



**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL**

**PREDIMENSIONAMIENTO GEOMÉTRICO DE UN PUERTO DE AGUAS  
PROFUNDAS PARA EL ECUADOR**

**Anteproyecto de trabajo de Titulación que se presenta como requisito  
previo a la presentación del Trabajo de Titulación Definitivo para la  
obtención del Título de Ingeniero Civil con concentración en  
Construcción**

**AUTOR: NICOLAS SCHEEL CARRIÓN**

**TUTOR: ING. CIVIL GUILLERMO BAÑOS CRUZ, MSc**

**Samborondón**

**OCTUBRE, 2015**



# ÍNDICE GENERAL

CARÁTULA .....	I
ÍNDICE GENERAL .....	II
ÍNDICE DE TABLAS.....	III
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	IV
RESUMEN .....	V
ABSTRACT .....	VI
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	2
1. EL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Planteamiento del problema .....	4
1.3. Formulación del problema.....	6
1.4. Sistematización del problema o sub preguntas de investigación .....	6
1.5. Objetivo General .....	7
1.6. Objetivos Específicos.....	7
1.7. Justificación.....	7
CAPÍTULO II .....	9
2. MARCO REFERENCIAL.....	9
2.1. Fundamentación teórica.....	9
2.1.1. Puertos.....	9
2.1.2. Puertos a nivel regional.....	11
2.1.3. Puertos nacionales .....	13
2.1.4. Posorja.....	18
2.1.5. Factores que afectan a puertos .....	21
2.1.6. Tipos de buques .....	33
2.1.7. Requerimientos previos a la construcción de puertos.....	38
2.2. Formulación de Hipótesis.....	45
2.3. Definiciones conceptuales .....	45
CAPÍTULO III .....	51
3. METODOLOGÍA.....	51
3.1. Diseño de la investigación .....	51
3.2. Población y muestra.....	52
3.3. Instrumentos de recolección de datos.....	54
3.4. Metodología .....	55
3.5. Procesamiento de los datos.....	55

3.6. Presentación de resultados.....	56
CAPÍTULO IV .....	66
4. LA PROPUESTA.....	66
4.1. Introducción y propósito .....	66
4.2. Diseño del puerto de aguas profundas .....	67
4.2.1. Fase 1.....	72
4.2.2. Fase 2.....	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	107
Conclusiones .....	107
Recomendaciones .....	107
BIBLIOGRAFÍA .....	109
ANEXOS .....	113

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Esquema de evolución de los rasgos portuarios.....	10
Tabla 2 Carga de importación y exportación período 2000 – 2010.....	14
Tabla 3 Carga de importación y exportación período 2011.....	15
Tabla 4 Carga de importación y exportación período 2012.....	15
Tabla 5 Carga de importación y exportación período 2013.....	15
Tabla 6 Carga de importación y exportación período 2014.....	15
Tabla 7 Histórico de TEUs movilizados.....	15
Tabla 8. Número de Buques Según Calado.....	16
Tabla 9 Naves de tráfico internacional arribadas según calado, eslora y TRB (Todos los puertos en Guayaquil).....	17
Tabla 10 Comparativa de puertos en Ecuador.....	20
Tabla 11 Evaluación del Diseño de Puertos Nacionales.....	20
Tabla 12 Longitud y velocidad de la ola.....	25
Tabla 13. Clases de Buques y sus características.....	33
Tabla 14 Dimensiones de buques Post Panamax.....	37
Tabla 15 Datos de interés.....	54
Tabla 16 Cálculo de la muestra.....	55
Tabla 8 Beneficios del puerto de aguas profundas.....	57
Tabla 18 Interés por parte de empresas privadas.....	58
Tabla 19 Cambio estructural.....	59
Tabla 20 Aspecto ambiental.....	60
Tabla 21 Fomento del turismo en el sector .....	61
Tabla 22 Expansión de la parroquia.....	63
Tabla 23 Provecho de comercialización de productos de la Isla Puna.....	64
Tabla 24 Producción de productos autóctonos de la parroquia.....	65
Tabla 25 Turismo de varadero de Posorja.....	65
Tabla 26 Calificación del proyecto .....	66
Tabla 27. Cuadro Comparativo de Tráfico de Teus.....	69
Tabla 28. Cuadro Comparativo de Áreas para Fase 1.....	73
Tabla 29 Evaluación de las características del área para el proceso de dragado en Posorja.....	89
Tabla 30 Estimaciones para el dragado de mantenimiento en el puerto de aguas profundas de Posorja.....	92
Tabla 31 Normas a considerar para construcción de atracadero.....	93
Tabla 32 Capacidades de bitas de amarre de 150 y 200 toneladas.....	102
Tabla 33 Equipamientos 1.....	105
Tabla 34 Equipamientos 2.....	106

## INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1 Carga movilizada en toneladas en los diferentes puertos del Ecuador.....	13
Gráfico 2 Desglose partes de una ola.....	24
Gráfico 3 Batimetría.....	27
Gráfico 4 Corriente de los vientos.....	29
Gráfico 5 Dirección de los vientos.....	31
Gráfico 6 Buque Panamax.....	36
Gráfico 7 Buques Post Panamax.....	38
Gráfico 8 Tipos de reforzamiento para la construcción de muelles.....	41
Gráfico 9 Población.....	52
Gráfico 10 Beneficios del puerto de aguas profundas.....	56
Gráfico 11 Interés por parte de empresas privadas.....	57
Gráfico 12 Cambio estructural.....	58
Gráfico 13 Aspecto ambiental.....	59
Gráfico 14 Fomento del turismo en el sector.....	60
Gráfico 15 Expansión de la parroquia.....	61
Gráfico 16 Provecho de comercialización de productos de la Isla Puná.....	62
Gráfico 17 Producción de productos autóctonos de la parroquia Posorja.....	64
Gráfico 191 Calificación del proyecto.....	65
Gráfico 20 Proyección de trafico de TEUS en puerto de Buenaventura, Guayaquil y Callao.....	68
Gráfico 21 Predimensionamiento del puerto de aguas profundas en Posorja.....	71
Gráfico 22 Muelle de pilotes.....	74
Gráfico 23 Categorías de estructuras de defensa.....	76
Gráfico 24 Postes de amarre y monopilotes.....	77
Gráfico 25 Dimensiones de los barcos.....	78
Gráfico 26 Contacto en múltiples defensas.....	80
Gráfico 272 Diseño del panel.....	81
Gráfico 283 Infraestructura y ubicación de los paneles.....	82
Gráfico 29 Placas de fricción.....	82
Gráfico 30 Fijación de las placas.....	83
Gráfico 31 Placas de tamaño grande.....	83
Gráfico 32 Diseño de las cadenas.....	84
Gráfico 33 Dimensiones de los buques.....	91
Gráfico 34 Reach Stackers.....	94
Gráfico 35 Empty handlers.....	96
Gráfico 36 Dimensiones generales.....	97
Gráfico 37 Diseño de bitas de amarre Tee.....	100
Gráfico 38 Características de bitas de amarre Tee.....	100
Gráfico 39 Ángulos de amarre.....	103

## RESUMEN

Los cambios actuales que se han suscitado en torno al comercio marítimo a nivel mundial han incidido en que exista la necesidad de adaptar los puertos marítimos a fin de que puedan atender el tráfico de buques de mayor capacidad en sus respectivas terminales. En este contexto, la presente tesis se enfoca en establecer la factibilidad para el predimensionamiento geométrico de un puerto de aguas profundas para el Ecuador, el mismo que tendrá la capacidad para recibir embarcaciones de mayores dimensiones, considerando que el problema de estudio se basó en la carencia de un puerto que posea un calado de una capacidad mayor a 9,75 mts, lo cual ha generado la necesidad de diseñar de un puerto de aguas profundas a 18 metros de profundidad. Para proporcionar un mayor entendimiento del tema, se analizaron aspectos relacionados a los puertos, los factores que afectan su funcionamiento y construcción, los tipos de buques y los requerimientos para la construcción de puertos. Además, se estableció la aplicación de una investigación descriptiva, tomando como población a los habitantes de Posorja para conocer su percepción y nivel de aceptación de dicho puerto. En base a la información obtenida tanto de fuentes primarias como secundarias, el autor del proyecto estableció en la propuesta los parámetros necesarios para la construcción del puerto con capacidades para el manejo de contenedores TEUs y un calado de buques Small Feeder, Feeder, Panamax y Post Panamax.

**Palabras claves:** Puertos, Posorja, Factores que afectan a los puertos, tipos de buques, requerimientos previos a la construcción del puerto.

## ABSTRACT

The current changes that have been raised about the maritime trade at the global level have influenced that there is a need to adapt the seaports in order to cope with the traffic of larger capacity vessels in their respective terminals. In this context, this thesis focuses on establishing the feasibility for the geometric dimensioning of a deepwater port in the Canton of Guayaquil, the same that you will have the ability to receive vessels of greater dimensions, whereas the problem under study was based on the lack of a port that it possesses a stall of a capacity of more than 9.75 mts, which has generated the need to design a deep-water port to 18 meters in depth. To provide a greater understanding of the topic, we analyzed aspects related to the ports, the factors that affect its function and construction, types of ships and the requirements for the construction of ports. In addition, it established the implementation of a descriptive research, taking as population the inhabitants of Posorja to know their level of perception and acceptance of that port. On the basis of information obtained from both primary and secondary sources, the author of the project established in the proposal the parameters required for the construction of the port with capabilities for handling containers TEUs and a stalling of ships Small Feeder, Feeder, Panamax and Post Panamax.

**Key Words:** Ports, Posorja, factors that affect the ports, ship types, requirements prior to the construction of the port.

## INTRODUCCIÓN

Considerando que en la actualidad el crecimiento del comercio marítimo a nivel mundial ha incidido en que exista la premura de incrementar los niveles de competitividad de las naciones y mejorar las infraestructuras portuarias a fin de que estas puedan adaptarse a los cambios que se han desarrollado en las embarcaciones en cuanto a la capacidad de carga y tamaño, como es el caso de los buques Post-Panamax.

En este caso, el propósito del presente trabajo está orientado a determinar el predimensionamiento de un puerto de aguas profundas para el Ecuador, con una profundidad de 14 metros, de modo que le permita mantener y ajustarse a la capacidad operacional de los buques Post-Panamax y posteriormente pueda ser considerado como uno de los puertos más importantes de la zona del Pacífico Sur. Por lo tanto, el proyecto estará estructurado de la siguiente manera:

- En el primer capítulo se detalla de manera específica el problema de estudio, se analizan los antecedentes en base a los cuales se realiza la formulación del problema, la determinación de objetivos y la argumentación de la justificación.
- En el segundo capítulo, se analiza de manera general los temas relacionados con el presente estudio, es decir, se incluirá la fundamentación teórica que sustente en base a fuentes bibliográficas el contenido expuesto.
- En el tercer capítulo se establece la metodología, donde se selecciona la población y muestra; y el tipo de estudio que se aplicará, además se realiza la recopilación, presentación y análisis de la información proveniente de fuentes primarias.
- En el cuarto capítulo se desarrolla la propuesta orientada al diseño del puerto de aguas profundas en Posorja. Posteriormente se establecen las respectivas conclusiones y recomendaciones, así como también se incluye la bibliografía y anexos pertinentes.



## **CAPÍTULO I**

### **1. EL PROBLEMA**

#### **1.1. Antecedentes**

Actualmente, se puede decir que el incremento del comercio marítimo a nivel mundial ha exigido cambios en las embarcaciones y sus especificaciones, tal como se menciona en el informe presentado por las Naciones Unidas (Acontecimientos y tendencias recientes en el transporte marítimo internacional que afectan al comercio de los países en desarrollo, 2013). Consecuentemente, se puede decir, que estas tendencias a su vez, han generado una serie de modificaciones en los puertos para que sus instalaciones sean más eficientes, de modo que se pueda ejecutar las operaciones en áreas de mayores dimensiones y mayor profundidad que estas embarcaciones requieren.

Adicionalmente, es preciso mencionar la importancia de los puertos en relación al impacto económico, social y cultural dentro del país. En este caso, el alcance de los mismos será proporcional a la magnitud de su área de influencia y la cantidad y diversidad de productos que se pretendan mover a través de ellos (Naciones Unidas, 2013). Consecuentemente, la decisión de construir un puerto implica generalmente estudios financieros detallados, como de mercado, producción, necesidades de consumo, comunicaciones, entre otros. Desde una perspectiva social, se deben realizar estudios que determinen la conveniencia de llevar a cabo la construcción del mismo al presente o dentro de un lapso de tiempo calculado.

Partiendo de este hecho, será importante establecer adecuadamente un predimensionamiento seguro de las áreas para que las embarcaciones puedan maniobrar, sin llegar a dimensiones exageradas por desconocimiento de la materia. Este aspecto resultará imperativo para la rentabilidad de la obra y la eficiencia en la utilización de los recursos.

En este contexto, una vez tomada la decisión de llevar a cabo la ejecución de la obra, se deberá determinar el lugar más conveniente para su construcción. La ubicación del proyecto dependerá de los estudios de campo, donde se incluye una serie de condiciones, entre ellas, las condiciones locales y externas que pudiesen afectar la realización del proyecto. Es importante tener presente la localización de bancos de materiales, accesos terrestres, áreas disponibles, redes de agua y energía existentes, entre otras (Naciones Unidas, 2013).

Otro de los aspectos que se deben considerar, en relación a los cambios y tendencias suscitadas, se refiere a la localización del puerto, en su concepto general, así también como la ubicación de las obras exteriores de protección que serán las más adecuadas para brindar el abrigo y las áreas de aguas tranquilas necesarias para planificar el puerto. Una de las primeras soluciones para cualquier tipo de puerto consiste en la disposición de las áreas de servicio, almacenaje y manejo de las mercancías adosadas al área de atraque y carga-descarga de la mercancía.

En este caso, la ubicación de un puerto debe planearse de tal forma que su distribución se lleve a cabo de manera segura, eficiente, económica y operante. Dependiendo del uso para el que será destinado el muelle este incidirá en las características geométricas del mismo, donde se incluye su calado, cotas de coronación, longitud, anchura, áreas de servicio, entre otras; así como las acciones a considerarse para su uso, entre las cuales se encuentran el atraque, amarre, grúas, sobrecargas, entre otros.

Además, se deberá tomar en consideración como norma general, que el costo de la obtención y preparación de un metro cuadrado de superficie en terrenos ganados al mar es mucho más costoso que un metro cuadrado preparado en tierra firme. Aunque existen excepciones, como el caso de tener que realizar un dragado para permitir el acceso de buques en zonas de poco calado, pudiéndose lograr la utilización de dicho material, en caso de ser geotécnicamente adecuado, para rellenar el área restante. De esta manera, existe un ahorro importante al evitar el transporte de dicho material a mayores

distancias en altamar, y por otra parte se puede conseguir simultáneamente áreas disponibles (Naciones Unidas, 2013).

## **1.2. Planteamiento del problema**

En los últimos años, la evolución del transporte marítimo ha generado un impacto en el desarrollo social y económico de las naciones en las que se desarrolla esta actividad, las cuales por lo general se encuentran favorecidas por su ubicación geográfica que les ofrece el acceso directo al mar. En este caso, se puede mencionar que la actividad marítima aporta en la generación de empleo, puesto que posee un amplio *cluster* en el que integra diversas industrias y servicios complementarios, cuyo talento humano se encontrará inmerso de manera directa o indirecta en esta actividad.

Así mismo, es preciso destacar la información presentada por las Naciones Unidas (2012):

El transporte marítimo sin duda alguna representa un medio fundamental para el comercio internacional que se da entre las naciones, y más si se tiene en cuenta que el 80% del comercio mundial es en volumen, y más del 70% del valor se realiza por mar.

En la actualidad, una gran parte del comercio a nivel mundial se mueve a través de la industria marítima, considerando que uno de los aspectos fundamentales de la economía globalizada en las sociedades actuales es el gasto de transporte en los productos. Por lo general, en el comercio internacional, las actividades habituales consisten en el intercambio de materia prima al granel hacia los países industrializados, provenientes de países productores; así como también se comercializan productos procesados y terminados a su vez (Bejarano, 2014).

El vertiginoso incremento del comercio internacional, a causa de diferentes factores tales como la globalización y el establecimiento de acuerdos internacionales alcanzados entre distintas naciones, ha impulsado a su vez al comercio marítimo. En este contexto, se puede decir que los puertos cumplen un papel fundamental en el desarrollo económico de un país, siendo el lugar

donde tanto pasajeros como mercancías pudiesen cambiar de un medio de transporte terrestre o aéreo al marítimo, o viceversa. Precisamente, un puerto actúa como puerta de entrada y salida, permitiendo la conexión buque-tierra, donde se llevan a cabo las operaciones de carga y descarga.

No obstante, en base a lo anteriormente mencionado, es preciso destacar que uno de los mayores desafíos a nivel mundial, es lograr satisfacer la alta demanda por transportes de carga alcanzando una mayor eficiencia, reduciendo los tiempos de viaje en el manejo de la carga y desarrollando procesos sistematizados que permitan ofrecer un servicio de transporte marítimo más ágil.

A pesar de ello, en muchos casos se evidencian falencias relacionadas a la capacidad de operación de los puertos al momento de recibir o despachar mercadería, puesto que las embarcaciones que se construyen con mayores dimensiones para cubrir la demanda existente, en muchos casos tienen dificultades para ingresar a estos lugares de embarque y desembarque. Esta ineficiencia portuaria resulta en un menor desarrollo de la economía de un país (Naciones Unidas, 2013).

En base a este contexto, el Ecuador es un país mayoritariamente productor de materia prima, mas no de bienes terminados, puesto que posee riquezas petroleras y no petroleras; y consecuentemente debe importar de países industrializados productos terminados. En este caso, la necesidad de importar bienes de consumo y a su vez exportar productos primarios para recibir divisas, conlleva a que el manejo de los puertos sea completamente más eficiente en el país.

Partiendo de este hecho, se puede mencionar que el problema de investigación se centra en el cantón Guayaquil, el mismo que carece de un puerto para buques de calado mayor a 9,75 mts. Tomando como referencia los puertos de países vecinos, específicamente aquellos ubicados en el Pacífico Este desde Honduras hasta Chile, en esta investigación se pretende determinar los calados máximos que poseen dichos puertos; y tomarlos como referencia para

analizar el calado que debería tener a futuro el nuevo puerto de Guayaquil (Órgano de difusión de la Cámara Marítima del Ecuador, CAMAE, 2013).

Consecuentemente, se considera necesario investigar sobre este tema, ya que influye en el desarrollo económico del país, al generar comercio internacional, incrementar plazas de trabajo, e incentivar el desarrollo agrícola e industrial del país. Por lo tanto, se espera poder determinar, mediante el presente trabajo de investigación, la necesidad de diseñar un puerto en el cual se pueda cargar y descargar buques de gran calado utilizándolos a su máxima capacidad de carga.

### **1.3. Formulación del problema**

Debido a la falta de un puerto para buques de un calado mayor a 9,75 mts. en el cantón Guayaquil, se busca estudiar la factibilidad del diseño de un puerto de aguas profundas en la parroquia de Posorja. Es necesario para esto el predimensionamiento geométrico de dicho puerto, identificando sus características físicas como: olas, corrientes, mareas y vientos; y determinar el equipamiento necesario para su operación. Por lo tanto, la formulación del problema se define de la siguiente manera:

¿Cómo determinar la factibilidad para el predimensionamiento geométrico de un puerto de aguas profundas para Ecuador?

### **1.4. Sistematización del problema o sub preguntas de investigación**

- ¿Qué profundidad tienen los puertos regionales y nacionales cercanos a la zona donde se plantea la construcción del nuevo puerto?
- ¿Las empresas que brindan servicios de transporte de carga por vía marítima, dentro de sus rutas que encierra el área de estudio, tienen buques con el calado que hace necesario la utilización de un puerto de de 14 metros de profundidad?
- ¿Qué investigaciones previas se deben ejecutar para la construcción de un puerto de aguas profundas?

- ¿Cuáles son las características del buque de diseño para el nuevo puerto, considerando una vida útil de 50 años?
- ¿Cuál es el método de construcción adecuado que se debe emplear en la ejecución del proyecto de un puerto de aguas profundas?
- ¿La construcción de este puerto de aguas profundas en el cantón Guayaquil, hará más eficiente el servicio de transporte marítimo?

### **1.5. Objetivo General**

Determinar la factibilidad del predimensionamiento geométrico de un puerto de aguas profundas para el Ecuador.

### **1.6. Objetivos Específicos**

- Analizar la capacidad actual de los puertos de Ecuador y su tipo de carga.
- Identificar las características necesarias para la construcción de un puerto de aguas profundas para el Ecuador.
- Estudiar la selección de equipos para el correcto manejo del puerto.

### **1.7. Justificación**

La justificación del presente trabajo, se determina a partir de la necesidad de supervisar y evaluar la eficiencia de un puerto, estudiando las necesidades de ampliación y adecuación, para que de tal manera no se detenga el desarrollo del puerto y del país. En este contexto, se puede decir que en la actualidad los puertos construidos en el cantón Guayaquil no son de gran profundidad y tan sólo permiten el acceso de buques con un calado de hasta 9,75 metros.

Consecuentemente, los buques que llegan a un mayor calado al anteriormente mencionado, no pueden ser cargados a su máxima capacidad ya que correrían el riesgo de quedarse varados. Este tipo de buque con un calado mayor sólo puede ingresar y retirarse de los puertos solamente con una parte de su capacidad de carga.

Por lo tanto, se quiere determinar, a través del presente trabajo, si es necesaria la construcción de un puerto de 14 metros de profundidad en el cantón Guayaquil. Para lograr esta meta se pretende examinar los puertos de la costa del Pacífico Norte y Sur Oriental, específicamente desde Honduras hasta Chile, y estudiar el tráfico marítimo que opera en la región para de esa manera analizar las características de los buques que cargan y descargan en el cantón Guayaquil.

Adicional a lo antes mencionado, es importante mencionar que con el desarrollo del proyecto se espera contribuir de manera indirecta con el décimo objetivo del Plan Nacional del Buen Vivir (2013), el mismo que se refiere a “Impulsar el cambio de la matriz productiva”, en este contexto se considera que el trabajo se encuentra dentro de uno de los sectores prioritarios que pretende potencializar y mejorar el Gobierno, como es el caso del “transporte y logística”, puesto que de esta manera se aporta a las actividades de comercio exterior a través del transporte marítimo.



## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO REFERENCIAL**

#### **2.1. Fundamentación teórica**

Para el desarrollo de la fundamentación teórica, se consideraron temas puntuales que se encuentran relacionados con el área de estudio. En este caso, se tomaron como referencias publicaciones realizadas con respecto a los puertos, los principales puertos a nivel regional y a nivel nacional; y los factores que afectan el funcionamiento de los mismos. De esta manera, el autor analizará e interpretará cada uno de estos temas para proporcionar un mayor entendimiento al lector.

##### **2.1.1. Puertos**

Según lo mencionan las Naciones Unidas (2010, pág. 20):

Los puertos son la puerta principal –de llegada y partida- del comercio internacional y operan como nodos centrales de la red física del transporte marítimo, movilizandando las mayores cargas a nivel global, constituyendo además una interfaz entre modos de transporte, tanto para los trayectos nacionales como los internacionales.

Partiendo de la información publicada por las Naciones Unidas en relación a los puertos, es preciso mencionar que la historia de los mismos se remonta desde hace miles de años. Inicialmente, los buques de menor tamaño tenían la posibilidad de calar en puertos naturales, tales como bahías o ríos dependiendo de las facilidades que estos lugares les proporcionaron. No obstante, con el pasar de los años, debido a los cambios y tendencias que se suscitaron, se generó la necesidad de crear y adaptar los puertos artificiales para incrementar la capacidad de recibir buques de mayores dimensiones y calado, los cuales requerían de una mayor amplitud para ejecutar maniobras.

Los puertos marítimos históricamente han desempeñado un papel clave en la facilitación del comercio y el crecimiento de las naciones. En este caso, los

puertos de embarque, hasta los albores del siglo pasado, se habían utilizado principalmente para el comercio de bienes, la pesca, la migración, el comercio mundial, entre otros. Sin embargo, la historia marítima descifra el anacronismo de los puertos antiguos que resisten la prueba del tiempo y persisten como los puntos topográficos de interés. Consecuentemente, se puede decir que varios factores determinan la elección de un puerto por sobre otro, desde temas relacionados con la seguridad, las rutas, tarifas, servicios prestados, la tecnología ofrecida, entre otros (Bejarano, 2014).

**Tabla 9 Esquema de evolución de los rasgos portuarios**

<b><i>Características de los puertos clásicos</i></b>	<b><i>Características de los puertos modernos en la era de la globalización</i></b>
Los puertos son puntos terminales.	Los puertos son nodos de transferencia de flujos. Elimina las posibilidades de ruptura de cargas. Posibilita la conformación de terminales marítimas.
En los puertos se produce una ruptura de cargas.	Los puertos constituyen <i>hub</i> , centros de procesamiento, distribución e integración de cadenas productivas fragmentadas internacionalmente.
Los puertos constituyen zonas de almacenamiento prolongado de las mercancías.	Los puertos poseen estrechos vínculos con las zonas interiores.
Los puertos se inscriben en zonas costeras desvinculadas de las regiones interiores.	El intermodalismo y las mejoras físicas en lo tocante a la accesibilidad territorial propician la conformación de hinterlands ampliados cada vez más competitivos y además dejan de ser áreas cautivas de cada puerto.
Los puertos se definen como zonas de quiebra de separación de las áreas de influencia externas.	Las características tecnológicas y el desarrollo del contenedor acelera los flujos de mercancías e integran los procesos productivos fragmentados en nuevos espacios económicos.
Los puertos conforman hinterlands <i>cautivos</i> .	Los puertos revalorizan la localización territorial.
Los puertos no desempeñan un papel relevante en la evolución de la economía de un país.	Los puertos disputan áreas económicas tradicionales de los puertos vecinos.
La falta de integración de los sistemas de transporte era generalizada en las áreas más periféricas y atrasadas.	Los puertos impulsan y requieren de una mayor integración del sistema de transporte. Potencian el intermodalismo.

**Fuente:** (Martínez, 2010)

En base a este contexto, se puede decir que la actividad marítima se sustenta en las bases de la oferta y la demanda de los mercados y las políticas de comercio exterior de las naciones. Esta actividad, como fue mencionando anteriormente, es el medio de transporte más utilizado, ya que permite la mayor cantidad de carga, ofrece continuidad en sus operaciones, es flexible al manejar diferentes tipos de cargas y es ambientalmente el medio de transporte más limpio (Doerr & Sánchez, 2006).

Para determinar la ubicación de un puerto es preciso llevar a cabo una investigación previa, especialmente para considerar y determinar las características principales que el puerto a construir debe poseer. Se debe conocer las flotas navieras que operan en la región y las características de los buques con los que disponen. También será importante analizar estadísticas operativas, como la cantidad de contenedores que se manejan en un periodo determinado de tiempo y la demanda de carga que requiere dicho puerto.

Es importante conocer también la competitividad del puerto, su sistema tarifario, las condiciones climáticas de la región, costos de los combustibles, así como las condiciones competitivas de los puertos vecinos, como los calados de cada uno de estos. Así como también, se deberá considerar cuáles son los equipos necesarios para el correcto manejo del puerto y para la eficiencia del mismo.

### **2.1.2. Puertos a nivel regional**

Con el propósito de obtener una visión general sobre el manejo y funcionamiento de los puertos más importantes a nivel regional, a continuación se procederá a realizar una breve explicación de cada uno de estos.

#### **Puerto San Lorenzo, Honduras**

Ubicado en el Golfo de Fonseca, es el puerto más importante de éste país. Este puerto posee las dimensiones de aguas profundas y a su vez su infraestructura en cuanto a las instalaciones se basa en estándares modernos de diseño y construcción. Posee una profundidad de 10 metros (Comisión Centroamericana de Transporte Marítimo, 2010).

### **Puerto Corinto, Nicaragua**

Principal puerto nicaragüense, ubicado en la desembocadura del Estero El Realejo. Posee dos canales, teniendo su canal exterior 14,6 metros y el interior 13,35 metros de profundidad (Comisión Centroamericana de Transporte Marítimo, 2010).

### **Puerto Caldera, Costa Rica**

Es el principal punto costarricense de exportación e importación, poseyendo una profundidad mínima de 13 metros (Comisión Centroamericana de Transporte Marítimo, 2010).

### **Puerto de Balboa, Panamá**

Localizado junto al Canal de Panamá, es el puerto líder a nivel latinoamericano. Atiende el tránsito por el Canal de Panamá. Posee una profundidad de 14 metros en dos de sus muelles y una de 15 metros en su muelle tres (Comisión Centroamericana de Transporte Marítimo, 2010).

### **Puerto de Buenaventura, Colombia**

Este puerto se encuentra cercano al canal de Panamá, ubicado cerca de las rutas marítimas principales. Sus buenas condiciones permiten que sea un puerto concentrador y de transbordo. Posee una profundidad de 10 metros con marea baja y 14 metros cuando la marea se encuentra alta. Necesita mantenimiento para aumentar su calado. Este puerto recibe mantenimiento constante para evitar trabajos de dragado sucesivos (Universidad Politécnica de Valencia, 2010).

### **Puerto de Callao, Perú**

En este puerto no se ha detectado problemas de calado y presenta condiciones de mar tranquilo. Posee un calado máximo de 11 metros. Es considerado la puerta a Lima y también el futuro HUB<sup>1</sup> del Pacífico. Uno de sus mayores problemas es la congestión (Universidad Politécnica de Valencia, 2010).

---

<sup>1</sup> HUB: Centro de operaciones, centro de conexión o centro de distribución.

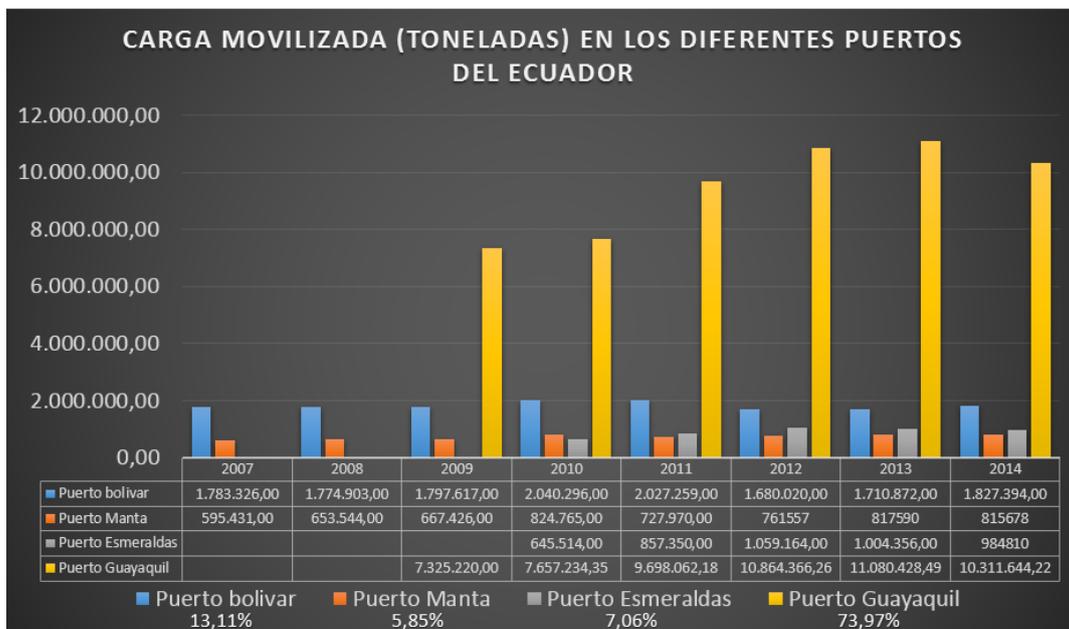
## Puerto de Valparaíso, Chile

Este puerto tiene diez lugares para atracar y cuenta con 12 metros de profundidad, óptimos para un calado de 11,5 metros. Debido a sus características, tiene la capacidad de recibir buques full container, refrigeradas, multipropósito y cruceros en sus dos terminales de transferencia (Universidad Politécnica de Valencia, 2010).

### 2.1.3. Puertos nacionales

Según el Plan Estratégico de Movilidad y Transporte, realizado por INECO<sup>2</sup> para el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, la capacidad portuaria del país es insuficiente y debe encontrarse alguna solución para poder atender a la demanda futura, ya que según estimaciones de INECO, para el año 2036 el tráfico de las mercancías se multiplicará por 3,5 (2013). Este Plan propone modificaciones para ciertos puertos ecuatorianos como el Puerto de Esmeraldas, de Manta, de Guayaquil, entre otros.

**Gráfico 1 Carga movilizada en toneladas en los diferentes puertos del Ecuador**



<sup>2</sup> Ingeniería y Consultoría Global referente en Transporte.

## **Puerto Marítimo de Guayaquil**

El Puerto Marítimo de Guayaquil está ubicado en la costa oeste de América Latina, específicamente en el Estero Salado, un brazo de mar. Está localizado en el Golfo de Guayaquil, el punto geográfico de la costa occidental más importante (Autoridad Portuaria de Guayaquil). Este puerto, según el Plan Estratégico de Movilidad y Transporte, entraría en un proceso de especialización para transportar frutas.

El Puerto de Guayaquil al momento tiene dos necesidades consideradas urgentes: dragar el canal y construir un puerto con mayor calado. Con el calado actual, los buques no ingresan con su carga máxima, lo cual incrementa los costos para el movimiento de mercadería (Cámara Marítima del Ecuador, 2010).

Actualmente posee un calado de 9,75 metros, y la sedimentación y falta de dragado es especialmente grave en este puerto ya que alrededor de una cuarta parte del canal de acceso posee una profundidad inadecuada. Esto hace necesario esperar que la marea suba, o que los barcos ingresen con menos carga de la factible, o en última instancia, cambiar de puerto.

En base al informe presentado por el Ministerio de Obras Públicas (2011), a continuación se presentan las estadísticas registradas en el manejo de cargas en todos los puertos en Guayaquil en los últimos años:

**Tabla 10 Carga de importación y exportación período 2000 - 2010**

<b>A Ñ O</b>	<b>CARGA</b>		<b>TOTAL</b>	<b>% CRECIMIENTO</b>
	<b>Importación</b>	<b>Exportación</b>		
<b>2000</b>	1.453.345	3.177.761	4.631.106	
<b>2001</b>	2.012.606	3.060.279	5.072.885	10%
<b>2002</b>	2.335.346	2.981.135	5.316.481	5%
<b>2003</b>	2.482.926	3.102.583	5.585.509	5%
<b>2004</b>	3.015.130	3.534.007	6.549.137	17%
<b>2005</b>	3.023.379	3.410.916	6.434.295	-2%
<b>2006</b>	3.272.889	3.268.469	6.541.357	2%
<b>2007</b>	3.727.200	3.418.078	7.145.278	9%
<b>2008</b>	3.762.421	3.501.152	7.263.573	2%
<b>2009</b>	3.596.171	3.729.047	7.325.218	1%
<b>2010</b>	4.110.829	3.546.406	7.657.235	10%

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas , 2011)

**Tabla 11 Carga de importación y exportación período 2011**

<i>Tipo de Carga</i>	<i>Importación</i>	<i>Exportación</i>	<i>Total</i>
1 CARGA GENERAL	839,726.92	736,598.92	1,576,325.84
2 CARGA GRANELES SOLIDOS	1,308,441.86	50,772.30	1,359,214.16
3 CARGA GRANELES LIQUIDOS	33,911.28	0.00	33,911.28
4 CARGA CONTENERIZADA	2,783,388.28	3,875,222.62	6,658,610.90
<b>TOTAL</b>	<b>4,965,468.34</b>	<b>4,662,593.84</b>	<b>9,628,062.18</b>

Fuente: (Autoridad Portuaria de Guayaquil, 2011)

**Tabla 12 Carga de importación y exportación período 2012**

<i>Tipo de Carga</i>	<i>Importación</i>	<i>Exportación</i>	<i>Total</i>
1 CARGA GENERAL	669,806.95	612,019.94	1,281,826.89
2 CARGA GRANELES SOLIDOS	1,483,848.51	50.82	1,483,899.33
3 CARGA GRANELES LIQUIDOS	18,957.21	793.46	19,750.67
4 CARGA CONTENERIZADA	3,731,353.90	4,347,535.47	8,078,889.37
<b>TOTAL</b>	<b>5,903,966.57</b>	<b>4,960,399.69</b>	<b>10,864,366.26</b>

Fuente: (Autoridad Portuaria de Guayaquil, 2011)

**Tabla 13 Carga de importación y exportación período 2013**

<i>Tipo de Carga</i>	<i>Importación</i>	<i>Exportación</i>	<i>Total</i>
1 CARGA GENERAL	822,056.24	637,445.84	1,459,502.08
2 CARGA GRANELES SOLIDOS	1,560,065.71	0.00	1,560,065.71
3 CARGA GRANELES LIQUIDOS	21,500.00	12,556.31	34,056.31
4 CARGA CONTENERIZADA	3,346,427.16	4,680,377.23	8,026,804.39
<b>TOTAL</b>	<b>5,750,049.11</b>	<b>5,330,379.38</b>	<b>11,080,428.49</b>

Fuente: (Autoridad Portuaria de Guayaquil, 2011)

**Tabla 14 Carga de importación y exportación período 2014**

<i>Tipo de Carga</i>	<i>Importación</i>	<i>Exportación</i>	<i>Total</i>
1 CARGA GENERAL	729,365.37	504,799.06	1,234,164.43
2 CARGA GRANELES SOLIDOS	1,131,652.62	0.00	1,131,652.62
3 CARGA GRANELES LIQUIDOS	19,447.00	4,000.00	23,447.00
4 CARGA CONTENERIZADA	3,342,426.39	4,579,953.78	7,922,380.17
<b>TOTAL</b>	<b>5,222,891.38</b>	<b>5,088,752.84</b>	<b>10,311,644.22</b>

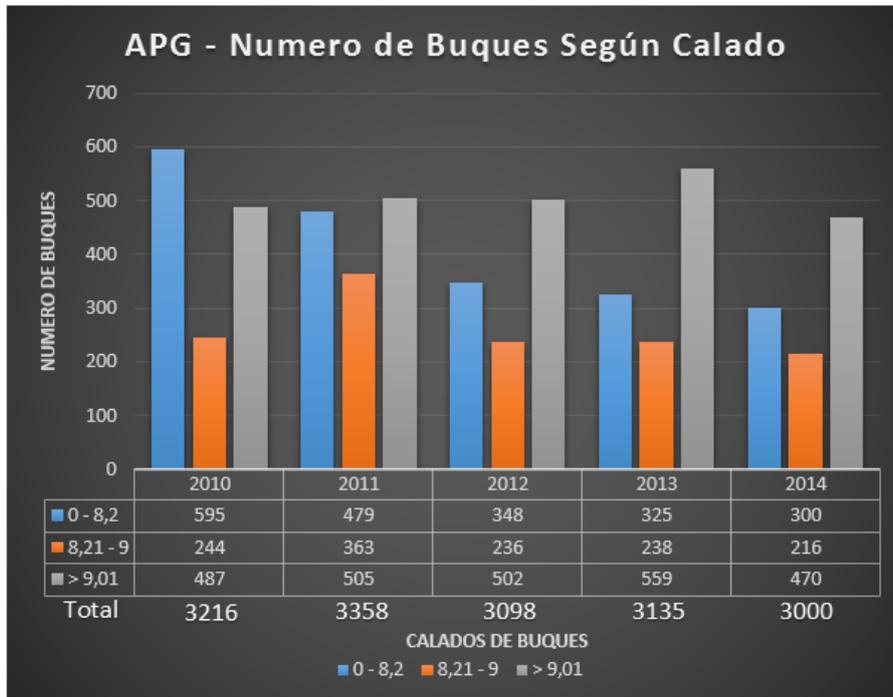
Fuente: (Autoridad Portuaria de Guayaquil, 2011)

**Tabla 15 Histórico de TEUs movilizados**

AUTORIDAD PORTUARIA	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Guayaquil	516,557	567,608	603,693	597,622	566,195	609,527	693,489
% CRECIMIENTO		10%	6%	-1%	-5%	8%	14%

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas , 2011)

**Tabla 8. Número de Buques Según Calado**



Fuente: Autoridad Portuaria de Guayaquil, 2014

**Tabla 9 Naves de tráfico internacional arribadas según calado, eslora y TRB (Todos los puertos en Guayaquil)**

	Total de Naves Arribadas					Participación Porcentual								
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>CALADO (Metros)</b>														
Menor a 8,2 M	762	831	663	644	593	621	511	48%	52%	47%	48%	46%	48%	43%
Entre 8,21 y 9 M	312	274	285	280	271	255	198	20%	17%	20%	21%	21%	20%	17%
Entre 9,01 y 9,76 M	513	486	475	424	412	419	473	32%	31%	33%	31%	32%	32%	40%
Mayor a 9,77 M	2	0	0	0	1	1	3	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>TOTAL</b>	<b>1.589</b>	<b>1.591</b>	<b>1.423</b>	<b>1.348</b>	<b>1.277</b>	<b>1.296</b>	<b>1.185</b>	<b>100%</b>						
<b>ESLORA (Metros)</b>														
Menor a 100 M LOA	21	27	24	32	35	28	36	1%	2%	2%	2%	3%	2%	3%
Entre 100,01 y 150 M LOA	525	514	372	400	422	368	280	33%	32%	26%	30%	33%	28%	24%
Entre 100,01 y 180 M LOA	609	579	562	501	453	445	433	38%	36%	39%	37%	35%	34%	37%
Mayor a 180,01 M LOA	434	471	465	415	367	455	436	27%	30%	33%	31%	29%	35%	37%
<b>TOTAL</b>	<b>1.589</b>	<b>1.591</b>	<b>1.423</b>	<b>1.348</b>	<b>1.277</b>	<b>1.296</b>	<b>1.185</b>	<b>100%</b>						
<b>TRB (Toneladas)</b>														
Menor a 6,000	128	113	135	105	107	96	87	8%	7%	9%	8%	8%	7%	7%
Entre 6,001 y 12,000	594	608	428	496	520	455	307	37%	38%	30%	37%	41%	35%	26%
Mayor a 12,001	867	870	860	747	650	745	791	55%	55%	60%	55%	51%	57%	67%
<b>TOTAL</b>	<b>1.589</b>	<b>1.591</b>	<b>1.423</b>	<b>1.348</b>	<b>1.277</b>	<b>1.296</b>	<b>1.185</b>	<b>100%</b>						

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas , 2011)

### **Puerto de Manta**

Por otra parte, el Puerto de Manta es considerado un puerto de aguas profundas ya que permite la carga y descarga de buques de mayor calado, al poseer profundidades naturales de 12 metros. Pero a pesar de esto, muchas líneas navieras siguen prefiriendo recalar en Guayaquil por la mayor frecuencia en movilizaciones de carga y descarga, siendo Guayaquil la ciudad con mayor porcentaje de manejo de carga, ya que en esta ciudad se origina alrededor del 60% de las actividades económicas del país (Cantos, Semiglia, & Vera, 2009).

En este caso, tomando como referencia la información publicada por la Cámara Marítima del Ecuador (2010), El Puerto de Manta cuenta con la ventaja de permitir el ingreso directo a las naves y la propuesta de profundización es de 12 a 15 metros.

### **Puerto Bolívar**

En otro apartado, en la Provincia de El Oro se encuentra Puerto Bolívar, el mismo que posee cinco líneas de atraque que han sido ubicadas en un muelle de espigón con una extensión que abarca los 130mts de largo y 30 mts de ancho, además de un muelle marginal de 360 mts de largo por 25 mts de ancho, lo que facilita un atraque paralelo de hasta 4 embarcaciones. Calado de 12.5 metros (Puerto Bolivar, 2015).

### **Puerto Esmeraldas**

El Puerto de Esmeraldas también ampliaría su calado para especializarse en el transporte de petróleo, sus derivados y transportación de vehículos. Este puerto posee una ubicación geográfica estratégica en relación a los mercados asiáticos. Este puerto posee un calado de 11,5 metros (Cámara Marítima del Ecuador, 2010).

#### **2.1.4. Posorja**

Posorja también posee las características de un puerto de aguas profundas, donde podrían recibirse buques de mayor calado a su máxima capacidad. Esta área posee una profundidad de más de 15 metros, donde podrían ingresar buques de la categoría Post-Panamax y cuenta también con condiciones

climáticas estables (Cantos, Semiglia, & Vera, 2009). El Canal de Panamá próximamente ampliará su capacidad, volviendo factible recibir los buques conocidos como Post Panamax, que poseen un calado de 13 metros, por ende Guayaquil necesita urgentemente un puerto de aguas profundas (Cámara Marítima del Ecuador, 2010).

La construcción de un puerto de aguas profundas es necesaria para la Autoridad Portuaria de Guayaquil para poder así seguir siendo competitivos y mantener su capacidad operacional. Posorja forma parte de la jurisdicción de la Autoridad Portuaria, así como también posee características que favorecen la construcción del puerto: cuenta con buenas condiciones oceanográficas, no existe sedimentación, tiene suelos consistentes, no necesita dragado ni mantenimiento aparente, posee una profundidad garantizada para buques Panamax Plus (+), entre otras (Fun-Sang, 2010) y se encuentra cerca de ciertas industrias dedicadas a la exportación.

Las mayores actividades comerciales del Ecuador se centran en la ciudad de Guayaquil, cuyo puerto tiene un acceso a través de un canal de 91 kilómetros, y una profundidad limitada, haciéndolo dependiente de las mareas. Estas restricciones incrementan el tiempo de tránsito, haciendo más costoso el traslado de mercaderías. Por su ubicación geográfica, Ecuador es un puerto natural de llegada (Alinport S.A, 2008).

De acuerdo con Alinport (2008), Posorja se ubica cerca de las principales rutas comerciales marítimas y, a su vez, cerca de los mercados ecuatorianos. Por otra parte, provee también un sitio óptimo para ubicar un puerto de aguas profundas, donde buques del tamaño Panamax y mayores puedan atracar. Según Alinport, empresa que obtuvo la concesión de este puerto, Posorja tiene el potencial de actuar como un HUB regional y ayudará a acelerar el uso de contenedores para la exportación de frutas en el país. Por otra parte, las navieras podrían llegar a obtener economías de escala, beneficiando así tanto a exportadores como importadores.

Posorja debe trabajarse en un estimado de dos fases, donde se estima una inversión necesaria de alrededor de \$400 millones para movimiento de tierras, para dragado, construcción de muelles protectores, contingencias, entre otros.

Del total de la longitud del canal, que consta de 40 kilómetros, únicamente 12 kilómetros tienen el calado suficiente, por ende son importantes las obras de dragado a realizarse para que puedan transitar por este canal buques de diseño (Lizarzaburo, 2015).

**Tabla 10. Comparativo de puertos en Ecuador**

Comparativo de puertos locales en Ecuador			
	Carga manejada	Ventaja	Desventaja
Esmeraldas	Carga general	Proximidad de plantaciones de aceite de palma	Localización física/Estuario
	Contenedores	Proximidad al mercado de Quito	
	Graneles		
	Fluidos		
Manta	Carga general	Acceso directo a mar abierto	Baja actividad de carga existente
	Contenedores		Instalaciones actuales limitadas
	Graneles		Deficiencia portuaria (Mayor tiempo en puerto)
	Fluidos		
Guayaquil	Carga general	Posición dominante del mercado	Restricciones de viento y marea
	Contenedores	Base local de clientes grandes	Espacio limitado de crecimiento
	Graneles		
	Fluidos		
Puerto Bolívar	Carga general	Fuerte presencia de mercado general de carga	Localización física/Estuario
	Contenedores		
	Graneles		
	Fluidos		

Fuente: Autor, 2015

**Tabla 11. Evaluación del Diseño de Puerto Nacionales**

Parametros a Evaluar en el Diseño de un Puerto							
Variables							Calificación total
Puertos	Vientos	Oleaje	Mareas	Batimetría	Desarrollo industrial y comercial	Logística y carreteras	
Esmeraldas	2	3	3	3	2	1	14
Manta	2	2	3	3	2	3	15
Guayaquil	4	4	3	1	4	3	19
Puerto Bolívar	4	4	3	3	2	2	18
Posorja	4	4	3	4	4	3	22

Parametros de calificación:	
1 Regular	3 Muy bueno
2 Bueno	4 Excelente

Fuente: Autor, 2015

### **2.1.5. Factores que afectan a puertos**

#### **Mareas y corrientes marinas**

Según lo menciona Sánchez (2010, pág. 47):

Las mareas son el efecto perceptible cuando se pretende fijar un nivel medio del mar. Éstas provocan variaciones del nivel del mar. Esta es otra rama de la geodesia, y consiste en la modelización de las variaciones temporales del nivel de mar a causa de las mareas. Estas variaciones se dan a diario y se repiten periódicamente a lo largo de los años, hasta un período de 18.6 años (período de revolución de la línea de los nodos de la órbita de la luna).

La atracción gravitacional existente entre el sol y la luna en relación a la fuerza centrífuga de la rotación del planeta tierra producen variaciones en relación al nivel del mar, lo cual a su vez origina la marea. Este constituye uno de los factores de mayor importancia para los navegantes, considerando que de ello dependería la profundidad del mar, y consecuentemente determinaría los lugares en los cuales resultaría más complicado navegar.

Básicamente, el efecto gravitacional que se genera a partir de las interacciones de la luna y el sol; y de manera en particular el efecto gravitacional de la luna, resulta más fuerte debido a la cercanía de esta con la tierra, en comparación a la distancia existente de la tierra y el sol. Dicha atracción, genera que el agua de los mares se acumule en representación de las mareas altas en la dirección de la tierra hacia la luna, así como también en sentido opuesto.

Partiendo de este hecho, es preciso considerar que la duración de las mareas se determina en relación a la rotación de la tierra con relación a la luna, la misma que posee la misma dirección de movimiento, en este contexto, es necesario de un período de 24 horas y 50 minutos para lograr que la tierra cumpla una rotación total en relación a la luna. Esto conlleva a que se observen dos pleamares y 2 bajamares durante cada 24 horas y 50 minutos.

Por lo general, las mareas que se producen en la actualidad, pueden observarse distorsionadas debido a las denominadas hoyas oceánicas; además, en las fases de luna nueva y luna llena, las mareas se generan de forma irregularmente altas e inusualmente bajas, a lo que se conoce como mareas de sicigias. Por otra parte, en las fases de cuarto creciente y cuarto menguante, ocurre que las pleamares son más bajas y las bajamares más altas que lo habitual.

En lo que respecta a las corrientes oceánicas, suelen ser estimadas por el navegante de superficie mientras éste se encuentra en el mar, no obstante, existen también las corrientes de marea que son provocadas por la subida y bajada de las mareas, donde por lo general las zonas costeras son las más afectadas. Cabe destacar que cada ciclo de marea posee un instante en el que no se genera movimiento horizontales del agua según esta cambia de trayectoria, lo cual se conoce como *estoa* (Hobbs, 1974).

Contrario a lo que se suele pensar, la velocidad mínima de la corriente no se genera de manera coordinada con las horas de *estoa*. En este contexto, en la mayor parte de las aguas interiores, el trayecto del flujo de la corriente creciente no puede ser contrario a la orientación de la corriente de refluo vaciante, a causa de las asimetrías de la forma de la costa. A esta contraposición de corrientes se denomina “corrientes reversas”.

En relación a lo anteriormente expuesto, es preciso mencionar que resulta imperativo para el navegante desarrollar una predicción de marea, durante el pilotaje de práctica que lleva a cabo antes de zarpar. En cuyo caso, deberá considerar factores relacionados a las aproximaciones a los puertos y puntos de giro, además del tipo de corriente que pudiera presentarse, puesto que de ello dependería su capacidad para maniobrar la embarcación en caso de que se presenten corrientes de grandes velocidades..

Habitualmente, la información sobre mareas se muestra a través de tablas, con información del nivel desde el cual se miden las alturas y profundidades. La información de sonares muestra las profundidades mientras que las

predicciones de mareas muestran las alturas. Estos dos tipos de información se toman en referencia a un nivel medio del mar.

Es necesario destacar que la importancia de las mareas no sólo radica en los niveles que éstas alcanzan, sino que también por las corrientes que generan. En lo referente a obras marítimas, se suele referir las elevaciones a la medida de marea baja en sicigías, siendo fundamental tener conocimiento previo respecto a la pleamar y bajamar máximas registradas y el nivel del medio del mar (Ormaza, 2003).

## **Olas**

Según lo menciona Carreto, et al. (2010, pág. 110):

Las olas son movimientos en forma de ondulaciones de la superficie del mar producidas por la acción del viento y por las variaciones de la presión atmosférica. Cuando soplan vientos huracanados las olas se elevan hasta 10 metros, cuando se producen movimientos sísmicos o erupciones volcánicas en el fondo del mar, las olas alcanzan alturas mayores y cuando se efectúan en las costas causan grandes desastres.

En este caso, las ondulaciones que se generan en la superficie del agua adquieren la denominación de olas. Partiendo de este hecho, se puede decir que las olas son perturbaciones que transmiten energía a la superficie oceánica. Este fenómeno es el resultado del movimiento orbital de la onda que se produce en el fondo del mar. Como la onda pasa a través del agua, no sólo el agua de la superficie seguirá un movimiento orbital, puesto que una columna de agua por debajo de ella completará el mismo movimiento. El enfoque de la parte inferior en las zonas poco profundas hace que la parte inferior de la onda pueda reducir la velocidad y comprimirse.

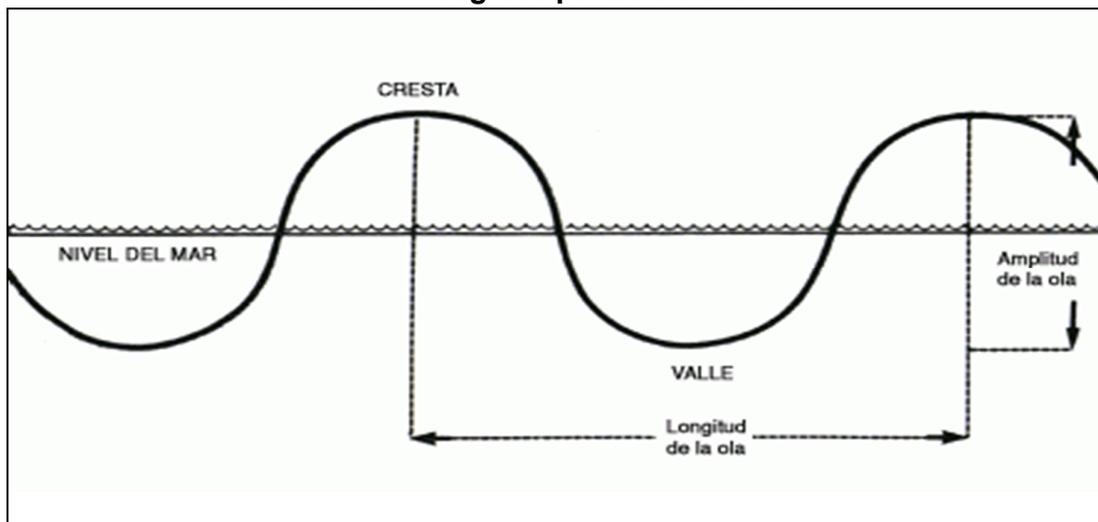
Existen algunos tipos de las olas del mar y se clasifican generalmente por la fuente de energía que los crea. Las más comunes son las ondas de superficie, causadas por el viento que sopla a lo largo de la interface aire-agua, creando una perturbación que se construye constantemente a medida que el viento sigue soplando y la cresta de la ola se levanta. Las ondas superficiales se

producen constantemente en todo el mundo, y son las ondas que se ven en la playa en condiciones normales.

Así mismo, se debe mencionar que el mal tiempo o eventos naturales a menudo producen olas más grandes y potencialmente peligrosas. Las fuertes tormentas que se mueven hacia el interior a menudo crean una marea alta, un largo de onda causada por los fuertes vientos y un área de baja presión continua. En este caso, las oleadas de tormenta son una perturbación menor en aguas profundas, por lo general a menos de un metro de altura, pero se intensifican a medida que avanzan en aguas menos profundas.

Tomando como referencia la información presentada por la Oficina Hidrográfico de la Marina (2010), la altura o amplitud de la ola denotada por  $H$ , se mide desde la cresta hasta el seno. La distancia horizontal entre las sucesivas crestas se llama longitud, denotada por  $L$ . Y el tiempo de intervalo entre crestas que pasan por un punto estacionario sucesivamente, es decir, el período, se denota por la  $T$ . La altura, longitud y período dependen de varios factores, como la velocidad del viento, el tiempo que ha soplado y su *fetch*, es decir, la distancia recta que ha viajado a través de la superficie.

**Gráfico 2 Desglose partes de una ola**



**Fuente:** (U.S Navy Hydrographic Office, 2010)

Si el agua es más profunda que la mitad de la longitud de la ola, su longitud en pies está, teóricamente, relacionada a su período en segundos; mientras que la

velocidad,  $V$ , de una ola libre en aguas profundas es casi independiente de su altura. Para el oleaje, la relación en nudos a su período, dado en segundos, de la siguiente manera:

**Tabla 12 Longitud y velocidad de la ola**

Medición	Características
<b><math>L - 5.12T^2</math></b>	L se refiere a la longitud de la ola
	T se refiere al período acontecido entre crestas
Para el oleaje, el valor es un poco menor y alrededor de dos tercios de la longitud determinada por la fórmula para mares. Cuando las olas se alejan del área que las generó y continúan como olas libres, tanto su longitud como período incrementan, mientras que su altura decrece.	
<b><math>V - 3.03T</math></b>	V se refiere a la velocidad
	T se refiere al tiempo entre sucesivas crestas
Cuando las olas se encuentran con aguas menos profundas, el movimiento individual de cada partícula de agua se ve restringido por el fondo, lo cual reduce la velocidad de la ola.	

**Fuente:** (U.S Navy Hydrographic Office, 2010)

En base a lo anteriormente mencionado, si la ola se acerca a la orilla en ángulo, ésta se reducirá sucesivamente conforme la profundidad vaya decreciendo. Esto causa una refracción, es decir, un cambio en la dirección del movimiento, ya que la ola tiende a volverse paralela a las curvas de profundidad.

Como cada ola va deteniendo su velocidad, la ola sucesiva, en aguas más profundas, tiende a alcanzarla. Al reducirse la longitud de la ola, su altura se vuelve mayor. A la vez, la parte baja de la ola, más cercana al fondo, se detiene más que su parte alta, lo cual convierte a esta última más inestable y rápida, recibiendo el nombre de rompiente, y la serie de las mismas, oleada (U.S Navy Hydrographic Office, 2010).

### **Batimetría**

De acuerdo a Iztueta (2011, pág. 76), “El caso contrario a la altimetría es la batimetría, es decir las profundidades en mares, lagos y ríos. En este caso no se respetan equidistancias (excepto en escalas muy pequeñas) y se representan siempre con líneas finas color azul”.

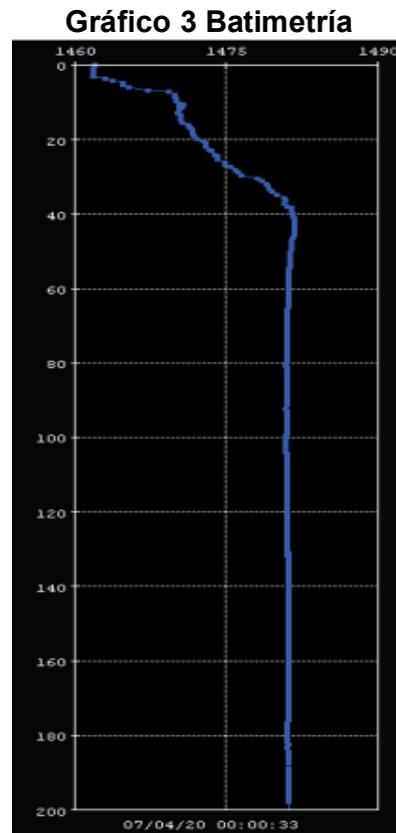
Básicamente, el termino batimetría posee un origen griego y se define como el arte de medir las profundidades, la batimetría es sólo el término de un oceanógrafo de la topografía submarina. Ésta ciencia permite medir la profundidad del agua, desde la superficie del océano. Facilitando a los oceanógrafos desarrollar mapas de mediciones batimétricas, que muestran las ondulaciones en el fondo del océano.

La batimetría es la base de la ciencia de la hidrografía, el cual mide las características físicas de una masa de agua. En este caso, la hidrografía incluye no sólo la batimetría, sino también la forma y características de la costa; las características de las mareas, las corrientes y las olas; así como también y las características físicas y químicas del agua.

Anteriormente, la batimetría se medía mediante la reducción de un peso en un cable hasta el fondo del océano. Cuando el peso tocaba fondo, se medía la longitud de la línea. Este simple método presentaba varios inconvenientes. En primer lugar, se debía detener el barco y en aguas profundas, se tardaba muchas horas para que el peso para llegar al fondo del océano y volverá a subir. En segundo lugar, las corrientes podían empujar el peso y torcer la línea de despegue vertical, de modo que la profundidad medida no resultaba ser exacta. En tercer lugar, si el agua era profunda, el gran peso de la línea dificultaba establecer cuándo el peso había tocado fondo.

Posteriormente, desde el siglo 20, los estudios de batimetría se han medido mediante ondas de sonido. El sonido viaja fácilmente a través del agua, por lo que una onda de sonido enviada a través del agua rebota en el fondo del océano y se obtiene el retorno. Si la profundidad del agua es  $D$ , la cantidad de tiempo que tarda la onda de sonido para volver es  $T = 2D / V$ , donde  $T$  es el tiempo y  $V$  es la velocidad del sonido en el agua. En medio del agua salina de

los océanos,  $V = 1.500$  metros por segundo. Así que si la profundidad del agua es, por ejemplo, de 750 metros, el tiempo,  $T$ , es un segundo (Iztueta, 2011).



La escala de la izquierda se agranda y se muestra el tiempo que las ondas sonoras se tardan en regresar, a esto se lo conoce como el tiempo de recorrido de dos vías. El nivel de sonido devuelto para cada sonido se representa de forma secuencial como una raya vertical y en conjunto estas rayas se mezclan para hacer una foto. Por lo tanto, el eje horizontal es el tiempo.

En esta trama, el fondo del océano posee la más alta reflexión fuerte que golpea el borde derecho en alrededor de 1,79 segundos. Esta frecuencia de ecosonda penetra a través de los sedimentos blandos, por lo que otro reflector puede percibirse debajo del lecho marino. La brecha entre el fondo marino y el reflector puede representar un delgado manto de sedimentos blandos. En la parte izquierda de la imagen, el fondo del océano desciende de la plataforma cumbre a la plataforma submarina.

## **Vientos**

Según lo indica Martínez (2010, pág. 53):

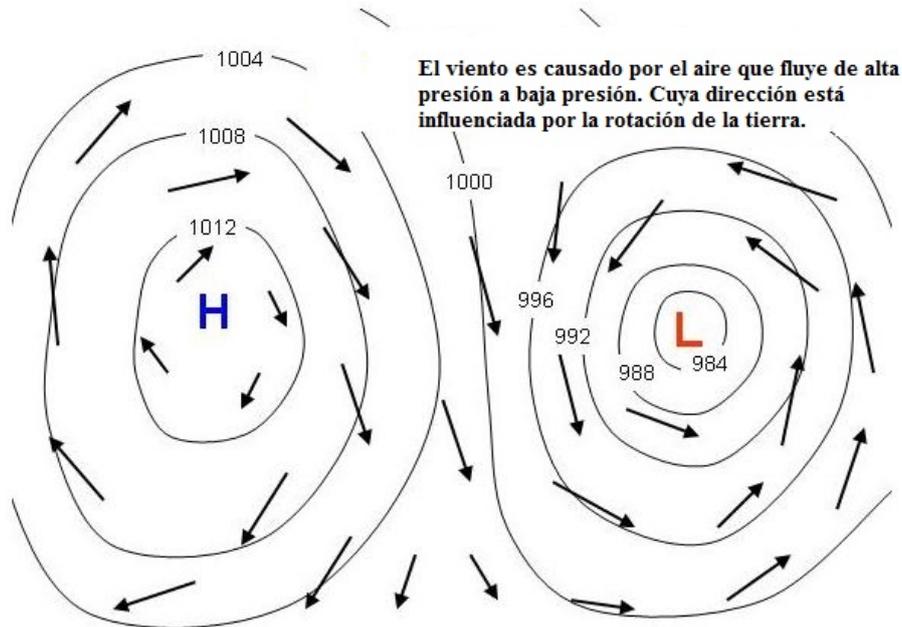
El viento es la variable de estado, que define el movimiento del aire y la de mayor trascendencia para la navegación. En meteorología se estudia el viento como el aire en movimiento tanto horizontal como verticalmente. Los movimientos verticales del aire caracterizan los fenómenos atmosféricos locales, como la formación de nubes y posteriores tormentas. No obstante los movimientos horizontales son los que más importancia meteorológica y trascendencia práctica tienen para la navegación.

El viento es considerado como el aire en movimiento, este se produce por el calentamiento desigual de la superficie de la Tierra por la energía del sol. Dado que la superficie de la Tierra está compuesta por diferentes tipos de tierra y agua, éstas absorben la energía radiante del sol a un ritmo diferente. En este caso, gran parte de esta energía se convierte en calor, puesto que es absorbida por las zonas terrestres, masas de agua, y el aire sobre estas formaciones.

Partiendo de este hecho, se puede decir que la energía que existe en el viento proviene del sol. Cuando la energía radiante alcanza la superficie de la Tierra, las zonas que se encuentran cerca del Ecuador reciben más energía del sol que en el Norte y el polo sur. Así mismo, se puede decir que algunas partes de la Tierra absorben más energía radiante que otras. Algunas partes reflejan más los rayos del sol generando diferentes corrientes de viento. La fracción de luz que incide sobre una superficie que es reflejada se llama albedo.

Básicamente, el viento es causado por el aire que fluye de alta presión a baja presión. Dado que la Tierra está girando, sin embargo, el aire no fluye directamente de mayor a menor presión, puesto que se desvía a la derecha (en el hemisferio norte; a la izquierda en el hemisferio sur), consecuentemente, se puede decir que el viento fluye principalmente en torno a las áreas de alta y baja presión.

#### Gráfico 4 Corriente de los vientos



**Fuente:** (Martínez F. , 2010)

Este efecto del viento incide principalmente en los sistemas de alta presión y de larga duración. Para sistemas pequeños, de corta vida (como en la salida de frío de una tormenta eléctrica) el viento fluirá directamente de alta presión a baja presión. En este contexto, cuanto más cerca de las zonas de alta y baja presión se encuentren, más fuerte será la presión, lo que consecuentemente generará vientos más fuertes. En los mapas del tiempo, las líneas de presión constante que se dibujan se conocen como “isobaras”. Estas isobaras suelen ser etiquetados con su valor de la presión en milibares (mb). Por lo tanto, cuanto más cerca de estas líneas están juntos, más fuerte es el viento.

Así mismo, la curvatura de las isobaras también incidirá para determinar la velocidad del viento. Considerando el mismo gradiente de presión (espaciado de isobaras), si las isobaras son curvas anticiclónicas el viento será fuerte (alrededor de una alta presión). Si las isobaras se curvan de forma ciclónica (alrededor de la baja presión) el viento será más débil (Martínez F. , 2010).

Cerca de la superficie de la Tierra, la fricción del suelo disminuye la del viento. Durante el día, cuando la mezcla convectiva provoca la baja atmósfera,

este efecto se minimiza; mientras que por la noche, cuando la mezcla convectiva se ha detenido, el viento en la superficie puede disminuir su velocidad considerablemente, o incluso detenerse por completo.

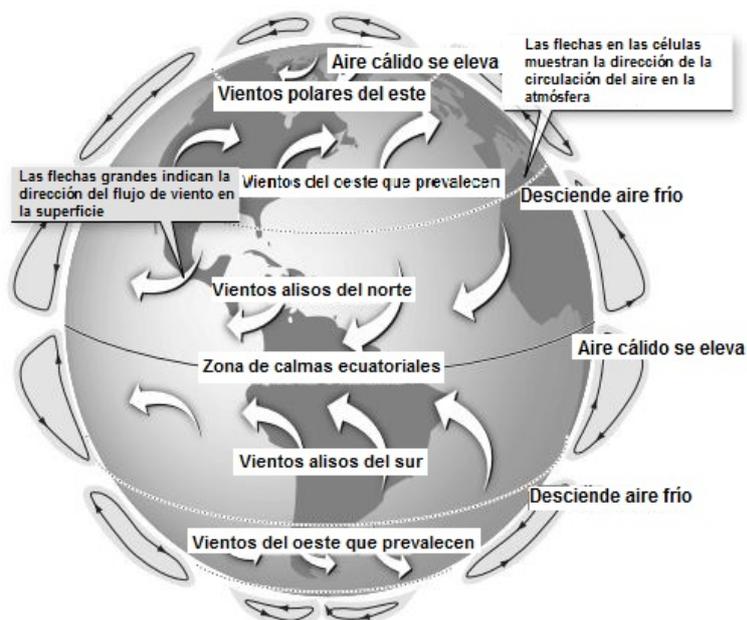
En base a lo mencionado anteriormente, el viento puede ser relacionado a la manera en que la atmósfera mueve el exceso de calor alrededor. Directa o indirectamente, las formas de viento cumplen el propósito de ayudar a transportar el exceso de calor y alejarlo de la superficie de la Tierra, donde la luz solar provoca un exceso de acumulación de energía, o de regiones hacia las regiones más frías.

Los ciclones extratropicales contribuyen en gran medida con el transporte de calor fuera de los trópicos, mientras que en los trópicos los vientos alisios, monzones y huracanes transportan gran parte del calor. Además de este efecto, los vientos también inciden sobre la formación de corrientes marinas.

Las principales corrientes pueden verse a través de rápidos movimientos de agua tibia o agua fría que fluye a través de la superficie del océano. Estas y otras corrientes son porciones de gran circulación, o giros, de agua, que son dirigidos principalmente por cinturones de viento que se generan en la Tierra y son modificados por el efecto Coriolis y la presencia de grandes masas de tierra.

El origen de los vientos en la zona comprendida entre el ecuador y 30° latitud norte y sur, se convierten en los vientos que soplan del este a las zonas paralelas al ecuador. Este viento puede mover lentamente el agua en la misma dirección que está soplando, lo cual a su vez crea corrientes que por lo general posee menos de un kilómetro de profundidad, y varios cientos kilómetros de ancho. Se mueven mucho más lentamente que el viento que los ha creado, pero su velocidad puede progresar en varios kilómetros por hora.

## Gráfico 5 Dirección de los vientos



Fuente: (Martínez F. , 2010)

Desde los vientos de origen, los cinturones de aire se mueven generalmente en direcciones que van del este al oeste, por lo tanto, las corrientes superficiales que se producen en el océano sería cinturones de agua que se mueven en la misma dirección, si no fuera por la intervención de las masas de tierra (Martínez F. , 2010).

Las corrientes superficiales impulsadas por los vientos del Este en el ecuador, y los vientos del Oeste en latitudes más altas, finalmente encuentran masas de tierra y se desvían hacia el Norte o el Sur. La forma en que las corrientes se desvían depende del tamaño y la forma de las masas de tierra que se encuentran. Por ejemplo, en la zona ecuatorial las corrientes en movimiento que van hacia el Oeste, es decir, hacia las Américas, son desviadas fácilmente hacia el Norte cuando se encuentra con la costa Este de América del Sur.

### Embarcaciones

Según lo mencionan Higa y Monzón (2009, pág. 9):

Un barco o barca es cualquier construcción cóncava y fusiforme, de madera, metal u otro material, capaz de flotar en el agua y que se

utiliza como medio de transporte. Barco, por consiguiente, es un término genérico con el que se puede referir tanto a una ligera canoa como a un imponente portaaviones. No obstante, siendo estrictos con esta definición, una balsa formada con maderos o troncos unidos no se considera una embarcación (es una plataforma flotante). Aquellos barcos con una o varias cubiertas, cuyo tamaño, solidez o fuerza es adecuado para actividades marítimas importantes, reciben el nombre de buques.

Básicamente, una embarcación es un vehículo que puede flotar y moverse en el océano, determinados ríos, o algún otro lugar con agua, ya sea a través de su propio poder o el uso de energía de los elementos. La mayoría de los barcos se mueven en parte a través y por encima del agua, pero algunos (en particular, los aerodeslizadores e hidroplanos) levantan y se desplazan a velocidad sobre ella mientras que otros (los submarinos y sumergibles) van del todo debajo de ella.

Las embarcaciones mercantes podrían considerarse de fácil identificación, y entre ellas se incluyen: petroleros, gaseros, graneleros, de minerales, portacontenedores, ro-ro, frigoríficos, entre otras. Ciertas embarcaciones reciben su nombre en relación al tamaño que poseen y su capacidad. Por ejemplo, un buque Panamax es capaz de atravesar el canal de Panamá, mientras que un Suezmax, el canal de Suez, respectivamente (González, 2009).

### **Flotabilidad de las embarcaciones**

De acuerdo a Petterssen (2010, pág. 413), “Es la propiedad que tienen los objetos de flotar (no hundirse) en los distintos medios. Es la pérdida de peso aparente que todo cuerpo experimenta al ser sumergido en fluido”.

En este caso, se puede decir que la flotabilidad es más fácil de entender pensando en un submarino. Cuenta con tanques de lastre que se puede llenar con agua o aire cuyo volumen puede incrementar o disminuir, de acuerdo a sus requerimientos. Si sus tanques están completamente llenos de aire, se dice que es flotabilidad positiva pues: los tanques pesan menos de un volumen igual de agua y hacen que el flotador suba en la superficie.

Si los tanques están parcialmente llenos de aire, es posible hacer que el flotador submarino a cierta profundidad media del agua sin que ninguno se levante o se hunda. Eso se conoce como flotabilidad neutra. La otra opción es llenar los tanques con agua por completo. En ese caso, el submarino flotabilidad negativa, lo que significa que se hunde hasta el fondo marino.

En base a este contexto, la mayoría de los barcos no funcionan de la misma manera que los submarinos. Un barco en parte se hunde y flota de acuerdo con su propio peso y la cantidad de peso que lleva; cuanto mayor sea el total de estos dos pesos. Para los buques que navegan con seguridad, debe conocerse cuánto peso tiene la capacidad de cargar sin llegar a sobrepasar el límite que pudiera generar el riesgo de hundirse.

### 2.1.6. Tipos de buques

Debido a que a nivel portuario existen diferentes tipos de embarcaciones, se consideró necesario establecer un marco diferencial entre dos categorías de buques que son habitualmente utilizados para la transportación de carga y el intercambio comercial a través de los puertos. En este caso, se hace referencia a los buques Panamax y los Post-Panamax, cuyas características se describirán a continuación:

**Tabla 13. Clases de Buques y sus características**

RANGO	CLASES	CAPACIDAD CONTENEDOR DE 20 PIES (TEUS)	ESLORA (MTS)	CALADO (MTS)	VELOCIDAD (NUDOS)
1	FEEDER	322	106,40	6,24	14,00
2	FEEDMAX	735	135,45	8,29	16,50
3	HANDY	1405	178,44	9,5	18,60
4	SUB PANAMAX	2654	222,38	10,0	20,80
5	PANAMAX (1980)	3000 - 3400	250	12,5	22,70
6	PANAMAX MAX (1985)	3400 - 4500	290	12,50	
7	POST PANAMAX (1988)	4000 - 5000	290	13,0	24,50
8	POST PANAMAX PLUS (2000)	6000 - 8000	300	14,5	
9	NEW PANAMAX (2014)	12500	366	15,2	

### **2.1.6.1. Buques Panamax**

Para Freire y González (2010, pág. 85):

Los contenedores de la clase Panamax son aquellos diseñados para ajustarse a las dimensiones máximas permitidas para el tránsito por el Canal de Panamá. El tamaño máximo de los buques Panamax está determinado por el tamaño de las cámaras de las esclusas y su calado, esto es: 32,3 metros de manga por 250 metros de eslora. El calado de estos buques es de 12 m. La profundidad de las esclusas es de 25,9 metros. El tamaño máximo de utilización de estas esclusas es de 304,8 metros de longitud.

Estos buques son naves con dimensiones máximas globales establecidas, las cuales permiten el envío de mercancías a través del Canal de Panamá. El tamaño de las cerraduras de la nave se ven limitadas por el tamaño de agua que asciende a 305 m de longitud; 33,5 m de ancho y 26 m de profundidad. Un típico buque Panamax portador al granel o barco de contenedores posee las siguientes dimensiones máximas:

1. La longitud de los buques Panamax presenta aproximadamente un total de 950 pies, sin embargo, en algunos casos dicha longitud puede variar de acuerdo a las siguientes excepciones:
  - Barco de contenedores y pasajeros de la nave es de 965 pies.
  - Combinación barcaza Tug, conectada rígidamente: una longitud global de 900 pies.
  - Otra combinación de buques remolcadores no autopulsados: 850 pies generales.
2. La anchura de los buques se determina en relación a la extensión de la superficie externa de la chapa: 106 pies, considerando como excepción general: 107 pies, cuando el diseño es inferior a 37 m para su navegación en agua dulce.

### **Dimensiones**

El nombre y la definición de Tropical Fresh Water (TFW) fue creado por la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), tomando como referencia el agua dulce del lago Gatún, ya que esta es la determinación de calado máximo, en cuyo caso se considera 39.5 pies en agua dulce tropical (Autoridad del Canal de

Panamá, 2006). En este contexto, de acuerdo a lo establecido por la Autoridad del Canal de Panamá, se debe mencionar que factores como la salinidad y la temperatura del agua tienen efecto en relación a la densidad, y consecuentemente incidirán en la profundidad que un barco flote en el agua.

Desde esta perspectiva, para establecer dichas especificaciones, el agua dulce tropical fue tomada como referencia del lago Gatún, el mismo que de acuerdo a la Autoridad del Canal de Panamá posee una densidad de 0,9954 g / cc, al 29,1 ° C. El límite físico se establece en la entrada inferior de las esclusas de Pedro Miguel, sin embargo, en los casos en que el nivel de agua en el Lago Gatún es bajo durante una temporada, el calado máximo permitido puede ser reducido. Esta restricción se publica con tres semanas de anticipación, por lo que la naviera puede tomar la acción apropiada (Autoridad del Canal de Panamá, 2006).

### **Dimensiones de altura**

En lo que respecta al diseño en relación a la altura, se consideran 190 pies medidos desde la línea de flotación hasta el punto más alto de la nave; dicho límite también se aplica al puerto de Balboa según lo indica la Autoridad del Canal de Panamá. Sin embargo, existe la excepción establecida de 205 pies cuando por temporada baja el nivel de agua en Balboa.

Todas las excepciones se permiten en general, sólo después de que las autoridades correspondientes hayan desarrollado el análisis específico. Un buque de carga Panamax tiene típicamente un DWT<sup>3</sup> de 65,000 a 80,000 toneladas, pero su carga máxima sería de alrededor de 52.500 toneladas durante el tránsito, debido a las restricciones de calado en el canal (Autoridad del Canal de Panamá, 2006).

La restricción de altura se deriva del hecho de la construcción del Puente de las Américas llevada a cabo en 1962, el mismo que se encuentra sobre el canal y cumple la función de conectar a América del Norte, América Central y

---

<sup>3</sup> Tonelaje de peso muerto.

América del Sur; en este caso, la distancia entre el borde inferior del puente, y el nivel de agua es 61,3 m. Debido a la escasez temporal de agua en el lago Gatún, que se utiliza para llenar las esclusas, las autoridades del canal pueden limitar las dimensiones permisibles de la nave.

En este caso, los buques que posean una altura de 62,5 metros (205ft) pueden pasar sólo con el permiso correspondiente, teniendo en cuenta el bajo nivel de agua bajo el puente “Puente de las Américas”. Los buques que excedan el tamaño permisible (la longitud y la anchura máxima) pueden pasar a través del canal sólo después de una cuidadosa inspección, medición y autorización (Autoridad del Canal de Panamá, 2006).

**Gráfico 6 Buque Panamax**



**Fuente:** (Autoridad del Canal de Panamá, 2006)

### **El impacto en el transporte**

Los buques Panamax siguen constituyendo el diseño de embarcaciones más utilizados, sin embargo, en la actualidad se está incrementando la construcción y el uso de embarcaciones de mayor tamaño, con el fin de transportar la cantidad máxima de carga en un barco. A pesar de esto, los buques con un tamaño máximo han sido un problema para el canal, por las dimensiones que éstos poseen, lo cual generó la necesidad de ampliación del canal para que éste pueda adaptarse a los cambios suscitados en cuanto a transporte marítimo.

Un buque Panamax se regulará de tal forma que requiere una estrecha vigilancia en las esclusas, puesto que pueden tardar más tiempo en pasar a través de la cerradura y reduce el tiempo de transición sólo por día. Como los grandes barcos no pueden salir de manera segura en el Corte Culebra, el canal ha desarrollado un sistema eficaz al cual denominaron “One-way”. Los buques que se establecen en los convoyes pasan a través del canal, cada uno de manera alterna.

#### **2.1.6.2. Buques Post-Panamax**

Según Freire y González (2010, pág. 85):

Los conocidos Post-Panamax, exceden las medidas Panamax, y por tanto no pueden transitar por el canal. Pero, si en algo resultan evidentes las economías de escala, es en el transporte por mar. Aunque lento, este modo de transporte es el más económico de todos; de ahí la necesidad de reducir los costos de transporte para lo cual se ha recurrido a naves de tamaño cada vez mayores.

Los buques Post-Panamax poseen dimensiones mayores a la que presentan los buques Panamax, consecuentemente el tamaño de éstos no permiten el paso del canal. Sin embargo, en el 2006 la ACP (con el apoyo del Tribunal Electoral, llevó a cabo un referéndum entre los ciudadanos de Panamá, en donde se aprobó la ampliación del canal (Autoridad del Canal de Panamá, 2006).

En lo que respecta a las dimensiones, estos buques poseen una anchura de 32 metros, la misma anchura que el Canal de Panamá. Por lo general, las líneas marítimas construyen buques de este tamaño con el fin de maximizar los volúmenes de carga a través de esa vía fluvial. Pero ahora, los arquitectos navales están trabajando con nuevas dimensiones en función de la ampliación del Canal de Panamá a un ancho de 49 metros.

**Tabla 14 Dimensiones de buques Post Panamax**

<b>Clase</b>	<b>Post Panamax</b>
<b>Longitud</b>	305m
<b>Viga</b>	>32,3m
<b>Casco</b>	13m

**Fuente:** (Autoridad del Canal de Panamá, 2006)

Después de la expansión, se supone que el Canal de Panamá tiene capacidad para buques de hasta 12.000 TEUs (actualmente 5.000 TEU). En este caso, la reconstrucción incluirá un tercer juego de esclusas de 427 metros (1.400 pies) de largo, 55 metros (180 pies) de ancho, con una profundidad de 18.3 m (60 pies) que será complementario a los dos juegos de esclusas existentes.

### **Gráfico 7 Buques Post Panamax**



**Fuente:** (Autoridad del Canal de Panamá, 2006)

#### **2.1.7. Requerimientos previos a la construcción de puertos**

Para la construcción e instauración de puertos, es preciso considerar una serie de requerimientos necesarios para su futuro funcionamiento. Generalmente, los planes previos a la ejecución de dichos proyectos contienen la descripción detallada en cuanto a dichos factores y la infraestructura, lo cual facilitará el análisis exhaustivo de viabilidad.

##### **2.1.7.1. Construcción del muelle y dragado**

Tomando como referencia la información presentada por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de los Estados Unidos (2014), se menciona que para ofrecer una alternativa a las pilas en Zonas V y zonas A en las áreas costeras donde las propiedades del suelo y otras condiciones del sitio indican que los muelles son una alternativa aceptable, se deberá analizar el tipo de

viga adecuado. A continuación se especifican los aspectos clave que se deben considerar para la construcción de un muelle:

### **Factores clave**

- El muelle debe estar diseñado para las condiciones del suelo presente. En este caso, por lo general, las pilas no son recomendadas para zonas costeras.
- La conexión entre el muelle y su equilibrio debe ser diseñadas y construidas para resistir adecuadamente la separación del muelle de la base y el vuelco lateral debido a la exposición a fuerzas tales como: inundación, viento, escombros, entre otras.
- La parte superior de la zapata debe estar por debajo de la erosión esperada y la profundidad de socavación.
- Los muelles deben ser reforzados con acero y lechada<sup>4</sup>.
- La conexión a la viga de piso en la parte superior del muelle debe realizarse a través del uso de tamaño adecuado y los conectores de metal especificados.
- Debe prestarse especial atención a la aplicación de mortero y todas las articulaciones para ayudar a resistir la intrusión de agua en el núcleo del muelle, donde el acero puede ser corroído.
- Debe prestarse especial atención a la protección contra la corrosión de las pilas de refuerzo, accesorios, anclas y barras de refuerzo. Los elementos que están expuestos a la intemperie o la tierra deberán ser de acero inoxidable, galvanizado en caliente o recubierto con epoxy. Las placas, los lazos de pared, las barras, los anclajes y elementos adheridos que se encuentren expuestos a la tierra o el clima también ser

---

<sup>4</sup> Mezcla de yeso o mortero de cemento lo suficientemente líquida como para poder esparcirse o bombearse para rellenar juntas o fisuras.

de acero inoxidable, galvanizado en caliente o recubierto con epoxy. Además, las barras de refuerzo estarán protegidas por el uso adecuado de la cubierta de mampostería (Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, 2014).

### **Implementación de pilares en el muelle**

Los pilares son los más apropiados en áreas donde:

- La erosión potencial y la socavación son bajas.
- Las profundidades de inundación y las fuerzas laterales son bajas.
- El suelo puede ayudar a resistir el vuelco del muelle.
- La combinación de fuertes vientos y humedad de aire (a veces cargado de sal) puede tener un efecto perjudicial sobre la construcción de mampostería ya que puede conducir a la corrosión del acero de refuerzo y generar el daño posterior y desprendimiento de la mampostería. Por lo tanto, la resistencia a la humedad está altamente influenciado por la calidad de los materiales y la calidad de la construcción de mampostería en el sitio.

### **Buenas prácticas de construcción**

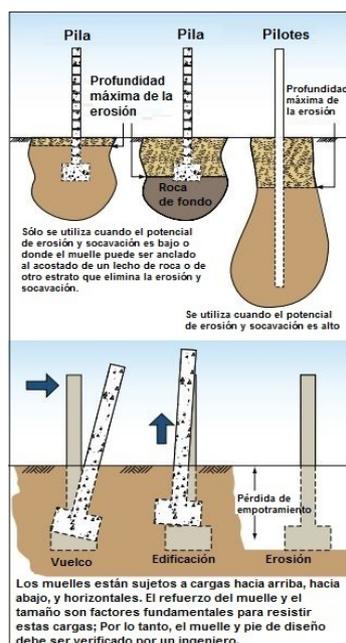
Para que el muelle de mampostería se construya haciendo uso de las bases adecuadas para un edificio, hay algunas prácticas que se deben seguir durante la construcción de los embarcaderos.

- Las unidades de mampostería, mortero de empaquetado y materiales de lechada deben almacenarse fuera de la tierra y cubiertos.
- Los trabajos de mampostería en curso debe estar bien protegidos de la exposición a la intemperie.
- El mortero y lechadas deben ser cuidadosamente almacenados y por lotes mixtos, en cuyo caso el Código Internacional de Construcción 2009 (IBC 2009) y 2009 International Residential Código (IRC) especifican las

proporciones de lechada en volumen para la construcción de mampostería.

- Se deben seleccionar los conectores apropiados para mampostería en relación a la conexión de la madera. Los conectores y sujetadores deben ser de un material resistente a la corrosión o poseer protección contra la corrosión por lo menos equivalente a la proporcionada por los revestimientos de acuerdo con el IRC 2009. Así mismo, los conectores deberán ser adecuadamente integrados o conectados al muelle.
- Las barras de refuerzo de acero de tamaño adecuado deben ser instaladas correctamente a lo largo de los muelles de mampostería. En este caso, las pilas debe ser plenamente lechadas y las barras de refuerzo de acero no deben permanecer expuestas a la intemperie por excesiva cantidad de tiempo antes de la instalación. Los empalmes deben estar debidamente ubicados y ser de suficiente longitud para soportar las cargas impuestas a la estructura.
- Considerar la incorporación de vigas de grado con el fin de lograr una mayor estabilidad estructural en el sistema de muelle.

### Gráfico 8 Tipos de reforzamiento para la construcción de muelles



Fuente: (Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, 2014)

No se recomienda en las zonas V con suelos erosionables, o en las zonas costeras sujetas a las olas y la erosión, utilizar la pila para la construcción de un muelle.

### **Ventajas y desventajas de usar pilotes**

De acuerdo a la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de los Estados Unidos (2014), los pilotes de grado son elementos estructurales que se instalan contra el suelo. Los pilotes pueden ser un método de base útil en áreas con potencial limitado de erosión y socavación. El tipo de fuerza resistido por pilotes varía según la aplicación, pero puede variar de cargas verticales y horizontales continuas a cargas axiales.

Los pilotes utilizados en este ejemplo son utilizado principalmente para cargas axiales generadas por la estabilidad demanda por los muelles. Éstas deben ser colocadas debajo de la elevación del suelo con potencial de erosión, de modo que no hay ningún efecto en socavación y erosión de los suelos de apoyo.

### **Dragado**

Haciendo referencia al informe presentado por la Universidad Politécnica de Cataluña (2014), con respecto a las técnicas de dragado, se determina que el proceso de dragado consiste en los siguientes tres elementos:

- Excavación: Este proceso implica el desprendimiento y la eliminación de los sedimentos (suelos) y/o rocas del lecho del cuerpo de agua. Para ello, se requiere de la utilización de una máquina especial conocida como draga, que se utiliza para excavar el material ya sea mecánicamente, hidráulicamente o por una acción combinada.
- El transporte de material excavado: El transporte de materiales de la zona de dragado al sitio de utilización, eliminación o tratamiento intermedio, se consigue generalmente por la utilización de uno de los siguientes métodos:
  - a) En tolvas independientes a las dragas.
  - b) En barcazas.
  - c) Por bombeo de sedimentos haciendo uso de tuberías.

- d) El uso de las fuerzas naturales tales como las olas y las corrientes.
  - e) Otros métodos de transporte que son poco utilizados son los camiones y el transporte a través de correas. En este caso, el método de transporte es generalmente vinculado al tipo de draga se utiliza.
- La utilización o eliminación de material de dragado: En construcción de proyectos, el dragado es impulsado por la demanda de material de dragado. En la navegación y la remediación de dragado, el proyecto es impulsado por el objetivo de eliminar el material de su lugar original.

### **Equipo de dragado**

En lo que se refiere al equipo de dragado especializado, se puede decir que éste varía ampliamente tanto en tamaños y tipos. Los equipos de dragado, clasificados de acuerdo con los métodos de excavación y operación, se pueden agrupar en las siguientes principales categorías:

- Dragas mecánicas;
- Dragas hidráulicas;
- Dragas, de bajo impacto especial; y
- Otros tipos de dragas.

Dentro de las categorías anteriores se pueden identificar subgrupos sobre la base de la propulsión, es decir, auto-propulsado o de frente estacionario. La selección del equipo de dragado para un proyecto en particular dependerá de una combinación de factores, incluyendo:

- El tipo de entorno físico;
- La naturaleza, la cantidad y el nivel de contaminación del material a dragar;
- El método de colocación; y
- La distancia al lugar de colocación.

Según la Universidad Politécnica de Cataluña (2014), debido a que en la actualidad existen estrictas regulaciones ambientales, se han generado avances importantes en los equipos de dragado. Éstos incluyen control automático, sistemas de posicionamiento y sistemas de desgasificación. Estas innovaciones tienen como objetivo reducir potencialmente los impactos ambientales adversos.

### **Evacuación de aguas abiertas**

La evacuación de aguas abierta significa que el material dragado se coloca en sitios designados en los océanos, estuarios, ríos y lagos de tal manera que no esté aislado de las aguas adyacentes durante la colocación. Por otra parte, la colocación, por lo general, se realiza a través de la liberación de tuberías, barcasas o tolvas. Los sitios de aguas abiertas pueden ser dispersivos o no dispersivos (retentivo) dependiendo de si el sedimento se transporta fuera de sitio o de restos dentro de los límites designados.

En general, los sedimentos limpios o ligeramente contaminados son eliminados en aguas abiertas, a pesar de que hará la eliminación de materiales altamente contaminados también se pueden considerar las medidas de control apropiadas. Las variantes de evacuación de aguas abiertas incluyen:

- Colocación sin restricciones en camas de agua en forma de montículos;
- Colocación con la contención lateral natural o depresiones construidas por el hombre;
- Colocación con la contención lateral detrás de bermas construidas.

Una tapa de material limpio sobre el material dragado puede proporcionar aislamiento del medio ambiente bentónico. Si se aplica tapado sobre el montículo formado por la colocación sin restricciones, a esto se le llama Nivelación de Nivel Inferior (LBC). Si la nivelación se aplica con una contención lateral, se le denomina Disposición Acuática Contenida (CAD).

## 2.2. Formulación de Hipótesis

Actualmente, el cantón Guayaquil no cuenta con un puerto de aguas profundas. Mediante este trabajo de investigación se pretende conocer si son necesarios el diseño y la construcción de un puerto de tales características en Posorja. Por lo tanto, la hipótesis se plantea de la siguiente manera:

Determinar la factibilidad del predimensionamiento geométrico de un puerto de aguas profundas para Ecuador, para definir la factibilidad Técnica, Económica y Financiera del Proyecto.

## 2.3. Definiciones conceptuales

**A la gira:** “Ocurre cuando la embarcación fondea con sólo una de sus anclas, girando libremente a la resultante de vientos, corrientes y oleajes” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Altura de la ola:** “La distancia vertical, en pies o metros, desde el seno hasta la cresta” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Amarre y desamarre:** (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013):

Consiste en la asistencia a las naves, siguiendo las instrucciones del Capitán o el Práctico, para recoger las amarras del buque, portarlas y fijarlas en el punto indicado del terminal o muelle por la Autoridad correspondiente en las operaciones de atraque o largar las mismas en las operaciones de desatraque, permitiendo la libre navegación.

**Atraque/ desatraque:** “Servicio que se presta al buque cuando llega a un muelle o cuando lo abandona (por ejemplo, el amarre)” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013).

**Área de respaldo:** “Zona portuaria contigua a las áreas de atraque que complementa a la infraestructura marítima, donde se desarrollan actividades de operaciones portuarias, servicios a la carga y almacenamiento” (Dirección de Obras Portuarias, 2009).

**Arqueo:** “Es la medida del volumen interior de los espacios cerrados de un buque, que se expresa en toneladas de registro que equivalen a 100 pies cúbicos” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Banda:** “Cada una de las mitades del barco, tomando como eje el longitudinal del barco” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Babor:** “Es la parte izquierda de la embarcación mirando de popa a proa” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Bitá de amarre:** “Bitá, poste de hierro de alrededor de medio metro de altura y de 30 a 40 centímetros de ancho que se sitúa en el muelle para amarrar los cabos más fuertes de las embarcaciones” (Boullón, García, & Monteagudo, 2010).

**Buques granaleros:** “Barcos que transportan cargas al granel, como por ejemplo, maíz o trigo. Existen también graneleros dedicados al transporte de líquidos” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Buques petroleros:** “Son buques diseñados para transportar crudo o derivados de petróleo” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Buques portacontenedores:** “Aquellos buques que se dedican al transporte de contenedores estandarizados” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Calado:** “La distancia vertical desde la parte inferior de la quilla, hasta la línea de flotación” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Calados parejos:** “Ocurre cuando la embarcación tiene el mismo calado en proa y popa” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Calendario referencial de inversiones:** “Programa de inversiones en frentes de atraque, áreas conexas y bienes comunes de las empresas portuarias estatales que pueden ser ejecutadas por particulares o por la misma empresa” (Dirección de Obras Portuarias, 2009).

**Círculo de Plimsoll:** “Es una marca a los costados de un buque que indica los calados máximos del mismo” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Cuaderna maestra:** “Es el elemento estructural transversal de mayor anchura que por lo general, coincide con la parte media de la embarcación” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Desplazamiento total:** “Es el peso total de la embarcación calado hasta su máxima de carga, incluyendo vituallas, pasajeros, combustible, carga y cualquier otro peso adicional” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Dragado:** (Martín, 2010):

Es la excavación de material del fondo de un río (en general de un cuerpo de agua). El objetivo de dragar es aumentar la profundidad de agua (por ejemplo para navegación, para mejorar una toma de agua o para aumentar la capacidad hidráulica de un encauzamiento).

**Encabuzado:** “Se dice del barco cuya proa posee mayor calado que en popa” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Escora:** “Es la inclinación que puede sufrir una embarcación hacia la banda de babor o estribor” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Eslora:** “Es la dimensión longitudinal del buque” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Estribor:** “Es la parte derecha de la embarcación mirando de popa a proa” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Fondear:** “Es la maniobra de dejar caer el ancla al fondo para asegurar una embarcación” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Franco bordo:** “Es la altura de la parte emergida del casco del buque desde la línea de flotación hasta la cubierta principal, medida en las bandas en la cuaderna maestra. Es la diferencia de altura entre el puntal y el calado” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Frente de atraque:** (Dirección de Obras Portuarias, 2009):

Es la infraestructura de un puerto que corresponde a un módulo operacionalmente independiente con uno o varios sitios y sus correspondientes áreas de respaldo, cuya finalidad es el atraque de buques, esencialmente para operaciones de transferencia de carga

o descarga de mercaderías u otras actividades de naturaleza portuaria.

**Infraestructura portuaria:** “Obras de ingeniería marítima principal proyectadas para materializar las operaciones de transferencia de carga y/o pasajeros/as entre los modos marítimo y terrestre y que está dotada de condiciones para la atención de naves y pasajeros/as” (Dirección de Obras Portuarias, 2009).

**Línea de flotación:** “Es la línea que separa la obra viva de la obra muerta y que quedaría representada por la superficie del agua” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Longitud de la ola:** “La distancia horizontal, en pies o metros, de cresta a cresta o de seno a seno” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Manga:** “El ancho del barco a la altura de la cuaderna maestra” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Método constructivo:** “Es la técnica que se emplea para ejecutar una actividad constructiva” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Muelle:** “Infraestructura portuaria en la orilla de un río, lago o mar especialmente dispuesta para cargar y descargar las naves y para la circulación de vehículos” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Obra:** “Es la unidad de producción en la actividad de la construcción” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Período de la ola:** “En tiempo en segundos que tardan dos crestas sucesivas en pasar por un punto fijo” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Plan maestro:** “Es el instrumento de planificación territorial en que se delimitan tanto las áreas marítimas y terrestres comprometidas, como las obras requeridas para el desarrollo previsto de un puerto o terminal, y sus usos, para un periodo mínimo de veinte años” (Dirección de Obras Portuarias, 2009).

**Plataforma logística:** “Centro o área en la cual se concentran todas las actividades relativas al transporte, logística y distribución de mercancías tanto

para tránsito nacional como internacional pudiendo intervenir varias empresas del sector transporte y servicios” (Dirección de Obras Portuarias, 2009).

**Popa:** “Es la parte posterior del buque. Por extensión, se denomina así al tercio posterior del buque” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Proa:** “Es la parte delantera del buque, la que rompe el agua en el sentido de avance. Por extensión, se denomina así al tercio anterior del buque”.

**Programación:** “Es el tiempo y la secuencia en la ejecución de una obra” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Puerto:** (Dirección de Obras Portuarias, 2009):

Área de litoral delimitada por condiciones físicas o artificiales que permite la instalación de una infraestructura destinada a la entrada, salida, atraque y permanencia de naves y a la realización de operaciones de movilización y almacenamiento de carga, embarque de pasajeros/as o tripulantes, actividades pesqueras, de transporte marítimo, deportes náuticos, turismo, remolque y construcción o reparación de naves.

**Puntal:** “La altura de buque. Se mide desde la quilla hasta la cubierta principal. Es la dimensión de proyección vertical” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Quilla:** “Es la pieza central inferior del buque y que de proa a popa sirve como base de sustentación, a las cuadernas y al cuerpo del buque” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Sentado:** “Se dice del barco cuyo calado en popa es mayor al calado en proa” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Sistema portuario:** “Conjunto de puertos del país, sean éstos de propiedad pública o privada” (Dirección de Obras Portuarias, 2009).

**Sitio de atraque:** “Es aquella porción del frente de atraque destinado a la atención de una nave” (Dirección de Obras Portuarias, 2009).

**Terminal portuario:** “Unidades operativas de un puerto habilitadas para proporcionar intercambio modal y servicios portuarios, incluye la infraestructura,

áreas de almacenamiento y vías internas de transporte” (Dirección de Obras Portuarias, 2009).

**TEUs (Twenty Feet Equivalent Unit):** “Se refiere a la unidad equivalente de carga a un contenedor estándar de 20 pies de longitud. TEU: significará el número total de contenedores, medido en TEU, objeto de la Transferencia de Carga” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013).

**Tonelajes de peso:** “El desplazamiento representa el peso del barco en un momento considerado, expresado en toneladas de 1000 kg. Se llama desplazamiento porque es el peso del buque igual al peso del volumen del agua que desaloja” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Tonelaje de peso muerto (TPM):** “Muestra la capacidad de carga en peso del buque y es la diferencia entre el desplazamiento total y el desplazamiento liviano, de manera que  $TPM = Dt - Dl$ ” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

**Veril:** “Son líneas de igual profundidad (isobáticas) para llevar la derrota de un buque de acuerdo con su calado” (Instituto Politécnico Nacional de México, 2012).

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Diseño de la investigación**

En lo referente al desarrollo del marco metodológico del presente trabajo, en primer lugar se consideró necesario establecer el diseño de la investigación, el cual se basó en un estudio de índole cuali-cuantitativo, puesto que se necesitó establecer la factibilidad para el predimensionamiento geométrico de un puerto de aguas profundas para el Ecuador.

En este caso, este tipo de estudio le permitió al autor presentar los resultados tanto de forma estadística y matemáticas, como de forma cualitativa, lo cual proporcionó un mayor sustento a la información presentada. El enfoque cuantitativo incluye la presentación de datos numéricos, valoraciones y comparaciones para establecer un adecuado predimensionamiento geométrico del puerto de aguas profundas; mientras que el orden cualitativo de la investigación, se estableció a través de la revisión de información expuesta en estudios similares, la misma que se complementó con los conocimientos adquiridos por el autor.

Cabe destacar que se ejecutó un estudio de campo, considerando que la recopilación de los datos se desarrollará de manera directa, tal como lo menciona Moreno (2010, pág. 42), “La investigación de campo reúne la información necesaria recurriendo fundamentalmente al contacto directo con los hechos o fenómenos que se encuentran en estudio”.

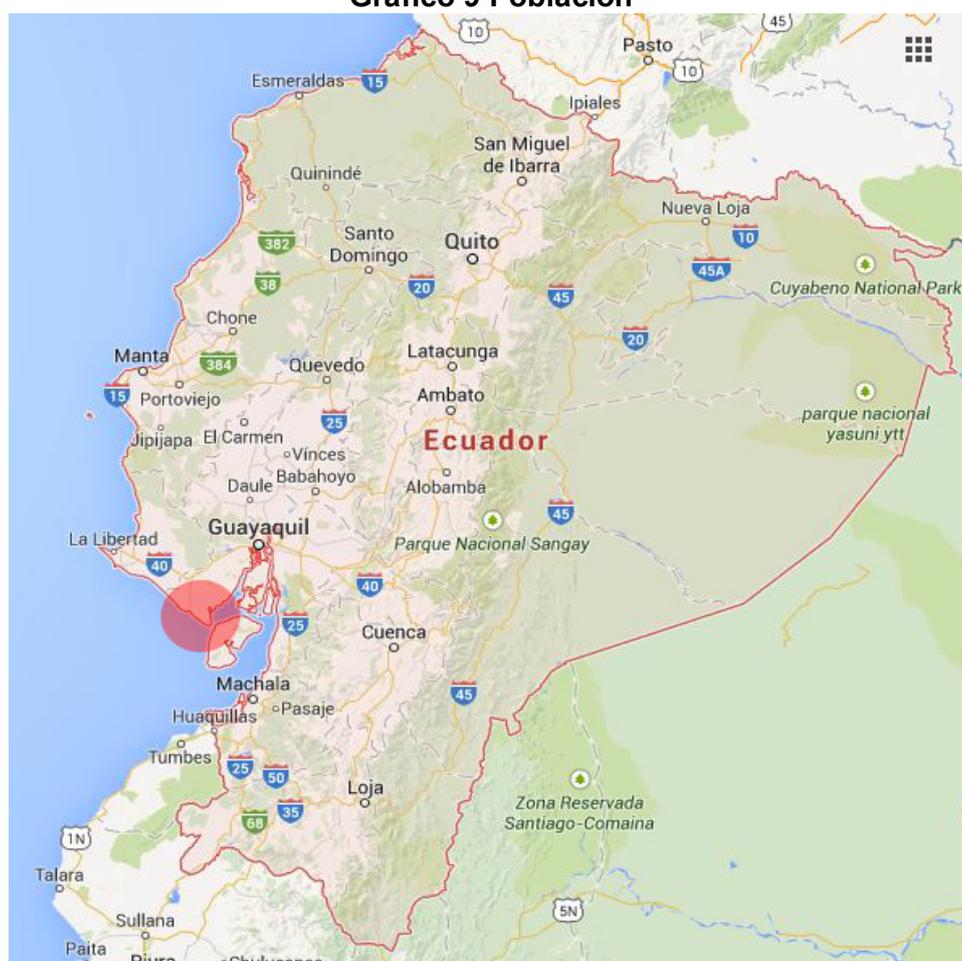
Adicionalmente, se trabajó con un tipo de investigación descriptiva, puesto que esta modalidad de investigación permitió al autor obtener información detallada con respecto a la capacidad actual del sector considerado como objeto de estudio, lo que permitió definir las características físicas para un puerto de aguas profundas para el cantón Guayaquil, aspectos que se consideran relevantes para el desarrollo de la propuesta.

Así mismo, se trabajó con un tipo de investigación bibliográfica, dado a que se consultarán publicaciones realizadas por diversos autores, con respecto al manejo de puertos de aguas profundas y de manera en particular se analizarán los equipos para el correcto manejo del puerto, esto además de proporcionar un sustento científico al trabajo, proporcionará las pautas para el diseño del proyecto.

### 3.2. Población y muestra

La población estuvo compuesta por el área total de estudio, en este caso se considera a la Parroquia Posorja, la misma que se encuentra ubicada en la Provincia del Guayas. Tomando como referencia la información publicada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Posorja “GAD” (2012), a continuación se presenta la información específica del sector considerado como objeto de estudio:

**Gráfico 9 Población**



**Fuente:** (Google Maps, 2014)

**Tabla 15 Datos de interés**

<b>Región</b>	Costa
<b>Provincia</b>	Guayas
<b>Latitud</b>	2° 42' 33.40" S
<b>Longitud</b>	80° 14' 28.75" O
<b>Superficie</b>	107 km <sup>2</sup>
<b>Clima</b>	24° C a 29° C
<b>Fundación</b>	2 de Abril de 1894
<b>Límites</b>	* Norte: Parroquia El Morro * Sur: Océano Pacífico * Este: Océano Pacífico * Oeste: Cantón General Villamil Playas
<b>Extensión geográfica</b>	

**Fuente:** (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Posorja, 2012)

Desde un contexto poblacional, según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010), esta parroquia está compuesta por 24.136 habitantes quienes se desempeñan en diferentes ramas de actividad. En base a esta perspectiva, según lo menciona el GAD Parroquial de Posorja (2012), la concentración de las actividades que desarrolla la Población Económicamente Activa (PEA) de Posorja se distribuye de la siguiente manera:

- Industria manufacturera: 26,4%
- Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca: 21,5%
- Comercio al por mayor y menor: 14,40%

A nivel empresarial, según datos de GAD Parroquial de Posorja (2012), en ésta operan grandes empresas atuneras: Salica del Ecuador e Industria Pesquera

Nirsa, y la empresa TUNAPAC dedicada a la captación de productos elaborados y semielaborados.

### Muestra

Considerando que el proyecto se basa en el predimensionamiento del puerto de aguas profundas, se determina la muestra técnicamente en el área donde se pretende ubicar el puerto, en este caso se basó en la recopilación de la información a base de estudios de campo. De manera complementaria, se considerará a los pobladores de la Parroquia Posorja, puesto que adicionalmente se debió determinar el impacto social que tendría la ejecución del presente proyecto. Para este efecto, se aplicó el cálculo de la muestra para población finita:

**Tabla 16 Cálculo de la muestra**

FÓRMULA PARA MUESTRA FINITA				
$n = \frac{Z^2(p)(q)N}{e^2(N-1)+pq(Z)^2}$	z2 =	3,8416	PXQ=	0,25
	P=	0,5		6034
	Q=	0,5	RESULTADO DE ARRIBA	23180,2144
	N=	24136		
	E2=	0,0025	PXQXZ2	0,9604
	N-1=	24135	E2XN-1=	60,3375
			RESULTADO DE ABAJO	61,2979
RESULTADO DE MUESTRA			<b>378</b>	

**Elaborado por: El autor**

En este caso, se realizarán 378 encuestas a los habitantes de la parroquia, lo que proporcionó información necesaria para establecer la importancia del proyecto.

### 3.3. Instrumentos de recolección de datos

Para llevar a cabo la recolección, se necesitó de la aplicación de dos tipos de técnicas; en primer lugar, se aplicó la observación, a través de la cual se obtendrá la información requerida con respecto al puerto de aguas profundas. En este caso, se analizaron los informes provenientes de fuentes secundarias oficiales, cuyos datos sean pertinentes al tema de estudio. En este caso, se consideran las siguientes fuentes:

- INAMHI.
- Carta batimétrica de Posorja (Instituto Oceanográfico de la Armada).
- Memorias técnicas de estudios previos.

En segundo lugar, se trabajó con la encuesta dirigida, considerando como objeto de estudio al personal que labora en el puerto del Cantón Guayaquil, en este caso se aplicó el cuestionario como instrumento de recopilación de información.

### **3.4. Metodología**

Para la aplicación metodológica del estudio batimétrico, el estudio se desarrollará de manera sistemática, lo cual consiste en la “elaboración de diferentes perfiles transversales y longitudinales en relación al eje principal y al cálculo posterior” (Adame, Cáceres, Hernández, & de la Lanza, 2010). Así mismo, para dicho estudio se requerirá de la aplicación de las siguientes herramientas:

- Sonda hidrográfica.
- GPS (con precisión centimétrica).

### **3.5. Procesamiento de los datos**

El procesamiento de los datos se desarrolló a través de herramientas digitales como Microsoft Excel, en donde se presentó la información a través de tablas y gráficos estadísticos. Además, se interpretó y se analizó la información de modo que los resultados sean expuestos de manera clara y concisa para un mayor entendimiento del lector.

### 3.6. Presentación de resultados

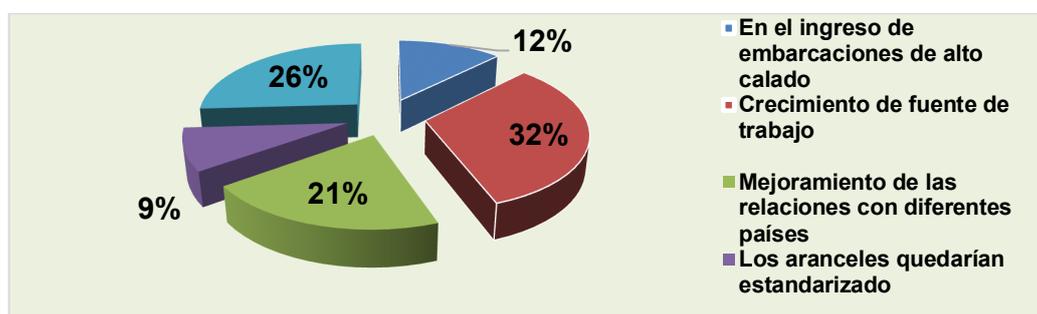
#### 1. Según su criterio, ¿En qué beneficiaría el puerto de agua profundas?

**Tabla 16 Beneficios del puerto de aguas profundas**

	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
En el ingreso de embarcaciones de alto calado	47	12%
Crecimiento de fuente de trabajo	121	32%
Mejoramiento de las relaciones con diferentes países	78	21%
Los aranceles quedarían estandarizado	34	9%
A nivel mundial la parroquia Posorja será reconocido	98	26%
<b>Total</b>	<b>378</b>	<b>74%</b>

**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

**Gráfico 10 Beneficios del puerto de aguas profundas**



**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

De las encuestas realizadas a los habitantes de la parroquia Posorja se determinó que unos de los beneficios más importantes de la creación del puerto de aguas profundas es el crecimiento de fuente de trabajo representado con el 32% mientras que con el 26% se identifica que la parroquia será conocida a nivel mundial, seguido del mejoramiento de las relaciones con diferentes países identificado con el 21% a consideración del 12% indico que el beneficio de este proyecto es el ingreso de embarcaciones de alto calado. En conclusión el ingreso de nuevas fuentes es la actividad más importante que beneficiaría a esta parroquia.

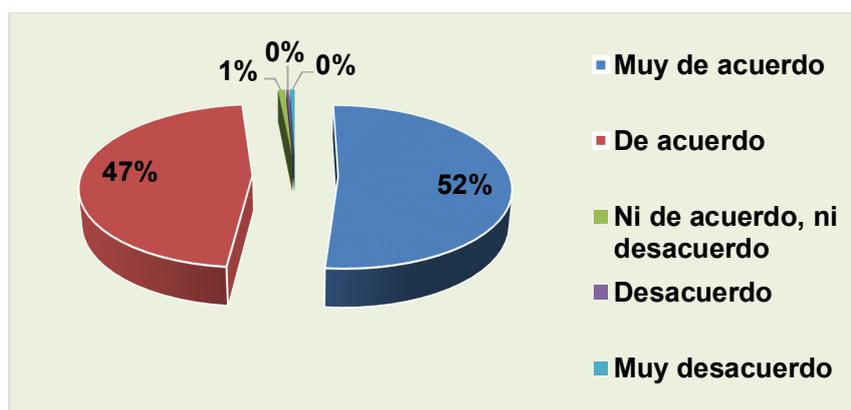
2. Considera que la construcción de un Puerto de aguas profunda en la parroquia de Posorja traería más inversión por parte de empresas privadas.

**Tabla 18 Interés por parte de empresas privadas**

	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Muy de acuerdo	195	52%
De acuerdo	177	47%
Ni de acuerdo, ni desacuerdo	3	1%
Desacuerdo	1	0%
Muy desacuerdo	2	1%
<b>Total</b>	<b>378</b>	<b>99%</b>

**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

**Gráfico 11 Interés por parte de empresas privadas**



**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

Según las encuestas realizadas se identificó que el 52% se encuentra muy de acuerdo que gracias a la construcción de este puerto de agua profunda despertaría el interés por empresas privadas lo que crearían sucursales dentro del sector y por ende generaría empleo para los habitantes, seguido del 47% que menciona estar de acuerdo con dicha actividad.

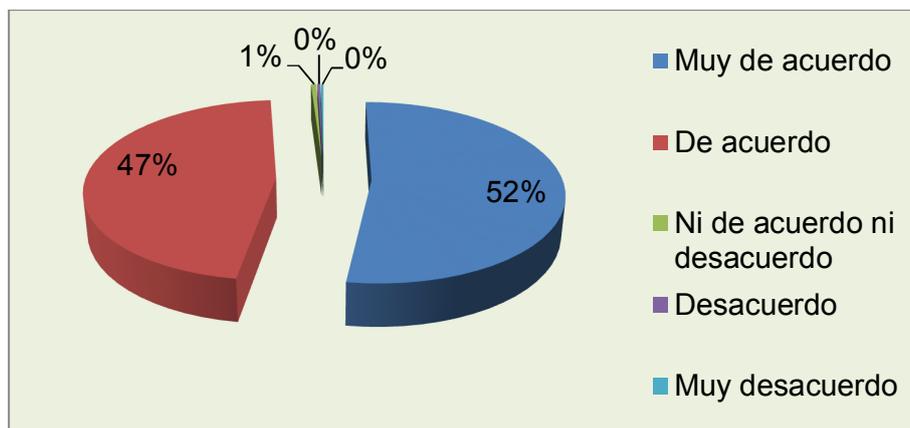
3. Piensa usted que el cambio estructural de la parroquia se puede producir por la creación de este puerto de aguas profunda.

**Tabla 19 Cambio estructural**

	<b>Frecuencia Absoluta</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>
Muy de acuerdo	198	52%
De acuerdo	176	47%
Ni de acuerdo ni desacuerdo	2	1%
Desacuerdo	1	0%
Muy desacuerdo	1	0%
<b>Total</b>	<b>378</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

**Gráfico 12 Cambio estructural**



**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

Los habitantes de la parroquia Posorja están muy de acuerdo en que gracias a este proyecto el cambio estructural del sector se realizaría, ya que al ser un lugar muy visitado por embarcaciones extranjeras y para dar una buena impresión del país las autoridades harían inversiones de infraestructura para que el sector sea llamativo, seguido del 47% que emitieron la misma opinión. En resumen esta actividad es provechosa para la parroquia ya que cambiaría su imagen como sector.

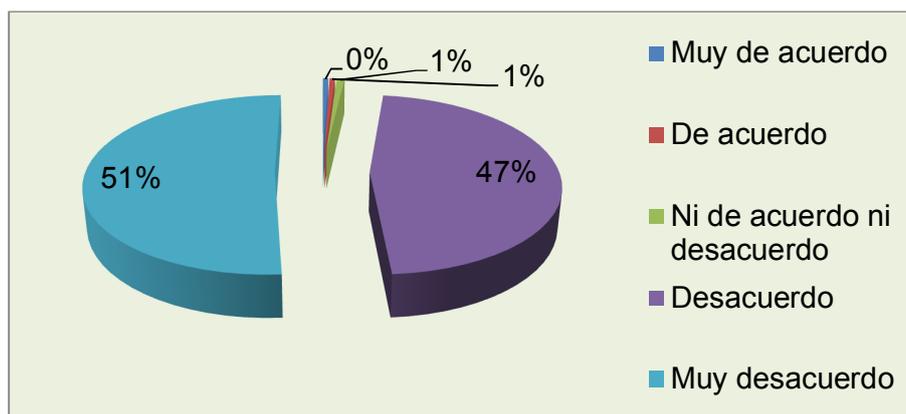
4. En el aspecto ambiental cree que la biodiversidad pueda ser dañada por esta actividad

**Tabla 20 Aspecto ambiental**

	<b>Frecuencia Absoluta</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>
Muy de acuerdo	2	1%
De acuerdo	2	1%
Ni de acuerdo ni desacuerdo	3	1%
Desacuerdo	178	47%
Muy desacuerdo	193	51%
<b>Total</b>	<b>378</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

**Gráfico 13 Aspecto ambiental**



**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

De acuerdo al aspecto ambiental la población notifica con un 51% que están muy en desacuerdo que la biodiversidad de la parroquia pueda ser dañada por la realización del puerto de aguas profundas. Al contrario, mencionaron que gracias a esta actividad las autoridades podrán poner más atención en cuidar y evitar que ésta se siga afectando debido a la poca atención que se le está dando en la actualidad.

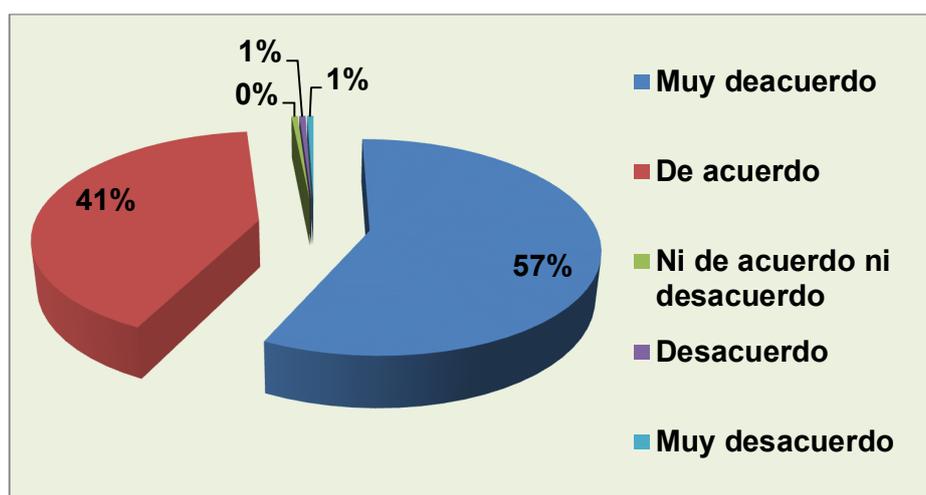
5. ¿Cree usted que la realización del puerto de aguas profunda fomentaría más el turismo en el sector?

**Tabla 21 Fomento del turismo en el sector**

	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Muy de acuerdo	216	57%
De acuerdo	156	41%
Ni de acuerdo ni desacuerdo	2	1%
Desacuerdo	2	1%
Muy desacuerdo	2	1%
<b>Total</b>	<b>378</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

**Gráfico 14 Fomento del turismo en el sector**



**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

La opinión vertida por los habitantes de la parroquia Posorja menciona con el 57% estar muy de acuerdo en que a través de la realización de este proyecto se fomentaría el turismo dentro del sector, seguido del 41% que afirmó estar de acuerdo con lo antes mencionado, lo que quiere decir que la perspectiva de los habitantes es de que gracias a la creación de este proyecto la parroquia tendrá muchos beneficios como tal, puesto que las autoridades pondrán mayor interés en la transformación del lugar.

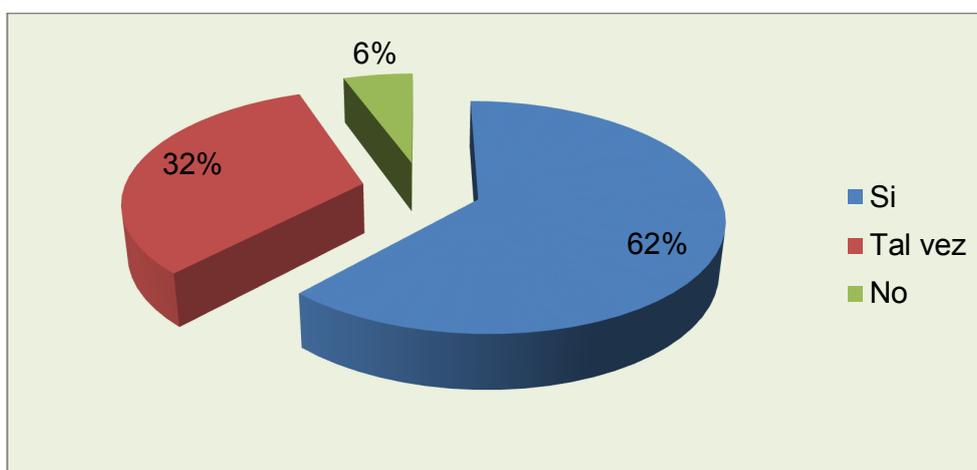
6. ¿Considera que la creación del puerto de agua profunda haga que se expanda la población de esta parroquia?

**Tabla 22 Expansión de la parroquia**

	<b>Frecuencia Absoluta</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>
Si	234	62%
Tal vez	123	33%
No	21	6%
<b>Total</b>	<b>378</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

**Gráfico 15 Expansión de la parroquia**



**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

Los habitantes consideran que al realizarse esta actividad la población se expandirá debido a la cantidad de emigrantes que pueda existir lo cual está representado con el 62% seguido del 33% que mostraba que tal vez se pueda dar esta opción, finalizando con el no que representaba 6% lo que hace que se tome como resumen que puede que exista un porcentaje considerado de personas que emigren hasta este sector por actividades de trabajos.

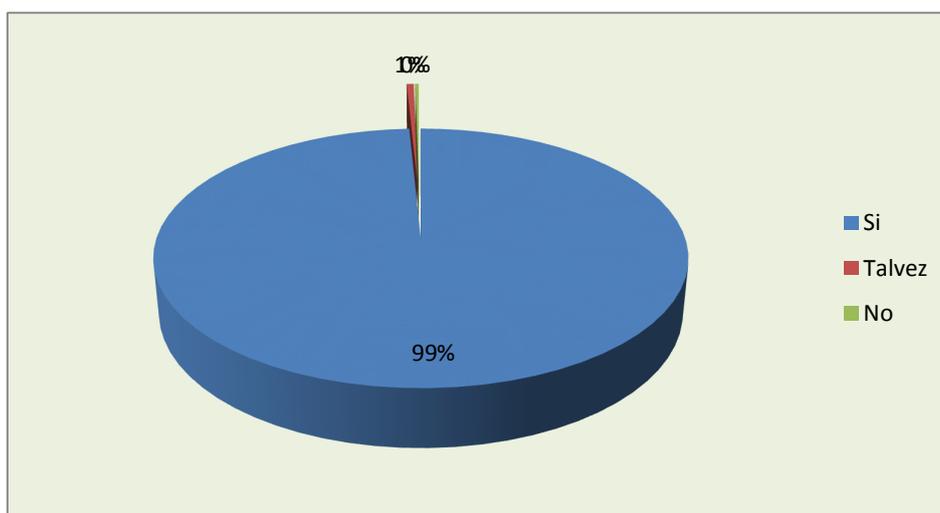
7. ¿Piensa usted que con esta actividad los habitantes de la Isla Puná puedan sacar provecho comercializando sus productos a los turistas que visiten la parroquia?

**Tabla 23 Provecho de comercialización de productos de la Isla Puná**

	<b>Frecuencia Absoluta</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>
Si	375	99%
Talvez	2	1%
No	1	0%
<b>Total</b>	<b>378</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

**Gráfico 16 Provecho de comercialización de productos de la Isla Puná**



**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

Se determinó que al realizar el proyecto y este ya se encuentre en funcionamiento lleguen turistas por lo cual habitantes de la Isla Puná puedan comercializar sus productos donde se encuentran clasificados por mariscos tales como la jaiba, la michulla, ostión, mejillones, coco, y carbón que es uno de los mejores del sector. Por ende con el 99% informaron que si sería provechoso para los habitantes de este sector que también pertenecen a la parroquia Posorja.

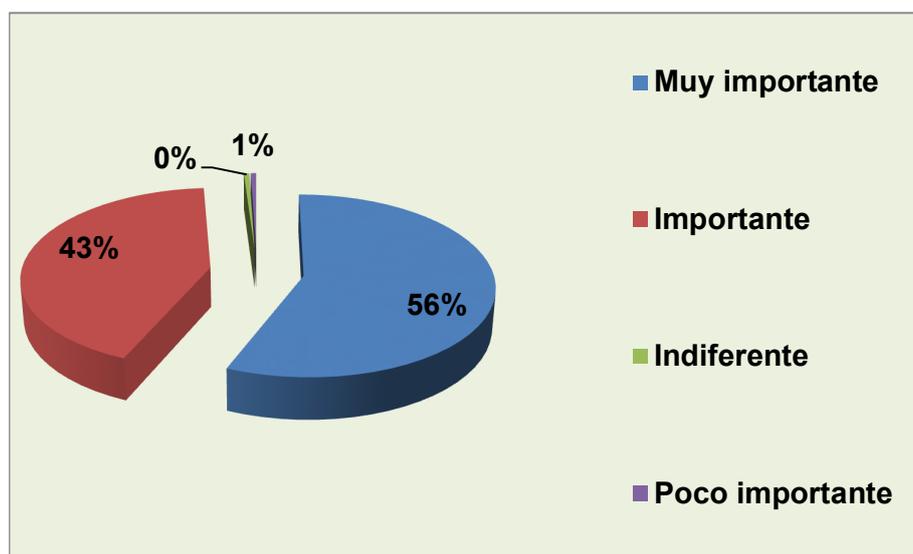
8. Al existir el puerto de aguas profundas ¿Cómo considera la producción de productos autóctonos de la parroquia?

**Tabla 24 Producción de productos autóctonos de la parroquia**

	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Muy importante	213	56%
Importante	161	43%
Indiferente	2	1%
Poco importante	2	1%
<b>Total</b>	<b>378</b>	<b>100%</b>

Fuente: Investigación  
Elaborado por: El autor

**Gráfico 17 Producción de productos autóctonos de la parroquia**



Fuente: Investigación  
Elaborado por: El autor

A la vez como se fomentaría la comercialización de productos de la isla Puná, el 56% los habitantes de la parroquia Posorja considera muy importante que se debe producir productos autóctonos de la parroquia para su comercialización a los quienes visiten el lugar, dichos productos son las hamacas elaboradas de diferentes materiales, adornos con la estopa del coco y el ofrecimiento de muchos platos típicos del sector.

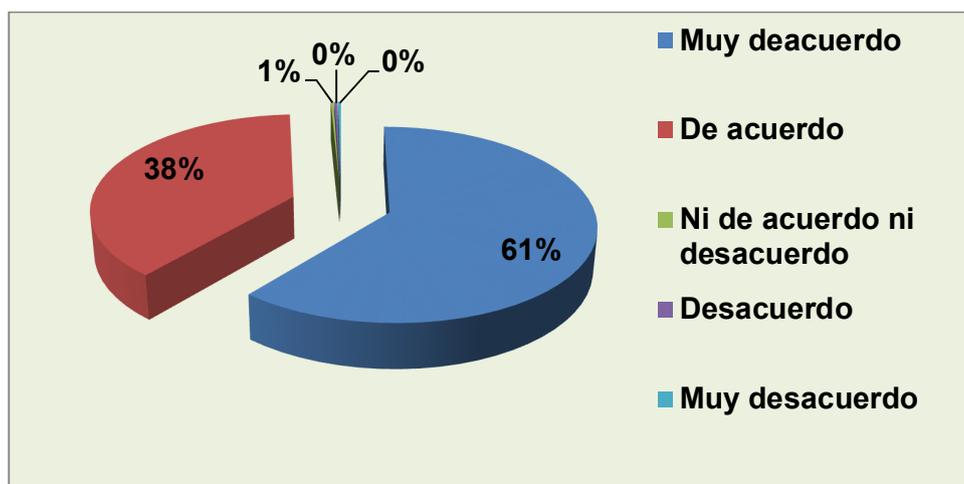
9. ¿Considera que el turismo de Varadero Posorja sea provechoso gracias a la creación del puerto de agua profunda?

**Tabla 25 Turismo de varadero de Posorja**

	<b>Frecuencia Absoluta</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>
Muy de acuerdo	231	61%
De acuerdo	144	38%
Ni de acuerdo ni desacuerdo	1	0%
Desacuerdo	1	0%
Muy desacuerdo	1	0%
<b>Total</b>	<b>378</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

**Gráfico 18 Turismo de varadero de Posorja**



**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

De acuerdo a los obras que ha realizado las autoridades correspondientes del sector para fomentar turismo en este balneario turístico que pertenece a la parroquia Posorja se identifica con un 61% que está de acuerdo en que a través de la creación del puerto de aguas profunda este lugar saque provecho y tenga una alta demanda de turistas que deseen visitar con más frecuencia el sitio, para quienes se sientan atraídos por éste como una atracción de ingeniería, tal como sucede con el conocido Canal de Panamá.

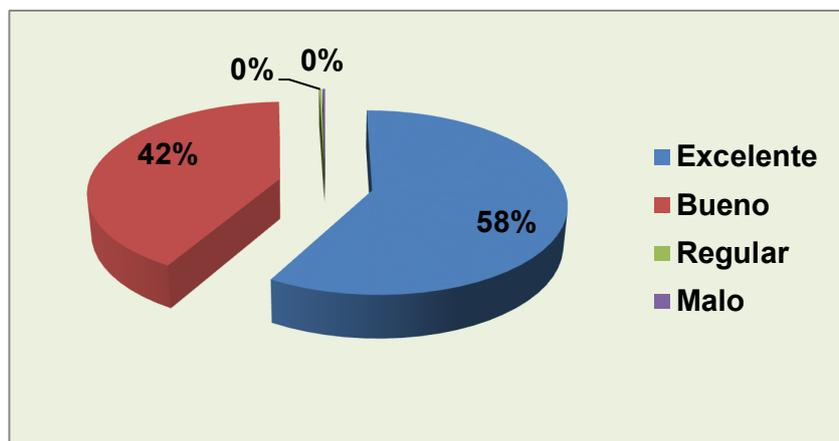
**10. ¿Cómo califica la creación de este proyecto en la Parroquia Posorja?**

**Tabla 26 Calificación del proyecto**

	<b>Frecuencia Absoluta</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>
Excelente	220	58%
Bueno	156	41%
Regular	1	0%
Malo	1	0%
<b>Total</b>	<b>378</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

**Gráfico 194 Calificación del proyecto**



**Fuente:** Investigación  
**Elaborado por:** El autor

Los habitantes de la parroquia Posorja al momento de conocer desde hace muchos años atrás se dio inicio a proyectos orientados al diseño de un puerto de aguas profundas mencionaron inmediatamente sus beneficios que serían aprovechados a través de esta actividad. Por ende, al realizar la pregunta de calificación de este proyecto se identificó un 58% ser una propuesta excelente seguido del 42% que menciono ser un buen proyecto debido a todos sus beneficios que traería consigo a este lugar conocido como puerto pesquero.



## **CAPÍTULO IV**

### **4. LA PROPUESTA**

#### **4.1. Introducción y propósito**

El presente proyecto se encuentra orientado a establecer el predimensionamiento geométrico de un puerto de aguas profundas para su construcción en la parroquia Posorja. Considerando que los puertos cumplen cuatro funciones importantes para el desarrollo económico y social de las naciones, en este caso intervienen las siguientes:

- a) Administrativa (asegurando que los intereses legales, socio-políticos y económicos del Estado y autoridades internacionales marítimas están protegidas),
- b) Desarrollo (los puertos son considerados como uno de los principales promotores de la economía de un país puesto que cumplen un papel importante en los procesos de comercialización internacional así como también de la integración regional e incluso hacia un mercado más amplio),
- c) Industrial (las principales industrias realizan las transferencias de mercancías importadas o exportadas en un puerto),
- d) Comercial (los puertos son puntos internacionales de conexiones comerciales donde confluyen varios modos de intercambio de transporte; y tránsito de mercancías).

Pese a que en el Ecuador existen puertos que integran el sistema de puertos internacionales, existe la necesidad de establecer un plan estratégico para un nuevo puerto que se ajuste a los requerimientos dimensionales de las categorías de buques de mayor tamaño, tales como los Post- Panamax, considerando que dichos cambios y avances en la transportación marítima han sido la causa también de la necesidad de ampliar otros puertos a nivel internacional, así también como es el caso de la ampliación del Canal de Panamá.

Por otro lado, es preciso destacar que los puertos más activos son impugnados por varios puertos de todo el mundo, ya que todavía no hay medios estandarizados de evaluación de desempeño de los puertos y el tráfico. Sin embargo, factores clave que se describirán en el proyecto, consideran además de la infraestructura y los requerimientos en cuanto a equipamientos y adecuaciones, los siguientes puntos: El primero basado su medida en tonelaje de carga manejada (peso total de las mercancías cargadas y descargadas), mientras que el segundo en términos de tonelaje manejado de envío (volumen total de buques manejados).

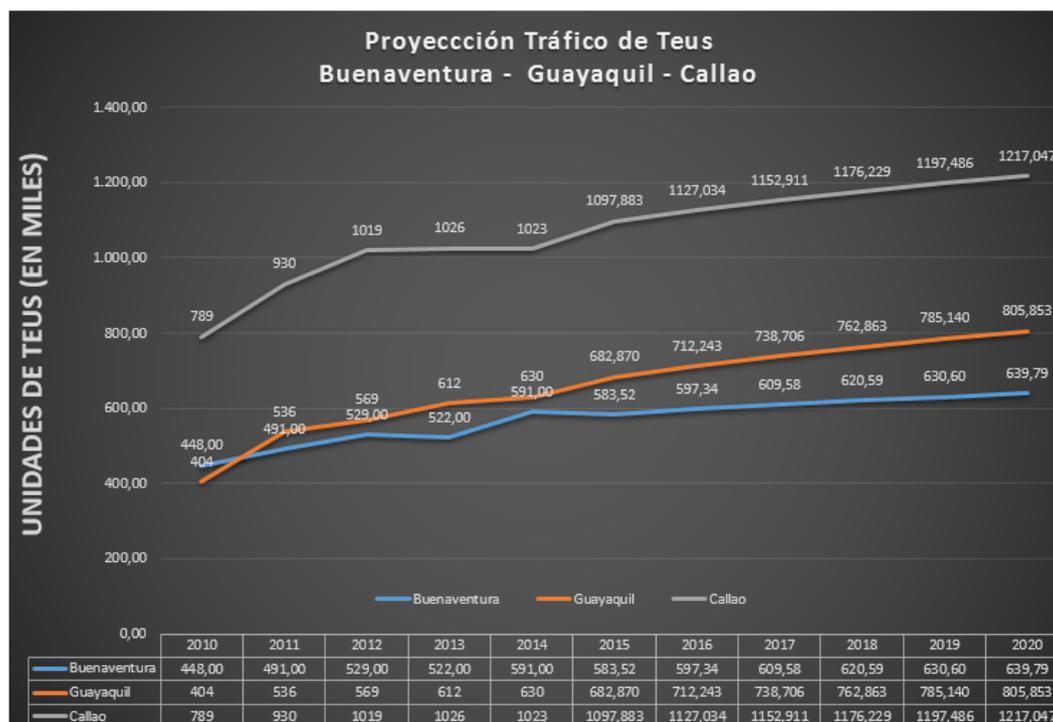
Adicionalmente, existen otros factores a ser considerados. Se debe realizar un Estudio de Impacto Ambiental, para ello se debe tomar en cuenta el medio físico donde se desarrollará el proyecto, como por ejemplo el clima, las mareas, la calidad del agua. También se debe realizar la descripción del medio biótico y del entorno socioeconómico. Entre las consideraciones técnicas se debe presentar una directriz técnica aplicable a las licitaciones portuarias y toda obra en la que el mar tenga influencia. Se debe también cumplir las Especificaciones Técnicas Especiales. De acuerdo al Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, el costo de la construcción de esta terminal de aguas profundas demandaría una inversión aproximada de \$400 millones. Actualmente, el Gobierno ha propuesto la licitación del mismo a través del sistema de subasta suizo.

#### **4.2. Diseño del puerto de aguas profundas**

Se considera que los puertos marítimos normalmente incluyen los muelles y la infraestructura adyacente o estación adecuada para la carga de mercancías y embarque de personas, donde además se deben establecer las áreas destinadas para que los buques se alojen y se manejen las cargas, es decir, se desarrolle los procesos de carga y descarga, para lo cual se incluyen estructuras como embarcaderos o muelles, y en algunos casos rompeolas. Además se considera un área para almacenar los contenedores, construcción atracaderos, construcción de oficinas administrativas, área de bodegas de equipos, área para el personal.

La propuesta para este proyecto consiste en un área total de 75 hectáreas, con cinco atracaderos y un total de 1750 metros lineales, contando con un calado de 14 metros.

**Gráfico 20 Proyección de tráfico de TEUS en puerto de Buenaventura, Guayaquil y Callao**



**Tabla 27. Cuadro Comparativo de Tráfico de Teus**

<b>Cuadro comparativo tráfico de Teus</b>				
<b>Puertos</b>	<b>2014</b>	<b>2020</b>	<b>Estimacion en porcentajes</b>	<b>Numero de Teus Puerto Posorja</b>
<b>Buenaventura</b>	591.000,00	639.790,00	30,00%	191.937,00
<b>Guayaquil</b>	630.000,00	805.853,00	30,00%	241.755,90
<b>Callao</b>	1.023.000,00	1.217.047,00	30,00%	365.114,10
				<b>798.807,00</b>

En base a los puertos cercanos de Guayaquil, Buenaventura y Callao se ha realizado una proyección al año 2020 sobre el tráfico de TEUS a manejar. Sobre estos valores se estima que Posorja recibirá el 30% de cada uno de

ellos, debido a las mejores condiciones operativas que brindará. Por ende, este puerto debe estar preparado para recibir cerca de 800,000 TEUS para el año 2020.

Para este efecto, se requiere que la ejecución del proyecto se lleve a cabo en dos fases, según los siguientes cálculos realizados.

#### **Cálculos de capacidad de grúas:**

- Grúas: disponible 16 horas / día (dos turnos), 250 días / año
- Máxima capacidad de las grúas moderna = 35 movimientos / hora
- Capacidad Sostenible = 80% de la capacidad máxima

#### *Ejercicio:*

- 1 grúas a máximo de 4.000 horas / año = 4.000 horas de grúa.
- 80% = 3.200 horas de grúa sostenibles
- La productividad máxima de la grúa de 35 contenedores por hora
- 80% = 28 cont. / Hr x 1,54 TEU / envase = 43 TEU / hr
- La capacidad de la grúa =  $43 \times 3,200 = 137,600$  TEU / año

#### **Cálculo para la descarga de Teus en Posorja**

- Capacidad a recibir en el año 2020: 800,000 Teus aprox.
- Capacidad de recepción por grúa: 138,000 Teus/año.
- Cálculo:  $800,000 / 138,000 = 5,8$  Grúas

Es necesario para abarcar el requerimiento del puerto de Posorja en el año 2020, la instalación de 6 grúas para contenedores tipo Post-Panamax.

#### **Cálculo para Patio de Contenedores**

#### *Puntos importantes:*

- Un puerto puede descargar y cargar 200% de un buque de capacidad.

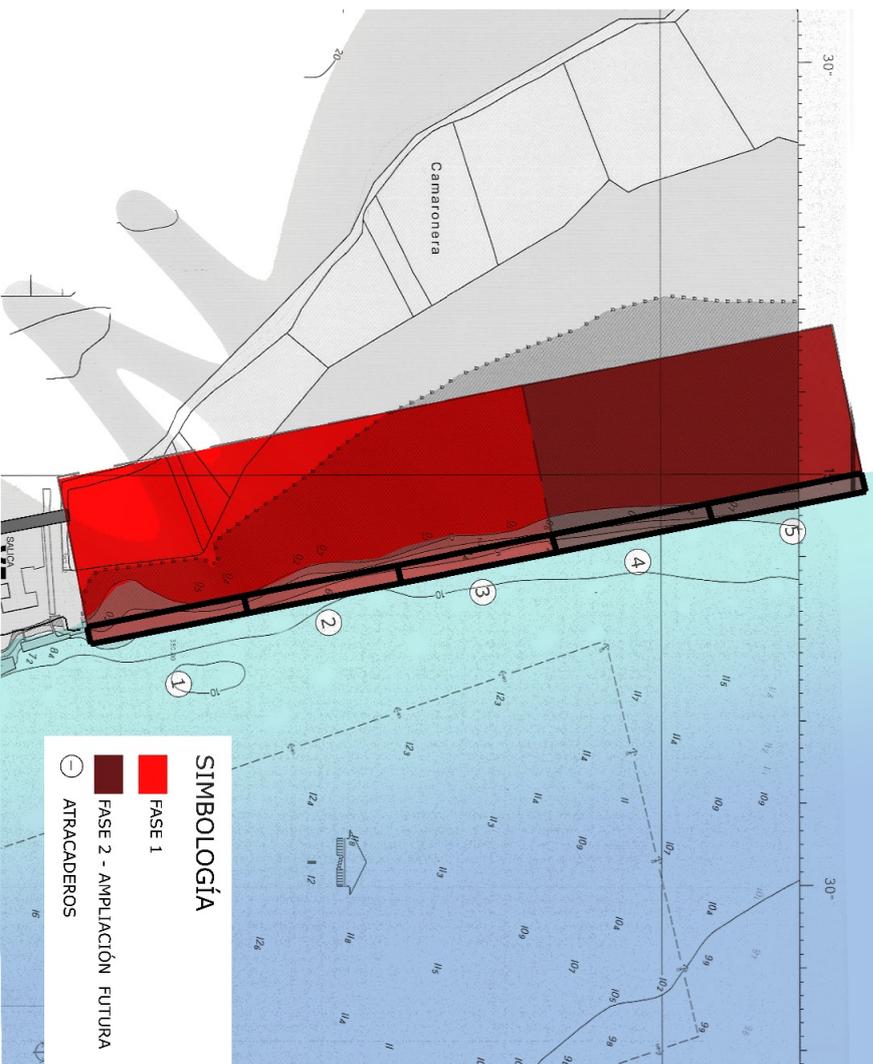
- Teus: 800,000 al año. (Puerto de Posorja)
- Medida Teus: 6.1 m. largo x 2.4 m. ancho x 2.6 m. altura.
- Área base Teus: 14,64 m<sup>2</sup>
- Altura máxima de Teus: 5 unidades
- Factor de reutilización de espacios: 20 veces al año

*Ejercicio:*

- $800,000 \times 14,64 \text{ m}^2 = 11,712,000 \text{ m}^2$
- $11,712,000 \text{ m}^2 / 10,000 \text{ ha} = 1,171.2 \text{ ha}$
- $1,171.2 \text{ ha} / 5 \text{ contenedores} = 234.24 \text{ ha}$
- $234.24 \text{ ha} \times 2 = 468.48 \text{ ha}$
- $468.48 \text{ ha} / 20 = 23.42 \text{ ha}$

La primera fase en donde se incluirán todos los aspectos previos necesarios para la adecuación física de la zona en la que se construirá el puerto y la segunda para la ampliación del área a futuro que proporcione a su vez una mayor capacidad de manejo de buques y cargas. Por lo tanto, a continuación se presenta el plano general del proyecto, donde se muestran las áreas que serán consideradas. Posteriormente, se describirán los procesos que se ejecutarán dentro de cada fase:

**Gráfico 21 Predimensionamiento del puerto de aguas profundas en Posorja**



#### 4.2.1. Fase 1

En la primera fase se contempla la preparación técnica del área, esto incluye el proceso de dragado, relleno (se hará uso del material obtenido del dragado), la construcción de los muelles, las adecuaciones requeridas para la infraestructura, construcción de los atracaderos 1, 2 y 3; además de la determinación de los equipamientos requeridos para el futuro funcionamiento del mismo.

##### 1. Proceso de construcción del muelle

Se procederá a iniciar la construcción del muelle, por lo tanto, a continuación se detallarán los principales parámetros a considerar, las dimensiones y las etapas en las que se edificará el mismo en la zona que haya sido destinada para el puerto de Posorja.

Previa a la construcción, se deberá tomar en consideración que cada atracadero tiene 350 metros de largo. Esto se ha considerado para poder recibir buques Post-Panamax, que los más grandes tienen 290 m de eslora. Por cada atracadero, se debe considerar un área de 150,000.00 m<sup>2</sup> (15 hectáreas) para el patio de almacenamiento de los contenedores, área de maniobras, construcción del edificio administrativo, área de talleres, área de bodegas de equipos y construcción de infraestructura necesaria. Como cada atracadero tiene 350 metros de largo, el ancho mínimo debe ser de 428.57 metros, para cumplir con el área recomendada por Alonzo Def. Quinn.

**Tabla 28. Cuadro Comparativo de Areas para Fase 1**

<b>Cuadro comparativo areas (Quinn,2010)</b>		
<b>Puertos</b>	<b>%</b>	<b>Fase 1 (45 ha)</b>
<b>Patio contenedores</b>	<b>73,00%</b>	32,85
<b>Muelle de atraque</b>	<b>8,00%</b>	3,60
<b>Edificio oficinas consolidacion de carga</b>	<b>5,00%</b>	2,25
<b>Instalaciones mantenimiento</b>	<b>3,00%</b>	1,35
<b>Caminos de acceso y distribucion de contenedores</b>	<b>11,00%</b>	4,95
		45,00

El puerto de Posorja tiene una necesidad de 24 ha aproximadamente para el patio de almacenamiento de contenedores. Según experiencias previas, el

área para el patio de contenedores es de 33 ha, que multiplicadas por el 80% de factor de capacidad sostenible da un total 26.4 ha. Comparando este valor con las 24 ha determinadas en los cálculos realizados, el área está dentro de los rangos permitidos.

Partiendo de los parámetros antes mencionados, se llevaron a cabo los siguientes pasos en el proceso de diseño:

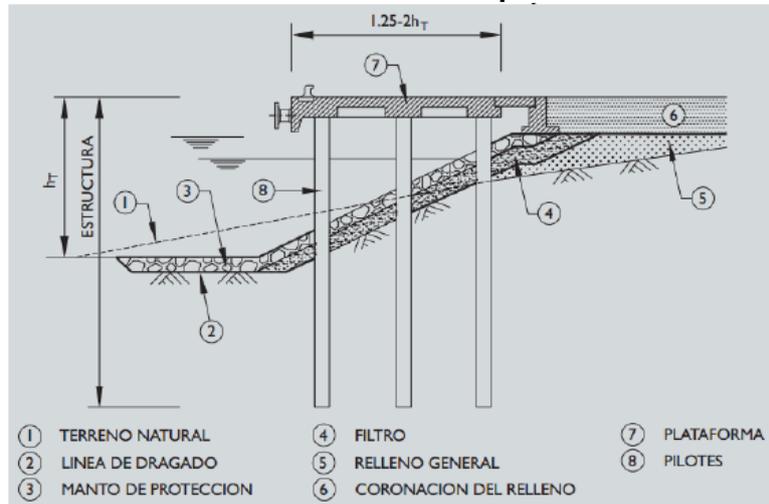
1. Revisar los documentos de diseño y construcción para la instalación original.
2. Evaluar la información geotécnica que existe en la zona.
3. Determinar los aspectos geotécnicos críticos para la idoneidad relativa a corto plazo y el rendimiento a largo plazo.
4. Recopilar información geotécnica adicional, incluyendo perforaciones, análisis de suelo y/o sondeos con dilatómetros de resistencia in-situ y análisis de la deformación.
5. Realizar el análisis detallado para determinar la ubicación óptima y el tamaño de la abrazaderas y/o el sistema de pila rey.
6. Realizar análisis de estabilidad de taludes para garantizar la estabilidad global de la estructura del muelle.

Sobre la base de las condiciones reales de campo y los medios preferidos del contratista y métodos de construcción dados en las especificaciones técnicas, la determinación de los aspectos geotécnicos crítico, se aplica bajo consideración para situaciones en que la estabilidad de los taludes de la zona puede estar comprometida y para esto se recomienda utilizar sistemas estabilizadores como tablestacas. Un análisis detallado en conjunción con la pendiente de un análisis de estabilidad dictará la combinación o el proceso más adecuado dentro de las opciones de construcción de los muelles.

En este caso, considerando que las condiciones de los muelles requiere de grandes calados, que se ajusten a las dimensiones de los buques, se

determina la construcción de un muelle paralelo a la costa. Este va acorde al modelo de las corrientes que se producen en la zona.

**Gráfico 22 Muelle de pilotes**



**Fuente:** (González, Tipos y funciones de las obras de atraque y amarre, 2013)

Dicha construcción consistirá en varias etapas, las mismas que se resumen tal como se indica a continuación:

- Etapa 1: Construir un nuevo muro en combinación con el sistema de pila rey en frente de la pantalla de pilotes que se deberán implementar. Conexión de los anclajes a la pared combinada.
- Etapa 2: Dragar para bajar la línea de lodo a la profundidad de -12.2 metros (-40 pies) MLWL. Construir la berma rip rap con los materiales pertinentes.
- Etapa 3: Construir la losa. Rellenar y construir la plataforma. Instalar los rieles de la grúa y el pavimento.

Hubo la necesidad de una investigación geotécnica para determinar las propiedades in situ del suelo llano costero existente en la zona prevista de la construcción del puerto de aguas profundas en Posorja. El propósito de este estudio fue proporcionar parámetros geotécnicos para su posterior utilización en el análisis y el diseño de la pared de tablestacas, el valor retenido de anclas y los pilotes cargados lateralmente.

Para lograr esto, se consideraron los siguientes parámetros: Estudios de suelo, perforaciones in situ, utilización de dilatómetro (DMT) para los sondeos que se realizarán en el área de estudio por debajo de la superficie del terreno existente, a fin de evaluar las propiedades in situ en la zona de los anclajes. Además, se analizarán los resultados de las perforaciones de análisis de suelo desde exploraciones anteriores que servirán de ayuda para revisar las correlaciones.

Debido a la amplia variación en los puntos del suelo in situ y la presencia de capas de suelo arenoso, se llevarán a cabo pruebas de campo para confirmar los parámetros de diseño. Las pruebas de campo confirmarán los parámetros calculados utilizados en el diseño, y los resultados pueden ser utilizados para eliminar el exceso de conservadurismo del diseño.

### **Diseño de las defensas**

Para la obra del puerto de aguas profundas en el cantón Posorja las defensas son el punto de encuentro tanto para el barco como para el puerto, generando protección tanto para los buques y para los muelles. Por lo general los sistemas de protección utilizan elastómeros y espuma de aire que absorbe la fuerza que generan los buques al atracar en los muelles.

Es importante que se tome en consideración la experiencia amplia en procesos de construcción de defensas, ya que de esta manera se podrá asegurar que la construcción de estas defensas serán resistentes y seguras para la actividad portuaria en sí, además se debe asegurar que el mantenimiento de las defensas debe representar costes bajos en beneficio del proyecto portuario.

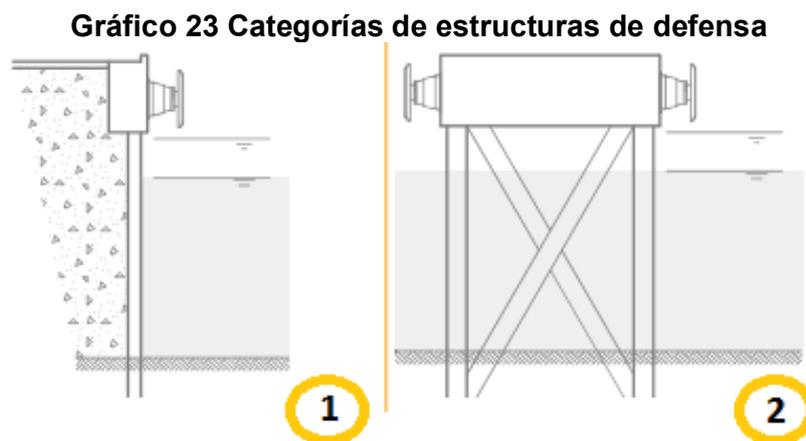
### **Proceso de diseño**

Cuando se da inicio a obras que permitirán realizar una actividad específica, se debe tener en cuenta muchos factores. En este caso el Ingeniero encargado tiene la responsabilidad de conocer previamente las dimensiones de las defensas a construirse para el puerto, el clima con el que tendrá que lidiar y la maquinaria a emplearse en cada proceso de construcción, esperando a que se

empleen las herramientas adecuadas que permitan evitar a futuro catástrofes que resultarían perjudiciales para el operador y todo el equipo de trabajo.

- **Estructuras:**

Por lo general al construirse las defensas, estas se montaran sobre estructuras de atraque, las cuáles van a ser construidas y con el tiempo debido al uso serán restauradas, sin embargo, existen dos tipos de estructuras como bases de las defensas; y estas son las Macizas que tienen la capacidad de soportar reacciones fuertes tanto del clima como de los buques que llegarán al puerto, mientras que las estructuras de Carga crítica por lo general soportan menos fuerzas generadas tanto de factores climáticos como los esfuerzos generados por el atraque de los buques. A continuación se muestra en gráfico las características del diseño cada tipo de estructuras de defensas:



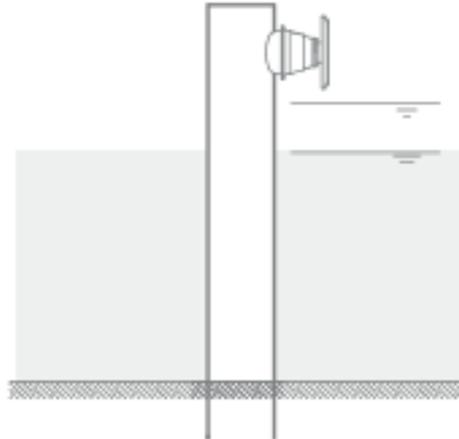
**Fuente:** (Terex, 2014)

- 1) Las estructuras Macizas se construyen tanto en bloques como en pilotes empleando hormigón armado, garantizan ser muy resistentes, sin embargo resultan ser poco prácticas en puertos de aguas profundas.
- 2) Las estructuras de Carga crítica por lo general presentan diseños de acuerdo a los muelles que están suspendidos.

Además se consideran los postes de amarre y monopilotes, los cuáles brindan un área limitada para artículos de defensas y cadenas contribuyendo así a la energía total. Vale acotar que los atraques pueden diferenciarse tanto en

embarcaderos o muelles continuos y no continuos, denominados generalmente como duques de alba. Estos duques de alba a su vez presentan características rígidas con estructuras inclinadas. Un claro ejemplo de duques de alba son los postes de amarres, como el que se presente a continuación:

**Gráfico 24 Postes de amarre y monopilotes**



**Fuente:** (Terex, 2014)

Las defensas para el puerto de aguas profundas disponen de características diferenciadas para los diversos tamaños y tipo de barcos que ingresaran al puerto, por ello a continuación se procederá a mostrar un gráfico donde se especifica las características de los barcos tanto de comercio como de crucero, que deben considerarse al momento de diseñar las defensas. Influye mucho el calado y desplazamiento que realicen los buques, ya que esto se tomará en consideración durante el proceso de diseño de las defensas.

### Gráfico 25 Dimensiones de los barcos

Eslora total	<ul style="list-style-type: none"><li>• Longitud máxima del barco que define el tamaño de muelle o dique seco necesaria. Algunas veces referida como "L".</li></ul>
Eslora entre perpendiculares	<ul style="list-style-type: none"><li>• Longitud entre el pivote del timón y la intersección de la proa con la línea de fotación. Esto no es igual la longitud en la línea de fotación aunque ambas son confundidas a menudo.</li></ul>
Manga (o anchura)	<ul style="list-style-type: none"><li>• El ancho del barco, usualmente en el centro del barco. Las dimensiones de la manga de algunas fuentes pueden incluir cinturones pero esto no es relevante para los cálculos de energía de atraque.</li></ul>
Calado de carga	<ul style="list-style-type: none"><li>• El calado de carga usualmente es el calado máximo de verano para buenas condiciones de operación. Los barcos operarán con este calado o menor dependiendo de la cantidad de carga.</li></ul>
Calado de lastre	<ul style="list-style-type: none"><li>• El calado de navegación mínimo cuando un barco está descargado y navegando en condiciones de lastre. Considerado usualmente solo para barcos petroleros, a granel, barcos de carga y portacontenedores. El calado de lastre para barcos petroleros, a granel y portacontenedores se estima como <math>DB \approx 2 + 0.02 \text{ Eslora total del Barco (LOA)}</math>.</li></ul>

<p>Lastre de escantillón (no se muestra)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es el calado máximo permitido para un barco. Raramente usado para el diseño de la defensa.</li> </ul>
<p>Francobordo de carga</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El francobordo de la parte central del barco correspondiente al calado de carga (<math>D_L</math>).</li> </ul>
<p>Francobordo de lastre</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El francobordo de la parte central del barco correspondiente al calado de lastre (<math>D_g</math>).</li> </ul>
<p>Espacio libre bajo la quilla</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La profundidad del agua debajo del casco del barco (quilla). Se deberá considerar el efecto de lastre o carga, la marea alta o baja para determinar el peor caso de diseño.</li> </ul>
<p>Radio de proa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El radio teórico de la proa del barco en un plano horizontal coincidiendo aproximadamente con el nivel de la defensa. El radio a veces se toma como una constante para efectos del diseño de la defensa pero en la práctica puede variar de acuerdo con el calado del barco.</li> </ul>
<p>Distancia de la proa a impacto</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede variar de acuerdo con el perfil del barco ángulo de atraque, etc.</li> <li>• Esta distancia se le denomina comúnmente como cuarta parte (<math>x = 0.25LOA</math>), quinta parte (<math>x = 0.2LOA</math>) etc., medido desde la proa (o popa). Véase "Coeficiente de excentricidad" para más detalles.</li> </ul>
<p>Impacto a centro de masas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta dimensión se utiliza cuando se determina el Coeficiente de excentricidad. <math>C</math> que el centro de masa se encuentra en la parte central del barco (<math>LOA/2</math>) pero pudiera estar a 5~10% de la popa de la parte central del barco, para barcos de petróleo, a granel o de carga en lastre por la popa.</li> </ul>

**Fuente:** (Terex, 2014)  
**Elaborado por:** El autor

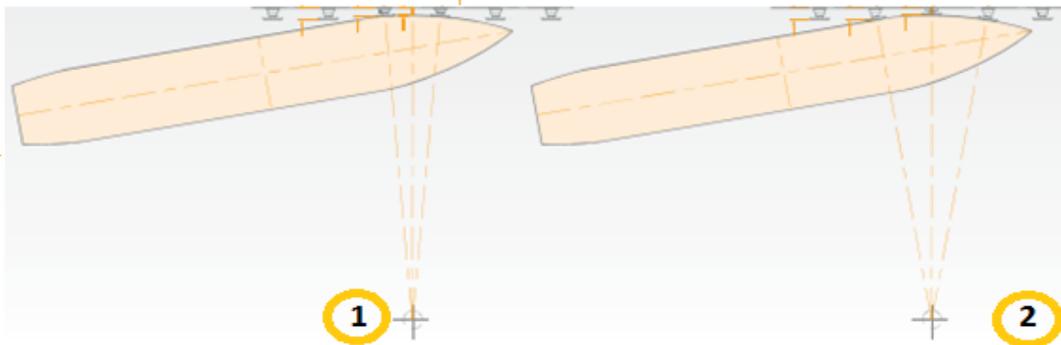
## Capacidad de Energía

Las defensas del puerto deben poder absorber la fuerza que genera el atraque de forma no calculada producida por los buques y barcos en general. Por ello es de suma importancia el que se tome mucho en cuenta la tolerancia de las defensas ante eventos de temperatura, fuerza de los buques y esfuerzos de compresión. En cuanto a las aplicaciones, las defensas para este puerto de aguas profundas son un activo más, que le generará realizar operaciones sin novedades que puedan perjudicar a largo plazo las actividades.

Las defensas pueden estar construidas ya sea por un conjunto de sistemas que puedan moverse de forma unificada ante el impacto que se produce por el atraque. Por lo tanto, se debe tomar mucho en consideración el radio de la proa del buque, así como el ángulo del abanico de proa y del atraque para elegir la defensa adecuada.

Influye mucho del radio de la proa y del espacio existente entre las defensas y los buques cuando están atracando. A continuación se procede a explicar el siguiente gráfico:

**Gráfico 26 Contacto en múltiples defensas**



**Fuente:** (Terex, 2014)

- 1) Cuando existe contacto uniforme a la defensa, la energía se divide entre dos defensas.
- 2) Cuando no existe un contacto uniforme a la defensa, esta es absorbida por solo una defensa.

Cuando se construyen dolphins y defensas de extremo, se debe tener en consideración diseñar un ángulo de comprensión de la defensa similar al ángulo que generan los buques durante el atraque.

## Momento de flexión

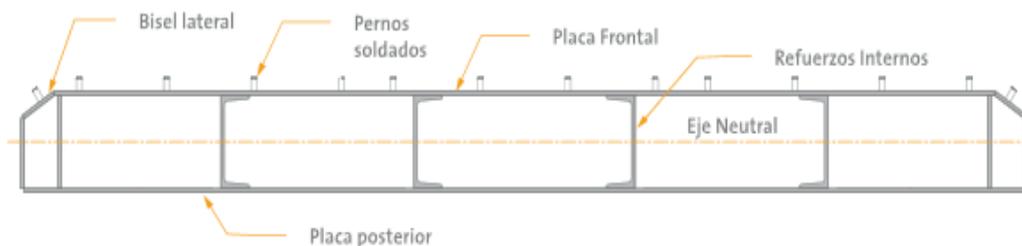
Por lo general los paneles para las defensas se diseñan con el objetivo de que distribuyan energía que generan los buques con sus cascos, ya que al momento que estos ingresan al puerto, hacen por lo general contacto con los paneles de las defensas, lo que da lugar a la flexión en la parte exterior del panel.

## Construcción del panel

Para este puerto de aguas profundas, los paneles de las defensas a construirse serán del modelo denominado “caja cerrada”, debido a que resisten mucho más, y el mantenimiento resulta más eficiente ya que de generará poca inversión en cuanto a pintura. Sin embargo para asegurar la eficiencia de estos paneles, es importante probarlos aplicándoles presión, con lo cual se verificará si están o no sellados a agentes externos como el agua y el entorno en general.

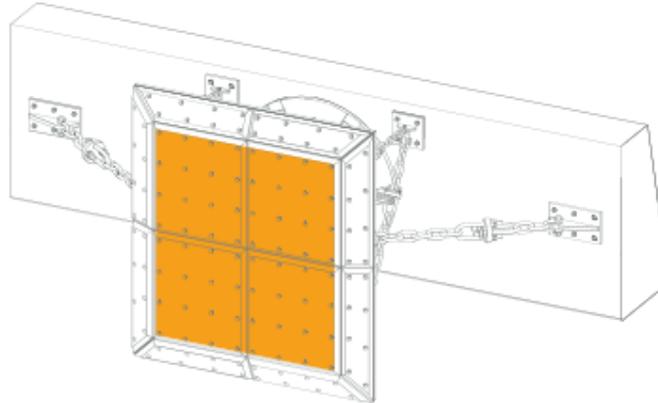
Los paneles por lo general en este caso se estructuran por refuerzos ubicados de forma vertical, los cuales deberán ser completamente de acero en placas. Dependerá mucho tanto el grosor, tamaño y tipo de los paneles así como de los factores que se evidencien en el lugar a construirse el puerto, en este caso el cantón Posorja.

**Gráfico 275 Diseño del panel**



**Fuente:** (Terex, 2014)

### Gráfico 286 Infraestructura y ubicación de los paneles

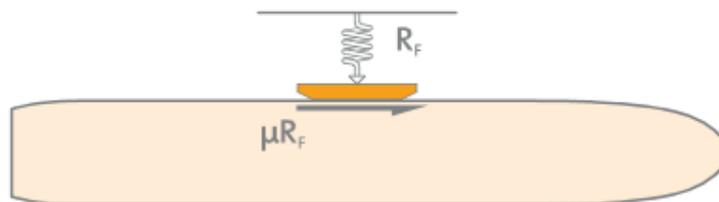


**Fuente:** (Terex, 2014)

Al momento de diseñar el panel se tendrá sumo cuidado, ya que se deberá determinar hasta cuanta energía generada tanto por buques como barcos pueden resistir, esto conforme al francobordo de los buques y mareas, garantizando que no se excederá la fuerza permisible de los buques. Para tener su forma cuadrada, pasan por un proceso de moldeo con la técnica de sinterización de polímeros, para posteriormente aplanarlos, cortarlos y perforarlos según los requerimientos de la placa.

Para fijar estas placas, bastará fijarlos con pernos previamente soldados, estas láminas son de UHMW-PE, con una característica estándar para condiciones extremas.

### Gráfico 29 Placas de fricción



**Fuente:** (Terex, 2014)

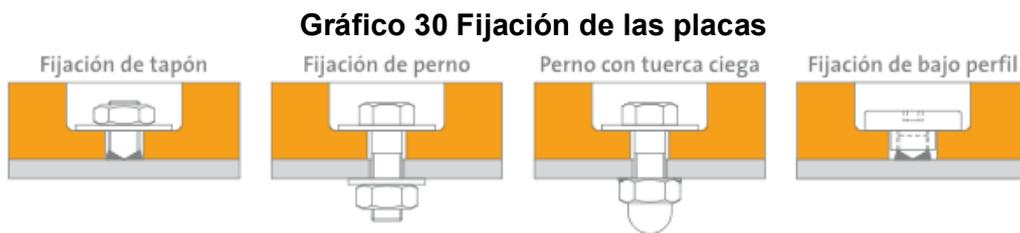
Una buena defensa debe contar con un buen sistema de fricción, debido a que los barcos que llegan al puerto constantemente generan movimientos direccionados hacia las defensas. Sin embargo, estos serán mínimos, pero de

no contarse con una fricción adecuada afectaría la estructura general de la defensa y el puerto en sí.

### **Placas de baja fricción**

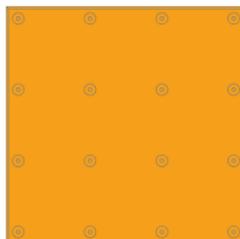
Estas placas se podrán reemplazar y ajustar correctamente a los paneles para las defensas. La función de estas placas es ofrecerles mayor protección a los paneles, no se desgastan fácilmente; y al contar con una superficie de baja fricción prevendrán daños que puedan ocasionar los buques o barcos al ingresar al puerto.

Para fijar estas placas de UHMW-PE, se debe iniciar adhiriendo la parte frontal de la placa de modos diversos, teniendo en cuenta el tipo de panel, será necesario emplear tuercas ciegas y pernos del panel tipo “caja cerrada”, como se puede observar a continuación en el siguiente gráfico:



El color de las placas es un asunto relevante, ya que en este caso se busca que los paneles sean visibles para los buques al ingresar al puerto de aguas profundas, por ello en este caso los paneles a emplearse serán de color amarillo, que fácilmente resaltarán sobre los paneles. Las placas a emplearse en este proyecto serán de tamaño grande, lo que significará que requerirá de muchas fijaciones, sin embargo estas durarán mucho más tiempo.

### **Gráfico 31 Placas de tamaño grande**

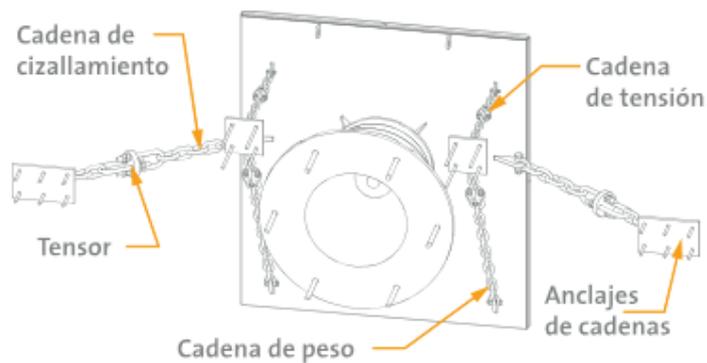


**Fuente:** (Terex, 2014)

### Diseño de las cadenas

Las cadenas a instalarse controlaran la geometría de la defensa cuando se genere un impacto ya sea de los buques o barcos, evitando bruscos movimiento para el panel, además en paneles largos ayudarán a soportar su peso evitando su caída o desprendimiento, incrementando las flexiones tanto del caucho y absorbiendo la energía durante impactos menores.

**Gráfico 32 Diseño de las cadenas**



**Fuente:** (Terex, 2014)

### Diseño de los anclajes

Los anclajes se adecuaran respectivamente a las estructuras, lo esencial de estos anclajes es que muestren resistencia completa al igual que la cadena, estos anclajes rotaran de manera independiente a la cadena gracias a su arco, mientras que el birlo primario (tornillos) será de mayor grosor soportando la dimensión del grillete. Siguiendo con el birlo este se sostendrá gracias a una soldadura que se une justo con la base.

- **Garantía**

Será importante contar con el respectivo soporte y evaluación durante la construcción del puerto y sus áreas adyacentes, lo que asegurará ofrecer el respectivo mantenimiento garantizando que el sistema de defensa para el puerto genere mayor eficiencia y protección.

Por lo general, el tiempo que se ofrece de garantía es de 12 meses, donde se cuenta la instalación. Sin embargo, si se toma en consideración la fecha de embarque se requerirá de un periodo de garantía de un aproximado de 18 meses. Vale acotar que los meses de garantía pueden incrementarse conforme

la petición se realice a través de una solicitud al contratista. En sí, las garantías sobre el rendimiento se habilitan siempre y cuando las respectivas opciones de la evaluación de rendimiento sobre las defensas se hayan realizado adecuadamente. Las garantías pueden generarse incluso para probar las pinturas extendidas sobre el puerto.

En todo proceso de construcción de infraestructuras relevantes y en este caso para la construcción del puerto de aguas profundas, la solicitud de garantías se sujeta a las disposiciones que los operarios decidan. En este caso los operarios deben evaluar la construcción del puerto de manera continua, asegurando el óptimo desarrollo de la obra, ya que al final deberán entregar un conglomerado de informes con fotografías sobre el proceso, y de haberse presentado durante la obra algún inconveniente que la perjudique, solucionarla a tiempo y darle el seguimiento respectivo.

Para la construcción del puerto, a pesar de que existen varias garantías durante el proceso de construcción, es importante mencionar que aspectos no cubren estas garantías:

- Accidentes que dañen la obra.
- Desgaste de la obra a través del tiempo.
- Estética del puerto.
- Daños generados por problemas ambientales con el paso del tiempo.

En caso de querer hacer un reclamo al encargado de la obra, éstos se recibirán siempre y cuando tengan que ver con los materiales empleados (que no sean los adecuados), o fallos que generen los trabajadores durante la construcción de la obra. Corre por cuenta de la empresa contratada para llevar el proceso de garantía arreglar y mejorar los aspectos defectuosos de la obra, recalcando que el monto para compensar el error o daño generado durante la construcción de la obra no podrá ser mayor al de los materiales empleados.

Será importante que para el respectivo proceso de construcción de la obra, a la empresa se le presente un informe detallado minuciosamente, especificando las dimensiones del puerto con el respectivo plano, con lo cual se logre

certificar y constatar dar inicio a la misma, y que no se presentarán retrasos por motivos diversos como el rediseño de una parte del puerto, ya que esto requeriría reevaluar nuevamente todo por parte de la constructora. Será importante que se garantice los materiales a emplearse, el personal certificado que trabajará en la obra, el proceso de construcción y la evaluación minuciosa del proceso de la obra.

## **2. Proceso de dragado**

El dragado de canales de navegación constituye una parte fundamental de la operación portuaria, no obstante, dicho proceso no solo se debe realizar al encontrarse en funcionamiento el puerto de aguas profundas, sino que además se requiere que sea desarrollado previo a su ejecución. Aunque los canales de navegación se declaran en forma natural en las zonas de aguas profundas, lo que permite el paso seguro de los buques, siempre se requerirá del dragado.

Este informe recopila información sobre por qué el dragado debe efectuarse, cómo se desarrollará el proceso de dragado y las regulaciones a las cuales se deberán ajustar los responsables designados para la colocación de material de dragado a fin de proteger los recursos ambientales, de acuerdo con condiciones de aprobación de proyectos del Gobierno. Entre los detalles sobresalientes incluyen:

- El dragado y la colocación de material de dragado estarán sujetos a procesos de aprobación detallados y complejos bajo normativa internacional, mancomunidad y la legislación estatal.
- Cualquier aplicación para colocar el material en el mar deberá ser evaluada de forma integral por los responsables designados, además se deberán evaluar alternativas como la reutilización.
- El material tóxico no podrá ser colocado en el mar. Los esfuerzos rigurosos de selección de sitio y planificación maestra se ejecutarán para asegurar valores ambientales relevantes y los procesos que generen impactos potenciales se entienden correctamente como parte de la planificación de la infraestructura portuaria para la parroquia Posorja,

esto puede ayudar a evitar o reducir al mínimo la necesidad de capital o dragado de mantenimiento.

- La mayoría de los programas de vigilancia involucrarán el monitoreo reactivo durante dragado de modo que, en su caso, las acciones de manejo necesarias (por ejemplo, modificar o cesar el dragado) podrían tomarse a tiempo para prevenir o minimizar los impactos ecológicos.

## **Etapas**

**Paso 1:** Identificar todos los parámetros que podrían ser afectadas potencialmente a nivel de cuerpo de agua por la actividad de dragado o de eliminación propuesta.

Para todas las actividades, el paso 1 consiste en considerar cada parámetro en la lista para identificar todos aquellos elementos en los que un existe posible relación causal. Ahí es donde el estado del agua podría verse afectada a nivel de masa de agua por la propuesta de dragado o la actividad realizada en la zona destinada para la edificación del puerto de aguas profundas en Posorja.

**Paso 2:** Estado actual de registros y objetivo de calidad en la zona de aguas profundas.

La selección de cada elemento de la calidad constituye el siguiente paso para identificar el estado actual y para indicar el nivel de confianza en la evaluación que lleva a esta conclusión. También se deberá considerar el estado óptimo requerido de la masa de agua para la ejecución del proyecto, ya que esto indica si el plan hidrológico de cuenca ya incluye medidas diseñada para mejorar la situación actual del cuerpo de agua.

**Paso 3:** El tercer paso consistirá en proceder a la etapa de evaluación, habiendo establecido el alcance de la misma, es decir, los parámetros en el que se superaron los criterios de activación y/o áreas protegidas.

**Tabla 29 Evaluación de las características del área para el proceso de dragado en Posorja**

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA PARA EL PROCESO DE DRAGADO EN POSORJA		
DMA Parámetro (Elementos de calidad, sustancia específica con prioridad contaminante, Área Protegida)	Identificar los problemas	Objetivos estado actual del expediente y estado esperado
	Seleccionar los elementos de calidad potencialmente afectados en el área. 1	Estado actual Registro de elemento de calidad (incluye nivel de confianza en evaluación). 2A
	Causal potencial de los elementos de calidad afectados en el área.	Estado de la zona de aguas profundas esperado 2B
<b>Elementos biológicos</b>		
El fitoplancton		
Otros elementos de la flora acuática		
La fauna bentónica de invertébrados		
Ictiofauna (transitoria única)		
<b>Elementos hidromorfológicos que afectan a elementos biológicos</b>		
<b>Condiciones morfológicas</b>		
Variación de profundidad		
Canal		
Estructura de la zona intermareal		
<b>Régimen de mareas</b>		
Corrientes dominantes (solo los cuerpos de agua costera)		
Flujo de agua dulce (únicamente las masas de agua de transición)		
Exposición al oleaje		
<b>Elementos químicos y físico-químicos que apoyan elementos biológicos</b>		
Transparencia		
Condiciones térmicas		
Condiciones de oxigenación		
Salinidad		
Condiciones de nutrientes (por ejemplo, nitrógeno)		
<b>Contaminantes específicos</b>		
Arsénico		
Cromo		
Cobre		
Zinc		
PCB (congénere a confirmar por EA y CEFAS)		

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA PARA EL PROCESO DE DRAGADO EN POSORUA**

<p align="center"><b>DMA Parámetro</b> <b>(Elementos de calidad, sustancia específica con prioridad contaminante, Área Protegida)</b></p>	<p align="center"><b>Identificar los problemas</b></p>	<p align="center"><b>Objetivos estado actual del expediente y estado esperado</b></p>		
		<p align="center"><b>Estado actual Registro de elemento de calidad (incluye nivel de confianza en evaluación).</b></p>	<p align="center"><b>Estado de la zona de aguas profundas esperado</b></p>	
<p align="center"><b>Sustancias prioritarias seleccionadas</b></p>	<p align="center"><b>Causal potencial de los elementos de calidad afectados en el área.</b></p>	<p><b>1</b></p>	<p><b>2A</b></p>	<p><b>2B</b></p>
		<p><b>Alto / Buena / Moderado / deficiente / malo. Para elementos ecológicos afectados</b></p>		
Antraceno				
Hexaclorobenceno, hexaclorobutadieno y hexaclorociclohexano				
Éteres Penta bromodifenilo				
El cadmio y sus compuestos				
Fluoranteno				
Plomo y sus compuestos				
El mercurio y sus compuestos (PHS)				
Naftaleno				
Níquel y sus compuestos				
Poliaromáticos hidrocarburos				
(Benzo (a) pireno)				
(Benzo (b) fluoranteno)				
(Benzo (g, h, i) perileno)				
(Benzo (k) fluoranteno)				
(Indeno (1,2,3-cd) pireno) y benzo (g, h, i) perileno)				
Compuestos de tributilestano				
<b>Áreas Protegidas</b>				
Zonas designadas para la protección de especies acuáticas de importancia económica (aguas para cría de moluscos)				
Las masas de agua declaradas aguas recreativas (zona de balneario)				
Áreas sensibles de nutrientes incluyendo nitrato Vulnerable Zona, Aguas contaminadas.				
Las áreas designadas para la protección de hábitats o especies cuando el mantenimiento o la mejora de la situación del agua es un factor importante de su protección, incluidas zonas Especiales de conservación y zonas especiales de protección.				

**Elaborado por: El autor**

### **Consideraciones previas al proceso**

- Necesidad de una mejor comprensión del exceso de dragado.
- Necesidad de discutir el proceso de dragado, cantidades y zona de influencia que se opone a las expectativas no satisfechas.
- Previsiones en error de dragado.

### **Elementos de acción**

- Exigir los documentos de orientación de campo
- Exigir todas las referencias al proceso de dragado en documentos ambientales que deberán ser colocados en las especificaciones.
- Requerir certificación.
- Exigir la coordinación inicial con todas las agencias en el proceso de planificación para hacer frente a las operaciones de dragado

### **Consideraciones generales**

En lo que refiere a las consideraciones generales para el proceso de dragado en la zona de aguas profundas de Posorja donde se implementará el proyecto, se determina lo siguiente:

- Selección de dragado típico.
- Esquema de operación de proceso de dragado: Excavador – Draga flotante.

### **Procedimientos de dragado de mantenimiento**

Los procesos futuros de dragado se deberán ejecutar con el objeto de proporcionar mantenimiento, puesto que esta tarea se requiere con frecuencia para eliminar los sedimentos que han sido transportados por las corrientes de las zonas cercanas y generalmente se acumulan en los canales y atracaderos profundizados artificialmente. Consecuentemente, esto ayudará a mantener las

profundidades designadas de canal a fin de permitir el acceso a los buques de forma segura a los muelles y las conexiones viarias asociadas.

Los programas de dragado de mantenimiento se deberán desarrollar durante diferentes períodos. Dichos trabajos dependerán del tiempo y proceso portuario que se lleve a cabo en Posorja y pueden ser difíciles de predecir. No obstante en lo que se refiere a las frecuencias de dragado habituales y los métodos requeridos dependiendo de las mismas se puede establecer la siguiente estimación para futuro.

**Tabla 30 Estimaciones para el dragado de mantenimiento en el puerto de aguas profundas de Posorja**

Promedio de frecuencias	Equipos
Anual	Excavador - Draga flotante - Equipos personalizado para derivación de la arena
2 años	Draga flotante
2 - 3 años	Excavador - Draga flotante
4 años	Draga flotante
5 años	Draga flotante
5 - 10 años	Draga flotante
7 - 10 años	Draga flotante

**Elaborado por: El autor**

### 3. Construcción de atracaderos

En la primera fase del proyecto se incluye la construcción de los atracaderos 1, 2 y 3; el diseño de los mismos se basará en criterios establecidos por el INOCAR, que presenta el promedio de las bajamares en sicigia (MLWS). Cabe destacar que cada atracadero posee las siguientes dimensiones: 350 metros de largo, el ancho mínimo debe ser de 428.57 metros de acuerdo a los estándares establecidos por Bruun (2010). En cuanto a los buques, se considerarán los que posean las siguientes dimensiones:

**Gráfico 33 Dimensiones de los buques**

Clase	Post Panamax	Panamax	Feeder	Small Feeder
Longitud	305m	290m	215m	200m
Viga	>32,3m	32,3m	30m	23m
Casco	13m	12m	10m	9m

**Fuente:** (Bruun, 2010)

Durante la selección del proyectista se determinará las normas internacionales pertinentes, las mismas que deberán aplicarse para llevar a cabo el diseño de los atracaderos en el puerto de aguas profundas de Posorja. En este caso se reconocen las categorías de normas para obras marítimas, para materiales y otras aplicables.

**Tabla 31 Normas a considerar para construcción de atracadero**

<b>Normas internacionales a considerar para la construcción de atracaderos</b>		
<b>Diseño de obras marítimas</b>	<b>Materiales</b>	<b>Otras normas aplicables</b>
a. "Technical Standards for Ports and Harbours Facilites in Japan" b. Coastal Engineering Manual USA. c. Shore Protection Manual, USA, Tomos I y II d. Seismic Design Guidelines for Port Structures. PIANC e. ROM 2.0-11 f. Serie de manuales del "Departament of the Navy, Navy facilities Engineering Command, USA"	a. Acero Estructural - AISC "Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges" b. Hormigon Armado - American Concrete Institute (ACI). ACI 318 y relacionadas	a. American Association of State of Highway and Traffic Officials (AASHTO) b. American Society for Testing and Material (ASTM)

**Fuente:** (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013)

#### **4. Vías de acceso**

La superficie de la ruta principales la conexión de la puerta de entrada a las instalaciones operativas estratégicas, (dique seco, talleres de fabricación, almacenamiento). Será construida con asfalto con un sistema de drenaje de agua incorporado al borde de las carreteras.

#### **5. Oficinas de muelle**

Estos edificios serán revestidos y techados con doble acristalamiento de ventanas y la pared externa adicional. Además se colorará aislamiento del techo. Internamente, los diseños deberán proporcionar un espacio abierto para

la oficina con techos suspendidos con la iluminación adecuada y servicios de TI en todo.

## **6. Equipamientos requeridos**

Adicionalmente a los trabajos de edificación y adecuación del puerto y las áreas adyacentes, se procede a establecer los equipos necesarios para el funcionamiento del Puerto de Aguas Profundas en Posorja:

- Reach Stackers Modelo TFC 45 marca Terex, con capacidades de carga de contenedores de 20 a 40 pies.
- Empty handlers (Manipuladores).
- Bitas de amarre para su instalación.
- Grúas pórtico para el muelle.
- Grúas pórtico sobre rieles (SC Shuttle Carrier)
- Grúas móviles multipropósito.
- Apiladoras frontales.
- Motoestibadoras para contenedores vacíos.
- Elevadores frontales (Montacargas).
- Camiones de remolque para el patio.

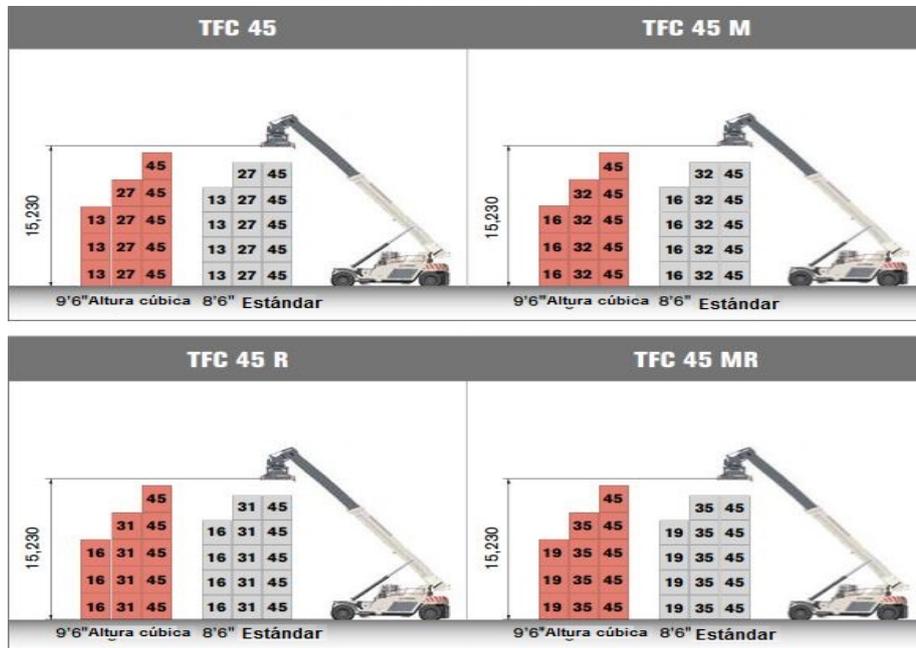
### **A. Reach Stackers**

En lo que se refiere a las actividades de logística y carga entre los equipos requeridos se encuentran los reach stackers, los cuales serán de la marca Terex del modelo TFC 45, puesto que éstos destacan por su rendimiento y fiabilidad, adicional al factor de innovación que aplican en sus modelos, su diseño versátil facilitará los trabajos de manejo de los contenedores TEUs, es decir, de 20 y 40 pies de capacidad.

El sistema de manufactura de los reach stackers de la marca Terex permitirá el manejo de los contenedores TEUs hasta una altura de 9'6", así mismo, debido a su diseño compacto y su construcción rígida, también permiten una capacidad de ampliación hasta una segunda e incluso una tercera fila de contenedores. Además, presentan la capacidad de adaptabilidad a los

apiladores de alcance que podrán equiparse con equipos de elevación para el manejo flexible de la carga pesada.

**Gráfico 34 Reach Stackers**



Fuente: (Terex, 2014)

### Información general del Reach Stracker

- Tipo de combustible: Diesel
- Tipo de mástil estándar: Pluma telescópica.
- Capacidad A: 45,000 kg (99,208.04 libras)
- Centro de carga A: 3860 mm (151,97 en)
- Capacidad B: 7000 kg (15,432.36 libras)
- Centro de carga B: 8940 mm (351,97 en)
- Capacidad primera fila: 45 toneladas (métricas) (49,60 ton-imperial)
- Capacidad segunda fila: 27 toneladas (métricas) (29,76 ton-imperial)
- Capacidad tercera fila: 13 toneladas (métricas) (14,33 ton-imperial)
- Capacidad cuarta fila: 7 toneladas (métricas) (7,72 ton-imperial)
- Tamaños de contenedores (longitud): 40 ft/ 20 ft

### Especificaciones de rendimiento

- Máximo apilamiento de contenedores: 3 filas

- Fuerza de tracción máxima: 28,9 toneladas (métricas)
- Velocidad de desplazamiento hacia adelante con carga: 25 kph (15,53 mph)
- Velocidad de desplazamiento hacia adelante sin carga: 25 kph (15,53 mph)
- Velocidad inversa, con carga: 25 kph (15,53 mph)
- Viajes marcha atrás, sin carga: 25 kph (15,53 mph)
- Rendimiento de escalada, con carga: 25%
- Rendimiento de escalada sin carga: 41%

### **Especificaciones de alimentación**

- Motor: Cummins
- Modelo: QSM11
- Potencial nominal: 216 KW
- RPM: 2100
- Tipo de transmisión: Powershift
- Transmisión: Dana (Clark)
- Modelo de transmisión: TE 27 418
- Marcha hacia adelante: 4
- Marcha atrás: 4

### **Dimensiones y peso**

- Máxima altura de elevación: 14.955 mm (588,78 pulgadas)
- Disminución de la altura: 4670 mm (183,86 en)
- Longitud de la máquina: 8236 mm (324,25 pulgadas)
- Anchura de la máquina: 4190 mm (164,96 en)
- Distancia entre ejes de la máquina: 6000 mm (236,22 en)
- Radio de giro exterior: 8785 mm (345,87 en)
- Ángulo recto del pasillo de apilamiento: 10.205 mm (401,77 pulgadas)
- Peso de la máquina (sin carga): 68,600 kg (151,237.14 libras)

### **Ruedas, neumáticos y frenos**

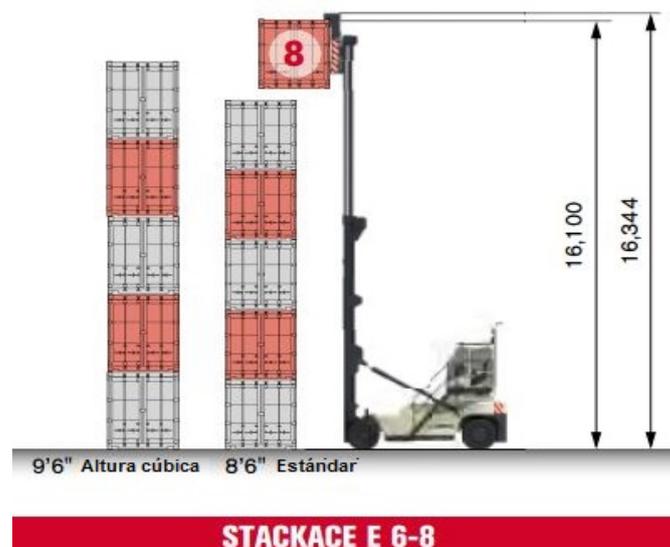
- Número de ruedas: 4

- Ruedas de impulso: 2
- Medidas de neumáticos delanteros y traseros: 1800x25
- Frenos: Frenos de disco en seco del eje delantero.

## B. Empty handlers (Manipuladores)

Para las actividades de manipulación de los contenedores se adquirirán empty handlers de los fabricantes Terex, éstos ofrecen un alto manejo de carga lo cual repercutirá en la reducción de los costos operativos. El modelo seleccionado será el Stackace E 6-8, los cuales se ajustan a la capacidad requerida para manejo de contenedores de 40 ft/ 20 ft pies, adicional con la capacidad máxima de 8 a 9 t.

**Gráfico 35 Empty handlers**



**Fuente:** (Terex, 2014)

Los empty handlers para la manipulación de contenedores combinan el estado de la técnica de motores y transmisiones con el sistema hidráulico y además posee componentes potentes que proporcionarán un bajo consumo de combustible y un bajo nivel de emisiones de escape. Las especificaciones técnicas ofrecen información detallada sobre el desempeño, incluyendo capacidades de apilamiento, velocidades y pesos.

## Motores de diésel y transmisiones

- Motores estándar: Volvo TAD660VE Tier 3 (Etapa IIIA) (147 kW – 22,200 rpm; 800 Nm – 1,600 rpm)
- Transmisión estándar: ZF 3WG 171 (velocidades hacia adelante y atrás 3 / 3)

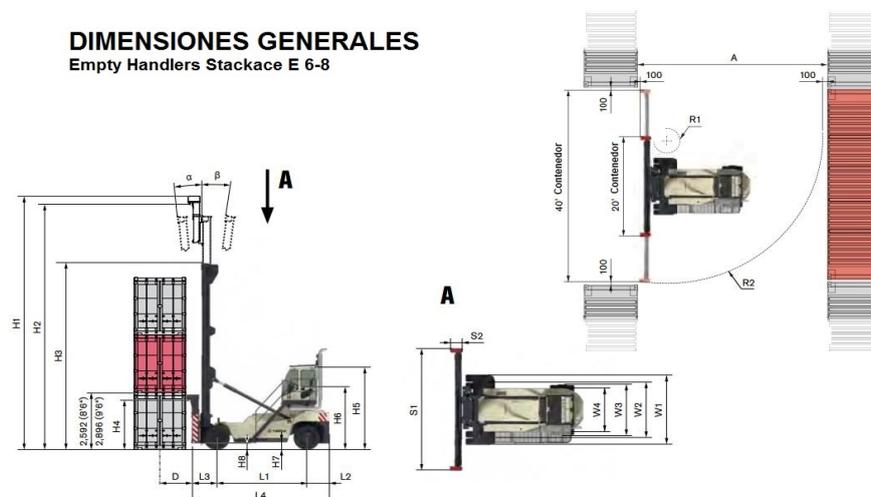
## Datos técnicos

- Ejes de conducción: Kessler D81
- Tipo: Reducción cúbica de dos etapas.
- Reducción: 18.0
- Sistema de frenado: Frenos de disco húmedos libres de mantenimiento
- Sistema hidráulico estándar: pre-controlado eléctricamente (detección de carga con bomba de engranajes)
- Sistema hidráulico opcional: pre-controlado eléctricamente (detección de carga con bomba de pistón variable)
- Presión máxima de trabajo: 210 bar.

## Capacidad de tanque

- Aceite hidráulico: 320 l.
- Combustible: 500 l.

## Gráfico 36 Dimensiones generales



Fuente: (Terex, 2014)

## **Medidas**

- Altura total del mástil completamente extendido: 16,344 mm
- Elevación de ganchos giratorios: 16,100 mm
- Altura total, mástil cerrado: 8,768 mm
- Altura mínima de cerrojos giratorio: 2,300 mm
- Altura de la cabina: 3,815 mm
- Altura del asiento: 2,700 mm
- Distancia al suelo con carga: 250 mm
- Distancia al suelo del esparcidos con el mástil cerrado: 133 mm

## **Anchura**

- Anchura frontal: 3,500 mm
- Banda de rodamiento delantero: 2,808 mm
- Anchura trasera: 2,977 mm
- Ancho de vía trasera: 2,100 mm

## **Longitudes**

- Distancia entre ejes: 4,000 mm
- Ejes traseros: 1,000 mm
- Distancia central del eje delantero al frente de carga: 1,145 mm
- Longitud del camión: 6,145 mm

## **Distancias**

- Distancia frontal de carga hacia el centro de carga: 1,220 mm

## **Otras dimensiones**

- Máximo ángulo de inclinación del mástil hacia adelante: 3°
- Máximo ángulo de inclinación del mástil hacia atrás: 6°
- Apilamiento al 90°: contenedores de 20' (9,620 mm); contenedores de 40' (14,000 mm)
- Radio de giro interno: 1,000 mm
- Radio de giro externo: contenedores de 20' (5,500 mm); contenedores de 40' (8,735 mm)
- Longitud del esparcidor: 6,100 mm

- Anchura del esparcidor: 550 mm

### **C. Bitas de amarre o bolardos**

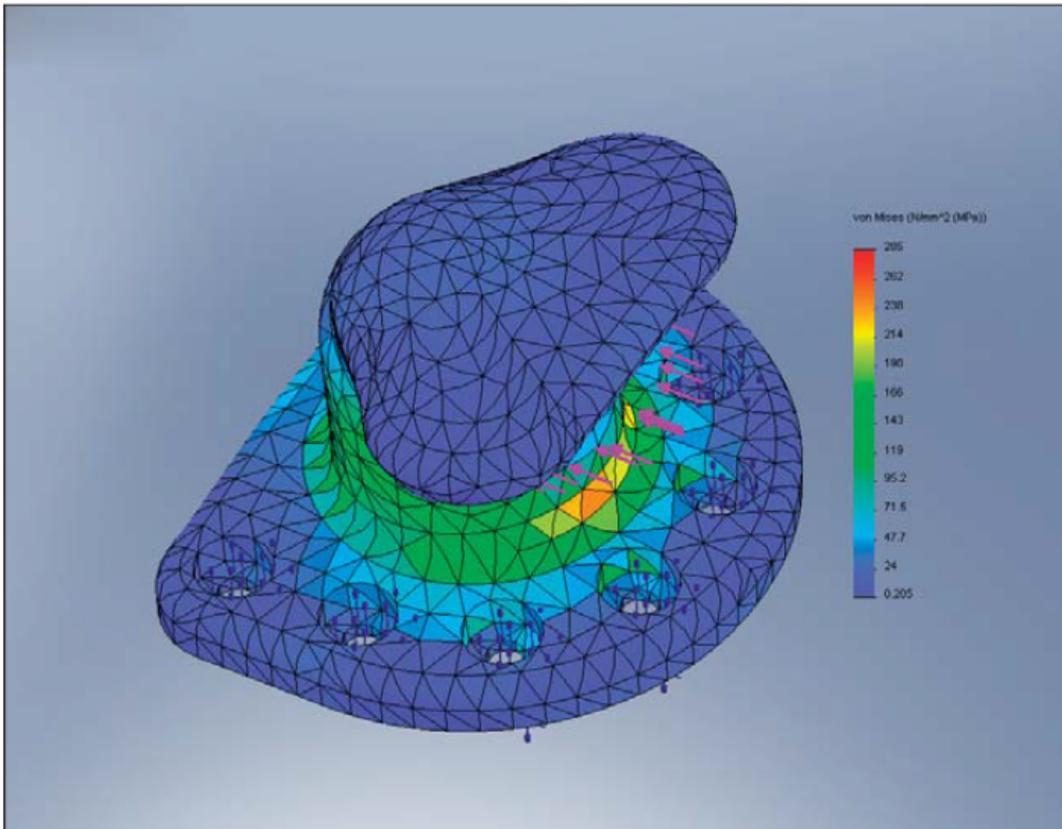
Para la instalación de las bitas de amarre, se seleccionará los equipamientos elaborados bajo la marca Trelleborg (2014), estos son diseñados en variadas formas y tamaños para adaptarse a la mayoría de los muelles, embarcaderos y zonas de atraque.

El material estándar es esferoidal grafito (comúnmente llamado SG o hierro dúctil), que a la vez es fuerte y resistente a la corrosión, proporcionando una larga vida útil al equipamiento. La forma de las bitas de amarre Trelleborg ha sido refinada para optimizar la geometría y el diseño de anclaje. Incluso en plena carga de trabajo, éstos son altamente estables y proporcionan un fondeadero seguro y protegido. En este caso en particular se trabajará con el modelo Tee, el mismo que se describirá a continuación:

#### **Características**

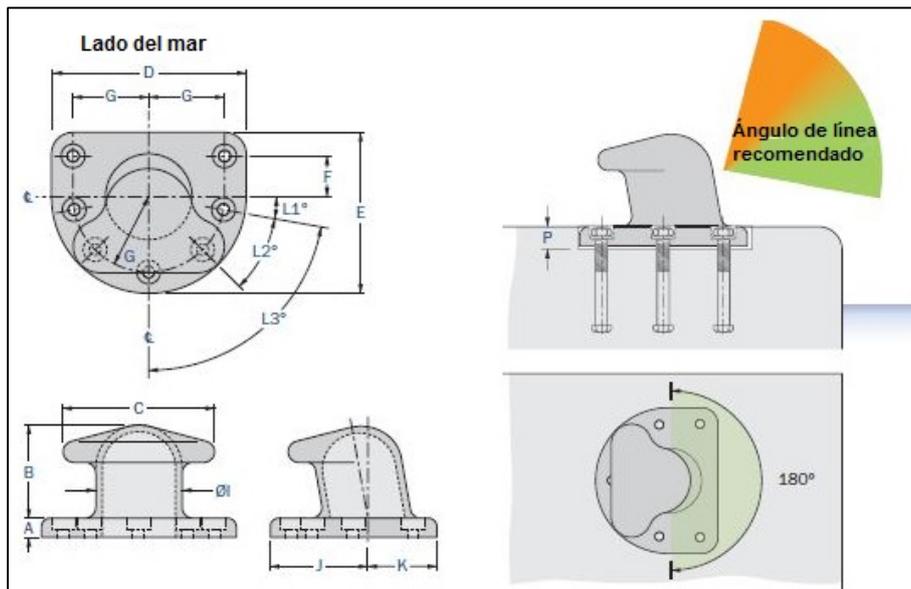
- Diseñado a base de materiales de alta calidad de hierro de serie SG.
- Diseño fuerte y duradero.
- Muy bajo mantenimiento.
- Larga línea de anclajes posibles.
- Diseño estándar y anclajes personalizados.
- Aplicaciones de uso general de 150 y de 200 toneladas.
- Adecuado para ángulos de cuerda más pronunciadas.

**Gráfico 37 Diseño de bitas de amarre Tee**



Fuente: (Trelleborg, 2014)

**Gráfico 38 Características de bitas de amarre Tee**



Fuente: (Trelleborg, 2014)

**Tabla 39 Capacidades de bitas de amarre de 150 y 200 toneladas**

Dimensiones	Capacidad de la bita de amarre (toneladas)						
	15	30	50	80	100	150	200
A	40	40	50	70	80	90	90
B	235	255	350	380	410	435	500
C	340	350	500	550	600	700	800
D	410	450	640	640	790	900	1000
E	335	375	540	550	640	750	850
F	80	100	150	160	175	200	225
G	155	175	250	250	325	350	375
ØI	160	200	260	280	350	400	450
J	205	225	320	320	395	450	500
K	130	150	22	230	245	300	350
L1º	30º	30º	30º	15º	10º	10º	0º
L2º	-	-	-	45º	40º	40º	36º
L3º	60º	60º	60º	N/A	80º	80º	72º
Tornillos	M24	M30	M36	M42	M42	M48	M56
Altura de la espiga	500	500	500	800	800	1000	1000
P*	60	60	70	90	100	110	110
QTY	5	5	5	6	7	7	8
* P = perno de protrusión = profundidad de empotramiento							

**Fuente:** (Trelleborg, 2014)

### Diseño

Los pernos están diseñados con un factor de seguridad contra fallos de 3.0 para materiales de hierro SG de grado 65-45-12. Los diseños se basan normalmente en los siguientes parámetros:

- BS 5950: 2000 El uso de Acería Estructural
- BS 6349 Parte 2: Estructuras Marinas
- AS 3990: Equipo Mecánico Diseño

### Especificaciones de los materiales

El material utilizado para la fabricación de las bitas de amarre Trelleborg es el grafito esferoidal moldeado en hierro (Hierro SG), conocido por su fundición dúctil, a causa de su fuerza superior y resistencia a la corrosión. El hierro dúctil fundido combina los mejores atributos de fundición gris y acero fundido sin las desventajas que posee éste sin la fundición.

## **Pinturas protectoras**

La instalación y llenado de lechada requiere de un cuidado especial para evitar los daños que se pudieran ocasionar en los revestimientos aplicados. Las bitas de amarre serán adquiridas como estándar de fábrica con una capa protectora bituminosa adecuada para su utilización en el proyecto del puerto de aguas profundas en Posorja. No obstante, éstos serán seleccionados y dispuestos de acuerdo con regulaciones locales o normas de diseño reconocidas. El proceso de diseño debe considerar:

- Patrones de amarre;
- Los cambios en el proyecto debido a la carga y descarga;
- El viento y las fuerzas actuales de la zona de edificación del puerto de aguas profundas;
- Oleaje y las fuerzas de la marea;
- Dispositivo de amarre tipos, tamaños y ángulos.

Además, las cargas de amarre deben calcularse siempre que sea posible, pero en ausencia de dicha información, se consideran los siguientes parámetros que podrán ser utilizados como una guía aproximada.

- Desplazamiento de 100.000-200.000 toneladas: bitas de amarre de 150 toneladas.
- Desplazamiento de más de 200.000 toneladas: bitas de amarre de 200 toneladas.

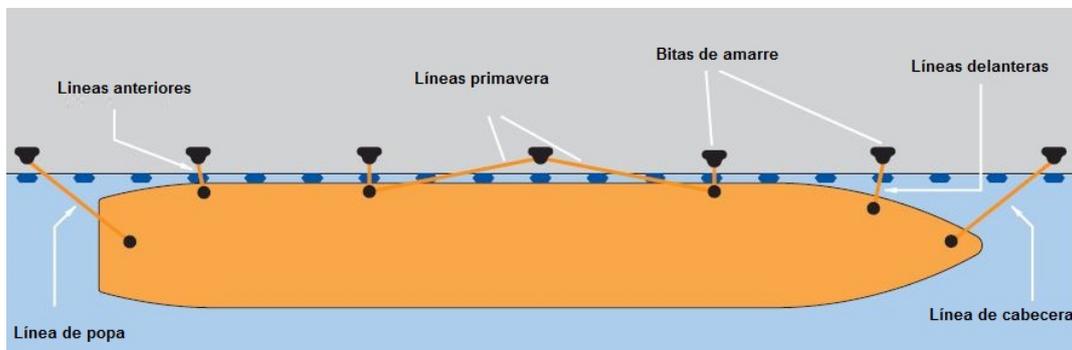
## **Ángulos de amarre**

Los ángulos de amarre se calcularán normalmente como parte de una simulación completa de amarre. En este caso, se tomarán como referencias las normas y las directrices como BS6349: Parte 4, ROM y 0,2-90 AIPCN, las cuales sugieren ángulos de amarre que se mantienen dentro de los límites.

Las bitas de amarre Trelleborg de 150 y 200 toneladas, podrán hacer frente a los ángulos horizontales de  $\pm 90^\circ$  y los ángulos verticales de hasta  $75^\circ$ . Estos serán los aspectos que se deberán evaluar con el proveedor, en relación a las aplicaciones en las que espera de la línea ángulos superiores, ya que pueden

necesitar comprobaciones de diseño adicionales en anclajes y tensiones de concreto.

**Gráfico 39 Ángulos de amarre**



**Fuente:** (Trelleborg, 2014)

Las bitas de amarre deberán instalarse correctamente para una larga y adecuada vida útil. Las anclas deben establecerse con precisión con la plantilla suministrada, las bitas pueden ser empotradas para mayor seguridad. Una vez que la lechada ha alcanzado toda su fuerza, las anclas podrán apretarse totalmente. A menudo se deberá aplicar una masilla alrededor de las roscas expuestas para aliviar la extracción a futuro.

## D. Otros equipamientos

Tabla 33 Equipamientos 1

Grúas pórtico para el muelle.	Grúas pórtico sobre rieles (SC Shuttle Carrier)	Grúas móviles multipropósito.	Apiladoras frontales.
<p>Tipo: Grúa Portico sobre neumaticos (Riubber Tyred Gantry Crane)                      Fabricante: Pateco (España)                      Capacidad: 40 tn                      Altura de estiba máxima: Ancho y alto total de 6+1                      Modelo: 8 ruedas                      Motor: Cummins</p> 	<p>Tipo: Grúa Pórtico Super Post Panamax                      Fabricante: Shanghai Zhenhua Port Machinery Co. Ltd. (ZPMC)                      Capacidad bajo spreader: 41 tn                      Capacidad bajo gancho: 51,25 tn,                      Altura bajo spreader: 36 mts                      Alcance de boom lado agua: 46 mts (Buques de hasta 18 contenedores de ancho)</p> 	<p>Tipo: Grúa móvil (Truck Crane)                      Fabricante: Hangzhou Hailong Auto Trade Co.                      Capacidad: 50 tn                      Otros modelos en funcionamiento en la Terminal:                      Coles, Cranemobile</p> 	<p>Tipo: Apiladora de carga frontal (Heavy top lifter)                      Fabricante: Taylor                      Capacidad: 30 tn                      Altura de estiba máxima: 4 teus                      Motor: Cummins</p> 

Fuente: (Puerto Buenos Aires, 2014)

**Tabla 34 Equipamientos 2**

<b>Motoestibadoras para contenedores vacíos.</b>	<b>Elevadores frontales.</b>	<b>Camiones de remolque para el patio.</b>
<p>Tipo: Motoestibadora de vacíos (Empty Container Handler)                      Fabricante: Kalmar                      Capacidad: 10 tn                      Altura de estiba máxima: 6 cont (20', 40')                      Motor: Volvo</p> 	<p>Cargas mayores de 20 ton.                      Tipo: Elevador frontal (Heavy Forklift)                      Fabricante: Kalmar                      Capacidad: 37 tn                      Motor: Cummins                      Otros modelos en funcionamiento en la Terminal: Solo Kalmar</p> 	<p>Tipo: Trailers capacidad 40'                      Fabricante: Vulcano                      Capacidad: 50 tn                      Otros modelos en funcionamiento en la Terminal: Montenegro, Darwin, Seacom.</p> 

**Fuente:** (Puerto Buenos Aires, 2014)

#### **4.2.2. Fase 2**

La fase dos del proyecto consistirá en la ampliación de las instalaciones del Puerto de aguas profundas de Posorja, en la cual se incluirá la construcción de los atracaderos 4 y 5 para completar la obra inicialmente propuesta. Con dicha ampliación, se prevé obtener una mayor capacidad de atención a más buques de contenedores.

Los muelles a construirse son de 350 metros de largo, con una longitud total de 700 metros adicionales de muelle. Esta segunda fase ampliaría el puerto en 30 hectáreas. Cada atracadero estará dotada con dos gruas Post-Panamax de contenedores, logrando las cuatro gruas manejar una capacidad de 550,000 Teus/año.

Así mismo, se espera lograr que el tráfico de contenedores se ejecute de una manera adecuada, contribuyendo así con el desarrollo del conjunto portuario en Posorja. Cabe destacar que la ampliación portuaria, incluirá la adquisición de equipamientos complementarios, de tal modo se ampliaría la cartera de activos fijos del puerto cumpliendo así con la demanda que se presente en cuando a la utilización de maquinarias y vehículos para el manejo de la carga portuaria.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Una vez desarrollado el estudio, fue posible identificar que el Puerto Marítimo de Guayaquil lidera el manejo de cargas y naves de tráfico a nivel nacional, lo cual incide en que sea considerada como el principal puerto del país. Un estudio comparativo desarrollado por la Autoridad Portuaria de Guayaquil, tomando en consideración un período comprendido desde el año 2008 – 2014 de todos los puertos de Guayaquil, permitió identificar un crecimiento porcentual de carga del 25,74%, sin embargo en el año 2014 se evidenció una disminución en el total del manejo de carga.
- En base a estudios referenciales y normativas nacionales e internacionales se pudieron establecer las dimensiones adecuadas para la construcción del puerto de aguas profundas. En este caso, se consideró pertinente incluir cinco atracaderos, los mismos que serían construidos en dos fases, además se determinó el tipo de buques con los cuales se trabajará.
- Se establecieron los equipamientos que se requerirán para el funcionamiento del puerto de aguas profundas, sin embargo, se consideró pertinente que durante la segunda fase del proyecto, correspondiente a la ampliación del puerto, se adquieran nuevos equipamientos a fin de que se cumplan con las necesidades.
- A manera de conclusión se determina que es factible la construcción de un puerto de aguas profundas en la parroquia de Posorja para de tal manera mantener la competitividad comercial a nivel nacional y regional.

### Recomendaciones

- Se recomienda una licitación pública para la selección del contratista que estará encargado de la puesta en marcha del proyecto.

- Se considera pertinente analizar y aplicar las normativas internacionales para la construcción de los atracaderos.
- Es necesario contar con un puerto de estas características para que el país se convierta en un centro de desarrollo a nivel regional.
- La construcción del nuevo puerto será en Posorja debido a que el actual puerto de Guayaquil perdería su capacidad operacional con el paso del tiempo.
- Se recomienda como proyecto paralelo a la construcción del puerto, la ampliación de la autopista Guayaquil-Posorja.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adame, S., Cáceres, C., Hernández, S., & de la Lanza, G. (2010). *Diccionario de hidrología y ciencias afines*. Madrid: Plaza y Valdes.
- Agencia Federal para el Manejo de Emergencias. (2014). *Reforzamiento de albañilería para la construcción de muelles*. New York: Agencia Federal para el Manejo de Emergencias.
- Alinport S.A. (2008). *Posorja Port Project: Presentation for Dredging Tenderers*. APM Terminals.
- Autoridad del Canal de Panamá. (2006). *Apéndices*. Panamá: Autoridad del Canal de Panamá.
- Autoridad Portuaria de Guayaquil. (s.f.). *Ubicación Geográfica*. Recuperado el 9 de Diciembre de 2014, de <http://www.apg.gob.ec/institucional/geografica>
- Bejarano, F. (15 de Noviembre de 2014). *Estudios de Mercado: Sector portuario colombiano e incidencia de las políticas públicas en la SPRBUN*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2014, de Superintendencia de Industria y Comercio: [http://www.sic.gov.co/drupal/recursos\\_user/documentos/promocion\\_competencia/Estudios\\_Economicos/Estudios\\_Economicos/Estudios\\_Mercado\\_Puertos.pdf](http://www.sic.gov.co/drupal/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/Estudios_Economicos/Estudios_Mercado_Puertos.pdf)
- Bejarano, F. (15 de Noviembre de 2014). *Estudios de Mercado: Sector portuario colombiano e incidencia de las políticas públicas en la SPRBUN*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2014, de Superintendencia de Industria y Comercio: [http://www.sic.gov.co/drupal/recursos\\_user/documentos/promocion\\_competencia/Estudios\\_Economicos/Estudios\\_Economicos/Estudios\\_Mercado\\_Puertos.pdf](http://www.sic.gov.co/drupal/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/Estudios_Economicos/Estudios_Mercado_Puertos.pdf)
- Boullón, A., García, X., & Monteagudo, H. (2010). *Diccionario normativo galego-castelán*. Santiago de Compostela: Editorial Galaxia.
- Bruun, P. (2010). *Ingeniería portuaria*. Florida: Editorial Gulf.
- Cámara Marítima del Ecuador. (2010). *Ecuador busca modernizar terminales para arribos de naves de 8.000 TEUs*. Guayaquil: CAMAE.
- Cantos, J., Semiglia, S., & Vera, S. (2009). *Escuela Superior Politécnica del Litoral*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2014, de Análisis del Impacto Económico de la Concesión del Puerto de Manta con respecto al Comercio Exterior Ecuatoriano: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7940/1/D-38671.pdf>

- Carreto, F., González, R., & Villavicencio, J. (2010). *Geografía general*. Toluca: UAEM.
- Comisión Centroamericana de Transporte Marítimo. (2010). Puertos. *Manual de Puertos de Centroamérica*.
- Córdova, H. (2010). *Naturaleza y sociedad: Una introducción a la geografía*. Lima: Fondo Editorial PUCP.
- Dirección de Obras Portuarias. (2009 de Noviembre de 2009). *Infraestructura portuaria y costeras. Chile 2020*. Recuperado el 30 de Marzo de 2015, de Política de infraestructura portuaria y costeras. Chile 2020: <http://www.dop.cl/acercadeladireccion/Documents/Infraestructura%20Portuaria%20y%20Costera%20Chile%202020.pdf>
- Doerr, O., & Sánchez, R. (Agosto de 2006). *Indicadores de Productividad para la Industria Portuaria: Aplicación para América Latina y el Caribe*. Recuperado el 8 de Diciembre de 2014, de CEPAL: [http://www.oas.org/cip/docs/areas\\_tecnicas/6\\_exelencia\\_gestion\\_port/3\\_ind\\_de\\_produc.pdf](http://www.oas.org/cip/docs/areas_tecnicas/6_exelencia_gestion_port/3_ind_de_produc.pdf)
- Freire, M., & González, F. (2010). *Tráfico marítimo y economía global*. La Coruña: Netbiblo.
- Fun-Sang, M. (2010). *Factibilidad y Urgente Necesidad del Puerto de Aguas Profundas para Guayaquil*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Posorja. (2012). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial*. Posorja: GAD Parroquial de Posorja.
- González, J. (2009). *Tipos de buques y su clasificación*. Madrid: Jonbaraq.
- González, J. (2013). *Tipos y funciones de las obras de atraque y amarre*. Cartagena: Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería Civil.
- Google Maps. (04 de Mayo de 2014). *Mapa de Ecuador*. Recuperado el 04 de Mayo de 2015, de Google Maps: <https://www.google.com.ec/maps/place/Ecuador/@-1.7929665,-78.1368875,7z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x902387dda89a4bd5:0x9d76af04119c3702?hl=es>
- Higa, M., & Monzón, P. (2009). *Guía de orientación al usuario del transporte acuático*. Lima: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo.
- Hobbs, R. (1974). *Navegación 1: Pilotaje*. Maryland: United States Naval Institute.
- INECO. (16 de Noviembre de 2013). *Plan Estratégico de Movilidad*. Recuperado el 16 de Diciembre de 2014, de Un Sistema Portuario Reordenado y con Capacidad: [www.ineco.com/webineco/que-hacemos/soluciones/planificacion/plan-de-movilidad](http://www.ineco.com/webineco/que-hacemos/soluciones/planificacion/plan-de-movilidad)

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). *Censo poblacional*. Posorja: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- Instituto Politécnico Nacional. (11 de Agosto de 2012). *Maniobras y Operación de Embarcaciones con Motor Estacionario y Fuera de Borda*. Recuperado el 21 de Febrero de 2015, de Repositorio Digital: <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/6111/INTRODUCCION%20maniobras%20y%20operaciones.pdf?sequence=1>
- Iztueta, E. (2011). *Orientacion y navegacion terrestre*. Buenos Aires: Francisco Etchelecu.
- Lizarzaburo, G. (18 de Enero de 2015). El Puerto tiene más opciones en Posorja. *Expreso*, pág. 5.
- Martín, J. (2010). *Ingeniería fluvial*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Martínez, F. (2010). *Aspectos jurídicos y económicos del transporte*. Castellón de la Plana: Universitat Jaume.
- Martínez, F. (2010). *Meteorología aplicada a la navegación*. Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Ministerio de Obras Públicas . (2011). *Estadísticas portuarias y de transporte marítimo 2011*. Guayaquil: Ministerio de Obras Públicas .
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). *Glosario: Concurso público internacional para la concesión de las terminales de contenedores y multipropósito del Puerto de Aguas Profundas de Manta*. Manta: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). *Plan de desarrollo del Puerto de Manta*. Manta: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.
- Moreno, M. (2010). *Introducción a la metodología de la investigación educativa*. Moscú: Editorial Progreso.
- Naciones Unidas. (2013). *Acontecimientos y tendencias recientes en el transporte marítimo internacional que afectan al comercio de los países en desarrollo*. New York: Comisión de Comercio y Desarrollo .
- Organización de las Naciones Unidas. (2012). *Conferencia de Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. "Revisión del Transporte Marítimo"*. New York: Organización de las Naciones Unidas.
- Organizaciones Unidas. (2010). *Políticas integradas de infraestructura transporte y logística: Experiencias Internacionales y Propuesta Iniciales*. Santiago de Chile: United Nations Publications.
- Órgano de difusión de la Cámara Marítima del Ecuador, CAMAE. (2013). *Puertos ecuatorianos*. Guayaquil: CAME.

- Ormaza, X. (2003). *Nociones Teórico Prácticas para el Dimensionamiento y Construcción de Puertos*. Guayaquil, Ecuador.
- Petterssen, S. (2010). *Introducción a la meteorología*. Mexicali: UABC.
- Puerto Bolívar. (20 de Abril de 2015). *Puerto Bolívar Terminal Marítimo Internacional*. Recuperado el 20 de Abril de 2015, de Infraestructura: <http://www.puertobolivar.gob.ec/index.php/infraestructura>
- Puerto Buenos Aires. (2014). *Equipamiento*. Buenos Aires: Puerto Buenos Aires.
- Sánchez, F. (2010). *Geodesia y cartografía: Los conceptos y su aplicación práctica*. Madrid: EOSGIS SL.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir*. Quito: Senplades.
- Servicio de Hidrografía Naval de la Armada Argentina. (1998). *Observaciones de Olas y Mar de Leva*. Buenos Aires, Argentina: Talleres Gráficos.
- Terex. (2014). *Reach Stackers*. Westport: Terex.
- Trelleborg. (2014). *Sistemas marinos Trelleborg*. Trelleborg Sweden: Trelleborg.
- U.S Navy Hydrographic Office. (2010). *American Practical Navigator: An Epitome of Navigation* (Vol. 9). Washington: U.S Government Printing Office.
- Universidad Politécnica de Cataluña . (2014). *Técnicas de dragado*. Cataluña : Universidad Politécnica de Cataluña .
- Universidad Politécnica de Valencia. (2010). *Evaluación de Principales Puertos de América del Sur*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

## ANEXOS

### Otras consideraciones

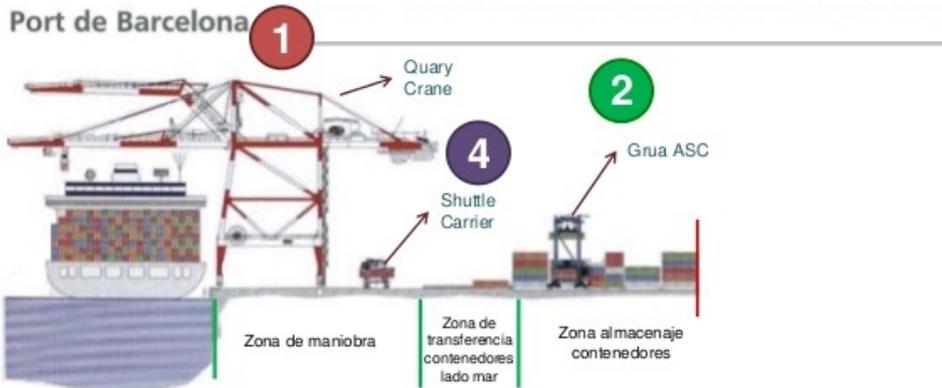


#### Reach Staker

Ideal para movimientos de contenedores rápidos en distancias pequeñas

#### Grua RMGC

Grua de pórtico con ruedas en railes para manipulación de contenedores



#### SUBSISTEMAS

**1. Conexión buque –muelle**  
(carga / descarga)

**2. Almacenaje**

**4. Transporte horizontal**  
(Interconexión y transferencia de contenedores)

## TEU (unidad de medida)

	20 pies	40 pies	40 pies High Cube
Tara	2.300 kg	3.750 kg	3.940 Kg
Carga máxima	28.180 Kg	28.750 kg	28. 560 Kg
Largo	5.898 mm	12.032 mm	12.032 mm
Ancho	2.352 mm	2.352 mm	2.352 mm
Altura	2.393 mm	2.393 mm	2.698 mm
Capacidad	33,2 m3	67,7 m3	76,4 m3

Contenedor de 20 pies.

- 1 TEU = 1 Contenedor 20 pies
- 1 FEU = 2 TEU = 1 contenedor 40 pies



## Características del proyecto

- **Zona de almacenamiento completamente automatizada.** Se combina el uso de ASCs (*Automatic Stacking Cranes*) y SCs (*Shuttle carriers*), basado en pórticos automáticos sobre raíles.
- El transporte de contenedores desde la zona de maniobra hasta el patio de almacenamiento se realizará mediante el empleo de **carretillas portacontenedores** tipo *Straddle Carrier*.
- Para la nueva terminal del muelle Prat se ha previsto la instalación de **18 grúas** de muelle de última generación.