Esta se caracteriza por presentar dos pleamares y dos bajamares en algo más de 24 horas con pequeñas desigualdades diurnas. La amplitud de la marea varía en el golfo de 1.5 m durante la fase de cuadratura a 2.3 m en la fase de sicigia. Debido a la complicada geometría del sistema estuarino y la fricción hidráulica, la onda sufre una deformación paulatina hacia el interior del estuario. Al momento de ingresar la onda por el Estero Salado, 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.

El Instituto Oceanográfico registra información en las estaciones de Posorja y Puerto Marítimo desde los años 1984 y 1979 respectivamente. Estas estaciones son llamadas “puerto patrón”. El tener esta información histórica contribuye a mantener un conocimiento más exacto del comportamiento de las mareas.

3.4.4 Proceso de Circulación en el Sistema Estuarino

Las corrientes o circulación presentes en el estuario interior son el resultado de la entrada y salida del agua en cada ciclo de marea, creado por el flujo y reflujo de las aguas. La amplitud de marea es la que gobierna la magnitud y la dirección de las corrientes; por ello las máximas velocidades se manifiestan en la mitad del ciclo, esto es entre la plea y baja y viceversa.

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

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-15



distancias entre 10 y 30 km., presentando velocidades máximas de 0.5 a 2.0 m/s, dependiendo de la amplitud y tipo de la marea, y del lugar del estuario considerado.

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

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

3.4.5 Influencia de la Intrusión Salina

En un estuario están presentes dos tipos de agua: el agua de mar y el agua dulce. La primera tiene salinidades alrededor de los 35‰, y una densidad de 1027 Kg/m³, en contraste con el agua dulce que tiene 1000 Kg/m³. Debido a esta diferencia de densidades el agua de mar se desplaza por el fondo hacia el interior, mientras que el agua dulce, que es menos densa, se desplaza hacia el mar en la superficie. En el estuario del río Guayas se presentan estas características, esto se debe a que existe diferencias importantes entre los valores máximos y mínimos de salinidad en la columna de agua.

Por el contrario, en el Estero Salado, las condiciones se presentan diferentes ya que los valores máximos y mínimos de salinidad se diferencian muy poco a lo largo de la columna, indicando que las aguas se hallan bien mezcladas.

Estas condiciones sufren cambios durante la época de lluvias, puesto que las salinidades en el sistema estuarino se reducen dramáticamente en respuesta a la dilución debido a las aguas provenientes de las lluvias locales; las salinidades máximas típicas en la parte media del Estero Salado están entre los 28 y 30 ‰ en época seca, mientras que en época húmeda se reducen entre 16 y 18 ‰. Esto se puede observar en los datos de campo obtenidos en los estudios de los años 1984, Tabla 2; mediciones realizadas en 1996, Tabla 3, confirman el comportamiento de la intrusión salina en el sistema.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-16

Tabla 2. Salinidades máximas y mínimas promedio (0/00) en el Estuario del Estero Salado y Río Guayas (1998)

Época		Seca		Húmeda	
Marea		Cuadratura	Sicigia	Cuadratura	Sicigia
Lugar	Estación	Min/max.	Min/max.	Min/max.	Min/max.
Estero Cobina	12	19.9 / 28.0		19.9 / 24.7	
Estero Salado	1	26.5 / 27.9	27.3 / 29.2	15.1 / 16.1	14.4 / 16.2
	2	27.0 / 28.5	27.8 / 30.2	15.3 / 15.8	15.0 / 16.7
	3	27.2 / 28.7	28.6 / 30.6	15.5 / 16.4	14.8 / 17.1
	4	28.9 / 29.8	29.0 / 31.2	14.4 / 15.9	15.8 / 19.2
	5	29.4 / 30.4	30.3 / 31.4	15.4 / 17.9	17.8 / 19.8
	6	31.4 / 31.7	32.7 / 33.7	19.6 / 24.6	19.1 / 24.9
Canal de Cascajal	7	31.4 / 32.8	33.2 / 33.8	14.6 / 16.1	16.5 / 18.0
Río Guayas	10	6.7 / 11.5	6.8 / 13.0	40.0 / 0.0	0.0 / 0.01
	9	20.5 / 27.1	18.7 / 29.7	0.00 / 2.2	0.02 / 6.0
Canal de Jambelí	8	35.0 / 35.9	32.5 / 34.4	13.1 / 22.8	10.5 / 25.0

Fuente: Inocar 2008

Tabla 3. Salinidades máximas y mínimas promedio (0/00) en el Estuario del Río Guayas

Época		Seca	
Marea		Reflujo	Flujo
Lugar	Estación	Min/max.	Min/max.
Estero Cobina	Boya 59	26.811 / 27.113	26.432 / 26.658
	Boya 17	29.939 / 30.091	29.668 / 29.783
Río Guayas	La Puntilla	4.034 / 5.3962	407 / 2.860
	Punta Piedra	14.861 / 17.852	12.449 / 14.824
	Punta Mandinga	30.403 / 30.594	29.978 / 31.017

Fuente: INOCAR 1996

En general, el interior del Estero Salado presenta un sistema bien mezclado con bajos gradientes de salinidad. La mezcla de las aguas marinas y dulces se da en la zona de la interface, producida permanentemente por los movimientos de cada ciclo de marea.

La distancia a la cual el agua salada ingresa en el estuario está en función del equilibrio entre la descarga de agua dulce y la gradiente de densidad. Este mecanismo predomina en el Río Guayas - Canal de Jambelí, con una máxima intrusión hasta de 70 km aguas arriba de Guayaquil. Si hay mayores descargas, esta gradiente se desplazará hacia el sur, probablemente a la vecindad de Puná en condiciones extremas. En cambio en el Estero Salado la falta de agua dulce permite una mayor penetración del agua salada en el estero. Las salinidades ocasionalmente descienden debido a las lluvias locales o a los desechos ciudadanos, o en su defecto por el ingreso de flujos de agua dulce provenientes de las cuencas hidrográficas de los ríos Daular, Cerecita y Camarona (INOCAR 2001)

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consultsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-17

3.5 Olas

INOCAR (2008) menciona en su estudio que, a la altura de la boya de mar y la boya 13, la presencia de las olas es más significativa; esto se da por el arribo del mar de leva del Pacífico Sur y la ola de viento generada principalmente en la estación seca. Al no disponerse de registros de largo tiempo in situ, se recurrió a la información del Ocean Wave Statistics, aquí se observa que el 53.5% corresponde a olas del mar de leva y el 46.5% a la ola de viento, Tabla 4.

Tabla 4. Ocean Wave Statistics: Número de Observación de Olas

Meses	Todas las direcciones			Direcciones 200 – 280°			
	Olas No.		Olas de Viento	Olas		Olas de Viento	
	No.	No.	%	No.	%	No.	%
Dic – Feb	3.036	1796	59.2	199	6.6	120	4.0
Mar – May	3.713	1829	49.3	172	4.6	100	2.7
Jun – Ago	2.739	998	36.4	128	4.7	66	2.4
Sep – Nov	3.067	1218	39.7	165	5.4	301	2.6
Total	12.555	5.841	46.5	665	5.3	367	2.9

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

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

3.6 Climatología de la Región

Según Holdridge, el clima del área de estudio está clasificada como "tropical húmedo", presentando una temperatura media del aire de 25.2°C y un acumulado anual de precipitación de 955 mm. Estas características se manifiestan como resultado de la interacción del océano y la atmósfera y especialmente del régimen de corrientes oceánicas y la posición de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). En este clima se distinguen dos épocas, la estación húmeda que se caracteriza por la presencia de precipitaciones y la época seca por la ausencia de las mismas.

3.6.1 Estación Húmeda y Seca

La estación **húmeda** o temporada de lluvias normales se desarrolla anualmente entre los meses de Diciembre y Abril. Se manifiesta en respuesta al desplazamiento hacia el sur de la ZCIT, al debilitamiento de la corriente costera de Humboldt y a la presencia anual de la corriente El Niño, que es un flujo costero de agua cálida y de baja salinidad proveniente de la cuenca de Panamá.

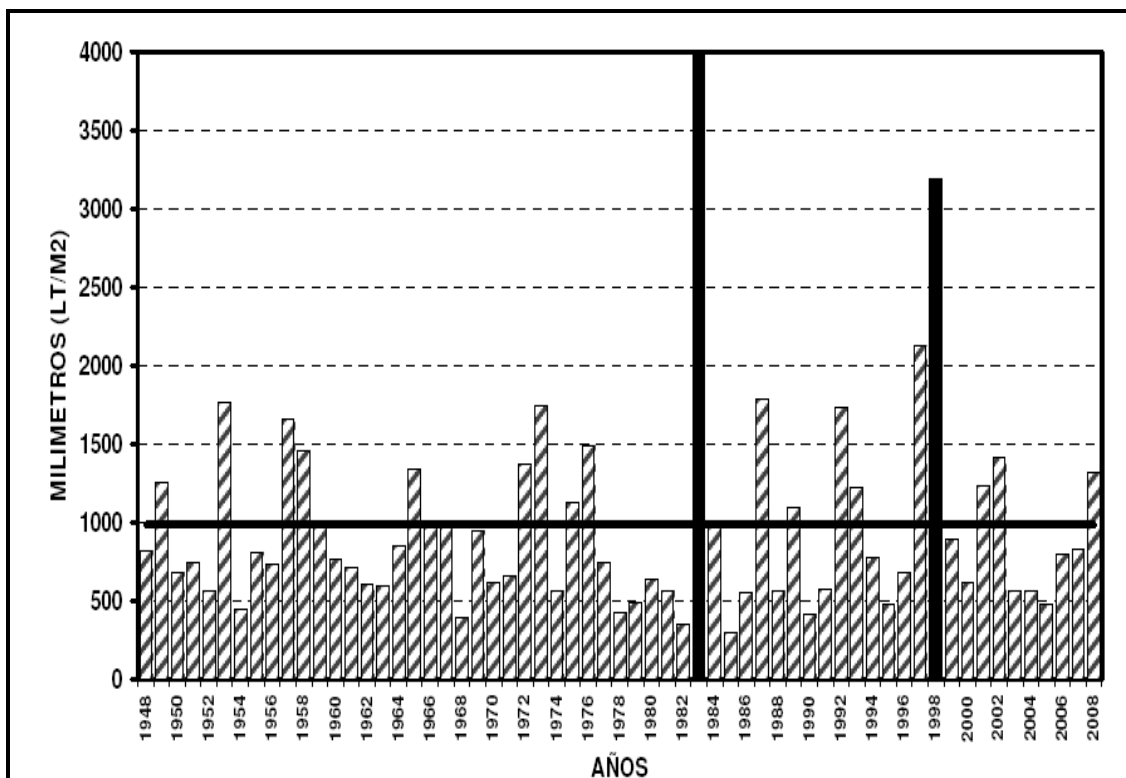
De igual forma, anualmente la estación **seca** se manifiesta entre los meses de Mayo y Noviembre. Es el resultado del desplazamiento de la ZCIT hacia el Norte debido a la

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-18

intensificación de la corriente costera de Humboldt, o corriente del Perú, y a la presencia de los vientos alisios del sureste. La corriente de Humboldt crea la inversión estable que inhibe los procesos convectivos, de modo que las precipitaciones disminuyen a niveles muy bajos.

En la Figura 8 se puede apreciar los acumulados anuales para el período 1948 – 2008, para la estación Guayaquil-INOCAR.

**Figura 8. Acumulado anual de precipitación período 1948 – 2008
ESTACION GUAYAQUIL - INOCAR
PRECIPITACIONES ANUALES**



Fuente INOCAR 2008

3.6.2 Eventos ENSO (El Niño - Oscilación Sur)

El evento ENSO (El Niño-Oscilación Sur) es una variación interanual que se manifiesta frente a este régimen climático. El ENSO se presenta en forma aleatoria y consiste en la invasión masiva de aguas cálidas al Pacífico Oriental Tropical, particularmente a las Costas de Ecuador y Perú. Estas circunstancias conllevan a que la temperatura del agua y el nivel medio del mar sufran un incremento significativo; de igual forma las precipitaciones presentan un aumento sustancial que pueden alcanzar valores extraordinarios en los eventos extremos como el de los años 1982-83 y 1997-98.

En la Figura 8 se nota cómo en los años 1983 y 1998, (años Niño) los acumulados anuales sobrepasan en mucho al promedio anual de 1000 mm. La temperatura durante estos eventos presenta un comportamiento similar, al presentarse anomalías positivas.

La cuenca del Río Guayas está sujeta a efectos variados, debido a los cambios de las estaciones normales, así como a los eventos moderados y extremos de El Niño; en consecuencia estos efectos se ven reflejados sobre el sistema estuarino y sobre la producción acuícola y agrícola del sector. El clima de la zona de estudio está definido por varios parámetros meteorológicos, los mismos se hallan en las Tablas 5.

Tabla 5. Promedios meteorológicos mensuales en la estación Guayaquil (INOCAR). Período 1948 – 2008

Parámetro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura*	OC	23	23.3	23.4	23	22.5	21	20.5	20	20.3	20.8	22	21.8
Precipitación	mm	200	250	250	175	50	25	10	0	0	5	10	40
Humedad relativa*	%	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Viento*	Puntos	SW	NE	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW			
	m/s	2.4	2.6	3.0	2.4	2.2	2.3	2.8	2.5	2.6			
Heliofania*	horas	94	90	128	138	136	113	119	115	142	117	108	118
Evaporación*	mm	118	80	100	105	118	110	115	128	135	139	137	146

(*) Promedio correspondiente al período 1948 – 2003

Fuente: INOCAR - 2008.

3.7 Calidad de Agua

INOCAR (2008) detalla los resultados de las mediciones realizadas en su estudio de dragado con su respectiva comparación con los estudios de los años 1998, 2001 y 2003, de lo cual resaltamos la temperatura en la tabla 6.

3.7.1 Temperatura

Los datos de temperatura que se detallan en ese estudio presentan una similitud entre los años 1998 y 2008, mientras que para el año 2001 se observan valores menores. Los valores de 1998 son ligeramente más altos hacia la parte sur del canal, posiblemente por la presencia del fenómeno ENOS (el Niño Oscilación del Sur) en que se presentan aguas marinas más cálidas.

Los valores de temperatura encontrados en el 2003 variaron entre 24,9 y 26,6 °C, es decir que se presentaron temperaturas dentro de las variaciones encontradas en los otros años. La tendencia nos dice que hay una similitud entre los datos de los diferentes EIA. Tabla 6.

Tabla 6. Comparación de Temperaturas en el Canal de Acceso

Localidad	Est #	Prof m	Jul 98 °C	Jul 01 °C	Jun 08 °C
Boya 72	1	Superficie	27.69	25.1	28
		Fondo	27.54	24.6	27.5
Boya 67	2	Superficie			27
		Fondo			26

Localidad	Est #	Prof m	Jul 98 °C	Jul 01 °C	Jun 08 °C
Boya 66	3	Superficie			27
		Fondo			26
Boya 59	4	Superficie	27.86	24.3	27
		Fondo	27.81	24.2	26
Boya 48	5	Superficie	27.25	24.5	26.9
		Fondo	27.55	24.3	26.8
Boya 33	6	Superficie	27.37	23.7	26.9
		Fondo	27.41	23.7	26.9
Boya 17	7	Superficie	27.36	23.7	26.4
		Fondo	27.33	23.3	26.5
Oeste de la Isla Puna	8	Superficie		23 / 23.1*	26
		Fondo	22.8 / 23.2*		26

*Valores de temperatura para reflujos.

Fuente: INOCAR – 2008

3.8 Sedimentología

3.8.1 Canal de Acceso: Sedimentos de Fondo

La distribución de las estaciones para muestreo de los sedimentos de fondo, realizadas por INOCAR (2008), se muestra en la Figura 9; se indica también la textura de los materiales. El material sedimentario encontrado se divide en dos grupos bien definidos, según el orden de predominancia:

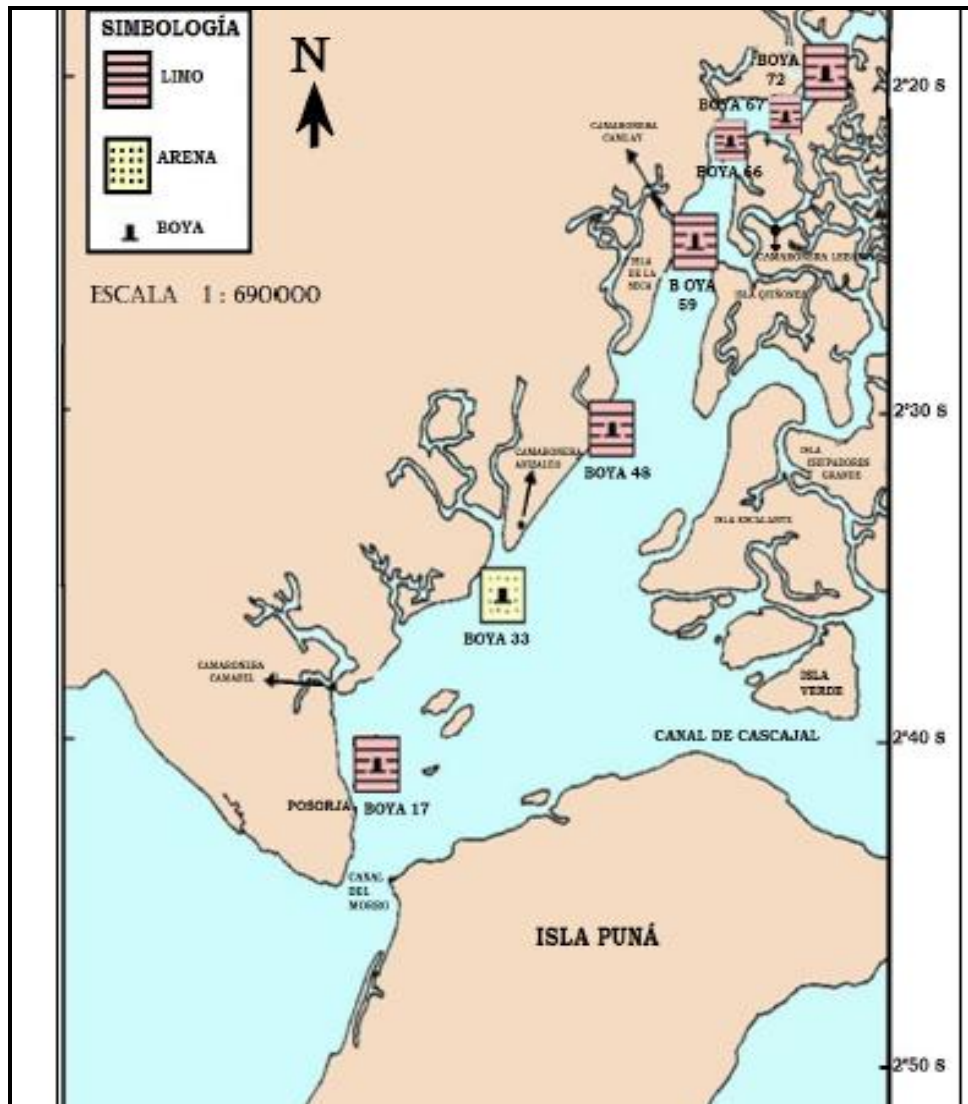
3.8.1.1 Sedimentos limosos

Sedimentos limosos, mezclados con arcilla, mal seleccionados, predominan en las estaciones 1, 2, 3, 4, 5, y 7; esto es, en la Boya 17 (Est. 7) y desde la Boya 48 (Est. 5) hacia el interior del estero.

El Estudio indica que estos sedimentos proceden del aporte del Río Guayas y sus tributarios, los mismos son transportados en suspensión e ingresan al Estero Salado por medio del Canal de Cascajal, del Estero Grande y, en menor proporción, a través de las esclusas del Estero Cobina. Además de estos factores, la erosión de las orillas, debido al oleaje generado por los buques de alto calado, también aportaría con este material.

Además señala que el movimiento de estos sedimentos contribuye a mantener un equilibrio dinámico entre la erosión y la deposición de los fondos.

Figura 9. Mapa esquemático de la Ubicación de Muestreo de distribución de los sedimentos según su textura – Junio 2008



Fuente: INOCAR 2008

Entre los factores que intervienen en la deposición de este material limoso en el lecho del estero se pueden mencionar:

- La disminución de la dinámica del agua hacia el interior del estero, que es la condición propicia para el asentamiento de los sedimentos debido a la quietud de las aguas;
- Reacciones físico químicas por el encuentro de agua dulce con el agua salada en la marea de flujo, lo que facilita que floculen las partículas finas de limo-arcilla, es decir, se agrupen formando partículas de mayor tamaño y peso que se depositan en el fondo; y
- La presencia de las estoas de flujo y reflujo, es decir, los momentos en que la marea aparentemente se detiene (30 a 40 minutos) para cambiar de un estado a otro. Los períodos de estos también permiten que se deposite el material fino.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-22

3.8.1.2 Sedimento arenoso

En el área de la Boya 33, en la Estación 6, INOCAR encontró que predominan arenas de tamaño fino. La predominancia de estas arenas confirma la presencia de fuertes corrientes que caracterizan este sector, el material limo-arcilloso es lavado quedando la arena fina en un 97%. Estos sedimentos pueden ser de orígenes marinos y transportados hacia el interior del estuario a través de las corrientes de marea.

3.8.1.3 Sedimentos de Fondo del Canal de Acceso en los años 1984, 1998, 2001 y 2008

Con fines comparativos, INOCAR presento en su estudio un resumen de la distribución de los sedimentos encontrados en el Canal de Acceso en los años 1984, 1998, 2001 y 2008, donde se puede apreciar cambios en los porcentajes de las fracciones, modificando la textura de los sedimentos predominantes. En general, comparando los años 1984, 2001 y 2008, el tipo de sedimento se mantiene. En el año 1998 se presentan porcentajes diferentes de las fracciones con una presencia mayor de arcilla que en los otros años, posiblemente debido a las mayores descargas de sedimentos finos en el río Guayas por la presencia del Fenómeno El Niño. El resumen se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7. Comparación de los tipos de sedimentos superficiales de fondo del Canal de Acceso en los años 1984, 1998, 2001 y 2008

Est.	Años			
	1984	1998	2001	2008
Boya 72			Limoso	Limoso
			86% de limo	97% de limo
			13% de arcilla	3% de arena
Boya 59	Limoso	Limo - Arcilloso	Limoso	Limoso
	90% de limo	52% de limo	72% de limo	98% de limo
	10% de arcilla	47% de arcilla	20% de arcilla	2% de arena
Boya 48	Limoso	Limoso	Limoso	Limoso
	83% de limo	81% de limo	92% de limo	96% de limo
	15% de arcilla	13% de arcilla	6% de arcilla	4% de arena
Boya 33	Arenoso	Limo - Arcilloso	Arenoso	Arenoso
	98% de arena	45% de limo	93% de arena	97% de arena
		31% de arcilla	7% de limo	3% de limo
Boya 17		24% de arena		
	Arenoso	Arenoso	Arena - Limo	Limoso
	96% de arena	98% de arena	51% de arena	83% de limo
	25% de limo	42% de limo	17% de arena	

Fuente: INOCAR – 2008

3.8.2 Canal de Acceso: Sedimentos en Suspensión

Las mediciones realizadas durante el 2008 por INOCAR muestran que en las mareas de reflujó las concentraciones superficiales variaron entre 0.018 y 0.104 g/l en las estaciones 1 (Boya 72) y 4 (Boya 59) respectivamente. Hacia el fondo las concentraciones son mayores, variando entre 0.02 y 0.243 g/l en las mismas estaciones. Tabla 8.

Tabla 8. Carga de sedimentos en suspensión en la marea de reflujó

Estación	Nivel	Reflujó (g/l)
Boya 72	Superficie	0.018
	Fondo	0.020
Boya 67	Superficie	0.021
	Fondo	0.030
Boya 66	Superficie	0.030
	Fondo	0.050
Boya 59	Superficie	0.104
	Fondo	0.243
Boya 48	Superficie	0.022
	Fondo	0.209
Boya 33	Superficie	0.046
	Fondo	0.046
Boya 17	Superficie	0.086
	Fondo	0.156

S: superficie F: fondo

Fuente: INOCAR – 2008

3.8.2.1 Carga Promedio de los Sedimentos en Suspensión del Canal de Acceso en los Años 1998, 2001 y 2008.

En la Tabla 9 se presenta un resumen de las cargas promedio para los años 1998, 2001 y 2008. En general las cargas en reflujó para el año 2008 son muy similares a las del 2001, excepto entre las Boyas 48 a 17. Se debe mencionar que las estaciones que presentan una mayor carga de sedimentos en suspensión son aquellas donde predomina el material limoso.

Tabla 9. Cargas promedio de sedimento en suspensión

Estación	Carga en Reflujó (g/l)		
	Años		
	1998	2001	2008
Boya 72		0.020	0.019
Boya 59		0.185	0.174
Boya 48	0.15	0.510	0.116

Carga en Reflujo (g/l)			
Estación	Años		
	1998	2001	2008
Boya 33		0.085	0.046
Boya 17	0.06	0.060	0.121

Fuente: INOCAR – 2008

3.8.3 Camaroneras

La textura del sedimento que se halla en el área de las camaroneras es predominantemente limo-arenoso. En la camaronera Lebama se presenta sedimento limoso. El porcentaje de limo en los sedimentos varía entre 31% en la bocatoma de la camaronera Camabell y 96% en la bocatoma de la camaronera Lebama. En lo referente a sedimentos en suspensión, las camaroneras presentan una carga que está en el rango de 0.038 g/l., a 0.32 g/l correspondientes a las bocatomas de Lebama y Anisaleo

3.9 Tasa de Sedimentación

3.9.1 Batimetrías

La Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG), proporcionó las batimetrías históricas realizadas por el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) en el Canal de Navegación de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil; esta información sirvió para realizar los diferentes análisis de los niveles de fondo de los sedimentos del canal, tanto para las batimetrías de Alta Frecuencia (AF) como las de Baja Frecuencia (BF); las batimetrías consideradas fueron:

Tabla 10. Histórico de batimetrías analizadas

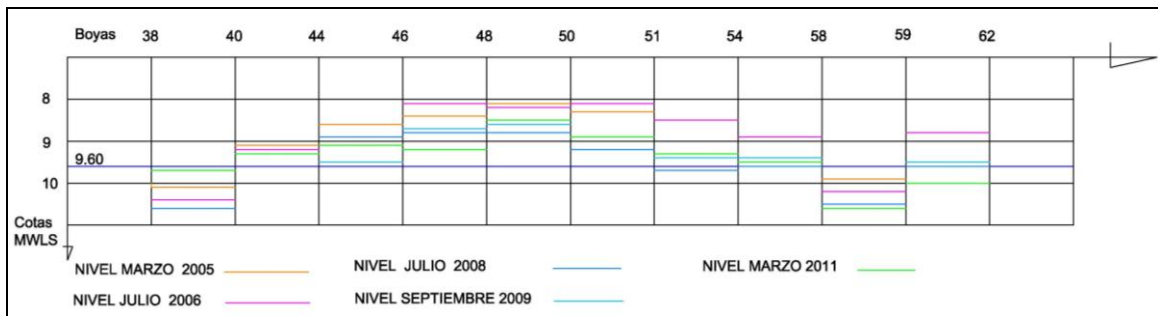
ALTA FRECUENCIA	BAJA FRECUENCIA
Batimetría de Marzo del 2005	Batimetría de Marzo del 2005
Batimetría de Julio del 2006	Batimetría de Julio del 2006
Batimetría de Julio del 2008	---
Batimetría de Septiembre del 2009	---
Batimetría de Marzo del 2011	Batimetría de Marzo del 2011

Elaborado por: Grupo de trabajo

Las batimetrías fueron analizadas a partir de los ejes longitudinales del track de navegación de cada una de ellas, determinando para ello las profundidades promedios de los tramos existentes entre las boyas 38 y 62 Anexo I, considerando este tramo por ser el más crítico y estar sujeto a una mayor incidencia de sedimentación, que hace que el fondo del canal bordee la profundidad de 8.0 metros al MWLS y limite por lo tanto la navegación en varios tramos, como se puede ver en las figuras siguientes:

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-25

Figura 10. Variación de niveles promedio de sedimentación entre Marzo 2005 y Marzo 2011



Fuente: Batimetrías varias realizadas en alta frecuencia por INOCAR

Elaborado por: Grupo de trabajo

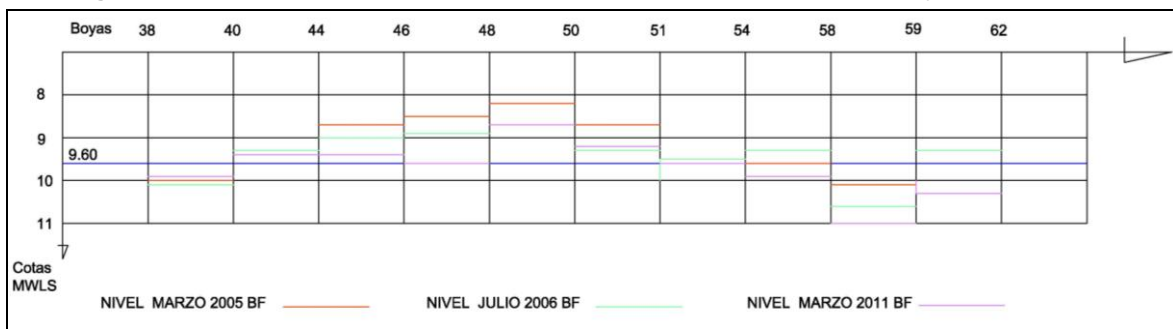
En la Figura 10 se presenta la variación de los niveles promedio de los sedimentos a los que ha llegado en diversos años. La Figura permite apreciar que existe una clara tendencia de los sedimentos en mantenerse sobre la profundidad de los 8 metros referido al MWLS entre la Boya 44 y Boya 58, siendo el más crítico el tramo entre la Boya 48 y Boya 51; estos niveles se han obtenido de la batimetrías de alta frecuencia y corresponderán por lo tanto a concentraciones o cargas de sedimentos de 0.116 g/l en la boya 48 y 0.174 g/l en la boya 59 (ver la Tabla 8), que a su vez son sedimentos en suspensión, es decir, son materiales sólidos dentro de una matriz líquida del orden del 80% o más y que podrán asentarse durante los procesos de estoa de las mareas, siempre y cuando estos sufran los procesos de floculación y tiendan a decantarse, por causas antes ya mencionadas.

Con respecto al nivel 9.6 metros referido al MWLS, se puede observar con referencia a la Batimetría de Marzo del 2011 (Batimetría Base) que los tramos entre la Boya 38 a la Boya 40 y desde la Boya 58 a la Boya 62 no son críticos, puesto que se encuentran por debajo del veril 9.6. Desde la Boya 40 hasta la Boya 48 y desde la Boya 51 hasta la Boya 62 los niveles de sedimentos están comprendidos entre las profundidades de 9 metros al MWLS y 9.6 metros al MWLS.

El material existente bajo el nivel de la alta frecuencia, como ya se indicó anteriormente es un material en suspensión y en condiciones dinámicas constantes, por las causas ya conocidas, por lo tanto no será posible de definir un parámetro que determine una tasa de sedimentación que pueda considerárselo estable, ya que las concentraciones existentes serán variables durante el día en sentido vertical, así como también en sentido horizontal motivado por las corrientes de marea y por el paso de buques.

La Figura 11 muestra la variación de los niveles promedios de las batimetrías realizadas en baja frecuencia en Marzo 2005, Julio 2006 y Marzo 2011; lamentablemente no se presenta las batimetrías de Julio 2008 y Septiembre 2009 por carecer de esa información.

Figura 11. Variación de Niveles promedio de sedimentos entre Marzo 2005 y Marzo 2011



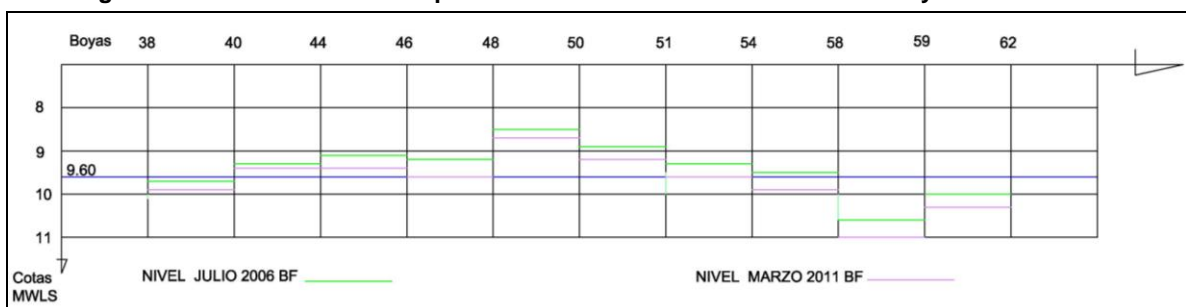
Fuente: Batimetrías varias realizadas en baja frecuencia por INOCAR

Elaborado por: Grupo de trabajo

En esta Figura se puede apreciar que la tendencia a presentar mayor sedimentación se presenta entre la Boya 44 y Boya 51, siendo crítico entre las Boyas 48 y 50, puesto que los niveles de material están a profundidades menores de 9 metros al MLWS. Entre la Boya 38 y Boya 40 el fondo se encuentra en las proximidades del veril de los 10 metros, situación similar ocurre entre la Boya 59 y Boya 62, tramos donde no hay problemas, al igual que entre la Boya 58 y Boya 59 cuyo promedio está alrededor del veril 11 metros al MLWS.

La Figura 12 muestra los niveles de sedimentos en baja frecuencia de la Batimetría de Julio 2006 y Marzo del 2011, obteniéndose pequeñas diferencias de niveles que fluctúan entre 0.10 metros y 0.40 metros, lo que significa que existe un proceso rápido de sedimentación con velocidades de corriente menores a 0.5 m/s. Estos materiales son probablemente obtenidos por la turbulencia que originan el paso de los buques, al realizar con sus quillas el denominado “dragado forzado”.

Figura 12. Variación de niveles promedio de sedimentos entre Julio 2006 y Marzo 2011



Fuente: Batimetrías varias realizadas en baja frecuencia por INOCAR

Elaborado por: Grupo de trabajo

La batimetría de Marzo del 2011 en baja frecuencia, define el nivel más bajo en el cual se deposita el material en suspensión y constituye el espacio regenerado por la sedimentación después de un dragado, se podría determinar la tasa de sedimentación de existir el control batimétrico respectivo de post dragado, tal como en la actualidad se tiene recién con el dragado de mantenimiento.



Con el propósito de determinar la tasa de sedimentación en el Canal de Acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil en el área de más intervención de dragado de mantenimiento, de manera dinámica y actualizada se empleó la información de las batimetrías de postdragado y batimetrías de comprobación (posterior al Postdragado) realizadas por la Fiscalización del Dragado de Mantenimiento entre Marzo 2009 y Febrero 2011, abarcando las áreas comprendidas entre la Boya 37 hasta la Boya 45; de la Boya 44 a la Boya 51 y de la Boya 44 a la Boya 45. Estas batimetrías se utilizaron para realizar los cálculos para determinar la tasa de sedimentación del canal. Entre la Boya 54 a la Boya 62 se analizaron solo las Batimetrías de INOCAR puesto que en este tramo, de acuerdo a la información de Fiscalización del Dragado de Mantenimiento, no se realizó dragado alguno en el periodo de Julio 2009 a Marzo 2011

El Datum vertical utilizado para la reducción de profundidades es el promedio de las bajamares de sicigia (MLWS). El cálculo de volúmenes se lo realizó mediante una aplicación del programa de Hypack, método de las secciones transversales, con los taludes tal como se presenta en el relieve batimétrico, con el objeto de obtener volúmenes sedimentados después del dragado de los tramos considerados.

En la Tabla 10 se muestra el cálculo de la tasa de sedimentos en los tramos donde la Unidad de Fiscalización de APG del dragado ha realizado controles batimétricos de comprobación después haberse dragado, los detalles de los cálculos se presentan en los Anexos.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-28



Tabla 11. Cálculo de la Tasa de Sedimentos

TRAMO	BOYAS	ABSCISAS	LONGITUD (m)	TRAMO ANALIZADO (BOYAS)	ABSCISA ANALIZADA	LONGITUD ANALIZADA (Km)	BATIMETRIAS		TIEMPO TRANSC. (meses)	VOLUMEN SEDIMENTOS (m³)	TASA DE SEDIMENOS		OBSERVACIÓN
							POST DRAG.	COMPROB.			MENSUAL (m³/mes)	POR Km. (m³/Km)	
I IOA 1070	B.MAR a 7	0+000 a 10+850	10850										No hay información de control
II IOA 1070	7 a 13	10+850 a 19+150	8300										No hay información de control
III IOA 1070	13 a 17	19+150 a 31+600	12450										No hay información de control
IV IOA 1071	17 a 33	31+600 a 46+900	15300										No hay información de control
V	33 a 66	46+900 a 77+400	30500	37 a 45	50+500 a 56+300	5.8	Mar. 2009	Nov. 2009	8	524487	65561	90429	
IOA 1071				54 a 62	65+200 a 73750	8.55	Jul. 2009	Mar. 2011	20	80861	4043	9457	No hubo dragado en el periodo.
													Vol. Calculados con ref. Bat. INOCAR
				44 a 51	54+350 a 62+500	8.15	Ene. 2010	Ago. 2010	8	523218	65402	64199	Vol. Calculados con bati., de control realizadas por la Unidad de Fiscalización de APG
				44 a 45	54+350 a 56+350	2	Ago. 2010	Oct. 2010	2	104947	52474	52474	
				44 a 45	54+350 a 56+350	2	Oct. 2010	Dic. 2010	2	371821	185911	185911	
				44 a 45	54+350 a 56+350	2	Ene. 2011	Ene. 2011	1	239675	239675	119838	
				44 a 45	54+350 a 56+350	2	Feb. 2011	Feb. 2011	1	103116	103116	51558	
										Promedio	145294	102445	Prom. B 44 a B 45 :
VI IOA 1071	66 a 80	77+400 a 91+400	14000										145000 m³/mes ó 102000 m³/Km

Elaborado por: 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: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consusua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-29



La Unidad de Fiscalización del Dragado realizó una experiencia en el sitio de más sedimentación del Canal de Acceso, en la Barra Interna (entre la Boya 45 a la Boya 48). Históricamente los dragados en esta zona se han referido a 9,60 metros al MLWS; sin embargo, en Enero 2011, se realizó un dragado a la profundidad promedio de 10,1 metros al MLWS. Posteriormente, se realizaron controles batimétricos para analizar los procesos sedimentarios. A un mes del dragado en Febrero 2011, se sedimentó un volumen de 261.378 m³; disminuyendo a la profundidad promedio de 9,5 metros. En el mes de Marzo 2011 disminuyó a la profundidad promedio de 9,3 metros sedimentándose 183.350 m³. De Marzo 2011 a Septiembre 2011, se sedimentó 174.601 m³ y disminuyó la profundidad a un promedio de 8,7 metros al MLWS. El volumen de sedimento total en esta zona fue de 619.329 m³ en 9 meses, con un valor promedio de 68.814,33 m³/mes. El ejercicio refleja resultados interesantes, si comparamos por ejemplo con la Tabla 11, cuando determina un volumen de sedimentación de 65.402 m³ /mes entre la Boya 44 a la Boya 51 entre los meses de Enero 2010 a Agosto 2010; (Boya 44 esta a la altura de la Boya 45); y la Boya 51 está a 4,2 Km de la Boya 48; con este criterio se puede inferir lo siguiente:

- A pesar de ser la distancia menor entre la Boya 45 a la Boya 48, que entre la Boya 44 a la Boya 51, la Sedimentación es mayor, considerando que el monitoreo del volumen de sedimentos es aproximadamente en el mismo tiempo (Enero a Agosto - Septiembre)
- Lo indicado en el punto anterior, claramente indica que mientras más se profundiza el canal (en este tramo), los rangos sedimentarios son mayores, tal como se ha indicado en el presente estudio ratificando lo establecido en 1986 en los “*Estudios Hidrográficos, Oceanográficos y Geológicos para resolver los problemas de Sedimentación en el Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil y en el Área de las Esclusas*”, que indican que el Estuario tiende a recuperar su equilibrio dinámico estabilizando el volumen de sedimentos pero que los dragados más allá de las profundidades de equilibrio resedimentan más aún el canal.

3.10 Conclusión

El Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil se encuentra con una condición dinámica permanente, lo que determinará que los diseños de dragado no se cumplan de forma eficiente con la ejecución en obra, debido a que las secciones transversales dragadas no se podrán mantener durante mucho tiempo en condiciones estables, puesto que el proceso de regeneración por causa de las condiciones dinámicas existentes y permanentes, hace que se pierda ancho y profundidad.

La tasa de sedimentación es variable, de acuerdo a los resultados establecidos en la Tabla 10, siendo menos críticos el sector entre las Boya 54 y Boya 62 con 4.043 m³/mes, interpretándose éste valor como una Tasa de Sedimentación cuando el fondo alcanza sus condiciones de equilibrio, es decir que estaría llegando a su nivel máximo, y tomando en consideración que la tasa es muy baja porque no hubo dragado en ese periodo.

Los tramos críticos se presentan entre la Boya 44 y la Boya 45, donde se ha monitoreado por cinco meses consecutivos entre Octubre 2010 a Febrero 2011, presentando en el mes de Enero 2011 un pico de 239.675 m³/mes de

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-30



resedimentación, pudiendo atribuirse a la estación húmeda pues además recibe la descarga de tres canales naturales laterales situados a la derecha el Estero Grande y a la izquierda los Esteros Corvinero y Palo Santo. El promedio de sedimentación en este tramo es de 145.294 m³/mes, lo que hace que el volumen dragado se regenere de manera inmediata, entre la Boya 44 a la Boya 45.

El tramo comprendido entre las Boyas 37 y 45 de acuerdo a la Tabla 10, presenta una Tasa de 65.561 m³/mes cantidad atribuible en su mayor tiempo por la época seca, que habrá que tomarlo en consideración para determinar el volumen de regeneración para un tiempo sin lluvia y definir las condiciones de mantenimiento del dragado.

3.11 Sugerencias

Ejecutar un plan de monitoreo de las áreas que se draguen, con el objeto de definir una Tasa de Sedimentación ponderada para los diversos tramos del canal, Tasa que deberá estar en función de los parámetros más representativos tanto, físicos, meteorológicos, oceanográficos y otros que se crean necesarios.

Realizar una estadística de la Tasa de Sedimentación, para proyectar un plan de mantenimiento de dragado del canal de manera eficiente y económica.

Ejecutar un estudio de la influencia sedimentológica de los diversos canales que convergen al Estero Salado, esto es los sedimentos que provienen del río Guayas y los provenientes de las cuencas de la Península de Santa Elena hacia el Estero, para poder determinar el diseño de un reencauzamiento sedimentológico de los canales tributarios a fin de controlar la aportación de estos sistemas al efecto de regeneración 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: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-31



3.12 Bibliografía

- Condiciones oceanográficas de los Goles canal de acceso al Puerto de Guayaquil INOCAR 2007
- Estudios Hidrográficos, Oceanográficos y Geológicos para resolver los problemas de sedimentación en el Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil y en el área de la Esclusa (Río Guayas – Estero Cobina). INOCAR 1984
- Operaciones de Dragado. Sanz Bermejo 2008
- SHORE PROTECTION MANUAL. Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, 1983

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-32



3.13 Anexos

3.13.1 Anexo A: Volumen de sedimentación Noviembre 2009 (Boya 37 a Boya 45)

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-33



3.13.2 Anexo B: Volumen de sedimentación Marzo 2011 (Boya 54 a Boya 62)

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-34



3.13.3 Anexo C: Volumen de sedimentación Julio 2010

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-35



3.13.4 Anexo D: Volumen por dragar (proyección de volumen en el 2010)

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-36



3.13.5 Anexo E: Cálculo de resedimentación – Septiembre y Octubre 2010

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-37



3.13.6 Anexo F: Volumen de sedimentación – Noviembre y Diciembre 2010 (Boya 44 a 45)

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-38



3.13.7 Anexo G: Volumen de resedimentación – Enero 2011 (Boya 44 a 45)

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-39



3.13.8 Anexo H: Cálculo de cotas promedio, desde Boya 37 a Boya 32

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-40



3.13.9 Anexo I: Planos

3.13.9.1 Anexo I.1: Plano de la Batimetría Base – Marzo 2011.

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



3.13.9.2 Anexo I.2: Plano de la Batimetría Noviembre 2009 – Marzo 2011.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-42



3.13.9.3 Anexo I.3: Secciones transversales para análisis de sedimentación.

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Diciembre 2011	3-43