
PUERTO MARITIMO DE GUAYAQUIL



FASE II - CAPITULO 9 Sedimentología del Canal de Acceso

Realizado por:



Preparado para:



Guayaquil, Febrero del 2012



TABLA DE CONTENIDO

9	SEDIMENTOLOGÍA.....	9-5
9.1	Introducción	9-5
9.2	Objetivos de la investigación.....	9-6
9.3	Análisis Histórico.....	9-6
9.4	Muestreo de Sedimentos	9-14
9.4.1	Metodología para el muestreo	9-14
9.4.2	Determinación del tipo de fondo del canal	9-14
9.4.3	Muestreo con Draga Van Veen.....	9-14
9.4.3.1	Ubicación de sondeos	9-14
9.4.3.2	Equipos empleados.....	9-20
9.4.3.3	Procedimiento en Campo	9-22
9.4.3.4	Condiciones de marea.....	9-24
9.4.3.5	Método de Muestreo en Laboratorio.....	9-27
9.4.3.6	Resumen de Resultados	9-29
9.4.4	Análisis comparativo entre los resultados de las épocas fría-seca y cálida-húmeda.	9-34
9.5	Muestreo de Sólidos Suspendidos	9-35
9.5.1	Metodología para el muestreo	9-35
9.5.2	Equipos Utilizados	9-36
9.5.2.1	Muestreador Van Dorn	9-36
9.5.2.2	Ph-metro	9-37
9.5.2.3	Termómetro.....	9-37
9.5.2.4	GPS	9-38
9.5.3	Procedimiento en Campo	9-38
9.5.4	Resultados	9-38
9.5.5	Análisis comparativo temporal	9-40
9.6	Bibliografía.....	9-44
9.7	Anexos.....	9-45
9.7.1	Anexo A: Registros de toma de las muestras con la draga Van Been ..	9-45
9.7.2	Anexo B: Reportes los ensayos de granulometría	9-46
9.7.3	Anexo C: Reportes de ensayos de Granulometría, Límites de Plasticidad y Ensayo del Hidrómetro	9-47
9.7.4	Anexo D: Planos.....	9-48
9.7.5	Anexo E: Actas de toma de muestras de sólidos en suspensión	9-49

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: Febrero 2012	9-2



INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Coordenadas de los sondeos superficiales de la primeraa campaña de exploracion	9-15
Tabla 2	Coordenadas de los sondeos superficiales de la segunda campaña de exploracion	9-15
Tabla 3	Resumen de sondeos de exploracion de la campaña (Draga Manual)	9-25
Tabla 4	Resumen de sondeos de exploracion de la campaña (Draga Manual)	9-26
Tabla 5	Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en la primera campaña (EPOCA FRIA Y SECA)	9-32
Tabla 6	Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en la segunda campaña (EPOCA CALIDA Y HUMEDA)	9-33
Tabla 7	Coordenadas de las estacione de monitoreo de Sólidos Suspendedos.	9-35
Tabla 8	Resultados de la campaña de muestreo de Sólidos Suspendedos	9-39
Tabla 9	Datos históricos de Julio de 2008 de las concentraciones de sólidos suspendedos muestreados en diferentes boyas.	9-41

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: Febrero 2012	9-3



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos movimiento de sedimentos en un río	9-5
Figura 2 Sector canal de acceso Puerto Marítimo de Guayaquil	9-6
Figura 3 Boyas a lo largo del Canal de Acceso al Puerto Marítimo - Boya de Mar a la boya 40.....	9-8
Figura 4 Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en el año 1986.....	9-10
Figura 5 Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en el año 1998.....	9-11
Figura 6 Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en el año 2002.....	9-12
Figura 7 Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en el año 2008.....	9-13
Figura 8 Ubicación de los sondeos de exploración en la PRIMERA CAMPAÑA, Área Data Posorja	9-16
Figura 9 Ubicación de los sondeos de exploración en la SEGUNDA CAMPAÑA, Área Data Posorja	9-16
Figura 10 Ubicación de los sondeos de exploración en la PRIMERA CAMPAÑA, Área Posorja	9-17
Figura 11 Ubicación de los sondeos de exploración en la SEGUNDA CAMPAÑA, Área Posorja	9-18
Figura 12 Ubicación de los sondeos de exploración en la PRIMERA CAMPAÑA, Área Puerto Nuevo .	9-19
Figura 13 Ubicación de los sondeos de exploración en la SEGUNDA CAMPAÑA, Área Puerto Nuevo	9-20
Figura 14 Mareas del Canal de Acceso en la época fría y seca (10, 11 y 13 de Octubre del 2011) .	9-24
Figura 15 Mareas del Canal de Acceso en la época cálida y húmeda (20 y 21 de Enero del 2012) .	9-25
Figura 16 Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en la época fría-seca (2011)	9-30
Figura 17 Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en la época cálida-húmeda (2012).....	9-31
Figura 18 Rede de Estaciones de muestreo de Sólidos Suspendedos	9-35
Figura 19 Cuadro comparativos de los resultados de la campaña de muestreo de Sólidos Suspendedos	9-39
Figura 20 Variación de la marea en función del tiempo, correspondiente a la enfilada C2.....	9-40
Figura 21 Variación temporal de la concentración de sólidos suspendidos en la Boya 48	9-42

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: Febrero 2012	9-4

9 SEDIMENTOLOGÍA

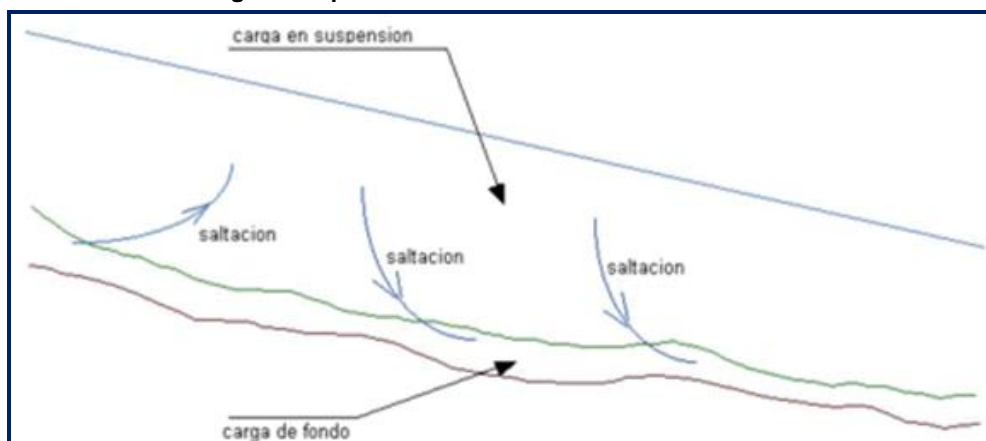
La Sedimentología se encarga de estudiar los procesos de formación, transporte y deposición de material que se acumula como sedimento en ambientes continentales y marinos y que normalmente forman rocas sedimentarias.

El análisis del movimiento de los sedimentos en los ríos es un problema complejo debido a que la realización de las mediciones lleva tiempo y resulta cara; su precisión puede ser baja; incluso si se dispone de datos correctos sobre el movimiento de una corriente no se sabe de dónde procede el suelo y cuándo se produjo el movimiento.

Sin embargo, resulta útil hacer comparaciones del movimiento en diferentes corrientes, o **en diferentes momentos del año**, o de cuencas hidrográficas en las que se dan diferentes usos a la tierra.

El movimiento de los sedimentos en las corrientes y ríos presenta dos formas. Los sedimentos en suspensión están constituidos por las partículas más finas mantenidas en suspensión por los remolinos de la corriente y sólo se asientan cuando la velocidad de la corriente disminuye, o cuando el lecho se hace más liso o la corriente descarga en un pozo o lago. Las partículas sólidas de mayor tamaño son arrastradas a lo largo del lecho de la corriente y se designan con el nombre de arrastre de fondo. Existe un tipo intermedio de movimiento en el que las partículas se mueven aguas abajo dando rebotes o saltos, a veces tocando el fondo y a veces avanzando en suspensión hasta que vuelven a caer al fondo. A este movimiento se le denomina saltación y es una parte muy importante del proceso de transporte por el viento; en la corriente líquida la altura de los saltos es tan reducida que no se distinguen realmente del arrastre de fondo.

Figura 1 Tipos movimiento de sedimentos en un río



9.1 Introducción

El Puerto Marítimo de Guayaquil se inauguró en febrero de 1958 y el canal de acceso al mismo (figura 2) fue diseñado para recibir naves de hasta 9.5 metros de calado, que para esa época era suficiente para la actividad marítima comercial. Durante su vida útil hasta la actualidad, el canal ha sido objeto de distintos estudios y proyectos de dragado para cumplir con el requerimiento del paso de las embarcaciones.

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: Febrero 2012	9-5

Figura 2 Sector canal de acceso Puerto Marítimo de Guayaquil



Fuente: Google Earth 2011

En la actualidad, debido al crecimiento del Comercio Marítimo Internacional es necesario aumentar la profundidad del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil.

9.2 Objetivos de la investigación

Determinar y analizar los resultados de la campaña de investigación del lecho superficial del fondo marino del proyecto “Estudios de Prefactibilidad para determinar el dragado a la profundidad de 11 m respecto al MLWS”, para conocer el tipo de sedimentos existentes en el lecho del canal.

9.3 Análisis Histórico

El canal de acceso al Puerto Marítimo (figura 2), de 93 km de longitud y sobre el cual se han colocado 80 boyas (ver figura 3), ha sido un área de constante estudio a lo largo de los últimos 30 años.

En el año de 1986 el INOCAR realizó un estudio Hidro-sedimentológico donde caracterizó el tipo de sedimentos utilizando una draga manual en 10 estaciones diferentes del canal de acceso y ejecutó perforaciones entre las boyas 33 y 39 por ser las zonas más problemáticas para la navegación debido a los procesos de sedimentación en esa área (figura 3). Del análisis del laboratorio realizado para ese

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: Febrero 2012	9-6



estudio se determinó que entre las boyas 12 a 30 existían sobre el fondo marino arenas con porcentajes considerables de conchas, mientras que en el área comprendida entre las boyas 37 y 62 existía la presencia de arcillas de consistencia blanda a muy blanda.

En los años 1998, 2002 y 2008 se realizaron estudios de impacto ambiental y un estudio de los tipos de sedimentos para los dragados del canal de acceso.

En el año 1998 cerca de la boya 17 se encontró material arenoso, mientras que a partir de la boya 33 hacia el interior del estero encontramos sedimentos limosos algunos de estos mezclados con arcilla.

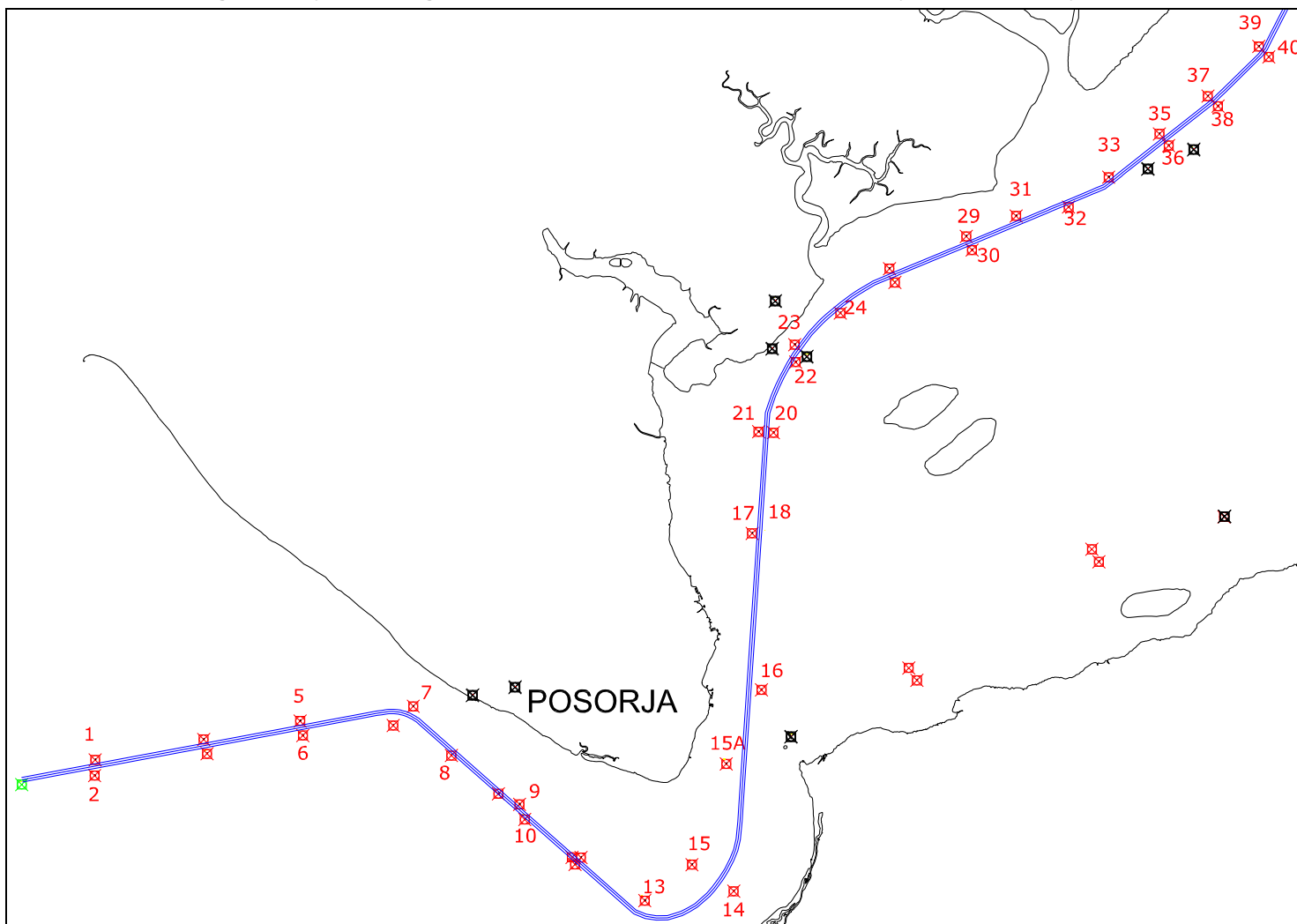
En el año 2002, cerca de la boya de mar hasta la boya 17 se encontraron arenas limosas. A partir de la boya 17 hasta la boya 33 se encontró material arenoso con bajo contenido de finos. A partir de la boya 33 predomina el sedimento limoso hasta la boya 72.

Para el año 2008, en la zona comprendida entre la boya de mar y la boya 17 encontramos sedimentos limosos de igual manera que de la boya 33 hacia el interior del estero. Entre la boya 17 y la boya 33 predominan los sedimentos arenosos con bajo contenido de finos.

De las figuras 4 a 7 se presentan mapas con la zonificación por tipo sedimentos en el canal de acceso del análisis histórico descrito anteriormente desde el año 1986 hasta el año 2008.

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: Febrero 2012	9-7

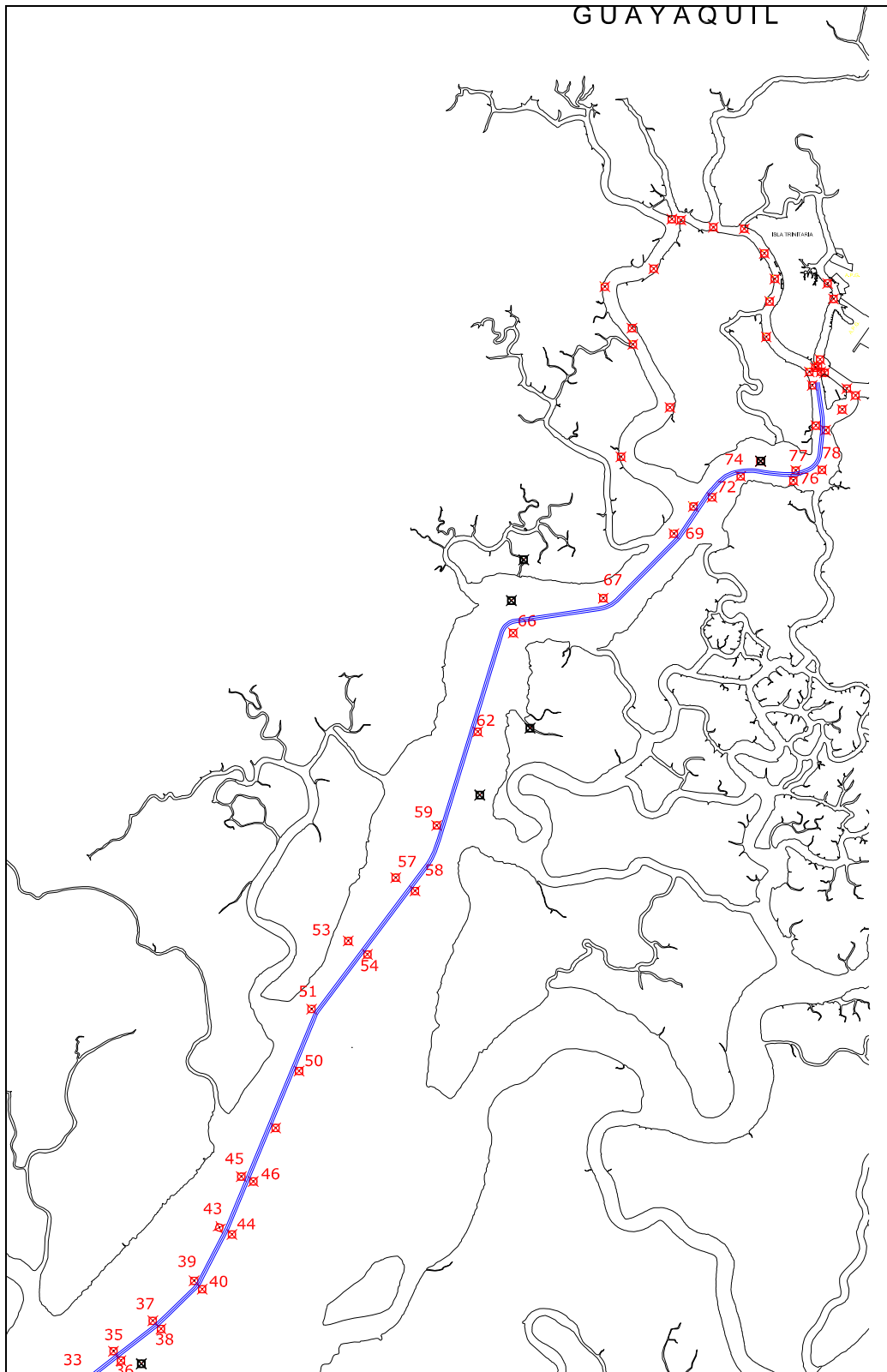
Figura 3 Boyas a lo largo del Canal de Acceso al Puerto Marítimo - Boya de Mar a la boya 40



Elaborado por: Equipo 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: Febrero 2012	9-8

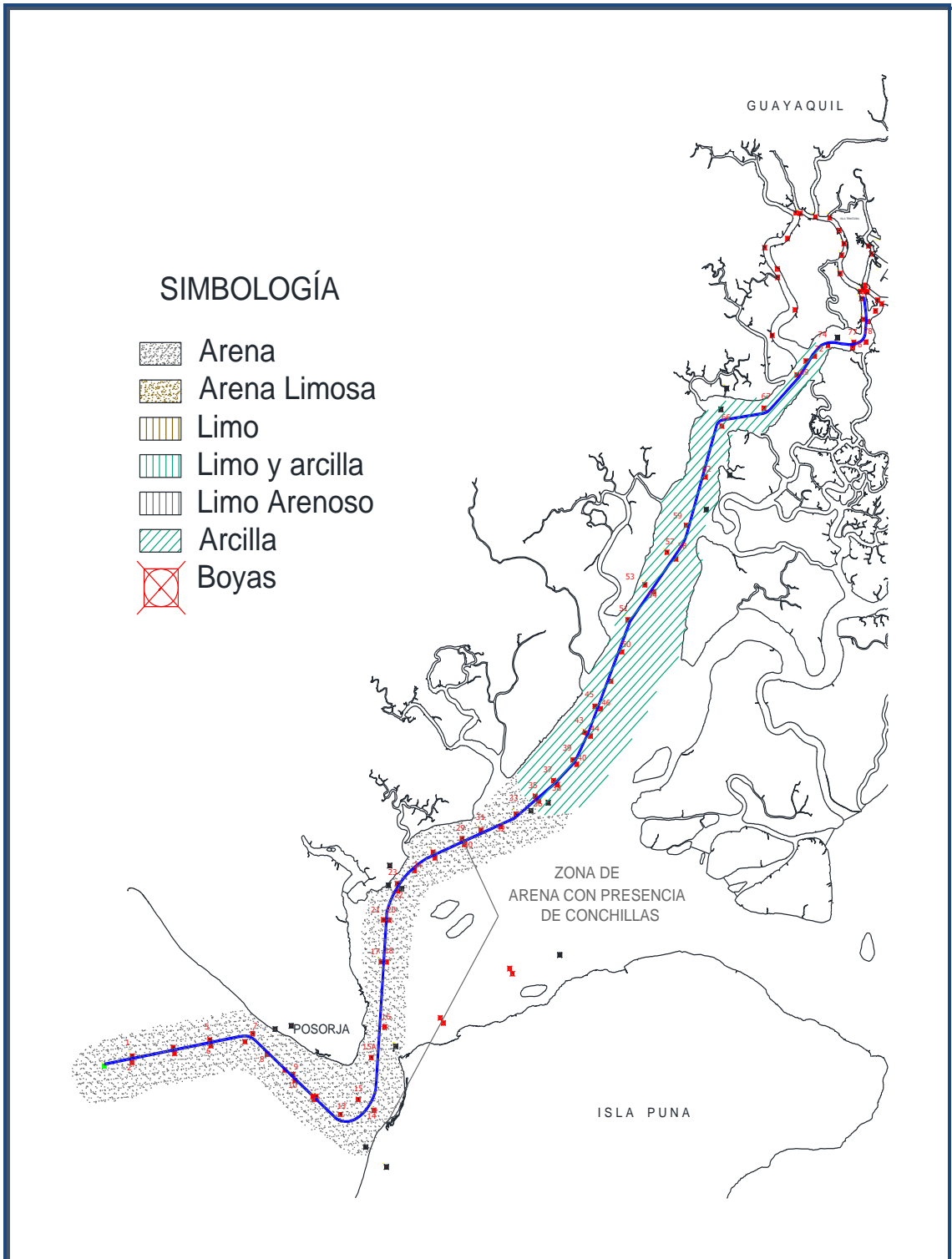
Figura 3a. Boyas a lo largo del Canal de Acceso al Puerto Marítimo - Boya 40 a la boya 80 (Continuación de la figura 2)



Elaborado por: Grupo Consultor

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: Febrero 2012	9-9

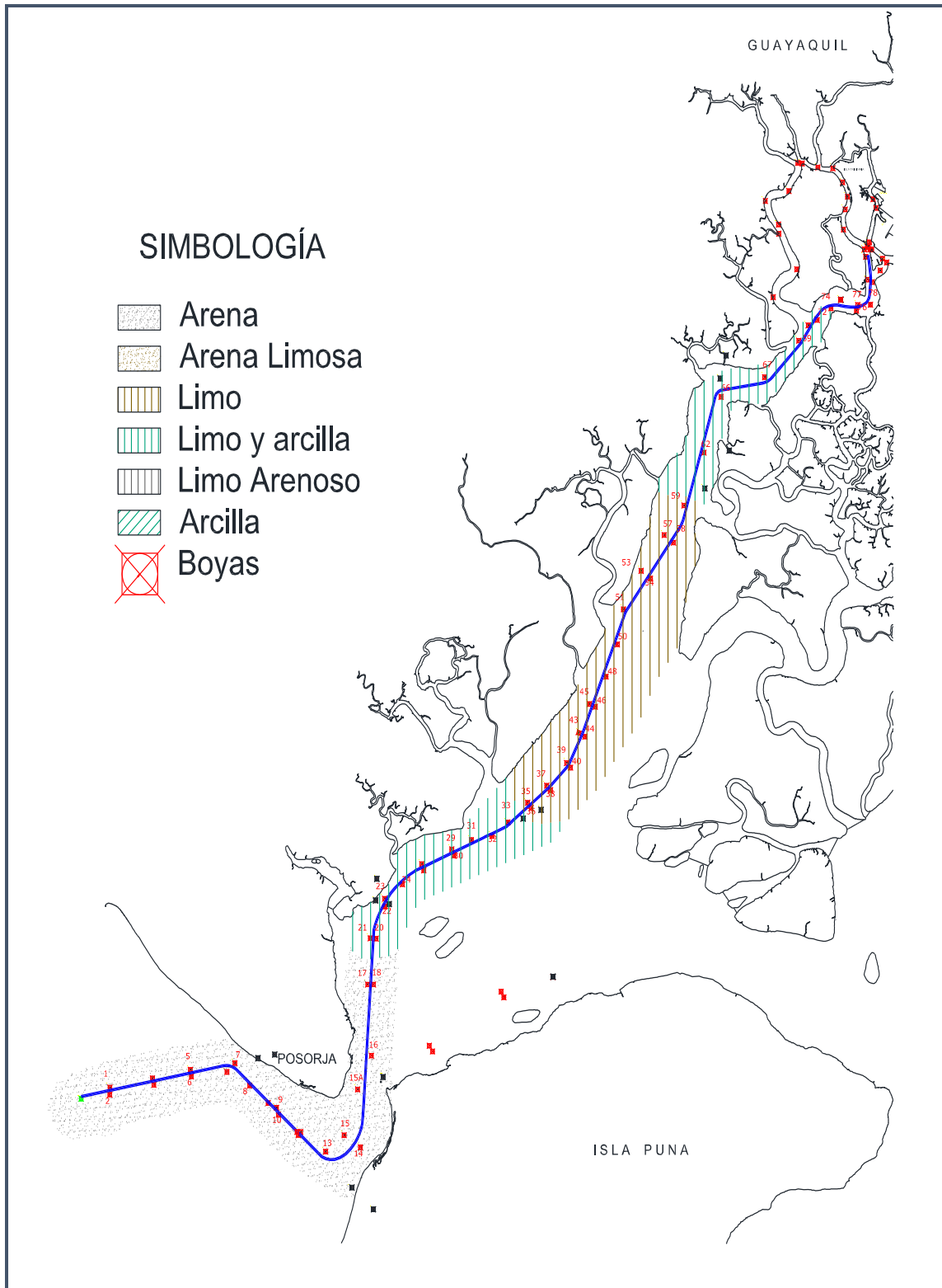
Figura 4 Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en el año 1986



Elaborado por: Grupo Consultor

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: Febrero 2012	9-10

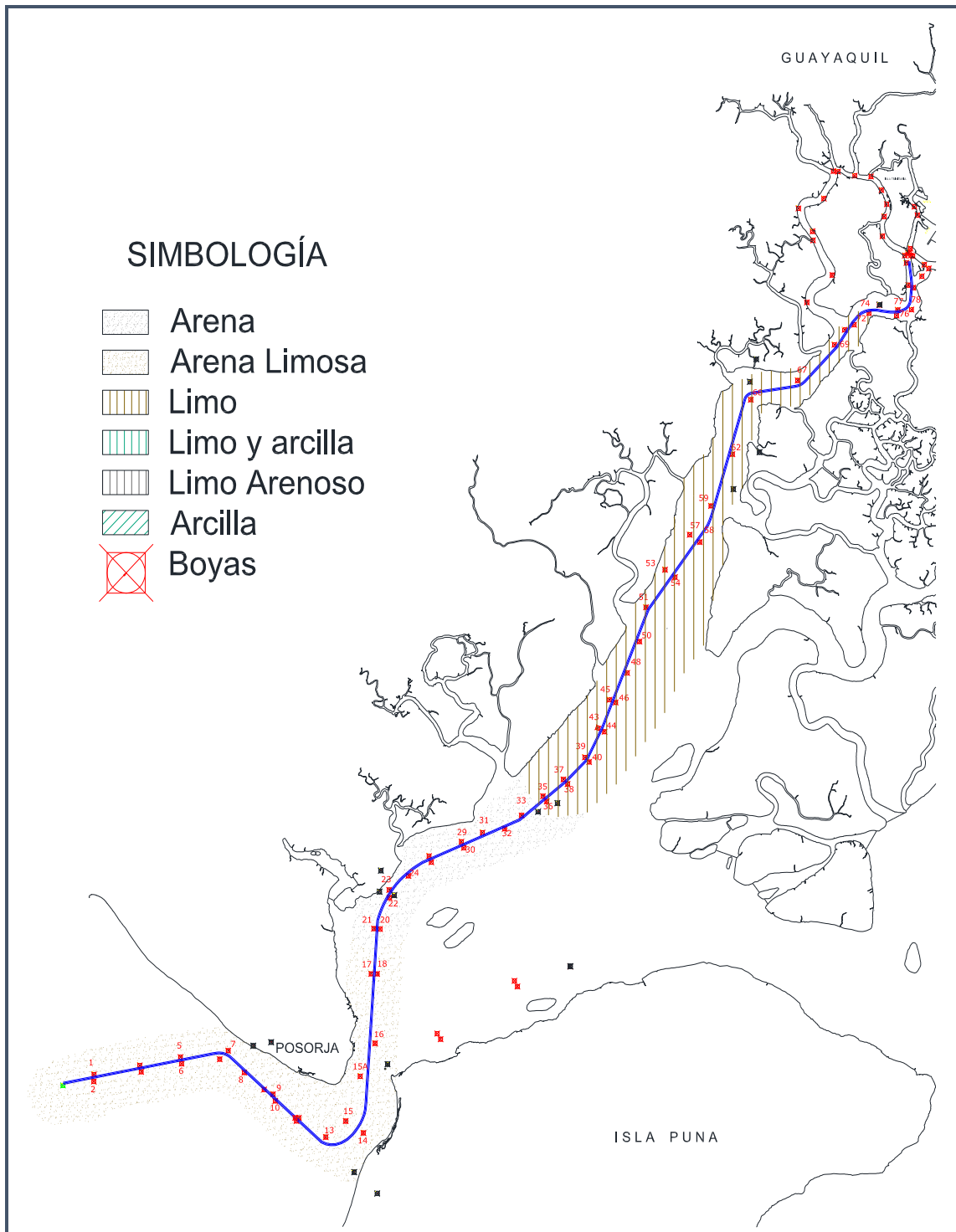
Figura 5 Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en el año 1998



Elaborado por: Grupo Consultor

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: Febrero 2012	9-11

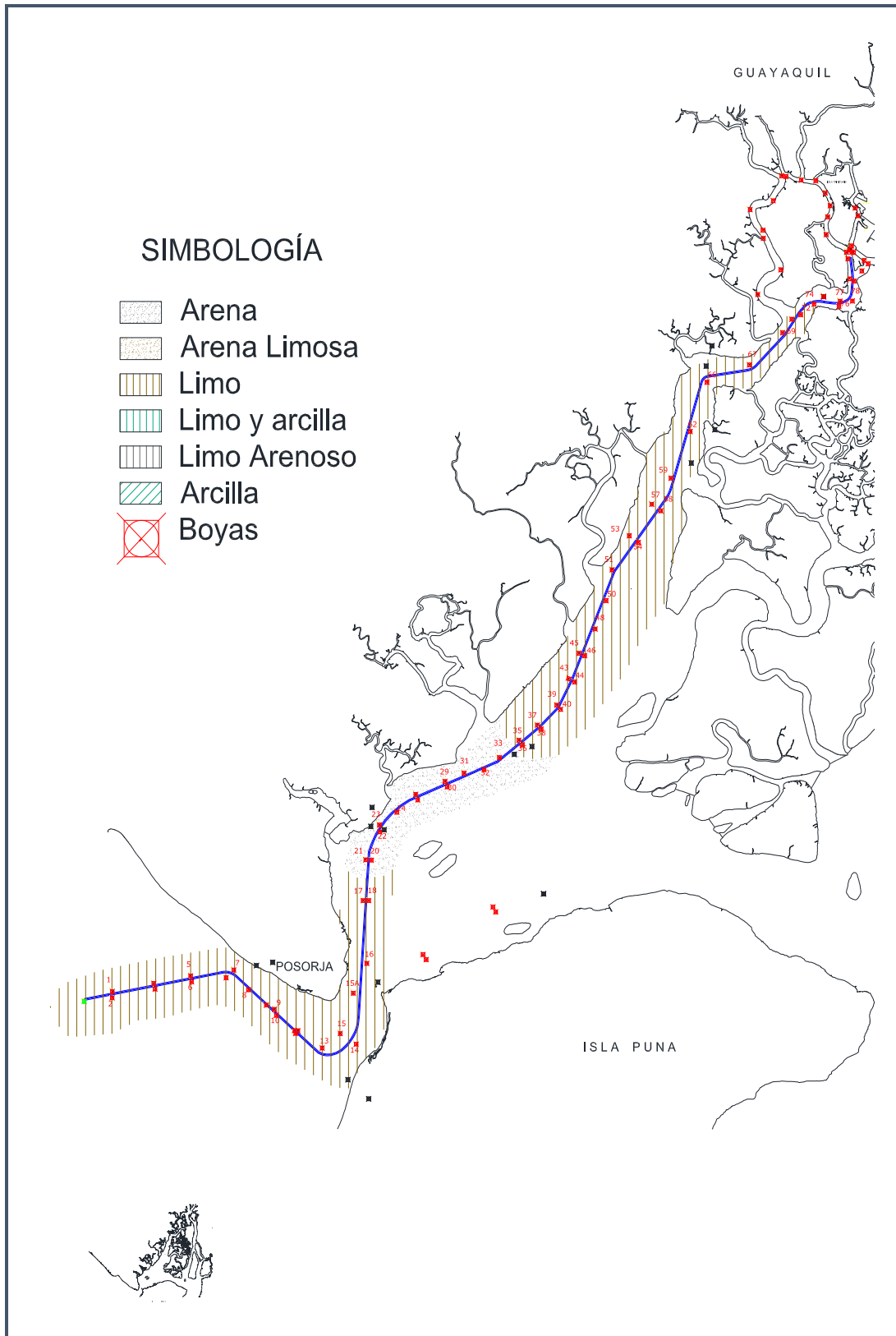
Figura 6 Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en el año 2002



Elaborado por: Grupo Consultor

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: Febrero 2012	9-12

Figura 7 Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en el año 2008



Elaborado por: Grupo Consultor

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: Febrero 2012	9-13

9.4 Muestreo de Sedimentos

9.4.1 Metodología para el muestreo

El muestreo es un procedimiento definido por el cual se toma parte de una sustancia, un material o un producto para proveer una muestra representativa de total, para el ensayo. El muestreo también puede ser requerido por la especificación pertinente según la cual se ensayara la sustancia, el material o producto. En algunos casos la muestra no puede ser representativa sino determinada por su disponibilidad.

El objetivo del muestreo es recolectar una parte representativa de una sustancia, un material o un producto, que sea lo suficientemente pequeña para ser transportada y lo suficientemente grande para propósitos analíticos. Este objetivo implica que las proporciones relativas o las concentraciones de todos los componentes pertenecientes, serán iguales tanto en la muestra como en la sustancia, material o producto que este siendo muestreado.

La responsabilidad de las condiciones de la muestra depende del muestreador y de los analistas, pues la validez de los resultados de los diferentes ensayos depende entre otros de un buen muestreo, de una correcta preservación, de un adecuado transporte y de un correcto análisis

9.4.2 Determinación del tipo de fondo del canal

Se realizaron mediciones en época fría-seca y cálida-húmeda para determinar la influencia del de las condiciones climatológicas en la sedimentación.

Estos sondeos fueron obtenidos con draga Van Veen. Los lugares de sondeo en ambas campañas de exploración fueron los mismos, con el fin de realizar luego un análisis comparativo.

Como resultado de cada campaña se obtuvo un plano con el tipo de sedimentos superficiales a lo largo del canal. Estos planos se encuentran en los anexos de este estudio.

9.4.3 Muestreo con Draga Van Veen

9.4.3.1 Ubicación de sondeos

Los sondeos con draga Van Veen fueron distribuidos uniformemente a lo largo del canal de acceso, con la finalidad de luego comparar los resultados obtenidos.

Las tablas 1 y 2 muestran las coordenadas de cada uno de los sondeos en ambas campañas, las cuales son iguales o muy cercanas entre sí.

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: Febrero 2012	9-14

Tabla 1 Coordenadas de los sondeos superficiales de la primera campaña de exploración

Sondeo	Coordenadas de muestreo	
	Este	Sur
S1	565041	9696811
S2	570142	9697724
S3	575695	9698613
S4	578305	9696444
S5	580299	9694700
S6	583672	9705814
S7	584375	9703379
S8	585381	9703158
S9	586416	9703132
S10	594312	9701765
S11	594172	9705103
S12	597329	9707269
S13	585917	9701572
S14	593980	9714940
S15	595337	9713344

Sondeo	Coordenadas de muestreo	
	Este	Sur
S16	599014	9716491
S17	600593	9722402
S18	601834	9722176
S19	602997	9721676
S20	606593	9719988
S21	606898	9721723
S22	604691	9729231
S23	605548	9728975
S24	605714	9728800
S25	606169	9728266
S26	609073	9732907
S27	608408	9734590
S28	609403	9734499
S29	607322	9734828
S30	620814	9745948

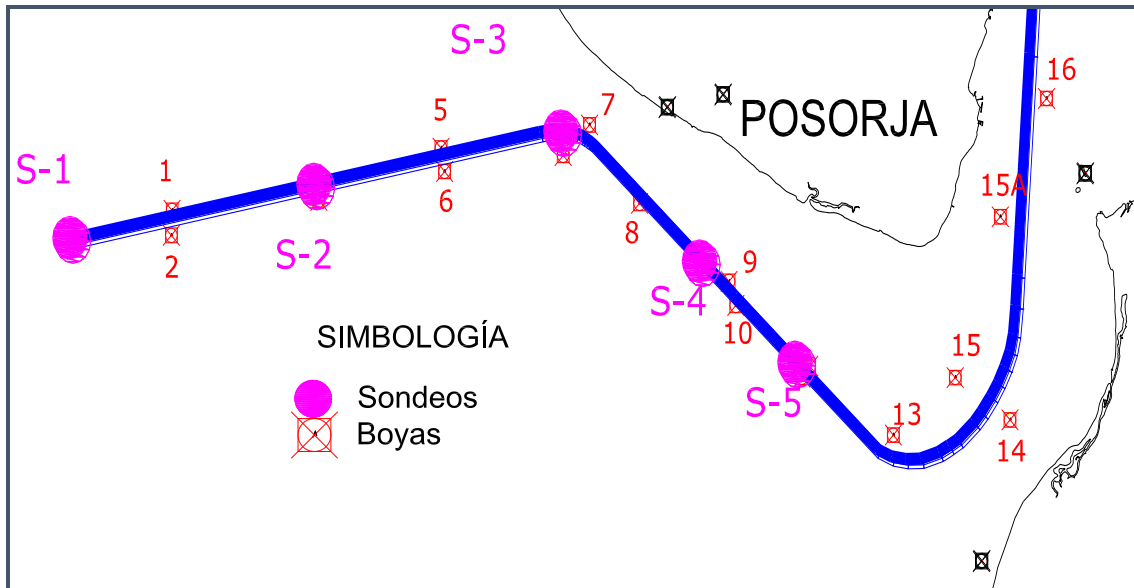
Tabla 2 Coordenadas de los sondeos superficiales de la segunda campaña de exploración

Sondeo	Coordenadas de muestreo	
	Este	Sur
S1	565041	9696811
S2	570142	9697724
S3	575695	9698613
S4	578305	9696444
S5	580299	9694700
S6	583672	9705814
S7	584375	9703379
S8	585381	9703158
S9	586416	9703132
S10	594312	9701765
S11	594172	9705103
S12	597329	9707269
S13	585917	9701572
S14	593980	9714940
S15	595337	9713344

Sondeo	Coordenadas de muestreo	
	Este	Sur
S16	599014	9716491
S17	600593	9722402
S18	601834	9722176
S19	602997	9721676
S20	606593	9719988
S21	606898	9721723
S22	604691	9729231
S23	605548	9728975
S24	605714	9728800
S25	606169	9728266
S26	609073	9732907
S27	608408	9734590
S28	609403	9734499
S29	607322	9734828
S30	620814	9745948

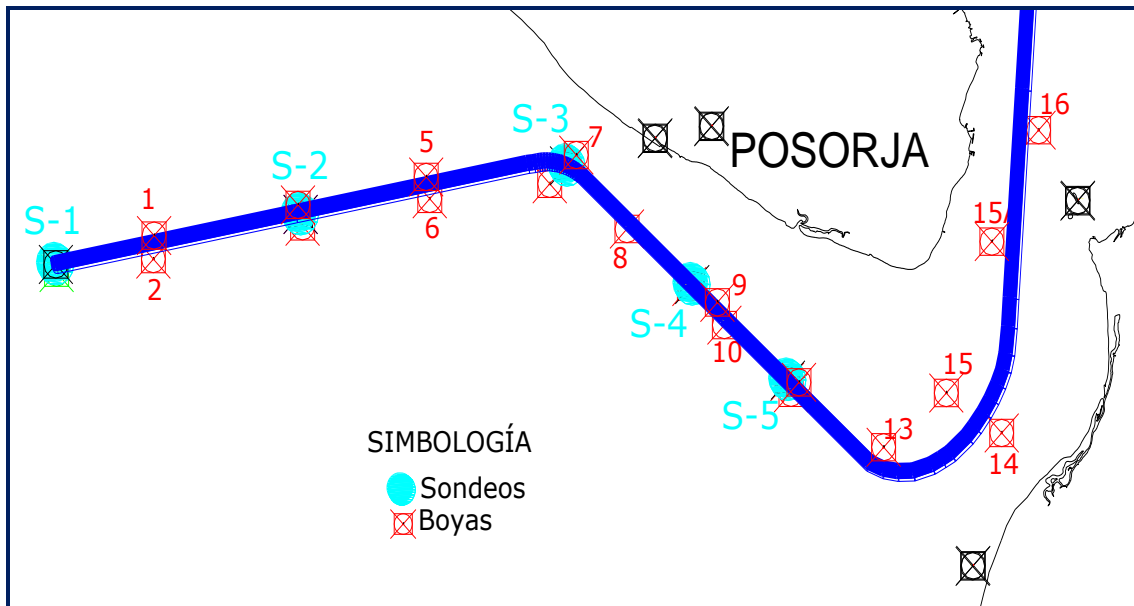
Los sondeos 1, 2, 3, 4 y 5 están ubicados en la zona “Data Posorja” que se encuentra referenciado desde la boya de Mar a la boya 15 A.

Figura 8 Ubicación de los sondeos de exploración en la PRIMERA CAMPAÑA, Área Data Posorja



Elaborado por: Grupo Consultor

Figura 9 Ubicación de los sondeos de exploración en la SEGUNDA CAMPAÑA, Área Data Posorja

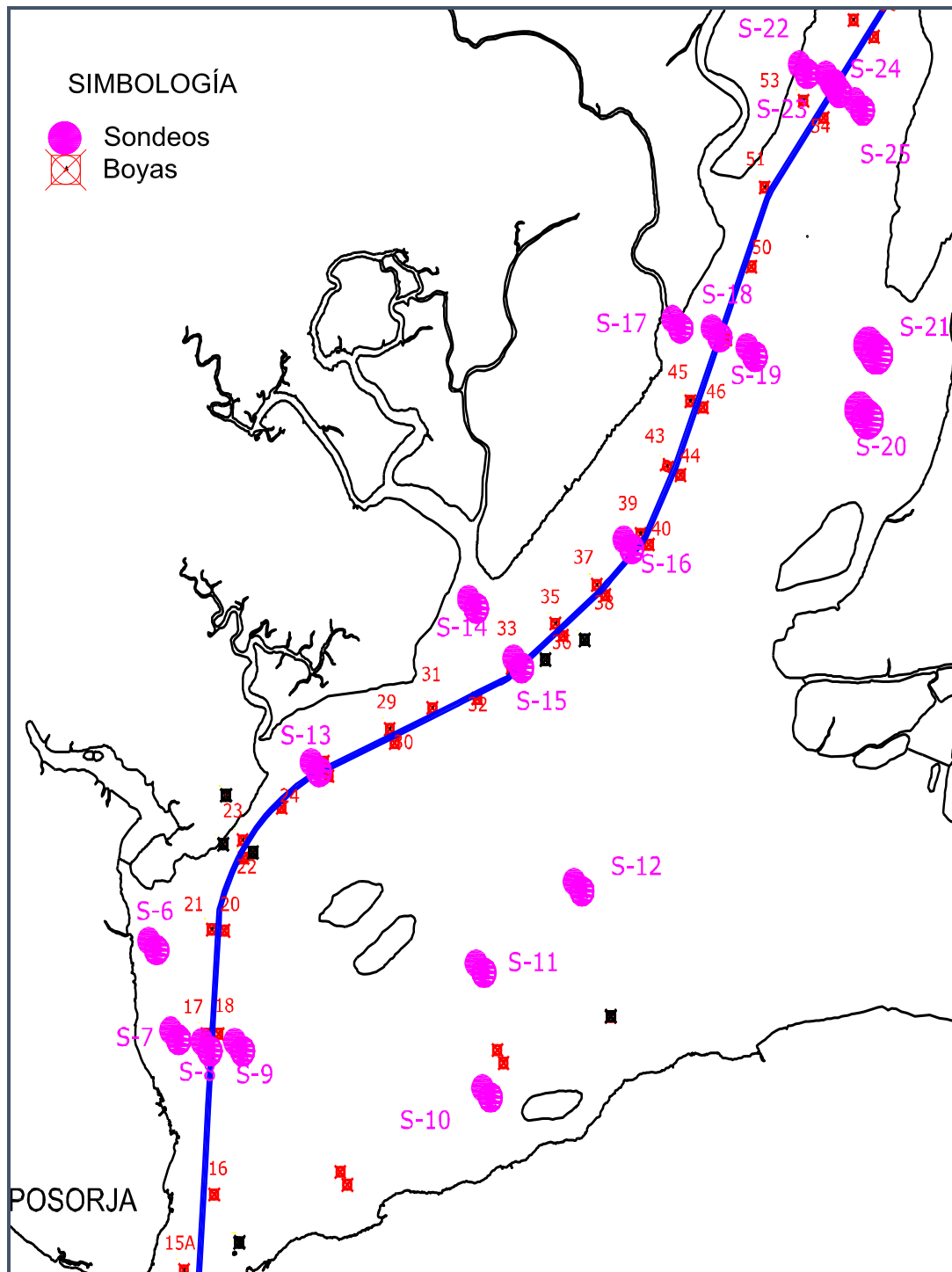


Elaborado por: Grupo Consultor

Los sondeos del 6 al 21, comprendidos de la boya 15a hasta la boya 53, están ubicados en la zona “Posorja”, como se muestra en la figura 10 y 11.

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: Febrero 2012	9-16

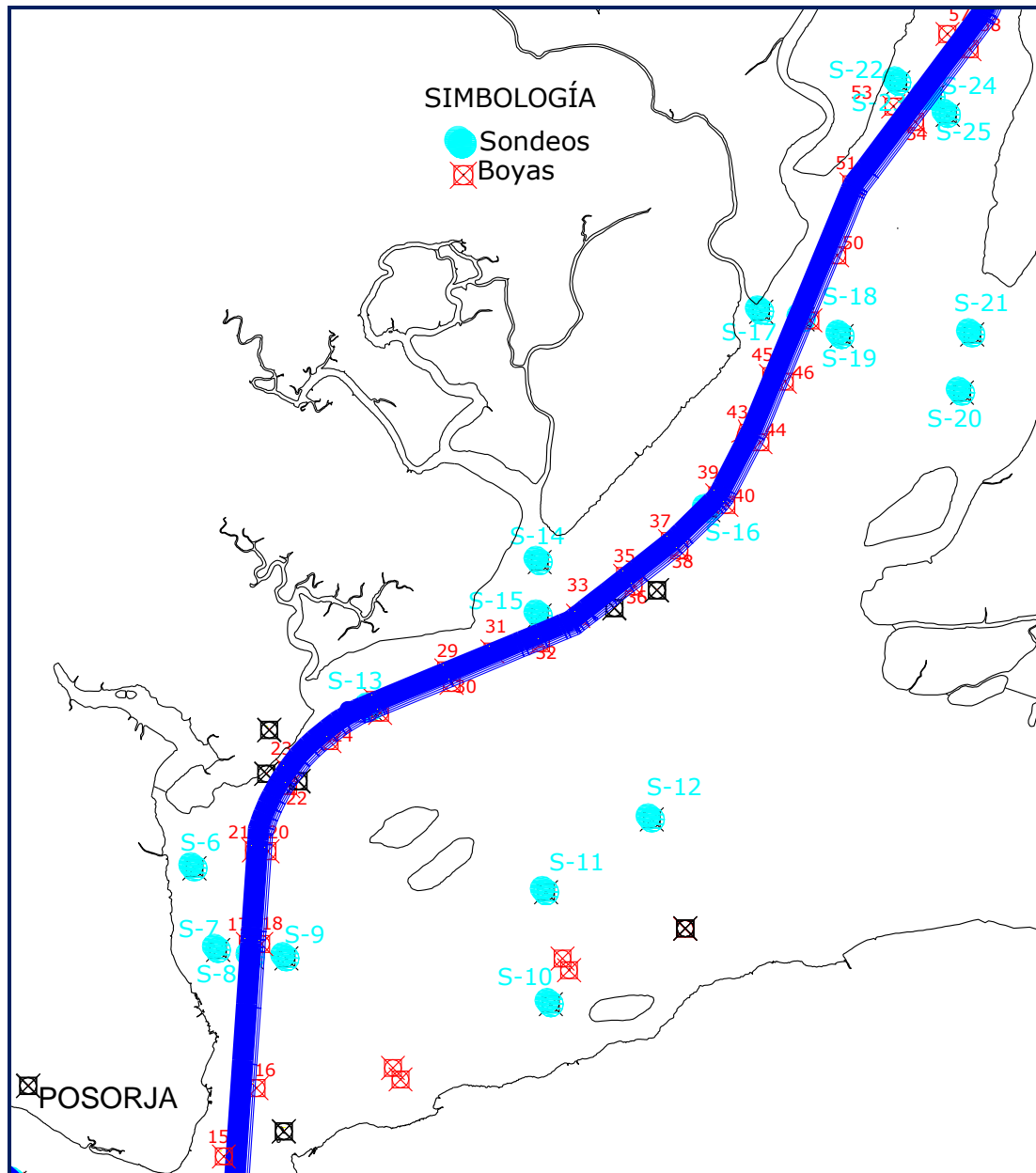
Figura 10 Ubicación de los sondeos de exploración en la PRIMERA CAMPAÑA, Área Posorja



Elaborado por: Grupo Consultor

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: Febrero 2012	9-17

Figura 11 Ubicación de los sondeos de exploración en la SEGUNDA CAMPAÑA, Área Posorja

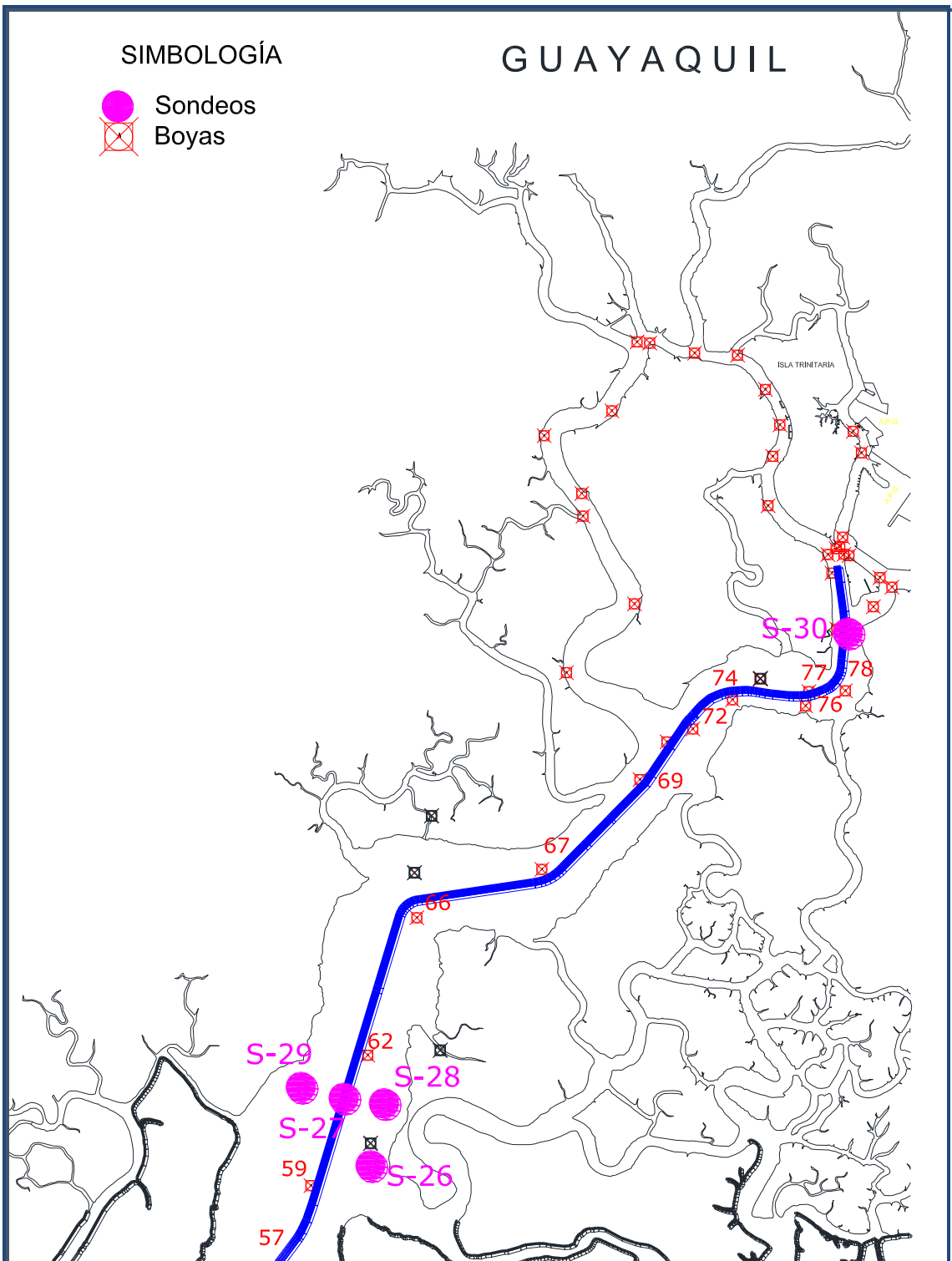


Elaborado por: Grupo Consultor

Finalmente la zona “Puerto Nuevo” en Guayaquil, se encuentra delimitada por las boyas 53 y 80, en donde se ubicaron los sondeos del 22 al 30 (figuras 12 y 13).

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: Febrero 2012	9-18

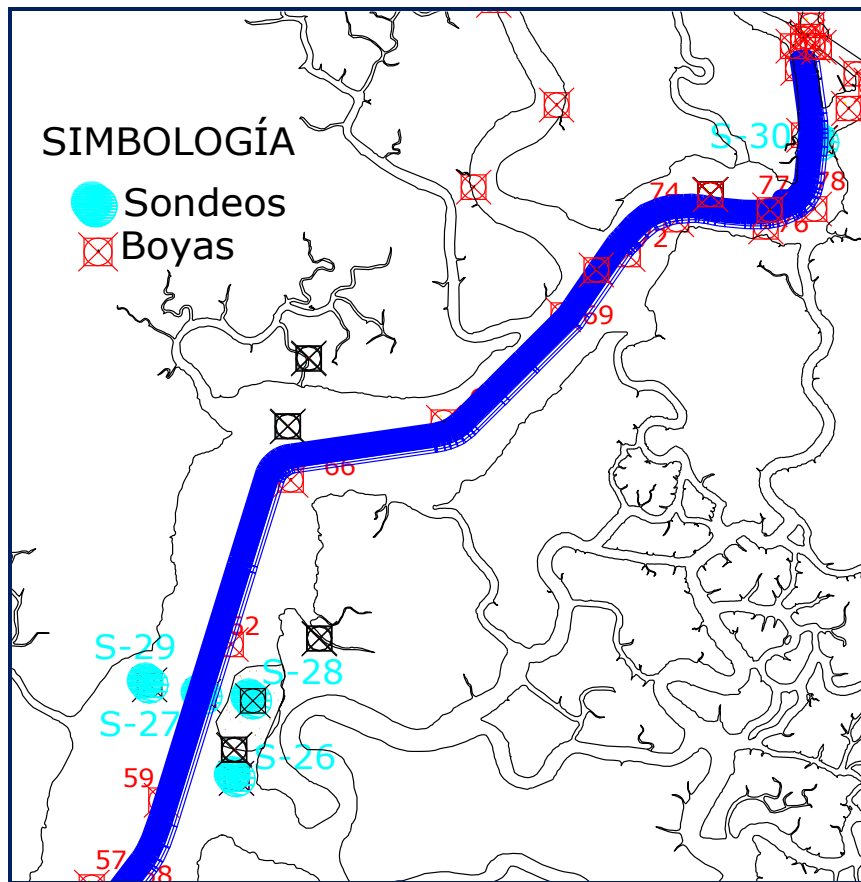
Figura 12 Ubicación de los sondeos de exploración en la PRIMERA CAMPAÑA, Área Puerto Nuevo



Elaborado por: Grupo Consultor

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: Febrero 2012	9-19

Figura 13 Ubicación de los sondeos de exploración en la SEGUNDA CAMPAÑA, Área Puerto Nuevo

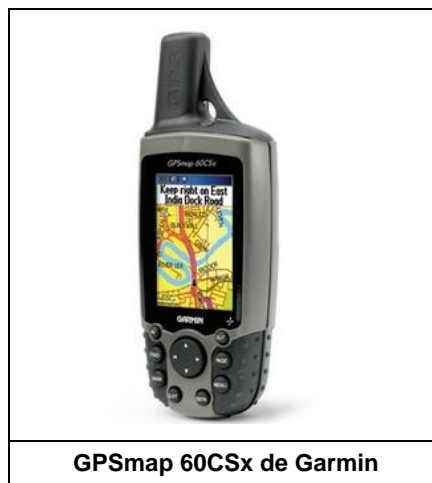


Elaborado por: Grupo Consultor

9.4.3.2 Equipos empleados

9.4.3.2.1 G.P.S.

El G.P.S. (Global Positioning System) Este equipo se lo utiliza para ubicar un punto geográficamente por medio de coordenadas, que en este caso son reportadas en coordenadas UTM (Universal Transversa Mercator).



GPSmap 60CSx de Garmin

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: Febrero 2012	9-20

9.4.3.2.2 Cámara Fotográfica

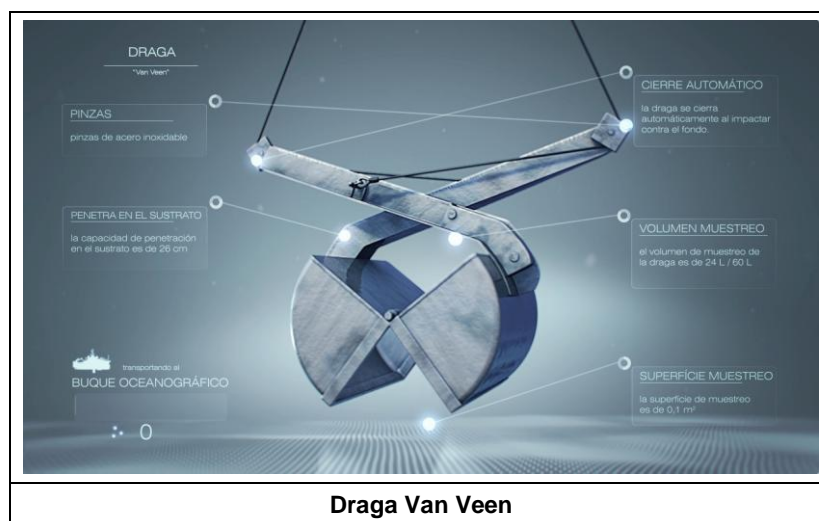
Este equipo fue empleado para registrar gráficamente los puntos de muestreos, y las situaciones especiales del mismo.



Cámara Canon A470

9.4.3.2.3 Draga Van Veen

La draga Van Veen es un muestreador de sedimento del fondo desde embarcación, el modelo de empleado fue el de gran capacidad (0,2 m²) dispone de dos tapas. Mediante la apertura de las tapas es posible extraer una o más muestras para comprobar la estratificación del sedimento este se cierra automáticamente al chocar contra el fondo. La parte superior está equipada con agujeros de drenaje para permitir la evacuación de agua y evita disturbar el fondo.



Draga Van Veen

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: Febrero 2012	9-21

9.4.3.2.4 Fundas

Para el almacenamiento de las muestras de sedimento tomadas, se emplearon fundas ziploc, estas poseen doble cierre y espesores que asegura que el material almacenado en él no se escape ni se filtre.

9.4.3.2.5 Equipo de Protección Personal

Para la recolección de muestras en el canal de acceso se emplearon principalmente como equipos de protección personal (EPP) chalecos salvavidas reflectivos y botas punta de acero, debido a que esta actividad se la va a desarrollar en un cuerpo de agua.



Equipo de Protección Personal

9.4.3.3 Procedimiento en Campo

En una embarcación debidamente equipada y adecuada para la realización de esta actividad y con los equipos anteriormente descritos se procedió a realizar la toma de muestras.

Previa a la obtención de muestras se seleccionaron los puntos donde se realizaría el muestreo, los cuales fueron georeferenciados. Una vez dentro de la embarcación se localizan los puntos con el GPS para realizar la toma de muestras, una vez que se encuentran en las coordenadas donde se desarrollará el muestreo se lanza la draga en el cuerpo de agua, cuando este llega al fondo automáticamente la draga se cierra y recolecta el sedimentos marinos superficiales (0 a 0.25 m de profundidad), luego esta es llevada a la superficie y se procede a recolectar la muestra de sedimentos.

La campaña de exploración consistió en la obtención de muestras directas del fondo marino mediante la técnica de la Draga Van Veen, la cual es una técnica rápida y eficiente desde el punto de vista del tiempo de muestreo. Se utiliza frecuentemente en el estudio de suelos de obras de dragado, cuando los suelos (sedimentos bajo el agua) son relativamente blandos. Esta técnica funciona mejor en sedimentos no consolidados, saturados y heterogéneos. Es eficiente para ubicar, clasificar y muestrear materiales granulares y suelos blandos, y así mismo para indicar las zonas donde la dureza del material produce el rechazo de muestreador indicando con esto el techo del material duro.

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: Febrero 2012	9-22

Por otra parte, las muestras obtenidas con este método no permiten determinar las características geomecánicas del material *in situ*, ni tampoco obtener muestras de suelos rocosos, cohesivos o duros; tan solo nos permite muestrear y clasificar el material.

El equipo que se usó en el proceso del dragado manual es una draga metálica que consiste en una caja metálica abierta en su parte inferior mediante una compuerta que permite el ingreso de suelo. Cuando la draga manual toca el fondo del lecho marino esta recoge material superficial y una vez llena comienza el proceso de ascenso de la draga. Una vez en la superficie se abre las compuertas y se recoge el material recolectado para ser colocados en fundas de polietileno para su posterior análisis.

La obtención de la muestra demanda un par de minutos y el tiempo total necesario para realizar la operación incluyendo el descenso de la draga, la toma de la muestra, y la recuperación del material puede llevar del orden de los 10 minutos por sondeo.



Una vez tomadas las muestras se las identificó, previamente las fundas de muestreo fueron identificadas con marcadores de tinta permanente.



Toma de Muestras del canal

Las condiciones del subsuelo del fondo marino del canal de acceso al puerto marítimo de Guayaquil fueron caracterizadas mediante la toma de 30 muestras. En la figura 7, 8 y 9 se muestran la ubicación de los sondeos realizados.

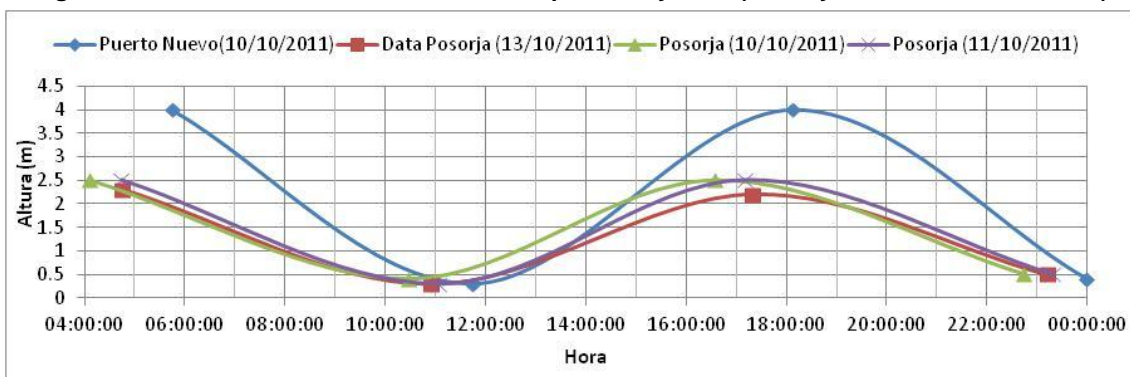
9.4.3.4 Condiciones de marea

Desde el día 10 de Octubre del 2011 hasta el día 13 de Octubre del 2011 se tomaron las muestras correspondientes a la primera campaña (época fría y seca). En este ciclo, el rango de la marea para el día de muestreo fue de 0.5 a 2.5 m en Posorja, 0.5 a 2.3 en Data Posorja y de 0.3 a 4 m en Puerto Nuevo, considerado el nivel de referencia MLWS o nivel medio de bajamares de Sicigias.

La toma de muestras de la segunda campaña (época cálida y húmeda) se ejecutó desde el día 20 de Enero del 2012 hasta el día 21 de Enero del 2012. Durante este ciclo, el rango de la marea para el día de muestreo fue de 0.2 a 2.1 m en Posorja, 0.7 a 1.25 en Data Posorja y de 0.35 a 2.1 m en Puerto Nuevo, respecto al MLWS.

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, como se muestra en la figura 14 y 15 para cada una de las zonas antes mencionadas.

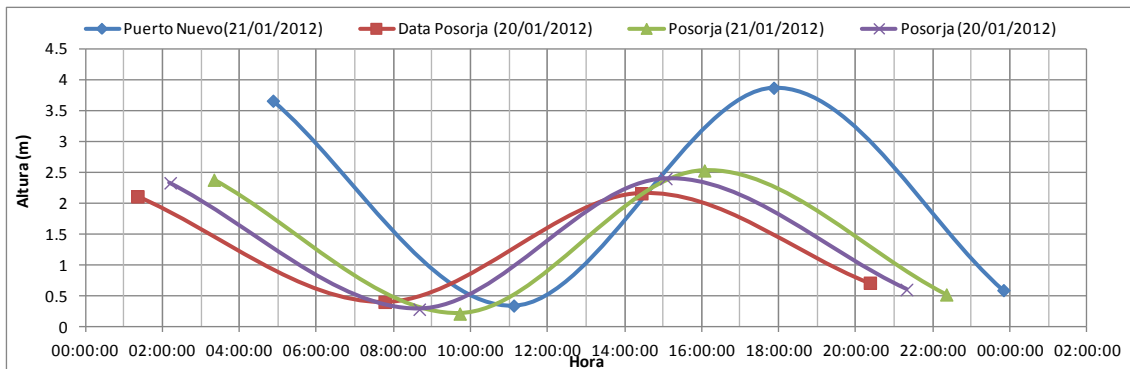
Figura 14 Mareas del Canal de Acceso en la época fría y seca (10, 11 y 13 de Octubre del 2011)



Fuente: Tabla de mareas INOCAR

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: Febrero 2012	9-24

Figura 15 Mareas del Canal de Acceso en la época cálida y húmeda (20 y 21 de Enero del 2012)



Fuente: Tabla de mareas INOCAR

De las figuras 14 y 15 se obtuvieron las alturas de marea para cada una de las muestras seleccionadas para este estudio, como se puede apreciar en la tabla 1, en donde se incluyen las coordenadas, fecha, hora, profundidad y altura de marea para cada sondeo.

Tabla 3 Resumen de sondeos de exploracion de la campaña (Draga Manual)

Puntos	fecha	hora	coordenadas de muestreo		Elevación Batimétrica MLWS	Altura de Marea
			Este	Sur		
s1	10/13/2011	10h20	564999	9696806	10.9	0.3
s2	10/13/2011	11h00	570142	9697724	10.2	0.3
s3	10/13/2011	11h15	575348	9698646	11.9	0.4
s4	10/13/2011	11h37	578270	9696404	9.8	0.4
s5	10/13/2011	12h15	580280	9694663	12.8	0.5
s6	10/11/2011	11H30	583669	9705799	4.6	0.3
s7	10/11/2011	11H45	584378	9703394	11.1	0.4
s8	10/11/2011	11H55	585388	9703095	18.3	0.4
s9	10/11/2011	12H00	586438	9703095	14	0.4
s10	10/11/2011	12H50	594443	9701858	7.6	0.7
s11	10/11/2011	13H15	594234	9705194	11	0.9
s12	10/11/2011	13H30	597398	9707374	1.5	1.1
s13	10/11/2011	14H00	588912	9710567	12.7	1.3
s14	10/11/2011	14H20	593990	9714935	4.4	1.4
s15	10/10/2011	13h42	595450	9713346	14.1	1.6
s16	10/10/2011	12h48	599003	9716530	9.7	1.1
s17	10/10/2011	11h18	600582	9722425	4.5	0.5
s18	10/10/2011	11h29	601850	9722189	8.5	0.6
s19	10/10/2011	11h39	602984	9721669	7	0.6
s20	10/10/2011	11h55	606611	9719992	3	0.5
s21	10/10/2011	12h09	606902	9721726	3.1	0.7

Puntos	fecha	hora	coordenadas de muestreo		Elevación Batimétrica MLWS	Altura de Marea
			Este	Sur		
s22	10/10/2011	10h52	604671	9729238	8.6	0.4
s23	10/10/2011	10h40	605531	9728962	9.7	0.5
s24	10/10/2011	10h32	605699	9728786	8.8	0.6
s25	10/10/2011	10h21	606454	9728257	6.2	0.6
s26	10/10/2011	09h58	609073	9732907	2.4	0.8
s27	10/10/2011	09h24	608413	9734562	10.1	1.1
s28	10/10/2011	09h10	609403	9734427	1.6	1.4
s29	10/10/2011	09h40	607360	9734829	7.5	1
s30	10/10/2011	08h25	620808	9745959	14	1.8

	Zona Data Posorja
	Zona Posorja
	Zona Guayaquil

Nota: Los datos de las alturas de marea fueron estimadas del documento "Tablas de Marea, INOCAR".

Tabla 4 Resumen de sondeos de exploracion de la campaña (Draga Manual)

Sondeo	Fecha	Hora	Coordenadas de muestreo		Profundidad (m)	Altura de marea
			Este	Sur		
S1	1/20/2012	9:37:00 AM	565041	9696811	11.20	0.7
S2	1/20/2012	10:00:00 AM	570142	9697724	9.38	0.85
S3	1/20/2012	10:20:00 AM	575695	9698613	10.82	0.95
S4	1/20/2012	10:50:00 AM	578305	9696444	11.10	1.15
S5	1/20/2012	11:10:00 AM	580299	9694700	10.96	1.25
S6	1/20/2012	1:19:00 PM	583672	9705814	5.62	2
S7	1/20/2012	12:05:00 PM	584375	9703379	16.45	1.6
S8	1/20/2012	12:22:00 PM	585381	9703158	20.15	1.7
S9	1/20/2012	12:50:00 PM	586416	9703132	12.30	1.8
S10	1/20/2012	5:45:00 PM	594312	9701765	5.50	1.55
S11	1/20/2012	6:35:00 PM	594172	9705103	11.58	1.2
S12	1/20/2012	5:15:00 PM	597329	9707269	3.50	1.7
S13	1/20/2012	2:05:00 PM	585917	9701572	14.85	2.1
S14	1/20/2012	3:20:00 PM	593980	9714940	4.21	2.1
S15	1/20/2012	4:23:00 PM	595337	9713344	16.12	1.95
S16	1/20/2012	1:35:00 PM	599014	9716491	13.21	2.05
S17	1/21/2012	8:45:00 AM	600593	9722402	4.15	0.3
S18	1/21/2012	9:00:00 AM	601834	9722176	7.85	0.25

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consultsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Febrero 2012	9-26

Sondeo	Fecha	Hora	Coordenadas de muestreo		Profundidad (m)	Altura de marea
			Este	Sur		
S19	1/21/2012	9:20:00 AM	602997	9721676	6.23	0.2
S20	1/21/2012	9:38:00 AM	606593	9719988	4.25	0.2
S21	1/21/2012	10:00:00 AM	606898	9721723	4.65	0.2
S22	1/21/2012	10:40:00 AM	604691	9729231	8.21	0.35
S23	1/21/2012	10:55:00 AM	605548	9728975	8.55	0.45
S24	1/21/2012	11:15:00 AM	605714	9728800	8.30	0.55
S25	1/21/2012	11:35:00 AM	606169	9728266	6.12	0.65
S26	1/21/2012	12:15:00 PM	609073	9732907	2.63	1
S27	1/21/2012	12:55:00 PM	608408	9734590	7.95	1.45
S28	1/21/2012	12:35:00 PM	609403	9734499	2.45	1.15
S29	1/21/2012	1:15:00 PM	607322	9734828	10.12	1.6
S30	1/21/2012	2:20:00 PM	620814	9745948	10.50	2.1

	Zona Data Posorja
	Zona Posorja
	Zona Guayaquil

Nota: Los datos de las alturas de marea fueron estimadas del documento "Tablas de Marea, INOCAR".

9.4.3.5 Método de Muestreo en Laboratorio

Una vez obtenida la muestra es llevada a laboratorio, aquí se receipta, se verifica que contenga la información de ubicación, fecha y hora de toma y además se constata que se cumpla los requisitos mínimos de los cuales depende la calidad de los resultados. Se verifica si el recipiente es adecuado para contener la muestra de acuerdo al tipo de ensayo a realizar, si el volumen de la muestra es suficiente, para la realización de las pruebas, se verifica si a la muestra se le han realizado procedimientos de preservación previos de acuerdo a lo reportado por el muestreador. De igual forma se revisa que el transporte de la muestra se haya realizado en condiciones óptimas y en el tiempo requerido.

Las muestras correspondientes a los sondeos superficiales (30 en cada campaña), fueron entregadas al laboratorio para ser examinados y analizados, para de esta manera clasificarlas y determinar el tipo de sedimentos a lo largo del canal. Se ejecutaron 60 ensayos de contenido de humedad, 60 granulometrías (análisis con tamices) y 37 Límites de Atterberg y 14 Análisis hidrométricos. Los ensayos fueron realizados basados en las normas ASTM con los siguientes procedimientos:

- ✓ D1140-00(2006) Standard Test Methods for Amount of Material in Soils Finer than No. 200 (75- μ m) Sieve.
- ✓ D4318-05 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.

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: Febrero 2012	9-27

- ✓ D2487-06 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).
- ✓ D420-98(2003) Standard Guide to Site Characterization for Engineering, Design, and Construction Purposes.
- ✓ D5434-03 Standard Guide for Field Logging of Subsurface Explorations of Soil and Rock.
- ✓ D422-63(1998) Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils

A continuación se muestra el proceso de muestreo y ensayos que se llevó a cabo en el laboratorio. Los registros de cada una de las muestras se encuentran reportados en el anexo A. En el anexo B, se incluyen los reportes los ensayos de granulometría, hidrómetro y límites de atterberg de las muestras.

	
Muestreo	Muestreo
	
Lavado de muestra	Colocación de las muestras en el horno para obtener w (%)

	
Ensayo granulométrico	Peso de muestra retenida en un tamiz

9.4.3.6 Resumen de Resultados

De los análisis de laboratorio realizados se pudo identificar varias zonas de acuerdo al tipo sedimentos.

Resultados de la época fría y seca (Primera Campaña)

Del sondeo 1 al sondeo 5 que comprende la zona de la boya de mar hasta la 15 A tenemos arenas mal graduadas con humedades promedio de 26%. En la zona del canal alterno se reportaron limos con índices de plasticidad entre 52 y 57 % y humedades que van desde 166 a 194%.

Desde la boya 16 a la boya 70 se presentan materiales limosos exceptuando los bancos de arena constatados con los sondeos 9, 21 y 28 y el principal banco de arena es el presente entre las boyas 32 a 44, zona conocida como **bajo migrante**, aquí se realizaron los sondeos 15 y 16.

Las características del material limoso que reportó el laboratorio fueron humedades fluctuantes entre 104 y 179 % e índices de plasticidad que van de 27 a 58%.

A la altura de la boya 80 se realizó el sondeo 30 en el cual se encontró una arena limosa mal graduada.

Resultados de la época cálida y húmeda (Segunda Campaña)

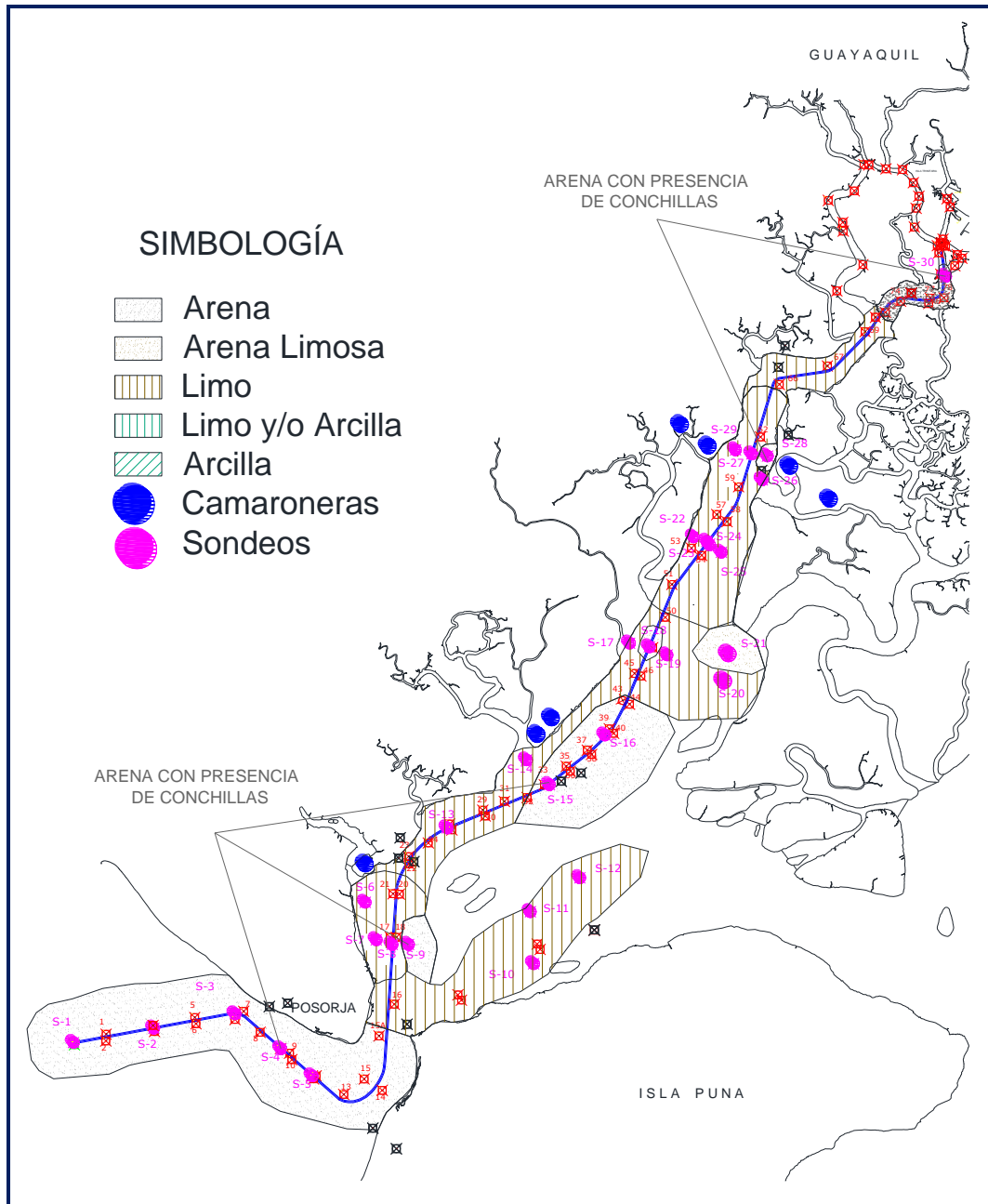
En los sondeos del 1 al 16 exceptuando el 10, 11 y 12 se encontraron arenas limosas y arenas mal gradadas, esta zona es la comprendida entre la boya de mar y la boya 44. Este tipo de materiales reportaron humedades entre 22 y 41%

Se determinó la presencia de sedimento con partículas de menores dimensiones a las arenas antes nombradas (limos y arcillas) en los sondeos 10, 11 y 12 que corresponden al sector del canal alterno, así como en los sondeos del 17 al 30 los mismos que están ubicados desde la boya 44 hasta la boya 80.

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: Febrero 2012	9-29

En este último tipo de material, luego de realizadas las pruebas de hidrómetro se determinó que la relación entre el limo y la arcilla es aproximadamente de 2 a 1. Con índices de plasticidad entre 24 y 51% y humedades que fluctúan entre 108 y 267%. A continuación se muestran los tipos de sedimentos encontrados en la primera y segunda campaña.

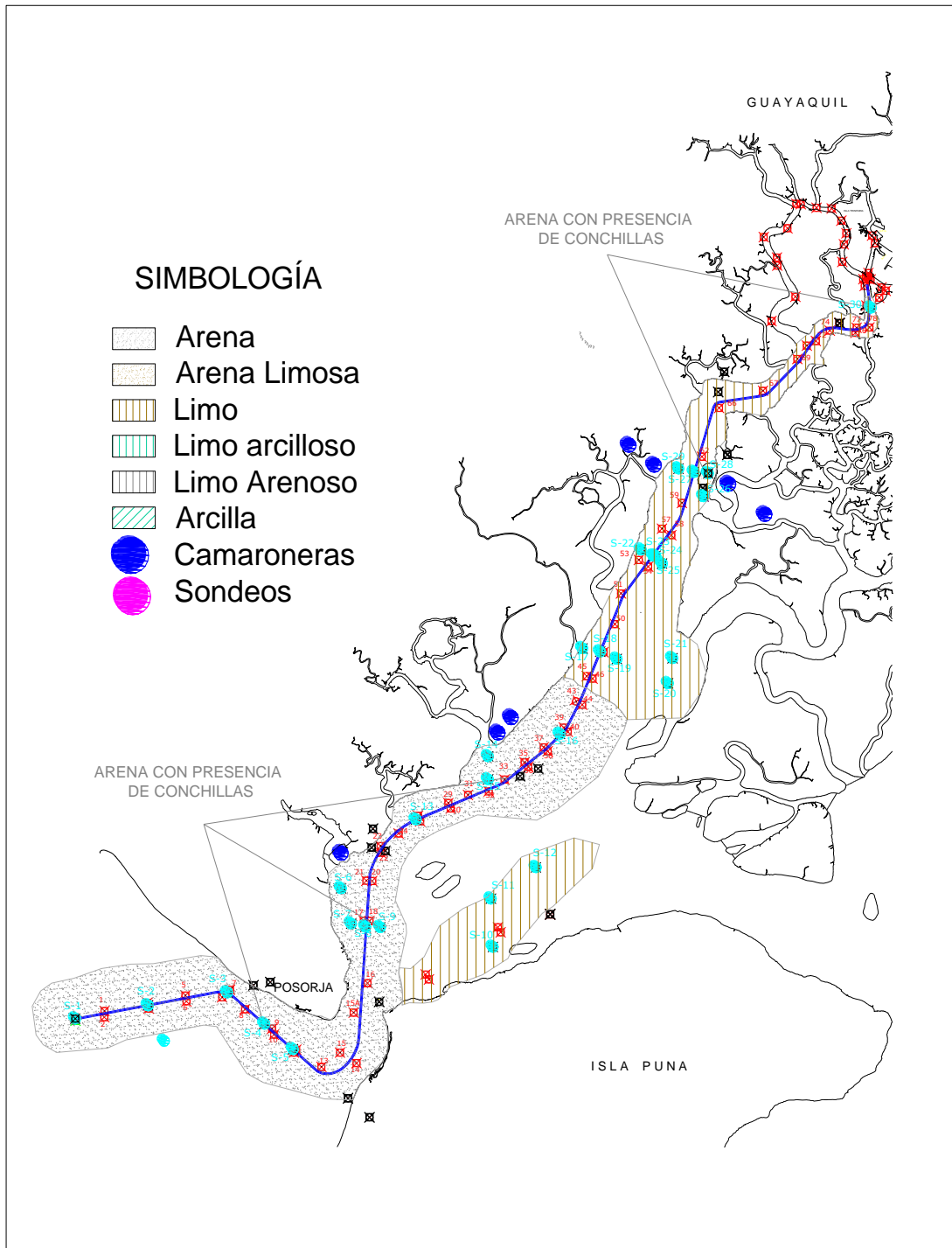
Figura 16 Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en la época fría-seca (2011)



Elaborado por: Grupo Consultor

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: Febrero 2012	9-30

Figura 17 Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en la época cálida-húmeda (2012)



Elaborado por: Grupo Consultor

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: Febrero 2012	9-31

Tabla 5 Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en la primera campaña (EPOCA FRIA Y SECA)

Sondeo	Clasificación	W %	IP	% Pasante Tamiz #200	% limo - %arcilla
	SUCS				
S1	SP	27.27	NP	1.43	---
S2	SP	29.82	NP	1.72	---
S3	SP	22.20	NP	3.23	---
S4	SP-SM	12.68	NP	10.22	---
S5	SP	28.86	NP	1.34	---
S6	CH	149.16	58	97.00	*m.n.e.
S7	CH	156.34	47	86.85	71.41 - 28.59
S8	CH	104.28	48	73.16	*m.n.e.
S9	SM	43.27	NP	13.53	---
S10	CH	194.48	52	86.03	*m.n.e.
S11	CH	170.36	54	93.33	*m.n.e.
S12	CH	166.03	57	97.72	*m.n.e.
S13	CH	133.99	27	57.47	*m.n.e.
S14	CH	143.06	48	96.29	*m.n.e.
S15	SP	25.25	NP	1.15	---
S16	SP	28.28	NP	1.59	---
S17	CH	147.85	33	70.91	*m.n.e.
S18	SM	91.69	19	45.03	---
S19	CH	170.60	53	96.16	*m.n.e.
S20	CH	131.89	37	61.46	*m.n.e.
S21	SM	60.72	NP	16.47	---
S22	CH	123.87	57	96.07	*m.n.e.
S23	CH	167.68	53	83.03	75.35 - 24.65
S24	CH	179.98	57	95.91	*m.n.e.
S25	CH	144.36	57	98.23	68.04 - 31.96
S26	CH	158.19	57	98.52	67.87 - 32.13
S27	CH	143.69	55	92.71	72.35 - 27.65
S28	SM	109.38	21	44.88	---
S29	CH	116.95	54	94.27	*m.n.e.
S30	SP-SM	50.45	NP	10.26	---

*m.n.e. (muestra no ensayada). Solo se determinó el porcentaje de limos y arcillas en sondeos representativos de acuerdo a la distribución en planta, por lo cual estas muestras no fueron ensayadas.

Tabla 6 Tipos de Sedimentos en el Canal de Acceso en la segunda campaña (EPOCA CALIDA Y HUMEDA)

Sondeo	Clasificación	W %	IP	% Pasante Tamiz #200	% limo - %arcilla
	SUCS				
S1	SP	25.71	NP	1.27	---
S2	SP	25.04	NP	2.06	---
S3	SM	32.38	NP	22.70	---
S4	SP	23.95	NP	2.65	---
S5	SP	22.90	NP	2.74	---
S6	SM	40.03	NP	18.65	---
S7	SP	24.19	NP	1.11	---
S8	SM	37.53	NP	14.57	---
S9	SP	22.55	NP	3.20	---
S10	CL	108.03	24	55.33	39.80 - 16.43
S11	CH	197.13	44	89.45	*m.n.e.
S12	CH	174.48	43	83.04	*m.n.e.
S13	SP-SM	41.29	NP	9.98	---
S14	SM	39.51	NP	17.01	---
S15	SM	34.48	NP	16.71	---
S16	SP	26.91	NP	2.48	---
S17	CH	204.83	42	83.01	56.57 - 26.43
S18	CH	180.59	35	68.35	46.75 - 21.60
S19	CH	253.02	47	90.29	*m.n.e.
S20	CH	245.07	40	84.04	*m.n.e.
S21	CH	168.66	29	66.91	*m.n.e.
S22	CH	198.13	34	72.73	*m.n.e.
S23	CH	261.75	50	95.50	67.01 - 28.49
S24	CH	232.28	41	82.39	57.23 - 25.16
S25	CH	229.23	46	90.07	*m.n.e.
S26	CH	267.52	51	95.54	63.36 - 32.18
S27	CH	261.07	40	89.50	63.72 - 25.78
S28	CH	167.50	42	84.29	*m.n.e.
S29	CH	174.18	37	67.69	*m.n.e.
S30	CH	165.55	32	66.39	46.10 - 20.30

*m.n.e. (muestra no ensayada). Solo se determinó el porcentaje de limos y arcillas en sondeos representativos de acuerdo a la distribución en planta, por lo cual estas muestras no fueron ensayadas.

9.4.4 Análisis comparativo entre los resultados de las épocas fría-seca y cálida-húmeda.

Del sondeo 1 al 5 es decir en la zona de la boya de mar hasta la 15A en ambas campañas de exploración se encontraron arenas mal graduadas como lo observado en el año 1986, 1998 y 2002. A pesar de que en el 2008 en esta zona se registran limos se cree que debido a la velocidad del agua en esta zona estos ya fueron removidos, razón por la cual se vuelve a la fecha actual, a observar partículas de arena.

En la zona del canal alterno se reportó material limoso en ambas campañas de exploración.

Entre la boya 15A a la boya 44 en la época fría-seca se encontró superficialmente material limoso exceptuando el banco de arena ya conocido entre la boya 32 a 44 y otro banco de arena ubicado a la altura del sondeo 9. En cambio en la época cálida-húmeda se reportó arena en toda esta zona.

En la primera campaña (época fría-seca) también se encontró material limoso entre la boya 44 a 62, en esta zona también existió la presencia de bancos de arena, caracterizados por los sondeos 18, 21 y 28. El mismo material limoso se logró identificar en la segunda campaña (época cálida-húmeda) entre las boyas 44 a 62, pero esta vez no se reportaron los bancos de arena en los sondeos anteriormente nombrados.

Debido al estrechamiento frente a la localidad de Posorja y la isla Puná de la boya 15A a la boya 62 se depositan los materiales finos debido a la disminución de la velocidad luego de pasar por el estrecho, al encuentro de agua dulce con el agua salada en la marea del flujo lo que facilita que se floculen las partículas de limo-arcilla, y la presencia de flujo y reflujo.

Desde la boya 62 a la 80 se encontró en ambas campañas de exploración material limoso exceptuando un banco de arena reportado en la época fría seca el mismo que se ubicó aproximadamente a la altura de la boya 80 registrado con el sondeo 30.

Existe un tipo de erosión asociado con la temporada lluviosa (época cálida y húmeda) esta se conoce como erosión hídrica. Los cambios en los tipos de sedimentos encontrados en ambas campañas entre la boya 15A a la 44 se deben al cambio de temporada.

La erosión hídrica se genera cuando las gotas de lluvia que caen sobre un suelo tienen suficiente energía para remover partículas del mismo, dejándolas libres para que puedan ser transportadas por la escorrentía superficial hacia las corrientes de drenaje.

La lluvia es el agente que inicia el proceso erosivo. La magnitud de su efecto depende de su distribución temporal y espacial sobre la cuenca; para cuantificarla es indispensable analizar las intensidades de lluvias de corta duración, su frecuencia y el cubrimiento sobre el área de la cuenca.

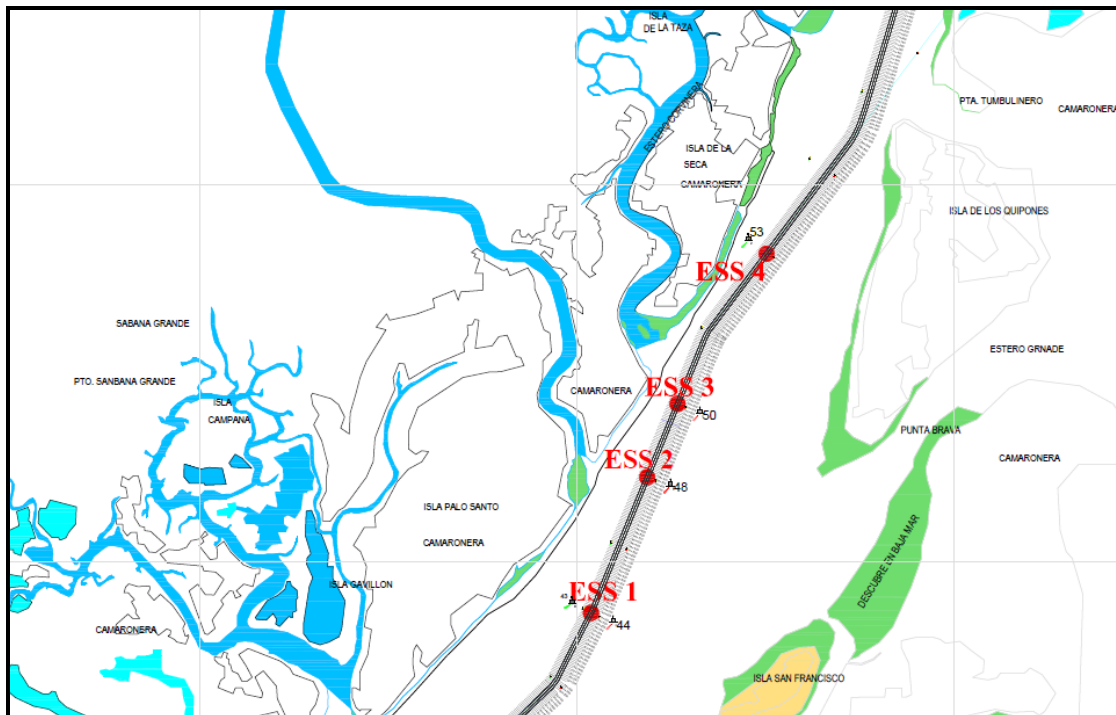
Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Febrero 2012	9-34

9.5 Muestreo de Sólidos Suspendidos

9.5.1 Metodología para el muestreo

El día 21 de Enero del año 2012 se realizaron los muestreos de las cargas de sólidos suspendidos, haciendo referencia a cuatro estaciones localizadas como se indica en la siguiente figura, las estaciones se ubicaron cerca de las boyas 44, 48 50 y 53 para tener una referencia. La campaña corresponde a una época cálida-húmeda, que a diferencia de los muestreos descritos para sedimentos del numeral 9.4 se diferenciaban las dos épocas que se suscitan en el año.

Figura 18 Red de Estaciones de muestreo de Sólidos Suspendidos



Elaborado por: Grupo Consultor

La ubicación de los puntos de muestreo se detalla en la siguiente tabla, donde se diferencia las muestras tomadas superficialmente de las de fondo:

Tabla 7 Coordenadas de las estacione de monitoreo de Sólidos Suspendidos.

Estación	Coordenadas		
	Sur	Este	Profundidad
ESS1	9718640	600370	0
	9718640	600370	10
ESS2	9722240	601860	0
	9722240	601860	7,95
ESS3	9724188	602665	0
	9724188	602665	8,1
ESS4	9728171	605022	0

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: Febrero 2012	9-35

Estación	Coordenadas		
		9728171	605022

Elaborado por: Grupo Consultor

El laboratorio “Grupo Químico Marcos” que se encuentra acreditado por la OAE, se encargó de realizar los muestreos de para caracterizar los sólidos suspendidos en las cuatro estaciones.

Estos métodos de muestreo se encuentran formulados en base a las Normas técnicas INEN, específicamente la norma 2169:98 y 2176:98.

En cada estación de muestreo se analizaron dos tipos de sólidos, aquellos que se ubican en el fondo y también los que permanecen en suspensión en la superficie producto de las características físicas de la columna de agua.

Los cuatro sondeos definidos se encuentran alineados en la Barra Interna, mediante los datos históricos existentes en relación de las alturas de las mareas para esta zona se pudo definir si los puntos analizados se encontraban en un régimen de flujo o reflujos según la hora a la cual se tomó la muestra de sólidos sedimentables.

9.5.2 Equipos Utilizados

9.5.2.1 Muestreador Van Dorn

La botella Van Dorn está diseñada para muestrear profundidades del igual o superiores a los 2 m, este equipo posee una válvula de drenaje para la toma de muestras. La botella está compuesta de juntas herméticas de neopreno y silicona que impiden el ingreso de los fluidos una vez que el seguro cae y se cierra la botella con la muestra de interés en su interior. La configuración del Van Dorn en forma horizontal es la más apropiada para la recolección de sólidos sedimentables en localizados en el fondo del canal.



Toma de las muestras utilizando el equipo Van Dorn

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: Febrero 2012	9-36

9.5.2.2 Ph-metro

Este equipo permite establecer las condiciones de pH de la muestra en campo, utiliza un sensor y un método electroquímico para poder arrojar las lecturas de pH.

El proceso de medición consiste en medir el potencial que se desarrolla a través de una fina membrana de vidrio que separa dos soluciones con diferente concentración de protones, las celdas del phmetro cuenta con un par de electrodos que se sumergen en la solución para dar las mediciones.



Medición de pH utilizando el phmetro

9.5.2.3 Termómetro

Al igual que el phmetro este equipo permite dar lecturas en campo al instante que se toma la muestra con la finalidad de registrar las características propias de temperatura de la muestra en campo, el termómetro digital utiliza un transistor, el cual es un sensor de temperatura de buena precisión, ya que manejan rangos del voltaje que circula en la solución y lo transforman a medida de Temperatura en grados Celcius.



Termómetro en campo

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: Febrero 2012	9-37

9.5.2.4 GPS

El G.P.S. (Global Positioning System) Con este equipo se tomaron las coordenadas georeferenciadas de las cuatro estaciones de muestro, las mismas que se registran en coordenadas UTM (Universal Transversa Mercator).



9.5.3 Procedimiento en Campo

Una vez definida y equipada la embarcación, se inició el proceso de muestreo, tomando como referencia la boya 43 en inicio hasta concluir en la boya 53.

El proceso inició a las 08h15 y concluyó a las 11h05, en primer lugar se realizaron las tomas de las muestras superficiales con el uso de un vaso de precipitación para realizar las lecturas de ph y temperatura, luego se almacenaban directamente en botellas de plástico las mismas que se identificaban con el número de la estación y el nivel al cual se tomó la muestra (fondo o superficial)

Luego de realizar el proceso superficial, se tomó el Van Dorn para caracterizar los sólidos suspendidos que se depositan en el fondo del canal, para lo cual se sumerge el equipo horizontalmente y se deja caer el peso una vez que este llega al nivel del fondo, en las cadenas de custodia que se adjuntan en los anexos se registran los valores de profundidad para cada muestra registrada en cada estación. Una vez capturada la muestra se utiliza la válvula del equipo para llenar el vaso de precipitación con la finalidad de registrar lecturas de pH y temperatura en grados centígrados, para luego llenar la botella de plástico en donde se almacenará la muestra que de igual manera debe ser identificada con los mismas consideraciones descritas para las muestras superficiales.

Todas las muestras se encuentran georeferenciadas con coordenadas UTM, mediante la utilización de un equipo Garmin 60CSx que se describió anteriormente.

9.5.4 Resultados

Los resultados de la campaña de muestreo realizada en época cálida-húmeda el día 21 de Enero de 2012, se detallan 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: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Febrero 2012	9-38

Tabla 8 Resultados de la campaña de muestreo de Sólidos Suspendidos

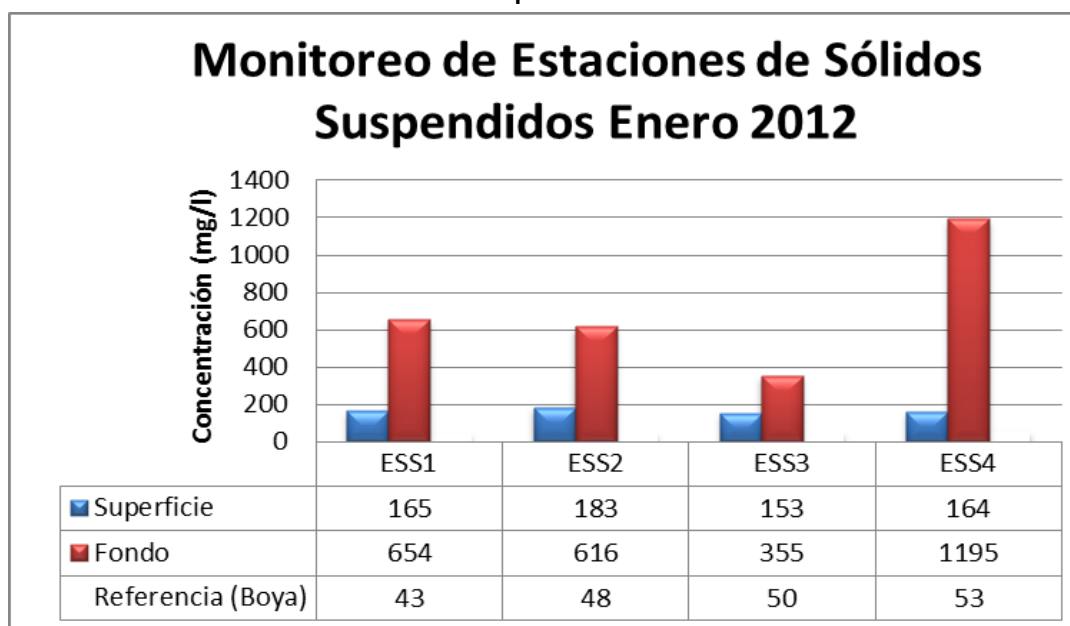
Estación	Nivel	Resultados (mg/l)	Régimen
ESS1	S	165	Reflujo
	F	654	Reflujo
ESS2	S	183	Reflujo
	F	616	Reflujo
ESS3	S	153	Reflujo
	F	355	Flujo
ESS4	S	164	Flujo
	F	1195	Flujo

Elaborado por: Grupo Consultor

De acuerdo a las lecturas obtenidas anteriormente podemos establecer comparaciones, primeramente es evidente la diferencia que se presenta al analizar las mediciones de los niveles superficiales (S) y de fondo (F), en promedio los valores de la superficie oscilan entre los 166 mg/l, mientras que los valores de fondo están alrededor de los 705 mg/l. El máximo valor registrado corresponde a la estación ESS4 ubicada cerca de la boya 53, y el valor mínimo se ubica en la estación ESS3 referenciado por la boya 50.

En el siguiente histograma comparativo se puede apreciar claramente las diferencias de concentraciones registradas en relación al nivel de toma de muestra, las barras de color rojo son notoriamente superiores a las barras azules, y de forma más evidente se puede ver la última estación donde la concentración de sólidos suspendidos en el fondo es siete veces superior a la obtenida en la superficie.

Figura 19 Cuadro comparativos de los resultados de la campaña de muestreo de Sólidos Suspendidos



Elaborado por: Grupo Consultor

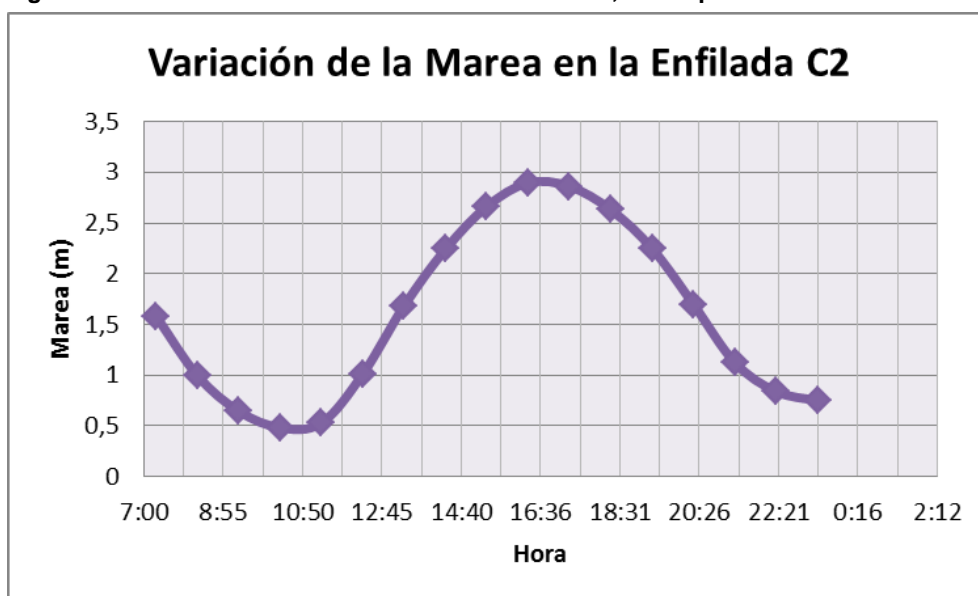
9.5.5 Análisis comparativo temporal

En este análisis se busca definir la variabilidad de la concentración de los sólidos suspendidos en un periodo de 14 años, ya que se cuenta con información de datos históricos obtenidos del Estudio de Impacto Ambiental de los trabajos del dragado permanente del canal de acceso al puerto marítimo de la ciudad de Guayaquil.

Los valores encontrados corresponden a promedios anuales establecidos en un régimen de contraflujo, por lo cual las series que se obtuvieron en la campaña de muestreo de Enero 21 del 2012, tuvieron que caracterizarse según el régimen al cual se tomó la muestra como indica la tabla 8, a cada muestra le corresponde un régimen sea flujo o reflujo.

Para este análisis se utilizó las gráficas de las curvas de mareas de la enfilada C2, donde se puede ver claramente en que tramos la marea está en flujo y cuando en contraflujo. Para este día se tomó un tramo que va desde las 7h00 am hasta las 23h00 am, en este análisis el régimen de reflujo, es decir cuando la marea empieza a disminuir va desde las 7h00 am hasta las 10h48 am, punto en donde cambia de régimen y empieza a incrementar la marea nuevamente hasta las 16h36 pm aproximadamente. Esto cambios se pueden apreciar en la siguiente figura:

Figura 20 Variación de la marea en el día 21 de Enero, correspondiente a la enfilada C2



Elaborado por: Grupo Consultor

Una vez definido el régimen, se obtuvo un promedio de las concentraciones que se encuentran en reflujo, de donde se obtuvo una concentración promedio de 400 mg/l en la estación ESS2 cerca de la boya 48, este valor puede ser comparado con los datos históricos de los años 1998, 2001, 2008 y 2012 ya que únicamente en estos años se cuenta con registros que hacen referencia al mismo punto (boya 48).

Los datos históricos de Julio del 2008 que se presentan en la siguiente tabla, denotan notoriamente una variabilidad de concentraciones en las boyas 17, 48 y 59.

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: Febrero 2012	9-40

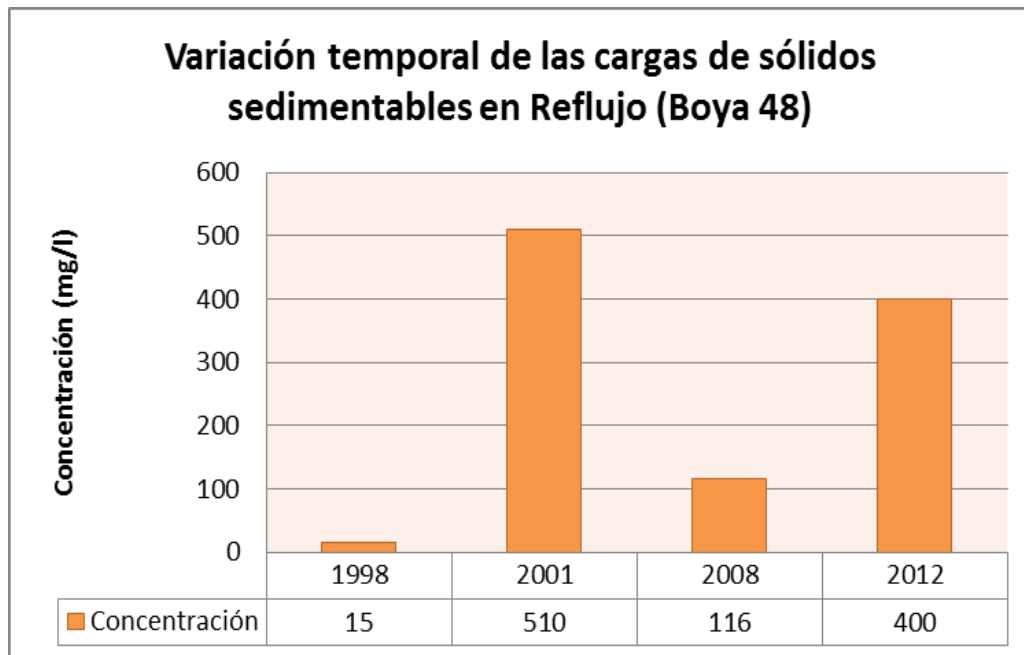
Tabla 9 Datos históricos de Julio de 2008 de las concentraciones de sólidos suspendidos muestreados en diferentes boyas.

Estación	Nivel	Resultado (mg/l)
Boya 72	S	18
	F	20
Boya 67	S	21
	F	30
Boya 66	S	30
	F	50
Boya 59	S	105
	F	243
Boya 48	S	22
	F	209
Boya 33	S	46
	F	46
Boya 17	S	86
	F	156

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental de los trabajos del dragado permanente del canal de acceso al puerto marítimo de la ciudad de Guayaquil

Finalmente para evidenciar las comparaciones se presenta a continuación un histograma, donde se escogió a la boya 48, por presentar una amplia variabilidad de concentraciones y porque registraba datos en todos los años de estudio, los años 2001 y 2012 registran altas concentraciones siendo el año 2001 el año con la máxima concentración igual a 510 mg/l, mientras que el año 1998 presenta una mínima concentración de 15 mg/l. Con esta comparación temporal es evidente las concentraciones de sólidos suspendidos fluctúan considerablemente, si tomamos los dos años mas críticos la diferencia de concentración llegaría hasta un 3300%; por lo que este dato se puede considerar como referencial, pero es poco práctico para realizar comparaciones multitemporales, por la variación de concentración de sedimentos, la cual depende de variables especialmente relacionadas con aspectos climatológicos, así como también de operaciones en el área de estudio.

Figura 21 Variación temporal de la concentración de sólidos suspendidos en la Boya 48



Elaborado por: Grupo Consultor

Como se explicó en el apartado de hidrología, el Estero Salado, tiene una relación con la carga sedimentaria del Río Guayas, no se conoce el aporte anual de sedimentos transportados por el Guayas, sin embargo CEDEGE realizó estimaciones de la erosión potencial en el sector de la cuenca baja (río Chimbo), que da un total de 23,5 millones t/año. En cuanto al tipo de sedimentos, se tiene la presencia, principalmente, de limos arcillosos, entre 0,2 mm a 0,02 mm. La fracción arenosa la constituye el cuarzo y el material predominante es la arcilla montmorillonita, con un 90%, (INOCAR, 1988).

Cruz Orozco (1974), determinó las concentraciones de sedimentos para el río Guayas, durante noviembre 1970 (estación seca) en 1100 mg/l, a un metro profundidad, y 1800 mg/l, a un metro del fondo, frente a Guayaquil. En otros lugares, estos valores fluctúan entre 10 y 3000 mg/l (e.g. 14 km aguas abajo de isla Santay).

Se calculó la Carga Sedimentaria, con las consideraciones siguientes:

- La concentración de Sedimentos en la Columna de Agua, corresponde al mes de Agosto 2011, es decir corresponde a la época fría y seca, cuando el Río Guayas registra un Caudal de 702,7 m³/s.
- Para el cálculo de la Carga de Sedimentos, se obtienen promedios para:
 - Estado del Sistema Flujo, concentración de Sedimentos en Suspensión Fondo (subiendo la marea).
 - Estado del Sistema Flujo, concentración de Sedimentos en Suspensión Superficie (subiendo la marea).
 - Estado del Sistema Reflujo, concentración de Sedimentos en Suspensión Fondo (bajando la marea).
 - Estado del Sistema Reflujo, concentración de Sedimentos en Superficie (bajando la marea).

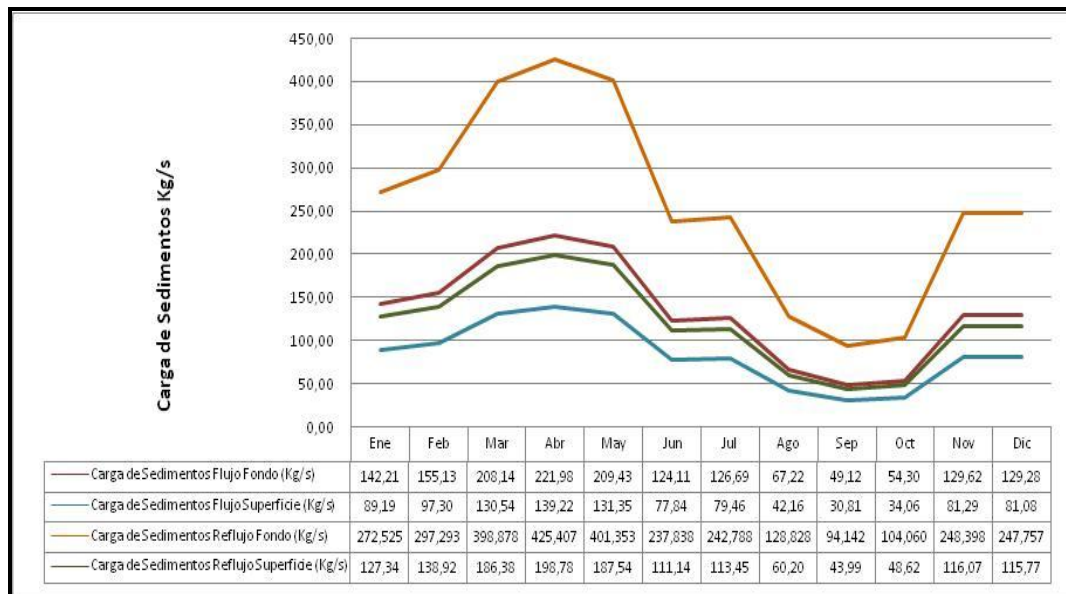
Tabla 10: Promedio de Concentración de Sedimentos en Suspensión frente a la Ciudad de Guayaquil

Estado	Concentración mg/l	Concentración Kg/m ³
Promedio Reflujo Fondo	183,3	0,183
Promedio Reflujo Superficie	85,7	0,0857
Promedio Flujo Fondo	95,7	0,0957
Promedio Flujo Superficie	60,0	0,06

Fuente: Grupo de Trabajo 2011

- Estos promedios, se multiplican por los caudales medios mensuales del Río Guayas con Regulación y se obtiene la siguiente representación:

Figura 22: Carga de Sedimentos en función del Caudal Mensual Promedio



Fuente: Grupo de Trabajo 2011

Es predecible que la mayor cantidad de Carga Sedimentaria, se produce cuando el sistema está en Reflujo en el Fondo (wash – load). El promedio de Carga de Sedimentos en este estado, es de 258,27 Kg/s: 929,8 ton / hora: 8'033,230 ton / año, es importante indicar que en el cálculo la concentración de sedimentos fue del mes de Agosto 2011. Tal como se indicó en líneas precedentes, las mediciones de sedimentos en suspensión para dos estaciones de los ríos Daule y Babahoyo se tiene que la carga de sedimentos que recibe el estuario es de aproximadamente 11.6 millones de ton/año; asumiendo un promedio de sedimentos en suspensión en la columna de agua de 0.25 g/l; y un caudal, para el Daule y Babahoyo en conjunto, de 1.500 m³/s; existiendo una diferencia en porcentaje del 30%, lo cual considerando que se midió solamente en un mes en época seca, es un valor muy aproximado a la realidad de carga sedimentaria del Río Guayas, el cual llega al Estero Salado por la Dinámica del Estuario.

9.6 Bibliografía

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

Autoridad Portuaria de Guayaquil	Contrato: Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad y de Diseño para Determinar el Dragado a la Profundidad de 11m. respecto al MLWS.	Revisión: 1	Página
Asociación Geoestudios – Consulsua	Contrato No. 41 – 2011	Fecha: Febrero 2012	9-44



9.7 Anexos

9.7.1 Anexo A: Registros de toma de las muestras con la draga Van Been

Se encuentra en los documentos adjuntos

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: Febrero 2012	9-45



9.7.2 Anexo B: Reportes los ensayos de granulometría

Se encuentra en los documentos adjuntos

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: Febrero 2012	9-46



9.7.3 Anexo C: Reportes de ensayos de Granulometría, Límites de Plasticidad y Ensayo del Hidrómetro

Se encuentra en los documentos adjuntos

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: Febrero 2012	9-47



9.7.4 Anexo D: Planos

Se encuentra en los documentos adjuntos

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: Febrero 2012	9-48



9.7.5 Anexo E: Actas de toma de muestras de sólidos en suspensión

Se encuentra en los documentos adjuntos

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: Febrero 2012	9-49