



**DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA LA
CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE DEL PROYECTO “TERMINAL CERROS
DE VALPARAÍSO” (TCVAL)**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Alan Cabrera Barría

Profesor guía:
José Francisco Benavides Núñez

Abril 2018
Santiago, Chile

Dedicatoria

Dedicado a las personas que componen la ciudad de Valparaíso, para todos aquellos habitan y sienten cariño por el patrimonio de la Humanidad. Para que siempre las cosas se hagan de manera profesional y con respeto al medio ambiente, al urbanismo y a la sociedad.

Agradecimientos

Luego de finalizar una etapa bellísima con muchas dificultades, con experiencias únicas junto a grandes personas queda agradecerles a todos los participantes de esta obra universitaria. A mi familia, puntal emocional esencial para superar barreras constantemente sabiendo que no estamos solos, estructurando el soporte necesario para seguir adelante, a mis compañeros y ahora colegas que quizás sin darse cuenta van fomentando y dando el espaldarazo desde adentro para continuar y no bajar los brazos. A mis amigos de la vida, aquellos que muy bien saben sacarte de los problemas con un salud! y un vaso de fraternidad, esos a los que no les importa dónde te encuentras, solo les importa que no caigas. Queda agradecer también a la mujer que pese a cualquier cosa siempre me entrego su apoyo y contención desde el inicio de esta aventura, incluso cuando las cosas no iban como uno piensa que debiesen ir, creyendo en mis capacidades y haciéndome sentir siempre como el mejor en lo que hago, solo palabras de agradecimiento y dedicación por que el trabajo perpetuamente es por algo o alguien. También quiero agradecer al Profesor José Francisco Benavides quien con una paciencia admirable estuvo en constante contacto y ayuda para conseguir realizar este trabajo, muy agradecido de las palabras de aliento y los consejos. Solo gracias a todos por colaborar con este proceso que termina.

Resumen

Los puertos pueden ser sinónimo de desarrollo, desde el punto de vista económico para una ciudad, país o región, también puede ser reconocido como una herramienta de globalización o intercambio cultural entre masas continentales. Sin embargo, también representan un peligro medio ambientalmente si es que estas grandes infraestructuras no son responsables y carecen de control en dimensiones ambientales, sociales y económicas. Los puertos contemporáneos trabajan y/o evolucionan hacia terminales que sean capaces de trabajar eficientemente en cada una de las dimensiones anteriormente mencionadas, con el fin de producir beneficios económicos y de progreso principalmente a la región donde se sitúa, de manera responsable con el medio ambiente y creando identidad de puerto con las personas residentes.

En Chile existen más 6400 km de costa continental por lo que la actividad portuaria representa mucho para el país, teniendo muchas puertas de entrada. Con diversos proyectos portuarios, de diversas magnitudes y tipologías a lo largo del estrecho país, que, si se compara con los ejemplos del orbe, se queda atrás en materias de desarrollo de políticas que protejan el medio ambiente, y acerquen a la población todo lo que interpreta un puerto, con excepciones notables en algunas de las regiones del país, que serán expuestas más adelante.

En el presente documento se recogerá información necesaria, para reconocer tipologías de puertos, conocer conceptos propios de los terminales portuarios y conformar una idea general a cerca de la dimensión que alcanza un proyecto portuario. Además, se hace una clasificación de las principales obras exteriores e interiores de un puerto. Con la idea de lo que significa un puerto es correcto y apropiado recopilar información para conformar una comparación entre lo que significa un puerto “verde” y uno “sustentable” conceptos presentes en los puertos modernos, donde se entrelazan términos como huella de carbono y huella hídrica, necesarios para identificar la necesidad y la importancia del uso de las energías renovables en los terminales portuarios.

Esta recopilación de información tiene por objeto, introducir al lector y crear un pequeño camino de cuestionamiento a cerca de los requerimientos que existen en los proyectos, ya sean estos de construcción a partir de cero o ampliación de un terminal ya existente. Es por eso que se toma el ambicioso proyecto “TERMINAL CERROS DE VALPARAISO” también denominado como TCVL, que aún espera luz verde para comenzar con la ejecución de las obras, para este nuevo terminal de contenedores, por la importancia de insertar un proyecto de tal magnitud en el principal puerto de Chile, patrimonio de la humanidad o si se quiere una de las ciudades con mayor riqueza histórica del país, es justo fijar o inferir requerimientos mínimos para lo que significa un puerto en el año 2018. Siendo específico los requerimientos se basan en las principales técnicas constructivas del proyecto, definiéndolas como críticas o invasivas para el ecosistema. De esta manera se puede llevar una construcción responsable de todos los ejes que enfrenta un proyecto de esta naturaleza.

Summary

Ports can be synonymous with development, from the economic point of view for a city, country or region, it can also be recognized as a tool for globalization or cultural exchange between continental masses. However, they also pose an environmentally-friendly danger if these large infrastructures are not responsible and lack control in environmental, social and economic dimensions. Contemporary ports work and/or evolve into terminals that they are able to work efficiently in each of the aforementioned dimensions, in order to produce economic benefits and progress mainly to the region where it is located, responsibly with the environment and creating identity of Port with the resident people.

In Chile There are more 6400 km of Continental coast so the port activity represents a lot for the country, having many entrance doors. With various port projects, of varying magnitudes and typologies throughout the narrow country, which, if compared with the examples of the Orb, is left behind in matters of development of policies that protect the environment, and bring the population closer to everything that It interprets a port, with notable exceptions in some of the regions of the country, which will be exposed later.

This document will collect necessary information, to recognise types of ports, to know the concepts of port terminals and to form a general idea about the dimension reached by a port project. In addition, a classification of the main exterior and interior works of a port is made. With the idea of what a port means, it is right and proper to gather information to form a comparison between what a "green" port means and a "sustainable" concept present in modern ports, where terms are intertwined as a footprint of Carbon and water footprint, necessary to identify the need and importance of the use of renewable energies in port terminals.

This collection of information is intended to introduce the reader and create a small path of questioning about the requirements that exist in the projects, whether these construction from scratch or extension of an existing terminal. That is why we take the ambitious project "TERMINAL CERROS DE VALPARAISO" also called as TCVAl, which still expects green light to begin with the execution of the works, for this new container terminal, for the importance of inserting a project of such Magnitude in the main port of Chile, World Heritage or if you want one of the cities with the greatest historical richness of the country, it is fair to fix or infer minimum requirements for what a port means in the year 2018. Being specific the requirements are based on the main constructive techniques of the project, Earths as critical or invasive for the ecosystem. This way you can take a responsible construction of all the axes facing a project of this nature

Índice.

1.	Introducción	9
2.	Objetivos.	10
3.	Metodología de la investigación	10
4.	Puertos de Chile.....	11
4.1.	Reseña histórica puerto de Valparaíso	12
4.1.1.	Historia de la construcción del rompeolas del puerto de Valparaíso.	14
5.	Componentes de un puerto.....	17
5.1.	Obras de abrigo.....	17
5.1.1.	Planificación zona marítima.....	18
5.1.2.	Clasificación de rompeolas.....	19
5.2.	Obras de atraque.	28
5.2.1.	Clasificación de las estructuras de atraque.....	30
6.	Puertos verdes y sustentables.....	45
6.1.	Puertos verdes.....	46
6.1.1.	Ejemplos nacionales e internacionales.....	53
6.1.1.	Sustentabilidad.....	56
6.1.2.	Puerto de Mejillones, Chile	57
7.	Energías renovables en los puertos.....	59
7.1.	Energías Renovables no convencionales, definición y potencialidad.....	63
7.2.	Eficiencia energética en el sector Portuario Internacional.....	68
7.2.1.	Interfaz marítimo – terrestre.....	68
7.2.2.	Interfaz terrestre.	72
8.	Proyecto “Terminal Cerros de Valparaíso”	80
8.1.	Problemáticas y opinión pública	84
8.2.	Análisis técnico del proyecto “Terminal cerros de Valparaíso”.....	93
8.2.1.	Ficha técnica.....	93
8.2.2.	Técnicas constructivas presentes en el proyecto.....	99
9.	Conclusiones	104
9.1.	Principales requerimientos constructivos TCVAL.....	104
9.2.	Debilidades del estudio.....	108
10.	Bibliografía.....	110

índice de ilustraciones

1 Almacenes fiscales 1850. -----	13
2 Puerto de Valparaíso 2016. -----	14
3.- Cajones celulares, construcción rompeolas Valparaíso. -----	15
4.- Rompeolas actual puerto de Valparaíso. -----	16
5.- Dique de bloques de hormigón en el Puerto de Valparaíso, Chile. -----	16
6 Dique de abrigo Sur y Este, Puerto de Barcelona 2009. -----	17
7 Factores que influyen en la determinación de la profundidad del canal de acceso. -----	18
8 Puerto de Antofagasta, Chile. -----	20
9 Puerto de Ortona, Chieti, Italia. -----	20
10 Puerto de Marsella, Francia. -----	21
11 Puerto de Deva, España. -----	21
12.- Componentes estructurales de un rompeolas. -----	23
13.- Componentes estructurales de un rompeolas. -----	23
14.- Cantera en explotación. -----	24
15.- Escollera natural. -----	24
16.- Moldaje de un elemento prefabricado para Escollera. Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros -----	25
17.- Izaje del elemento prefabricado para Escollera. -----	25
18.- Componentes de un dique de pared vertical. -----	26
19.- Cajones flotantes. -----	27
20.- Obra ampliación puerto de Sagunto, Valencia. -----	27
21.- Esfuerzos producidos por el oleaje 22.- Esfuerzos ejercidos al muro. -----	28
23.- Elemento de defensa -----	29
25.- Bitas de amarre -----	29
24.- terminal de gráneles líquidos, Puerto de Copenhagen. -----	29
26.- Puerto de Barcelona, España. -----	32
27.- Puerto de Valparaíso, Chile. -----	32
28.- Puerto de Huelva, España. -----	33
29.- Terminal Internacional de Carbones Gibraltar S.A., Bahía de Algeciras, España. -----	33
30.- Puerto de Huelva, España. -----	33
31.- Estructuras de tablestacas a rellenar. -----	34
32.- Puerto de Mejillones, Chile, durante la construcción del muelle de carga general. -----	34
33.- Puerto de Forestal San José S.A., Calbuco, X región, Chile. -----	35
34.- Muelle de contención de parámetro vertical. -----	35
35.- Muelle de mampostería en Greenok. -----	36
36.- Muelle de bloques. -----	36
37.- Muelle de cajones flotantes. -----	37
38.- Estructura muelle tipo "L". -----	38
39.- Esquema Celdas circulares. -----	38
40.- Esquema diafragma. -----	39
41.- Muelle con pared de acero y anclajes. -----	39
42.- Pantalla de hormigón del muro este del muelle Royal Seaforth, Liverpool, Inglaterra. -----	40

43.- Muelle sobre pilas.-----	40
44.- Muelle de pilotes verticales.-----	41
45.- Muelle Sur del Puerto de Valencia, España.-----	42
46.- Muelles de pilotes con pantalla.-----	42
47.- Ampliación del sitio 1 del Puerto de San Antonio, tablestacas hincadas en el muelle antiguo.-----	43
48.- Muelle zona oeste, Liverpool.-----	43
49.- Muelle de pilotes y muro, Noruega.-----	44
50.- Mejoramiento de los sitios 4 y 5 del puerto de Antofagasta, Chile, en el año 2003.-----	44
51.- Circuito del abastecimiento energético OPS.-----	47
52.- Centro de acopio de clinker o cemento, Puerto de mejillones Chile.-----	47
53.- Zona de pre embarque puerto de Valparaíso.-----	48
54.- Zona de pre embarque para gráneles sólidos, puerto de Matarani, Perú.-----	48
55.- Pre embarque para gráneles líquidos, puerto de Barcelona.-----	49
56.- Grúa de proceso en planta de reciclaje.-----	49
57.- Excavadora eléctrica de alto tonelaje.-----	51
59.- Vista aerea, Puerto de Rotterdam, Países Bajos.-----	54
60.- Terminal portuario Ensenada.-----	54
61.- Sistema integral de sustentabilidad.-----	56
62.- Bahía y puerto de Mejillones.-----	58
63.- Escuela de tenis Mejillones.-----	58
64.- Escuela de ballet Mejillones.-----	59
65.- Representación del desempeño de emisiones.-----	60
66.- Categorías de alcances en emisiones de gases.-----	61
67.- Disponibilidad de agua en el mundo.-----	62
68.- Categorización de las aguas.-----	62
69.- Molino de agua, Romano.-----	64
70.- Capacidad instalable (barras) y factor de planta medio (línea) por cuenca hidrográfica.-----	64
71.- parque eólico marino.-----	65
72.- Planta solar PV Salvador en la región de atacama.-----	67
73.- Sistema On Shore Power Supply en el Puerto de Oakland, EEUU.-----	69
74.- Sistema Modular (ShoreBox) On Shore Power Supply instalado en Bergen, Noruega.-----	70
75.- Buque preparado para OPS con generadores de GNL.-----	70
76.- Parque eólico marino instalado en Dinamarca.-----	71
77.- Generación de energía undimotriz en costas de Chile.-----	72
78.- Solución barra conductora (Busbar Retrofit).-----	73
79.- Solución electrificación, cable reel (Cable Reel Retrofit).-----	73
80.- Grúa sobre rieles (RMG) automatizada, terminal Teluk Lamong, Indonesia.-----	75
81.- Cabeza tractor totalmente eléctrico (Terberg YT202-EV) implementado en puerto de Rotterdam, Holanda.-----	75
82.- Cabeza Tractora y Camión de suministro de GNL en Noatum Container.-----	77
83.- Sistema de monitorización energética para un terminal portuario de contenedores.-----	78
84.- Iluminación LED, DP World Jebel Ali Port Terminal 2, Dubái.-----	79
85.- Instalación de turbinas eólicas en el Puerto de Rotterdam.-----	79
86.- Paneles fotovoltaicos, Puerto de Santa Cruz de la Palma, Tenerife.-----	80

87.- <i>Proyección terminal de contenedores de la ampliación del puerto de Valparaíso, junto al espigón y sus sitios de atraque (TCVAL).</i> -----	81
88.- <i>Puerto de Valparaíso, Chile (comparación).</i> -----	82
89.- <i>Puerto de Valparaíso, Chile (comparación).</i> -----	83
90.- <i>Borde costero de Valparaíso, Chile (comparación).</i> -----	83
91.- <i>Patrimonio de la humanidad en Valparaíso, Chile (comparación).</i> -----	83
92.- <i>Localización en el mapa de las canteras, previo y con la modificación.</i> -----	86
93.- <i>Ascensor Lecheros, Valparaíso.</i> -----	88
94.- <i>Obra de compensación Eje Errazuris, Valparaíso.</i> -----	88
95.- <i>Vista de planta del proyecto de compensación planteado por TCVAL.</i> -----	92
96.- <i>Render del proyecto de compensación planteado por TCVAL.</i> -----	92
97.- <i>Plano de ubicación proyecto TCVAL, realizado por GSI ingeniería.</i> -----	94
98.- <i>Planta de emplazamiento proyecto TCVAL realizado por GSI ingeniería.</i> -----	95
99.- <i>Plano corte A proyecto TCVAL realizado por GSI ingeniería.</i> -----	96
100.- <i>Plano corte B proyecto TCVAL realizado por GSI ingeniería.</i> -----	97
101.- <i>Plano corte C proyecto TCVAL realizado por GSI ingeniería.</i> -----	98
102.- <i>Clasificación de las dragas utilizadas en la actualidad.</i> -----	100
103.- <i>Draga cuchara, ejemplo de equipo mecánico para dragados.</i> -----	100
104.- <i>Draga de succión estacionaria, ejemplo de equipo hidráulico de dragado.</i> -----	101
105.- <i>Ejecución vibro compactación, obra Muelle antisísmico de Penetración, Terminal Puerto de Arica.</i> -----	102
106.- <i>Posicionamiento del equipo, reparación de dársena asmar con columnas de grava "Off Shore", Talcahuano Chile.</i> -----	103

1. Introducción

El puerto y la actividad portuaria representan una parte importante para el desarrollo de un país esto a causa de la actividad comercial internacional, a su conexión mundial donde cada puerto en el mundo tiene conexión global y la capacidad de funcionar como centro de distribución de grandes masas geográficas.

Los puertos son mucho más complejos que solo su infraestructura, existen servicios y operaciones entregadas por el puerto, por supuesto esto es gracias a organizaciones humanas que son responsables de que la operación global se realice.

Es importante siempre tener en consideración cuál y cómo es el impacto medioambiental detrás de un puerto, debido a que la generación de contaminación puede provocar problemas en ecosistemas naturales, con consecuencias graves. El consumo energético para la explotación de un terminal portuario es una problemática que mitigar muy relevante.

Hoy en día los puertos tienden a considerar dentro de su diseño, ser lo más amigable con el medio ambiente y la comunidad, para evitar convertirse en un elemento externo a la ciudad que no proporcione bienestar. Esta tendencia ha hecho que los terminales portuarios tengan requerimientos mínimos para entrar en categorías de puertos sustentables o verdes, existen también certificaciones internacionales que buscan fomentar la mitigación del impacto ambiental que significa un terminal.

En Chile la actividad portuaria es activa y debido a su geografía y extensa costa, existen diversos puertos con diferentes usos y capacidades, proporcionando una variedad importante de puertos nacionales.

La mejora del sector, en beneficio de Chile es importantísima, debido a que el recurso hídrico con el que contamos, gracias al Océano, es muy abundante y el retener provecho permite un desarrollo sostenible para el país, en lo económico y lo social. Ejemplos por el mundo existen y demuestran incluso con recursos marítimos más limitados que el de nuestro país un desarrollo portuario importante, entendiéndose que el beneficio es directamente proporcional con el país y su población, y en Chile aún se está lejos de estos polos de desarrollo.

Podemos definir el puerto como:

“El conjunto de obras, instalaciones, servicios y organizaciones, que permite al hombre aprovechar un lugar de la costa, ríos, lagos u otros, más o menos favorable, para realizar las operaciones de intercambio entre el tráfico marítimo y terrestre, en forma eficiente, eficaz y segura, atender a las necesidades de los medios de transporte y facilitar el desarrollo comercial e industrial de cuantas actividades relacionadas con él se instalen en su zona” (Modesto Vigueras, 1980; José Fco. Benavides N., 1985).

2. Objetivos.

- Objetivo general

El objetivo general de esta memoria de título es proveer un texto que vislumbre de qué manera es posible llevar a cabo la construcción de una infraestructura portuaria de manera solidaria y consciente con las mitigaciones de problemáticas sociales y medioambientales posibles a presentarse durante la construcción del futuro proyecto “Terminal Cerros de Valparaíso”, en la V Región del mismo nombre. Además, el presente trabajo busca definir conceptos, describir y clasificar tópicos de los tipos de estructuras presentes en un terminal y de los conceptos de puertos verdes y sustentables.

- Objetivos específicos

- a.** Reseñar el pasado histórico del puerto de Valparaíso y la construcción de la principal obra marítima actual del puerto, describiendo el alto valor patrimonial de la zona.
- b.** Segregar, categorizar y clasificar los componentes estructurales y de emplazamiento presentes en las obras portuarias, con ejemplos satelitales de los puertos del mundo.
- c.** Describir el significado de los puertos verdes y sustentables con objeto de su comparación entre sí, definiendo los límites de alcance que tienen respecto de las dimensiones sustentables.
- d.** Definir conceptos a cerca de la utilización de energías renovables en proyectos portuarios, clasificar los tipos y su potencialidad en la zona donde se emplazará el proyecto. Además, describir la eficiencia energética en el sector portuario.
- e.** Analizar el proyecto “Terminal Cerros de Valparaíso” desde lo técnico describiendo técnicas constructivas presentes el proyecto y desde lo contingente exponiendo su estado actual.

3. Metodología de la investigación

El siguiente texto comprende en gran parte de su cuerpo recopilación de textos expositivos que alimentan y fundamentan un trabajo con un nivel descriptivo, con alcances generales al hablar de puertos debido a sus numerosas aristas y rutas investigativas de proyectos de tal envergadura.

El diseño expresado por el trabajo es de tipo documental donde la mayoría de la información se recopila de documentos tanto virtuales como impresos, con el fin de mostrar una realidad portuaria nacional, para luego desmenuzar de forma genérica conceptos, definiciones y clasificaciones de las estructuras más importantes de un terminal. Por otra parte, la realidad portuaria internacional se plasma en este trabajo de acuerdo con información obtenida de columnas, algunos textos de expertos y documentos web presentes en las pantallas informativas que presentan los sitios de internet de grandes puertos en el mundo, haciendo análisis de sus atributos y evoluciones en torno al tiempo transcurrido.

La recolección de los datos e información es consecuencia de un análisis documental y contenido referente a los objetivos a alcanzar, no obstante, la información presente en el cuerpo descriptivo del proyecto mencionado y analizado, (Terminal Cerros de Valparaíso, TCVAL) responde a un análisis deductivo de documentos periodísticos contingentes, opiniones de expertos y ciudadanos de la ciudad de Valparaíso. Los datos y números más técnicos del proyecto fueron recopilados del estudio de impacto ambiental del proyecto como también de informes cuantitativos de los impactos patrimoniales del proyecto inserto en la ciudad.

Estos datos se analizaron de manera lógica en cuanto a inducción, deducción y síntesis, así como también, de manera descriptiva, inferencial y referencial. Y al final de analizar, evaluar los datos que conforman la presentación del proyecto, su impacto en distintas dimensiones, evaluar los puntos más críticos dentro de la ejecución de las obras de este proyecto y homologar estos datos con la información genérica de esta memoria se concluye con comentarios y percepciones de la manera en que es responsable llevar a cabo la ejecución de las obras de este importante proyecto.

4. Puertos de Chile.

La geografía de Chile, un país largo extenso abrazado por el océano pacífico en todo su territorio, con más de 6.400 km de costa continental dejando fuera la antártica, propicia una actividad portuaria importante y relevante para el desarrollo del país. Existen 59 puertos en todo el país, de diferentes tamaños, usos y complejidad.

De los principales puertos nacionales, cabe destacar los 10 terminales públicos o estatales, y son 14 los que son puertos privados de uso público.

Región	Puertos Estatales
XV	Empresa Portuaria Arica
I	Empresa Portuaria Iquique
II	Empresa Portuaria Antofagasta
IV	Empresa Portuaria Coquimbo
V	Empresa Portuaria Valparaíso
	Empresa Portuaria San Antonio
VIII	Empresa Portuaria Talcahuano-San Vicente
X	Empresa Portuaria Puerto Montt
XI	Empresa Portuaria Chacabuco
XII	Empresa Portuaria Austral

Tabla 1.- Puertos estatales de Chile
Fuente: Sistema portuario de Chile 2005

“En nuestro país el 95% de los contenedores y el 55% de la carga movilizada por puertos comerciales nacionales lo hacen a través de los diez puertos públicos. Seis de los cuales han entregado sus principales frentes de atraque para ser administrados y operados por empresas privadas mediante concesiones, es decir, el Estado fiscaliza y los privados invierten, administran y operan. Según cifras de la Cámara Marítima y Portuaria de Chile, los terminales de San Antonio, Valparaíso, San Vicente e Iquique han aumentado en 188% los dos primeros y 100% los dos segundos, el rendimiento en box/hora1 desde el año 1999 al 2003, a pesar de haber aumentado en 40%, 15%, 78% y 49% respectivamente la carga movilizada en los mismos años y de haber reducido en un 30% la tarifa promedio” (Investigación para pregrado 2015; José Francisco Benavides; escuela de Construcción Civil UC).

La industria portuaria en Chile ha avanzado junto con el país en lo económico y lo social, pero aún falta por mejorar, en lo que a la reducción del impacto medio ambiental respecta, en comparación con los países europeos, que son líderes en sistemas portuarios verdes y sustentables.

El incorporar estos criterios de sustentabilidad en la industria mejoraría la competencia internacional del terminal, además de contribuir con la comunidad más cercana al puerto y el respeto al medio ambiente.

Existen ejemplos nacionales como lo es el puerto de Arica (TPA), que cuenta con una certificación de la norma ISO 50001 que acredita los procesos portuarios, obtenida en el año 2013 gracias al trabajo en la gestión ambiental, la reducción del uso energético y la eficiencia energética, trabajando desde el año 2004 con las distintas empresas y operadores del terminal. Esta gestión es inédita en Latinoamérica y el terminal del norte es uno de los pioneros en adquirir este compromiso con el medio ambiente y se ganó la etiqueta del primer puerto verde de Sudamérica.

La certificación por parte de TPA no es el único ejemplo de avances en materias de sustentabilidad en el país, el puerto de la V región de Valparaíso (TPS) se acredita con la norma ISO 14001, donde se establecen sus sistemas de gestión ambiental, y se trabaja en establecer el plan estratégico de sustentabilidad, innovando en la reducción de la huella de carbono del terminal.

4.1. Reseña histórica puerto de Valparaíso

En el año 1810 comienza la vida del puerto, donde se situaban los poblados de Almendral y El puerto con la construcción de un muelle privado llamado Villaurrutia propiedad de un acaudalado empresario de la época. Entre los años 1810 y 1832 se construyen otros atracaderos más y almacenes francos para depósito de cargas internacionales.

De ahí en adelante se establece el muelle fiscal en específico en el año 1876, para posteriormente pensar en la construcción de un muelle que acerque la población al puerto, es el Muelle Prat inaugurado en 1884. Esta estructura adentrada en el mar que va a servir de paseo y recreación para los habitantes de la época.

A fines de la primera década del siguiente siglo, se empieza a demostrar un interés gubernamental por el puerto, y es en 1910 cuando se aprueba la ley n°2.390 de asignación de fondos para la construcción de los puertos de Valparaíso y San Antonio, dos años después comenzaría a tomar forma el actual terminal, iniciándose los trabajos de construcción para la infraestructura conocida hoy en día, el molo de abrigo, terminales de atraque, malecones, el espigón y el Muelle Barón. Después de 18 años en 1930 se inaugura uno de los hitos importantes en la construcción del terminal, el molo de abrigo.

La administración va a ser comandada en un principio por EMPORCHI (Empresa portuaria Chile), tras la promulgación del decreto con fuerza de ley n°290 en el año 1960 se crea la empresa chilena autónoma, ésta estaría a cargo de la explotación, administración y mantención de los puertos del país.

En el año 1981 se promulga la ley de puertos, que indica que 11 puertos nacionales pasan a la administración pública de EMPORCHI, dejando 27 proyectos portuarios a privados que asumirán labores de carga.

El comercio exterior del país creció considerablemente y a causa de esto se promulga la ley n°19542 para la modernización de los puertos, que convierte 10 terminales nacionales (tabla 1) en empresas públicas autónomas, haciéndose cargo de su propia administración y explotación. Esta ley es promulgada en el año 1997. Un año después se constituye la actual empresa portuaria de Valparaíso EPV.

En la actualidad el puerto de Valparaíso enfrenta un ambicioso proyecto que pretende mejorar las condiciones, ampliar la productividad y capacidad para pararse de manera sólida en la escena portuaria internacional. Es en el año 2013 cuando el grupo OHL Concesiones S.A. se queda con la licitación para la construcción del nuevo terminal 2 de Valparaíso.

“Diseño, financiación, construcción y explotación del proyecto Terminal 2 del Puerto de Valparaíso. Con dos terminales, mercancía general y contenedores, tendrá un calado de 16 m y capacidad para operar simultáneamente dos barcos Super-Post Panamá. La nueva terminal de contenedores, cuya puesta en operación está prevista para el año 2017, permitirá duplicar la capacidad del Puerto de Valparaíso. Brindará nuevas oportunidades de empleo y desarrollo regional y competitividad para Chile”. (Descripción del proyecto y beneficios a la comunidad, Grupo OHL, Terminal cerros de Valparaíso).



1 Almacenes fiscales 1850.

Fuente: <http://www.nuestropatrimonio.cl>



2 Puerto de Valparaíso 2016.

Fuente: <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Noticias/2016/05/17/La-inversion-en-puertos-que-da-seguridad-a-los-exportadores.aspx>.

4.1.1. Historia de la construcción del rompeolas del puerto de Valparaíso.

Corría el centenario cuando se dicta la ley N°2390 que autorizaba al presidente de la república a crear un plan definitivo de obras marítimas con el que se buscaba mejorar el terminal de Valparaíso y San Antonio, dándole vida a la comisión de puertos. Esta es quien da el punta pie y propone la planimetría de las obras de mejoramiento para el puerto de Valparaíso a través de un decreto supremo en el año 1911.

Jacobo Krauss ingeniero holandés, quien estudio la factibilidad y documento el plan de mejoramiento del terminal donde estaba considerado la construcción del rompeolas, la cual fue sondeada mediante un sistema de tubos de acero, algunos tapados en un extremo, otros destapados y otros lastrados. Con el fin de medir y cuantificar la resistencia estructural del fondo marino, el resultado de esto fue, un fondo fangoso a 55m de agua que presentaba una superficie no compacta de 7,7 m.

La construcción del proyecto se realizó en dos etapas, la primera eran 300 m en dirección al oriente para doblar después 700 m, y a cargo estuvo la compañía británica Pearson y Cía.

“Las obras que emprendemos, no sólo son importantes desde el punto de vista comercial, sino que también son muy interesantes a la observación del ingeniero, pues comprenden la construcción de un rompeolas que alcanza una profundidad en que jamás se haya trabajado antes... El extremo del rompeolas alcanzará una profundidad de cincuenta y cinco metros, profundidad que, junto con la naturaleza fangosa del mar, constituyen un estudio muy interesante que será observado por ingenieros de todas partes del mundo. La construcción y colocación de los cajones monolíticos de concreto al extremo de este rompeolas, será también un trabajo de sumo interés” (Discurso representante de la constructora Pearson y Cía., inauguración de las obras 1912, El puerto de Valparaíso y sus obras de mejoramiento, Alberto Fagalde).

EL trabajo que significó la construcción del muelle y el molo de abrigo para la época era impresionante, hablamos de taludes de 115 m de ancho en las profundidades mayores y 32 m de alto, seguido de un manto de bolones y piedrecillas de 60m y 25m de altura, otra capa de grandes enrocados para cubrir una plataforma de 32 m de ancho y 12 m de alto. Toda esta estructura era necesario asentarla durante un año completo ya que debía resistir la superestructura de bloques monolíticos, de grandísimos volúmenes, una base de 16 x 20 m y 15 m de alto que componen el muro monolítico a base de cajones celulares más grande del mundo en la época. Estos cajones son flotantes y se disponen de esa forma para conformar el molo, técnica constructiva totalmente innovadora para el momento.

El malecón fue diseñado para resistir olas de 9m de altura por 90m de largo y con velocidades de 12m por segundo, el hecho de que el fondo marino se encuentre a 55 m de profundidad clasificaba en la época el dique como uno de los más profundos del mundo si no el más profundo.



3.- Cajones celulares, construcción rompeolas Valparaíso.

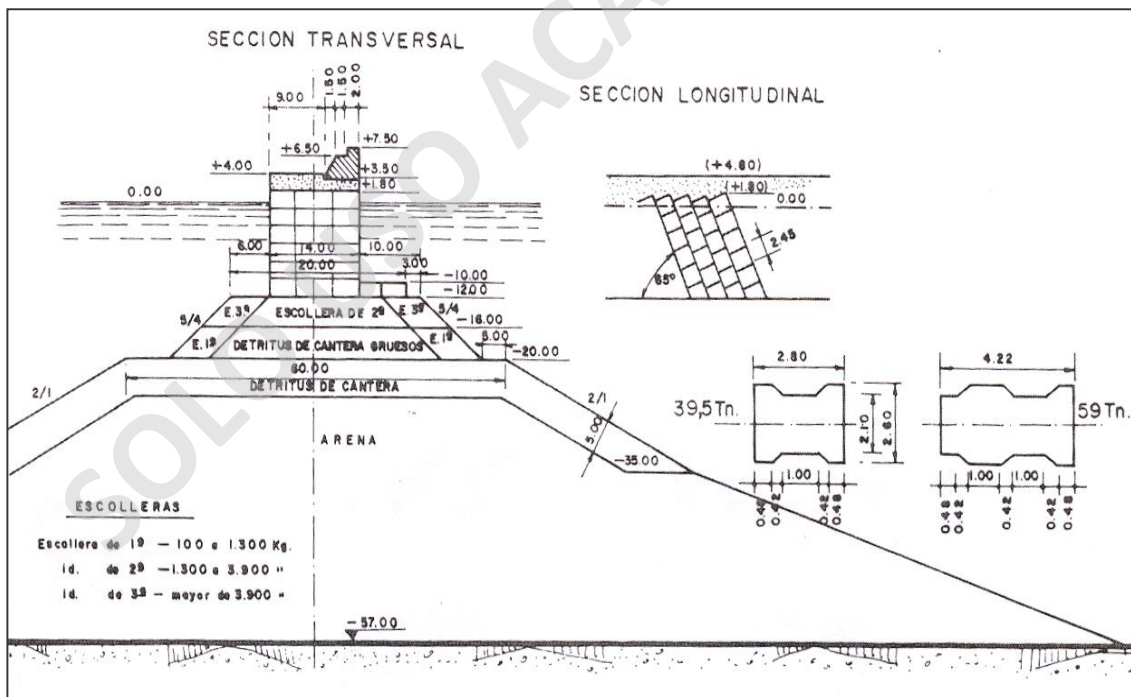
Fuente: El puerto de Valparaíso y sus obras de mejoramiento, Alberto Fagalde

Para 1923 se alistaba la faena para emprender la construcción del segundo tramo del dique de abrigo más innovador construido en la época, este consistía en los 700 m y fracción construida de forma casi paralela al borde costero, con el fin de aumentar la superficie de agua abrigada con un solo rompeolas.



4.- Rompeolas actual puerto de Valparaíso.
Fuente: Google Earth.

Este tramo se constituye de una parte que refleja el oleaje incidente en el dique, y por el otro lado sirve de muelle. La solución constructiva para esta parte de la estructura consistió en bloques macizos de hormigón que van conformando columnas inclinadas que se traban entre sí, buscando el aprovechamiento de la forma de los bloques, toda estructura se cimentó en la cota -57m en banquetas de escolleras de 1.3t a 3.9t. A continuación, se presenta un esquema técnico de la conformación estructural del muro con cortes transversales y longitudinales.



5.- Dique de bloques de hormigón en el Puerto de Valparaíso, Chile.
Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros

5. Componentes de un puerto

Un terminal portuario se compone de diferentes elementos que hacen posible la correcta explotación y le dan vida en definitiva a su infraestructura, es por eso por lo que existen obras tipos que se realizan en la etapa de construcción que son imprescindibles para completar un proyecto portuario.

Existen obras de atraque y amarre, obras de abrigo y protección costera, ductos, pavimentos portuarios, estructuras y elementos complementarios. Es importante señalar que las obras portuarias para efecto constructivo dependen también de las condiciones físicas de emplazamiento del terminal, estos pueden ser, costeros, puertos interiores o terminales libres.

Para clasificar los componentes de un puerto es correcto y apropiado hacerlo en dos grandes segmentos, obras exteriores y obras interiores, donde en conjunto componen el proyecto portuario. Tener en consideración la complejidad de alguna faena en exterior o la buena terminación de una partida en interior para el diseño y construcción, contribuirá con una eficiente ejecución de los trabajos.

5.1. Obras de abrigo

Las obras exteriores de un puerto pueden definirse como aquellos elementos del puerto que impidan la acción del mar y que cumplirán con las condiciones necesarias para que las embarcaciones entren y giren de manera normal, además para que el puerto tenga la suficiente superficie abrigada. Es por lo que las obras de abrigo son la principal partida de las obras exteriores, tanto por su magnitud y por la importancia que representa para el proyecto.

Es el molo de abrigo o el rompeolas que cumple con la función de proteger y el tamaño o la especificación de la estructura será de acuerdo con las necesidades de la superficie de agua abrigada, al tráfico esperado y a las condiciones físicas de emplazamiento del terminal, todo esto especificado en planos de planta del proyecto.



6 Dique de abrigo Sur y Este, Puerto de Barcelona 2009.

Fuente: <http://www.portdebarcelona.cat>.

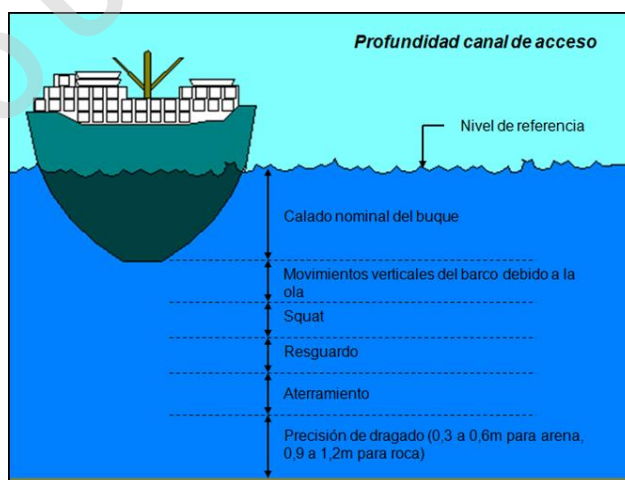
“La obra de abrigo o de protección, por esencia, es el dique o molo o rompeolas. Éste quedará determinado en el estudio de planificación del puerto al buscar la solución a las necesidades de superficie de aguas abrigadas conforme con la previsión de tráfico esperado. Estas necesidades deben quedar reflejadas en planos de planta compatibles con las condiciones físicas propias del puerto”. (Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros).

5.1.1. Planificación zona marítima

En lo que a la planificación de la zona marítima respecta, es pertinente definir elementos básicos, tales como, el abrigo, entrada y/o salida y el calado. El abrigo y la seguridad de las aguas será mayor si la entrada al puerto es más pequeña, lo que haría más compleja la maniobrabilidad del puerto, es decir, existe una relación inversa entre estos elementos. El calado, por otro lado, necesario para las embarcaciones, obligaría a proporcionar áreas artificiales que se conectan con los calados naturales y que compatibilizan con las rutas de entrada.

“El calado necesario para los barcos puede obligar obtener áreas artificiales, en las dársenas de explotación portuaria, que tendrán que enlazarse con los calados naturales mediante canales artificiales. Éstos a su vez deben ser compatibles con la ruta de entrada y estarán sujetos a los procesos litorales que podrán exigir al puerto dragados de conservación periódicos”. (Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros).

Para determinar el canal de entrada hay que tener en cuenta distintos factores técnicos, para una entrada apropiada. Estos son, el calado del buque a plena carga, movimientos verticales de la embarcación, saquat (sentado del buque por efectos del oleaje), resguardo bajo la quilla, aterramiento y dragado, estos dos últimos debido a su compleja precisión se debe dejar un espacio libre como factor de seguridad, alrededor de 0,5 m.



7 Factores que influyen en la determinación de la profundidad del canal de acceso.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

Más allá del cálculo para el ancho final y la profundidad del canal, deben realizarse análisis con simuladores, que permiten representar la maniobrabilidad de la embarcación en una alta calidad a través de una imagen proyectada en 360°, incluso en diferentes condiciones meteorológicas.

El trazado por otra parte es muy importante, porque evita que las embarcaciones realicen maniobras complejas, un correcto trazado es aquel que permite hacer ingreso a la superficie de agua abrigada, con el mínimo de maniobras necesarias, y para esto se exigen requerimientos mínimos. Debe ser lo más recto posible, donde se requieran curvas horizontales estas deben ser de grandes radios, los tramos rectos entre curvas deben ser a lo menos 10 veces el largo del buque debe ser perpendicular a la costa, entre otras.

5.1.2. Clasificación de rompeolas

Para clasificar los rompeolas lo hacemos bajo distintos puntos de vista, para esta investigación se determinan tres distintos puntos, según Van der Meer, en función de la geometría de su emplazamiento y en función de su geometría y estructura.

Van der Meer clasifica las obras marítimas de rígidas a flexibles, lo hace en base a un parámetro estático (H_o), que reduce la respuesta de una estructura ante el oleaje que incide.

$$H_o = H_s / \Delta D n_{50}$$

H_o	<i>Parámetro estático</i>
H_s	<i>Altura de ola significativa (m)</i>
Δ	<i>Coefficiente relativo de densidades (-) $\frac{\gamma}{\gamma_w} - 1$</i>
γ	<i>Densidad de la pieza (t/m³)</i>
γ_w	<i>Densidad del agua del mar (t/m³)</i>
D_n	<i>Diámetro nominal medio (m)</i>

Los rangos propuestos por Van der Meer van a depender de la cuantificación del parámetro estático H_o , y según esto es como se clasificará el rompeolas.

a. $H_o > 1$	Dique Vertical, estructura rígida de fallo instantáneo
b. $1 < H_o < 4$	Dique en talud convencional, estructura de fallo gradual
c. $3 < H_o < 6$	Dique con talud especial, en S o D
d. $6 < H_o < 20$	Taludes de escollera de diámetro reducido
e. $20 < H_o < 500$	Playas de grava
f. $H_o > 500$	Playas de arena

En función de la geometría de su emplazamiento, hace referencia a las características geográficas donde se emplaza el puerto y según esto se clasifica.

- Rompeolas que arrancan desde la costa, esta solución es utilizada en puertos que sean ganados al mar, y donde no se dispongo de terreno necesario en la orilla para un dragado interior, ya sea por la cercanía de la ciudad o el terreno sea muy rocoso.



8 Puerto de Antofagasta, Chile.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros

- Rompeolas convergentes, este tipo de puerto se compone por dos diques en forma de brazos, que comprenderán al terminal, se utilizan para buscar el calado necesario en el canal de acceso pudiendo ser de diversas formas.



9 Puerto de Ortona, Chieti, Italia.

Fuente: Google Earth.

- Rompeolas paralelos a la costa, aislados y abiertos, son utilizados en proyectos exteriores puesto que son puertos ganados al mar que no se alejan de la costa, para su ampliación esta solución es compleja.



10 Puerto de Marsella, Francia.
Fuente: Google Earth.

- Diques paralelos, esta solución es utilizada en las desembocaduras de los ríos buscando disminuir el área hidráulica y aumentar la velocidad, para que sedimentos del río no obstaculicen la boca de entrada.



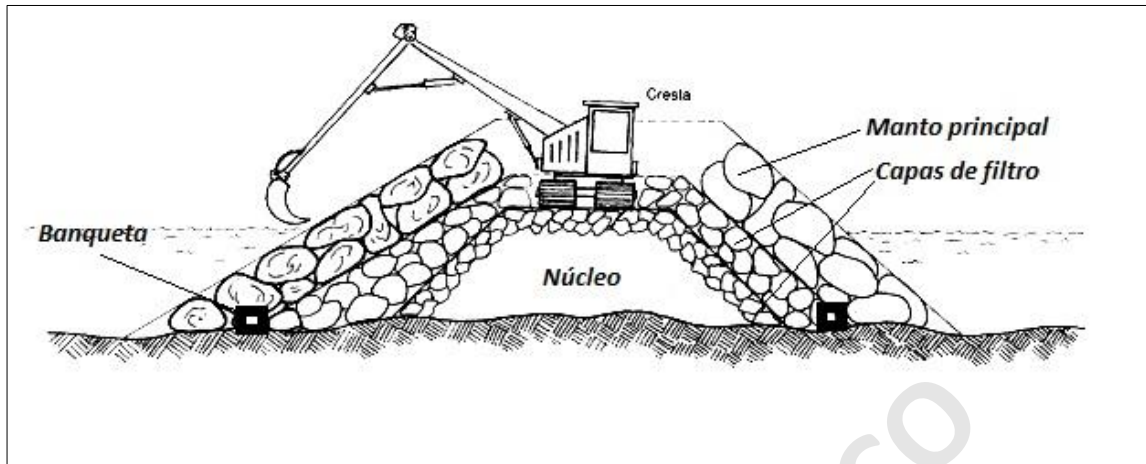
11 Puerto de Deva, España.
Fuente: Google Earth.

En función de su geometría y estructura, hace referencia a los componentes estructurales de un rompeolas y cuáles son sus funciones dentro del dique.

- De talud, con pendiente que disipa el oleaje incidente, estos rompeolas están constituidos por un núcleo a base de material de cantera que impide la transmisión de la energía y por un manto principal, que puede ser una escollera o elementos de hormigón de gran tamaño, por esto es necesario escolleras intermedias de menor tamaño para proteger el núcleo. En la coronación del dique es necesario un espaldón de considerables dimensiones para evitar el rebase y mejorar las condiciones para la construcción y explotación.

Los elementos constituyentes de la estructura son:

- a. Núcleo: constituye la parte central del dique y soporta los mantos de escollera, y posibilita la ejecución, debe tolerar deformaciones y la permeabilidad debe ser compatible con las condiciones hidrodinámicas del proyecto.
- b. Capa de filtro: esta parte intermedia del talud protege al núcleo evita que las partículas del núcleo pasen al exterior. Se constituyen por varias capas de escolleras de tamaño creciente desde el núcleo.
- c. Manto principal: este manto está ubicado en la parte exterior de la última capa de filtro, constituido por elementos de mayor tamaño con la finalidad principal de resistir el oleaje que incide sobre el dique.
- d. Banqueta: sirve de apoyo inferior al manto principal.
- e. Espaldón: estructura de hormigón ubicada en la coronación del dique con el objetivo de evitar los rebases.
- f. Losa de hormigón: sirve como camino y protege al núcleo de los rebases, ubicado en la zona superior del dique.
- g. Manto interior: protege al talud interior del dique de posibles agitaciones y rebases.



12.- Componentes estructurales de un rompeolas.

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/003/v5270s/V5270S03.htm>. (Editado por Alan Cabrera).



13.- Componentes estructurales de un rompeolas.

Fuente: http://www.puertos.es/anuario_estadistico/anuario_estadistico2013/archivos_internos/contenidos/05/050104.html. (Editado por Alan Cabrera).

Las escolleras son elementos importantes dentro de un dique de talud, ya que son estas quienes hacen el trabajo disipador del oleaje y en consecuencia mantienen el puerto abrigado, estas pueden ser naturales o artificiales.

Escolleras naturales: esta es obtenida de canteras y es importante que estén bien próxima a la obra y puede ser una cantera nueva, una que se ha dejado de explotar o que se encuentre actualmente en explotación o puede ser de desmonte de la misma obra.

Las características fisicoquímicas del material tienen que satisfacer las condiciones necesarias para mantener la estabilidad ante el oleaje. Se pueden clasificar en:

- a. Escolleras de 1kN – 3kN
- b. Escolleras de 3kN – 20 kN
- c. Escolleras mayores de 20 kN

El acopio del material es una dimensión importante para la construcción del dique, debe facilitar el tránsito de los camiones dentro de la obra, garantizar que el sector de acopio tenga la resistencia necesaria para soportar el material, evitar siempre la contaminación del material acopiado por el terreno natural, asegurar una conveniente evacuación de las aguas pluviales, tener una adecuada conexión con la red vial y que se permita siempre el lavado de los neumáticos de los camiones para no dejar restos de material en el camino.



14.- Cantera en explotación.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros



15.- Escollera natural.

Fuente: <http://www.cotodepezca.com/6-lugares-en-donde-pescar-doradas-a-surfcasting/>.

Escolleras artificiales: estas están compuestas por elementos prefabricados de hormigón y es utilizado cuando por razón de tamaño y complejidad para la obtención de material no es posible hacer una escollera natural.

Para el proceso de fabricación de la escollera se deben tener las siguientes consideraciones:

- a. Para el hormigón ocupado en la fabricación de los elementos la relación agua/cemento debe ser baja, consistencia seca y el tamaño del árido debe ser el máximo posible.
- b. Para la manipulación y colocación de las piezas se debe respetar estrictamente el periodo de curado
- c. La planta de hormigón debe tener una capacidad de vez y media de las necesidades, en procesos de fabricación larga (6 meses) debe tener una capacidad del doble de las necesidades.
- d. Para los encofrados se debe señalar el número de usos que puede tener cada uno, para programar de buena manera su mantenimiento o su posible restitución.
- e. La fabricación de los elementos debe realizarse en un lugar próximo a la obra para que el transporte sea el menor posible y no tener que recurrir a permisos especiales.



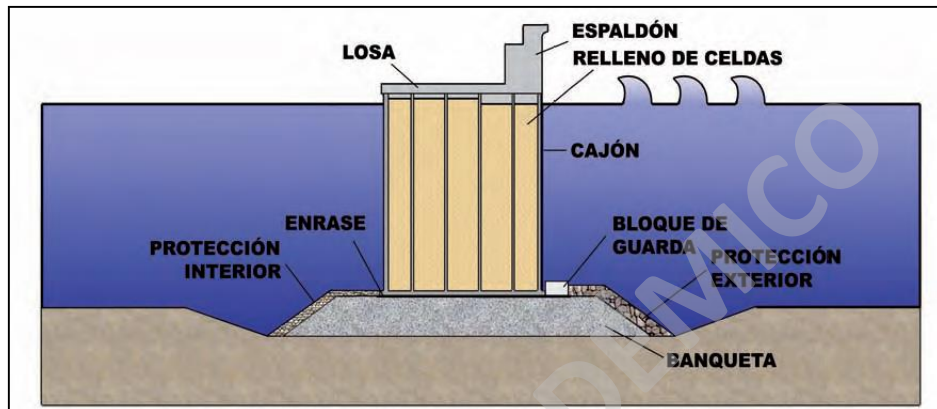
16.- Moldaje de un elemento prefabricado para Escollera. Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros



17.- Izaje del elemento prefabricado para Escollera.
Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros

- Rompeolas de pared vertical, es una estructura monolítica rígida e impermeable con comportamiento gravitacional, y se caracteriza por reflejar la energía del oleaje incidente. Está constituido por un muro vertical hecho de hormigón ya sea en bloques o cajones y descansan sobre un cimiento de escolleras con capacidad portante y de reparto mediante tensiones suficientes.

Los componentes de un dique vertical son los siguientes:



18.- Componentes de un dique de pared vertical.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros

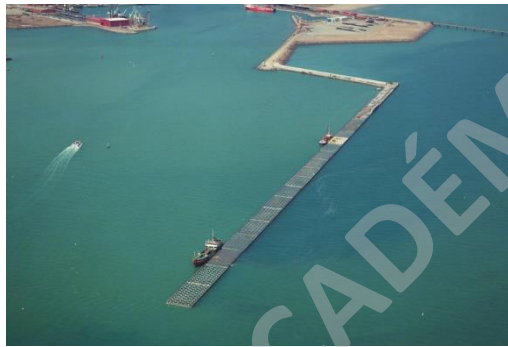
En estos diques verticales el muro no debe nacer necesariamente del fondo marino, debe estar presente solo en la zona donde se produce el oleaje, es necesario también una ejecución muy prolija, por lo que la construcción debe ser en condiciones de calma marina, de otra manera no es posible una perfecta ejecución. A continuación, dos tipos de rompeolas de pared vertical:

- Mediante cajones celulares: Para la construcción de este tipo de dique los cajones deben ser llevados flotando hasta el lugar de colocación donde se fondean y se rellenan con arena, se establecen condiciones necesarias para la ejecución como, por ejemplo, que la altura de la ola significativa sea inferior a 1,5 m en la maniobra de fondeo del cajón y con una velocidad del viento inferiores a fuerza 4. Existen limitaciones también a la hora de hablar de su construcción, se necesita maquinaria sofisticada y mano de obra calificada debido a la prolijidad de su ejecución, dificultades en el hundimiento en el cajón, costos elevados en la fabricación de los cajones cuando las dimensiones son muy grandes, el suelo donde se apoya el cajón no siempre tiene la capacidad portante lo que trae complicaciones para la construcción.



19.- Cajones flotantes.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros

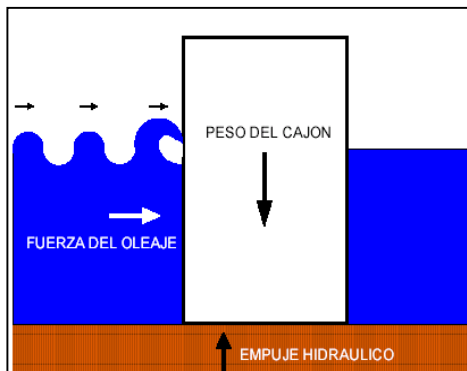


20.- Obra ampliación puerto de Sagunto, Valencia.

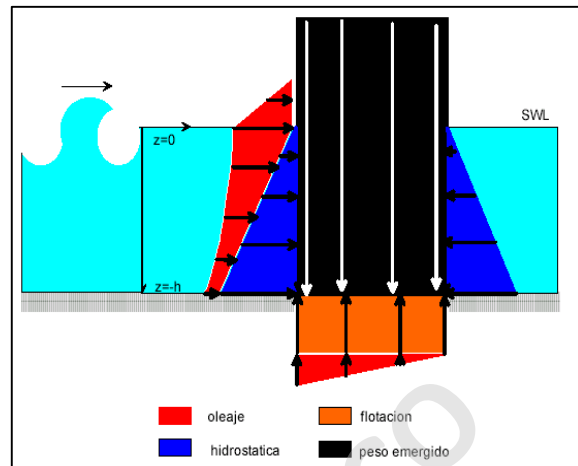
Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros

- A base de tablestacas: este tipo de construcción puede hacerse iniciando la obra en tierra avanzando por la estructura o bien puede hacerse insertándolos en terreno marino mediante maquinarias sobre barcas cuando las condiciones del mar lo permitan, muy usada en la construcción de muelles. Construidas las celdas tablestacas se procede a rellenar con material pétreo en algunos casos, se inyecta mortero posteriormente.

“Este muro debe ser una estructura muy versátil debido a que recibe variados esfuerzos. Esfuerzo resultante vertical ascendente (subpresión). Esfuerzo resultante horizontal de cierta duración, función del período del oleaje y de las características del impacto de la ola contra la pared. En nuestro país, también es importante el esfuerzo sísmico. A estos esfuerzos, el dique vertical se opone únicamente con su propio peso, que juntamente con el coeficiente de rozamiento entre el muro y la banquetta de escollera, debe ser suficiente para garantizar la estabilidad del dique” (Investigación, Profesor José Francisco Benavides y otros).



21.- Esfuerzos producidos por el oleaje



22.- Esfuerzos ejercidos al muro.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros

Este tipo de dique tiene la ventaja de no utilizar mucho material pétreo para su construcción ni de escolleras para los mantos de protección, lo que obliga a canteras en las proximidades de la obra, tienen una mayor rapidez de construcción al usar elementos prefabricados, pueden ser utilizados como atraque también.

Otra ventaja es que el cálculo responde a un análisis más exacto de las condiciones de trabajo en caso de una futura ampliación del terminal.

5.2. Obras de atraque.

Para las obras interiores de un puerto nos referimos a aquellas construcciones que permiten el atraque y el amarre de las embarcaciones de un terminal portuario, es decir, estas obras tienen por objetivo fundamental proporcionar a los buques las condiciones necesarias para su segura permanencia en el terminal, además, el correcto desarrollo de las operaciones de carga, descarga, transbordo de pasajeros, entre otras.

El muelle o cualquier otra estructura de atraque es una obra obligatoria para cualquier puerto que forme parte del sistema internacional, siendo un elemento de gran importancia dentro de un terminal.

“El objetivo fundamental de una obra de atraque y amarre es proporcionar a los buques unas condiciones adecuadas y seguras para su permanencia en puerto y/o para que puedan desarrollarse las operaciones portuarias necesarias para las actividades de carga, estiba, desestiba, descarga y transbordo así como embarque y desembarque de pasajeros, vehículos y mercancías que permitan su transferencia entre buques o entre éstos y tierra u otros medios de transporte” (Recomendaciones para el proyecto y ejecución en obras de atraque y amarre, Puertos de estado, Gobierno de España).

- Definición estructura de atraque: estas construcciones permiten las operaciones de carga y/o descarga de las embarcaciones, pudiendo hacerse efectivo el transbordo ya sea de personas y/o mercancías y permite también la unión del transporte marítimo y terrestre.

Una estructura de atraque es también una estructura de amarre por lo que debe contar con lo necesario para fijar el barco a él y que se puedan llevar a cabo las transferencias de carga y/o descarga de manera eficaz.

No solo elementos de fijación deben tener el puerto, es de suma importancia también contar con elementos de defensa que absorban y amortigüen los impactos del barco en la operación de atraque, estas consideraciones van a proteger tanto a la embarcación y al muelle, ya que los impactos generan cargas laterales que tienen que estar considerados dentro del diseño del muelle.



23.- Elemento de defensa



25.- Bitas de amarre



24.- terminal de gráneles líquidos, Puerto de Copenhague.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

- Funciones de la estructura de atraque: las obras de atraque se conciben para cumplir con ciertas funciones, como, servir como línea de contacto y atraque seguro al barco que la utiliza, funcionar como superficie que facilite el paso de la mercancía del medio marítimo al terrestre y/o viceversa, proporcionar una zona final de operación y almacenamiento en el muelle a los sistemas terrestres, que permitan la entrada y salida de las mercancías.

Las funciones de estas estructuras están estrechamente relacionadas con el tipo de mercancías a manipular y con las características de las embarcaciones que se atracaran en el terminal, esto quiere decir, que ambas variables son de conocimiento obligatorio a la hora de proyectar y construir una obra de atraque, ya que realizar modificaciones en la estructura puede resultar muy costoso y en ocasiones es imposible generar el cambio de destino para el atraque. Como lo señala este ejemplo.

“Si un muelle concebido sobre pilotes destinado para operar mercancía general se quiere cambiar su destino para operaciones de manipulación de contenedores, es muy posible que la magnitud y distribución de cargas propia de una grúa pórtico de contenedores excedan de las que en un principio se consideraron para el proyecto, y si esto ocurre la transformación del muelle no es factible, o lleva emparejado un reforzamiento de la estructura de sustentación y del tablero de difícil y costosa ejecución”. (Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.).

5.2.1. Clasificación de las estructuras de atraque

Vamos a clasificar las estructuras siempre en función de:

La mercancía movilizada: Para clasificar según las mercancías es necesario clasificar a su vez los tipos de mercancías que se trabajan dentro de un terminal portuario.

- a. *Muelles de carga general*
- b. *Muelles de contenedores*
- c. *Muelles de carga por rodadura (ro ro)*
- d. *Muelles para pasajeros*
- e. *Muelles de gráneles líquidos*
- f. *Muelles de gráneles sólidos*
- g. *Muelles de pesca*
- h. *Su geometría*
- i. *Según su estructura de cimentación*
- j. *Según la forma en que resisten los esfuerzos.*

Dada la carga se puede identificar el tipo de muelle a construir y condiciona a su vez la distribución de las superficies y las dotaciones en la zona terrestre próxima al muelle.

A continuación, una tabla que muestra la configuración del muelle en función del tráfico y la carga.

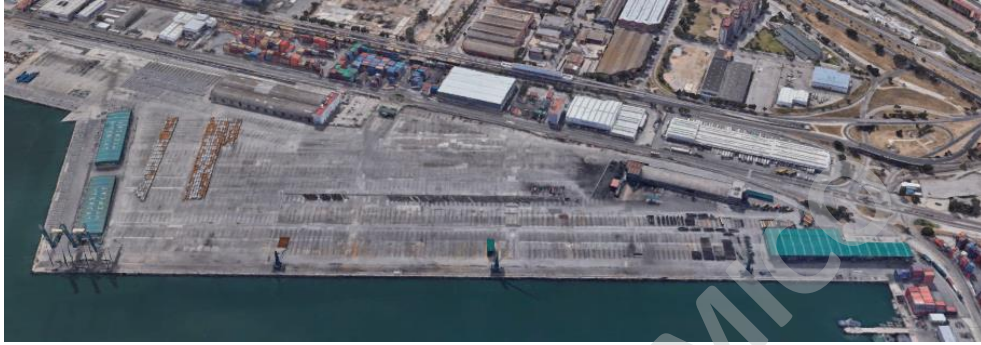
Tipo de Mercancía		Sistema de manipulación		Configuración física
		de mercancía		del atraque
USO COMERCIAL	GRANELES LIQUIDOS	Producto petrolíferos y químicos	Bombeo por tubería	Monoboya
				Campo de Boyas
		Gases líquidos	Brazos de carga/descarga más tubería	Pantalán Discontinuo
				Pantalán Discontinuo
	GRANELES SOLIDOS	Con instalación especial	Sistemas continuos	Pantalán Continuo o Discontinuo
		Con instalación especial	Sistemas continuos	Muelle
	MERCANCÍA GENERAL	Carga convencional	Sistemas discontinuos por elevación	Muelle
		Contenedores	Sistemas discontinuos por elevación	Muelle
		Ro-ro	Por medios rodantes	Pantalán Discontinuo
			Parte por medios rodantes	Muelle
		Ferris	Por medios rodantes	Pantalán Continuo
			Parte por medios rodantes y parte por elevación	Muelle
		Multipropósito	Medios rodantes más elevación	Muelle
	PASAJEROS	Ferris	Por medios rodantes	Pantalán Continuo
			Parte por medios rodantes y parte por elevación	Muelle
		Cruceros y otras embarcaciones y pasajeros	Pantalán Continuo
	USO PESQUERO	Pesca	Sistemas discontinuos por elevación	Pantalán Continuo
				Muelle

Tabla 2.- Configuraciones físicas del atraque que suelen ser más convenientes en función del tipo de tráfico,

Fuente: http://www.lpc.upv.es/lpc2/upload/File/Foro%20EROM/EROM%2002/4_Rom%202.1.%20Cap%202.pdf

La geometría de la estructura, dada por estos cuatro tipos.

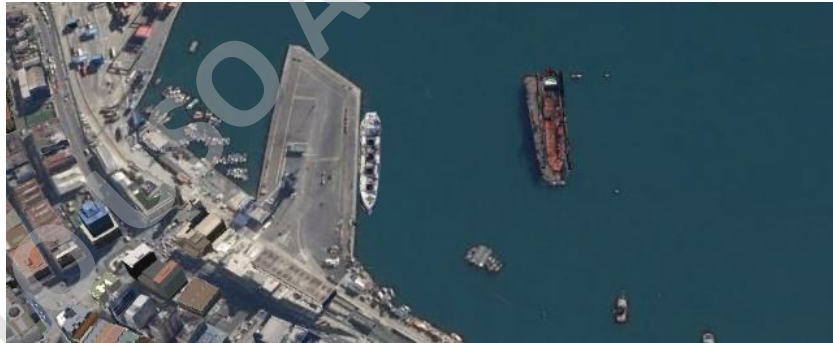
- a. Muelles marginales (wharf): Son paralelos a la costa, en general, movilizan carga general, contenedores, carga ro ro y gráneles sólidos, es conveniente para los casos de carga y descarga de las embarcaciones cerca de bodegas, haciendo uso de grúas y monta cargas.



26.- Puerto de Barcelona, España.

Fuente: Google Earth.

- b. Muelles de espigón (Pier): la morfología del espigón será normal o inclinada respecto de la costa y de los buques que puedan atracar en uno, en ambos o por todos lados. Siempre es de conveniencia que en el caso de cargar cerca de bodegas se haga con el uso de grúas y montacargas o para el caso de terminales de pasajeros.



27.- Puerto de Valparaiso, Chile.

Fuente: Google Earth.

- c. Muelles “T” o “L”: Estos constan de una pasarela en la parte perpendicular a la costa o al borde de un río, el atraque se realiza en la parte paralela a la costa y son utilizados para alcanzar un calado mayor y transportar la mercadería (gráneles líquidos u ordinarios).



28.- Puerto de Huelva, España.
Fuente: Google Earth.



29.- Terminal Internacional de Carbones Gibraltar S.A., Bahía de Algeciras, España.
Fuente: Google Earth.

- d. Duques de alba: A diferencia de los demás el duque no es precisamente un muelle, es una estructura diseñada para el amarre de las embarcaciones o para recibir y absorber los impactos de estas. Para este segundo caso se dice que la estructura sería de ataque. Se pueden construir aisladas, combinados con otras estructuras o solo unido a tierra mediante pasarelas, utilizado generalmente para mover gráneles líquidos (petróleo y gas licuado).



30.- Puerto de Huelva, España.
Fuente: Google Earth.

La estructura de cimentación, en función de esto se puede volver a clasificar en:

- a) Estructuras masivas: La utilización más conveniente para este tipo de estructuras es cuando el estrato resistente se encuentra cerca de la superficie de terreno, pueden estar constituidas también por muros de gravedad con material de relleno lo suficientemente resistente y ligero. Existen también estructuras masivas que se apoyan en paredes de tablestacas y se colocan rellenos de arena, grava u hormigón pobre, constituyendo así muros, gaviones o recintos celulares.
¿Que justificaría la utilización de este tipo de estructura? La necesidad de ganar terreno al mar para la creación de explanada



31.- Estructuras de tablestacas a rellenar.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

- b) Estructuras sobre pilotes: esta solución será utilizada cuando la capacidad de soporte de los estratos superficiales no sea lo suficiente o cuando se quiere absorber energía sacando provecho de la flexibilidad de la estructura.



32.- Puerto de Mejillones, Chile, durante la construcción del muelle de carga general.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

- c) Duques de alba: La solución del duque de alba de atraque protegen la plataforma de operación que está diseñada únicamente para recibir verticales y horizontales como en el caso de los sismos o empujes del terreno en su caso. La estructura debe ser bastante flexible con pilotes verticales o estructuras rígidas (pilotes inclinados o masivas) con un sistema de defensas efectivo que garantice la protección de la estructura ante impactos de las embarcaciones que causan fallas considerables con frecuencia.

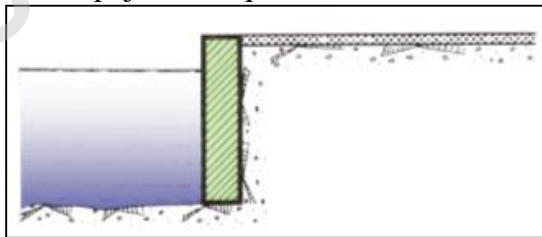


33.- Puerto de Forestal San José S.A., Calbuco, X región, Chile.
Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

- d) Estructura sobre pilas: es la solución intermedia en lo que a rigidez respecta, se utilizan también en casos en que el estrato resistente se encuentre próximo a la superficie de la plataforma marina.

La forma de recibir los esfuerzos, para esta estructura se puede clasificar a su vez en:

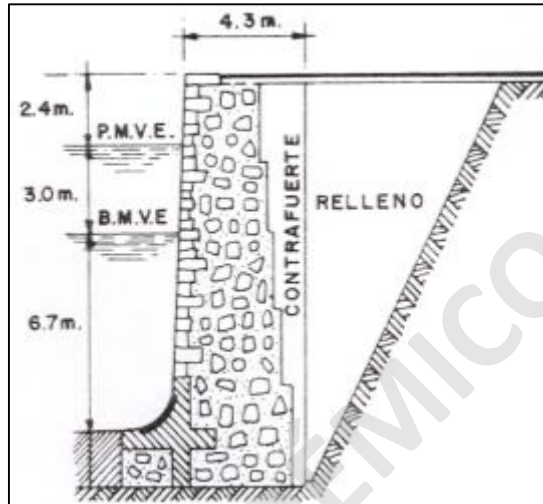
- a) Muelles de contención de paramento vertical: el muelle además de su función general tiene como misión contener el relleno y su estabilidad está asegurada si resiste los empujes a los que esta sometidos.



34.- Muelle de contención de parámetro vertical.
Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

A su vez los muelles de contención pueden ser subclasificados en:

- **Muelles de gravedad.**
 1. -Muelles de mampostería



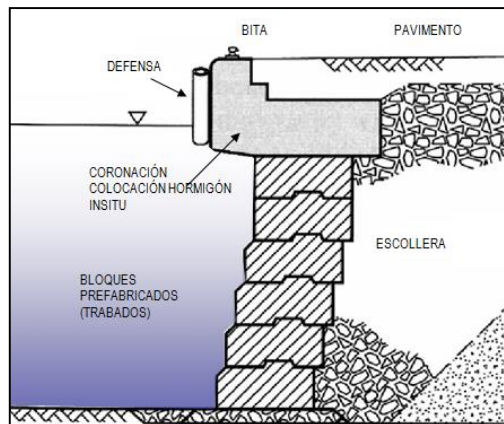
35.- Muelle de mampostería en Greenok.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

En la actualidad es una solución que está en desuso ya que no consigue grandes calados y su construcción es lenta y costosa.

2. -Muelles de bloques

Está constituido por bloques de hormigón prefabricados superpuestos bajo el agua, y su cimentación es en una plataforma de escolleras colocada sobre una excavación preparatoria sobre el terreno marino, esta solución tiene la capacidad portante suficiente.



36.- Muelle de bloques.

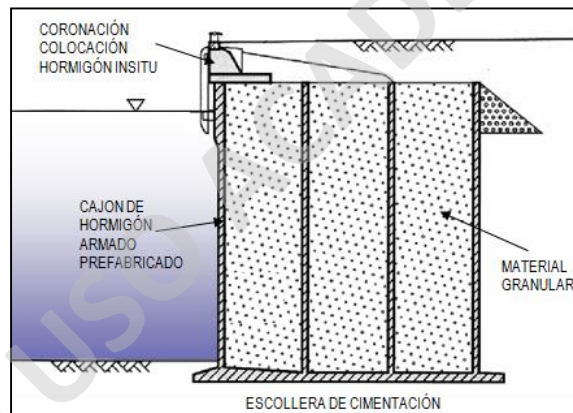
Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

La colocación de los bloques es una tarea compleja por lo que los bloques deben ser lo más grandes posibles para reducir la cantidad de estos, como los bloques tienden a ser volúmenes muy grandes complejiza la acción del Izaje, por lo que en ocasiones estos bloques son huecos y rellenos en obra, o bien, pueden estar compuestas por hormigón liviano, para facilitar la operación.

3. Muelles de cajones flotantes.

Esta solución se concibe bajo la idea de aumentar el tamaño de los bloques huecos, se aprovecha el uso de elementos prefabricados y evita la utilización de medios auxiliares para su movilidad, debido a su capacidad flotante. La forma de los bloques suele ser prismáticas o cilíndricas con celdas de sección circular, cuadrada o hexagonal que se rellenan posteriormente con material granular, hormigón pobre y están hechas de hormigón armado o pretensado.

Este tipo de muelle requiere atención especial en la cimentación y la junta entre cajones. Referente a la cimentación se debe tener cuidado en el enrase de las escolleras que va a ser la base de cimentación, y con respecto a la junta debe asegurarse la conexión necesaria para evitar la pérdida de material de relleno y la transmisión de esfuerzos.

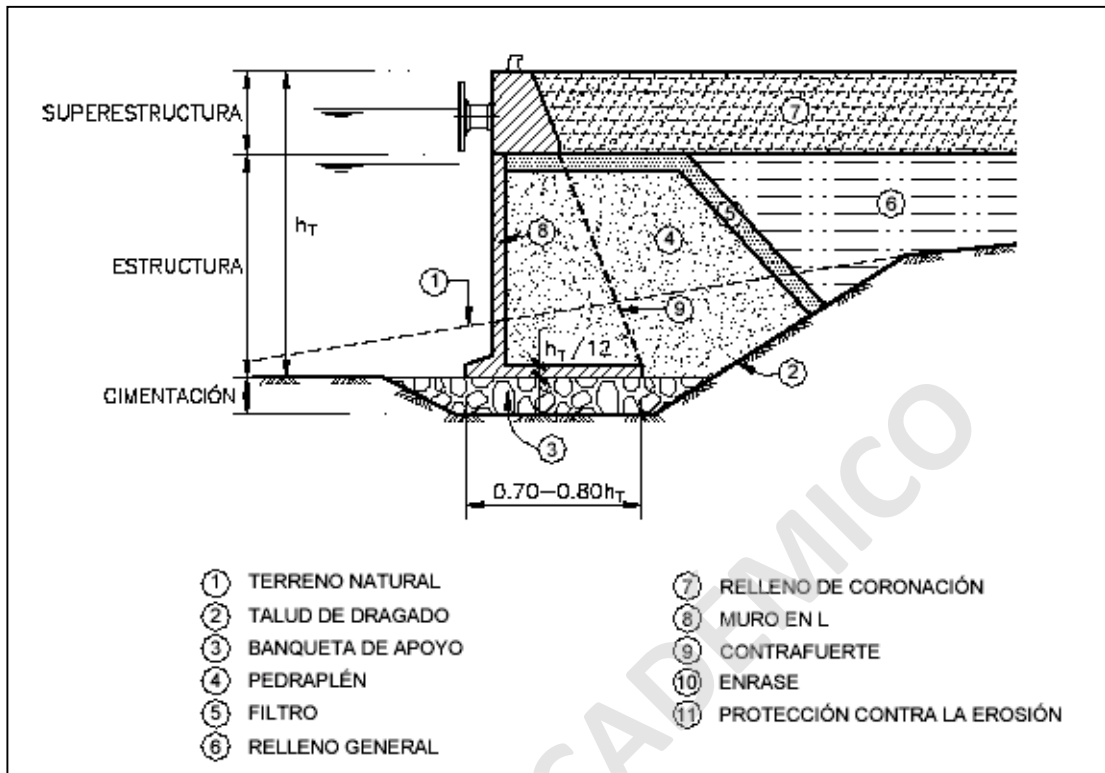


37.- Muelle de cajones flotantes.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

4. Muelles de muro en L

La idea de esta solución es similar a la de los muros de contención terrestre en “L”, donde el propio terreno colabora en la resistencia de los esfuerzos. La construcción de este tipo muelles entrega la posibilidad de construirlos en seco, quedando limitado a los casos donde el calado sea pequeño o nuevas dársenas en zona terrestre. El muro puede estar compuesto por elementos prefabricados y el material de relleno debe mejorar las condiciones resistentes.



38.- Estructura muelle tipo "L".

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

5. Muelles de recintos de tablestacas o ataguías celulares

Está formada por una pantalla de tablestacas hincadas creando un recinto rectangular, circular o de otras formas, posteriormente relleno con material de cantera u hormigón, sobre esto se ejecuta la coronación que será la vía de tránsito del muelle.

Una vez rellanada la pantalla de tablestacas su comportamiento es similar al de un muro de contención. Las condiciones del mar deben ser calmas para permitir el correcto hincado de las pantallas.

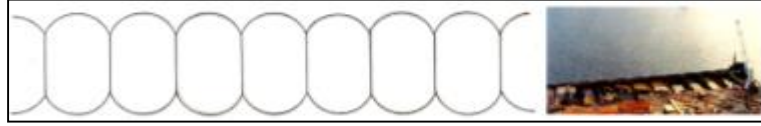
- Celdas circulares conectadas por arcos de círculos.



39.- Esquema Celdas circulares.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

- Paredes de sectores circulares conectadas por tramos rectos (diafragma)



40.- Esquema diafragma.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

6. Muelles macizos ejecutados “in situ”

La mayor parte de la construcción se lleva a cabo bajo el agua con procedimientos de hormigón bajo el agua. Esta solución está especialmente indicada para muelles pequeños o medianos asentados en terreno resistente, además la ejecución del encofrado resulta compleja por lo que adopta secciones rectangulares con escasos resaltes o escalones.

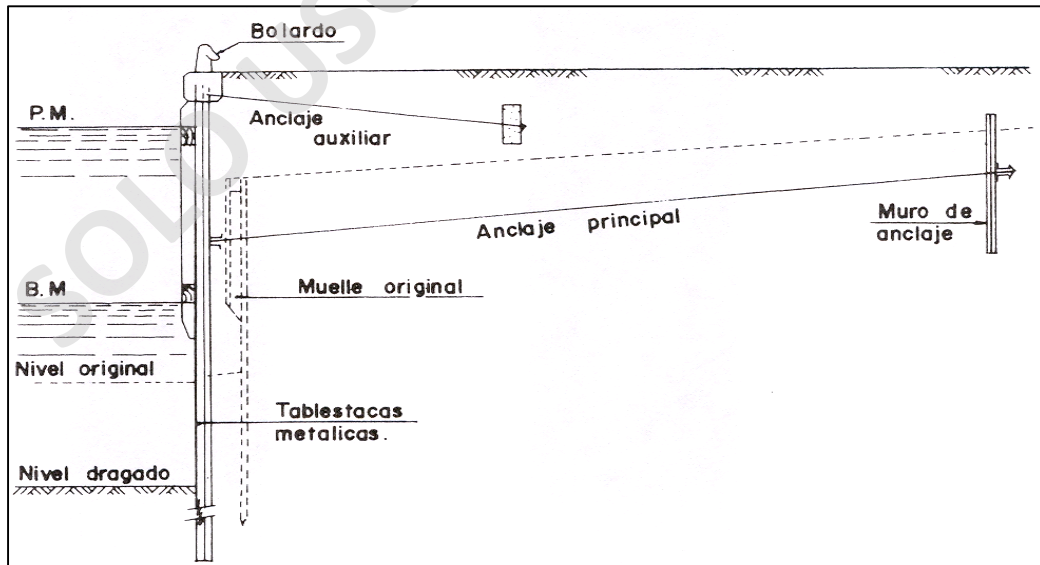
- **Muelles de pantalla**

- a) Pantallas de tablestacas.

Estos muelles verticales se forman por una pared de acero que retiene los rellenos de tierra gracias a su flexibilidad y por medio de un sistema de anclaje, por medio de tirantes o bien puede ser a través de un muro de hormigón armado en L y caballetes de pilotes.

Para llevar a cabo la hincada de las tablestacas es adecuado que el terreno sea granular para que así presenten mayor facilidad la ejecución de la obra, evitando la dificultad de los terrenos con grandes bolones o escolleras.

Existen distintos tipos de tablestacas que varían según el perfil que se utiliza (Z, H, I). La que se utilizara será en función de los esfuerzos que sometan la estructura.

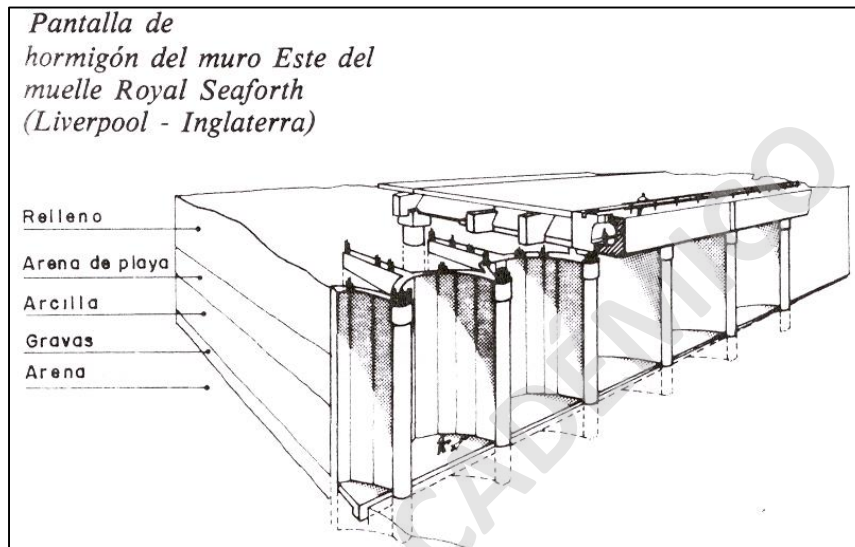


41.-Muelle con pared de acero y anclajes.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

b) Muelles de pantalla continua de hormigón.

Hay diversas formas de componer la estructura a esta solución, por un lado, las pantallas de hormigón rectas, que se construyen con la ayuda de lodos bentónicos y ancladas al terreno, generalmente son usadas para obras provisionales de contención. Por otro lado, se encuentran las que se constituyen mediante elementos prefabricados, en planta estos elementos tienen grandes dimensiones por lo que aportan mucha estabilidad.



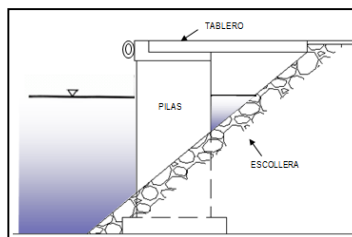
42.- Pantalla de hormigón del muro este del muelle Royal Seaforth, Liverpool, Inglaterra.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

b) Muelles plataforma (talud): El muelle tiene la forma que se necesita para el atraque de las embarcaciones en base a una plataforma horizontal soportada por pilotes transmitiendo carga al terreno estable mediante un talud artificial o natural, estable. La coronación de esta solución es independiente casi de la plataforma horizontal.

Estos muelles pueden ser clasificados en:

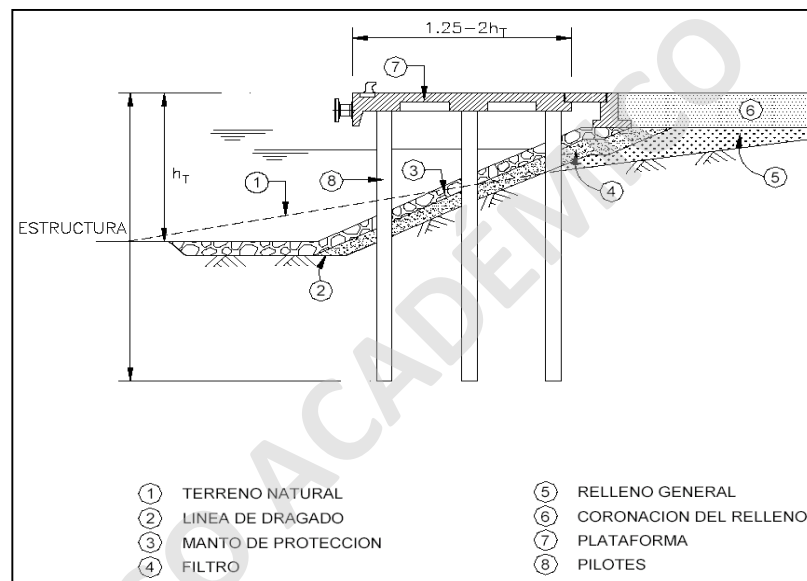
- Muelles sobre pilas: consiste en un tablero apoyado sobre pilas que en planta tiene forma rectangular dispuesta generalmente en perpendicular al cantón.



43.- Muelle sobre pilas.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

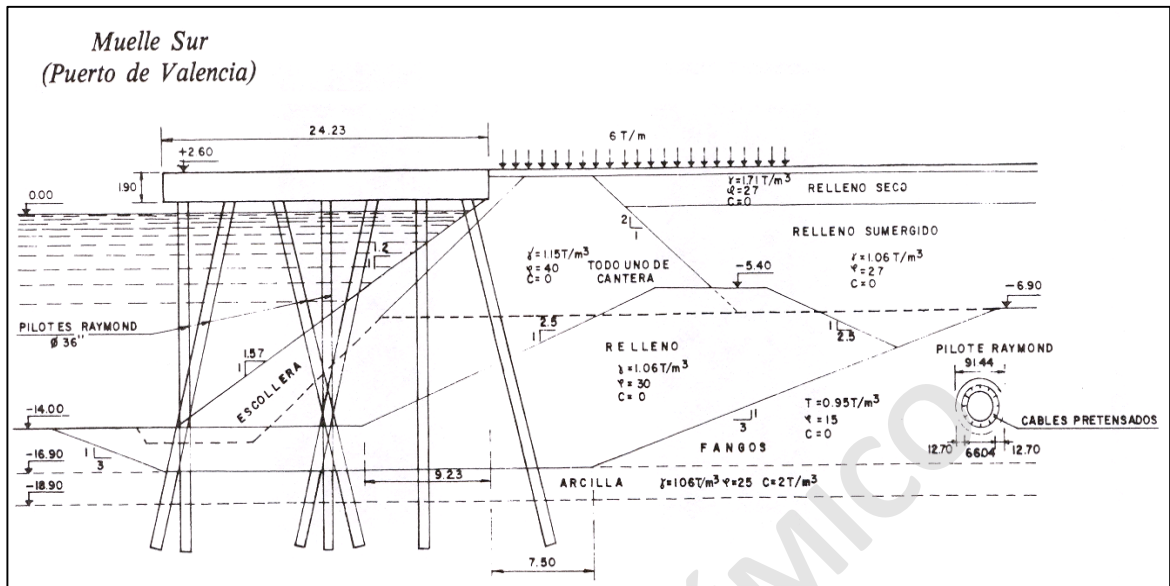
- Muelle sobre pilotes: Dentro de este tipo de muelle-plataforma, existen distintos tipos según sea la disposición de los pilotes y tipo de los pilotes, existen muelles con pilotes inclinados, verticales y mixtos, se distinguen también los pilotes prefabricados o colocados in situ, se pueden diferenciar por su materialidad, hormigón armado, pretensado, acero u otros. Los muelles plataforma pueden estar cerrados, por pantallas de tablestacas, abiertos donde se deja que el terreno forme un talud natural o reforzado por escolleras, esta opción tiene la ventaja de absorber la agitación en la dársena.



44.- Muelle de pilotes verticales.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

“El muelle sobre pilotes presenta un amplio campo de aplicación cuando se trata de conseguir plataformas de trabajo en zonas de profundidades grandes o en terrenos poco resistentes. Por ejemplo, en el muelle sur del puerto de Valencia (España) se adoptó esta solución, pues el terreno de cimentación (formado por capas alternadas de arcilla, arenas y fango) no ofrecía las garantías necesarias para ejecutar una obra de tipo gravedad, porque se creyó conveniente una solución con pilotes. Donde se emplearon pilotes prefabricados de 30m de longitud y de un diámetro exterior de 91cm.” (Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros).



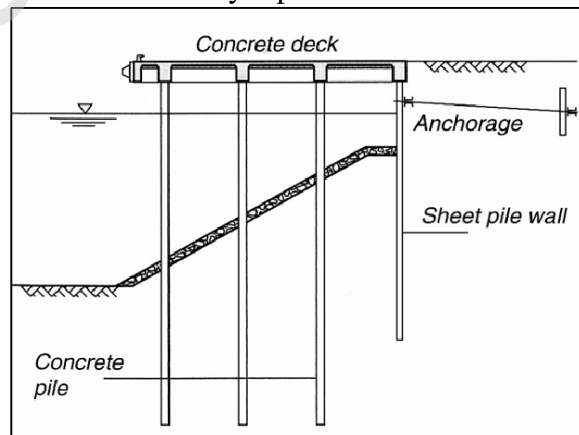
45.- Muelle Sur del Puerto de Valencia, España.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

- c) Muelles mixtos: Los muelles mixtos es la combinación entre un muro de contención que, contiene los rellenos, y una estructura a base de pilote, que por lo general entregan estabilidad a la plataforma que las amarra. Los muelles mixtos a su vez pueden ser clasificados en:

- Muelles de pilotes con pantalla.

En esta solución la plataforma horizontal comienza desde el cantil hasta llegar a la pantalla continua de hormigón, o lo que es más común aun, a la pantalla de tablestacas ancladas a tirantes y/o pilotes.



46.- Muelles de pilotes con pantalla.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

En el puerto de San Antonio, Chile. La ampliación del sitio 1 se llevó a cabo hincando tablestacas en el muelle antiguo de modo de alcanzar la nueva cota de calado de la extensión (-15m), así este muelle es clasificado bajo esta categoría.

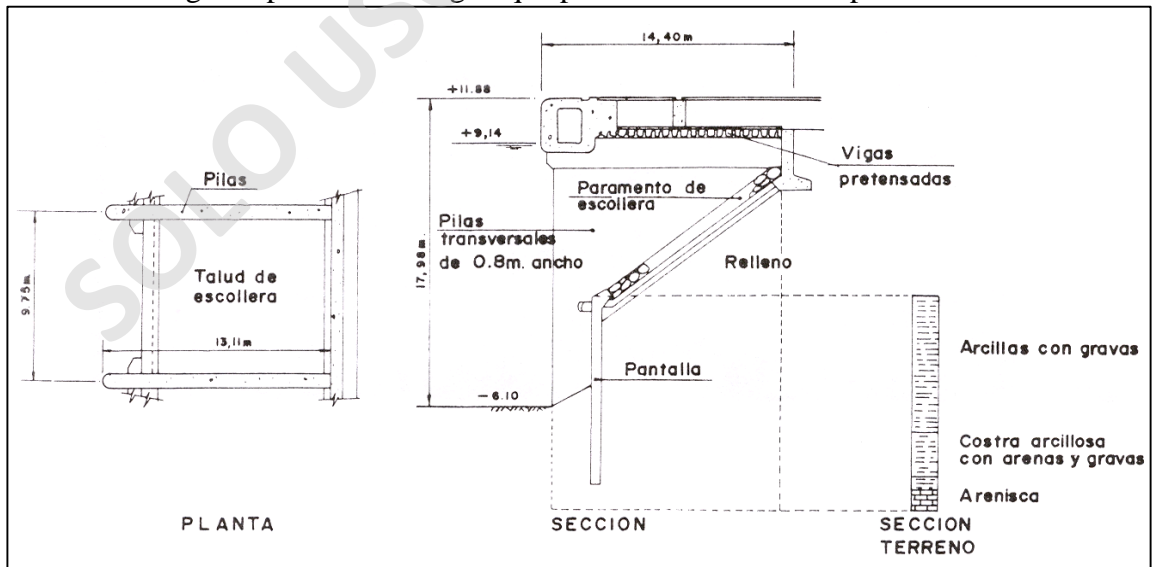


47.- Ampliación del sitio 1 del Puerto de San Antonio, tablestacas hincadas en el muelle antiguo.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

- Muelles de pilas con pantalla.

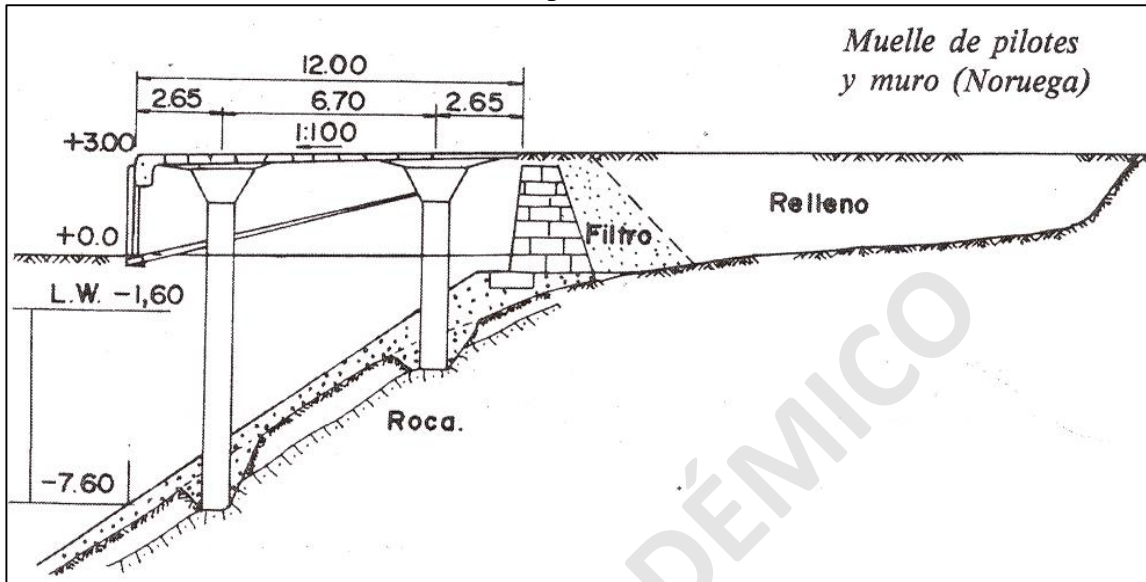
El terreno esta sostenido por una pantalla de hormigón mientras que la plataforma esta sostenida por pilas. Para este tipo de muelle se puede ejemplificar con el caso del puerto de Liverpool específicamente en la zona oeste, que consiste en una pantalla en planos diferentes, que se sitúa en delgadas pilas de hormigón que permite tener un talud poco reflectante.



48.- Muelle zona oeste, Liverpool.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

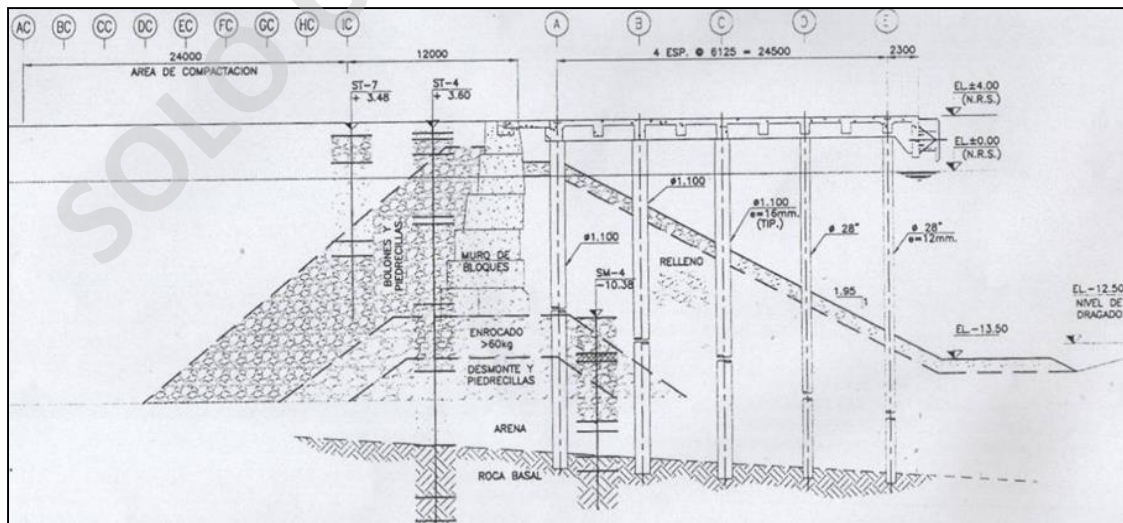
- Muelles de pilotes con muro de contención.
En estas estructuras la plataforma horizontal comienza en el cantil de muro de contención hasta el cantil de la plataforma.



49.- Muelle de pilotes y muro, Noruega.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

- Muelles de pilas con muro de contención.
Estas estructuras son utilizadas preferentemente en trabajos de modernización donde para alcanzar mayores calados se construye una plataforma pilotada, como es posible apreciar en el puerto de Antofagasta en el 2003, el mejoramiento de los sitios 4 y 3.



50.- Mejoramiento de los sitios 4 y 5 del puerto de Antofagasta, Chile, en el año 2003.

Fuente: Puertos: antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación. José Francisco Benavides y Otros.

6. Puertos verdes y sustentables

La importancia del sector portuario es determinada en gran parte por el alto intercambio económico producido por las naciones globalizadas, de ahí la importancia de los terminales sobre todo de los países costeros (Chile es un caso de esto) donde la actividad es propicia y de constante intercambio tanto de importación y exportación con otros polos del planeta, asumiendo así el rol protagónico de los países que alcanzan un buen desarrollo marino.

El desarrollo de la industria portuaria avanza rápidamente, al igual que las tecnologías y las demandas del sector, por lo que una no evolución de un terminal portuario significará una contaminación del medio ambiente de forma inminente, lo que no solo traerá problemáticas de carácter ambiental también traerá problemas sociales con la comunidad aledaña al puerto, y económicas al largo plazo viendo disminuido el rendimiento de este, provocando un aumento del gasto energético sin una correcta mantención de un puerto en el tiempo.

Los constructores tienen la responsabilidad también de generar obras limpias y conscientes de las problemáticas ambientales del planeta, optimizando el uso de energías, reusando y reciclando materiales, reduciendo las emisiones de carbono, trabajando en conjunto con arquitecto e ingenieros, para mantener la línea verde o sustentable desde el diseño, la ejecución y la explotación de un terminal.

En la actualidad las construcciones portuarias tienden a considerar cada vez más, ya sea en su diseño, construcción y explotación atributos verdes y/o sustentables. En el cono sur esta situación es demasiado lenta con respecto a otros polos de desarrollo, pero existen formas de ir en esa dirección a un largo plazo, existen organizaciones que certifican ciertos procesos que garantizan un cuidado al medio ambiente o que aseguran el trabajo responsable del terminal en el tiempo.

- **Certificación LEED**

Leadership in Energy and Environmental Design, esta certificación que evalúa el comportamiento medio ambiental de una edificación a lo largo de su ciclo de vida es otorgado por el consejo de edificios verdes de Estados Unidos, (U.S. Green Building Council, USGBC)

- **Certificación ISO**

International Organization of Standardization, esta organización internacional está encargada de crear estándares globales y está compuesta por diversas estructuras internacionales de estandarización, acreditando tanto una correcta gestión de calidad al largo tiempo o una mayor eficiencia en la rentabilidad de una empresa. Existen tres certificaciones otorgadas por esta entidad que son atingentes al tema portuario y su respeto al medio ambiente:

- ISO 14001, esta norma expresa como establecer un sistema de gestión ambiental (SGA) efectivo, reduciendo así los impactos ambientales de un terminal portuario.

- ISO 50001, esta norma busca especificar los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión energética, buscando así la mejora continua en lo que al desempeño energético respecta.
- ISO 9001, la siguiente corresponde a una norma que puede ser aplicada a cualquier empresa, buscando aplicar la gestión de calidad centrado en todos los elementos de la administración, esta puede ser aplicada a una empresa portuaria mejorando su administración y con ello el mejor aprovechamiento de los recursos, energía, dinero, etc.

6.1. Puertos verdes

Cuando hablamos de un puerto verde, podemos inferir que hay algo en él que será amigable con el medio ambiente, este concepto “verde” muchas veces utilizado como un mecanismo de marketing y publicidad confunde un poco de lo realmente en beneficio del medio ambiente y un bonito detalle de hierba artificial, que en realidad lo único verde que tiene es el color, es por este motivo que es necesario definir qué significa un puerto verde y cuál es la principal diferencia con un terminal sustentable, conceptos totalmente distintos.

¿Qué es un puerto verde? Un terminal verde trabaja y funciona en torno a un eje ecológico, donde se busca reducir lo máximo posible los impactos medio ambientales, algo de vital importancia debido a lo invasivo que este es para distintos ecosistemas. Este eje ecológico en resumidas palabras significa la búsqueda de la sustentabilidad ecológica, lo que no convierte este terminal en un puerto sustentable, estos tienen un alcance mucho mayor respondiendo a un modelo integral de sustentabilidad económica, ambiental y social, y es por esto por lo que podemos diferenciar un puerto verde de uno sustentable.

Para una construcción portuaria ya sea una ampliación o un nuevo puerto, tomando en cuenta la tendencia mundial y lo necesario que es llevar a cabo una construcción bajo un eje ecológico, lo correcto es lograr sustentabilidad ambiental tanto en el diseño o proyección, la construcción y la posterior explotación de la obra portuaria.

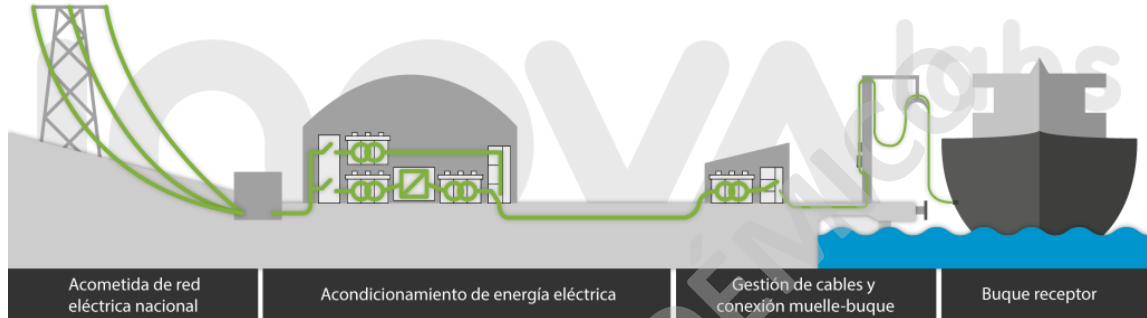
Entendiendo el concepto de “puerto verde” es necesario cuestionarse como es este terminal portuario que trabaja en torno a este eje ambiental, o que consideraciones debiese tener para definirlo como tal:

Diseño Verde para un terminal: Esta etapa es considerada vital y de suprema importancia para un proyecto, sea cual sea el fin de este, el diseño marca el camino y determina el buen funcionamiento o deja en evidencia las debilidades posteriores a la construcción. Para un puerto verde debe haber consideraciones en el diseño que permitan a este funcionar de manera sustentable en materia ecológica.

- Condiciones en la infraestructura.

La infraestructura de un terminal portuario es muy determinante en la reducción del impacto ambiental, debido a que en ella se realizaran las operaciones. Mediante el diseño se puede garantizar un trabajo más organizado y una explotación mucho más eficaz.

Sistema OPS (On-Shore Power Supply): esta medida se trata de ofrecer suministro eléctrico para los buques atracados, de forma de alimentarlos mientras dura el proceso de carga y/o descarga, pudiendo apagar sus motores, reduciendo así el consumo de combustible y las emisiones.



51.- Circuito del abastecimiento energético OPS.

Fuente: <http://inovalabs.es/es/ops-what-is-it-and-why-ports-should-have-it>.

Acopio de materiales: Dentro de las operaciones de un puerto existen materiales o mercancías que se manipulan, que son altamente contaminantes, como lo son usualmente los gráneles líquidos y sólidos, estos últimos pueden ser elementos orgánicos o minerales. El acopio de estos productos o mercancías deben estar sectorizados y en bodegas herméticas protegiendo así a la comunidad ya sea por la toxicidad de los productos o por la polución que significaría el acopio o el movimiento de estos, siendo parte importante a la hora de diseñar la infraestructura de un terminal.



52.- Centro de acopio de Clinker o cemento, Puerto de mejillones Chile.

Fuente: <http://www.soychile.cl/Antofagasta/Economia-y-Negocios/2014/09/25/276659/Puerto-Mejillones-sepa-como-funciona-por-dentro-uno-de-los-terminales-mas-importantes-de-Chile.aspx>.

Recinto de pre-embarque: Este recinto es importante dentro de las operaciones del terminal, es aquí donde la mercancía se dispone a ser embarcada en los buques atracados, y dependiendo el puerto es el tipo de mercancías que se embarcan y según esto también se diseña la zona de pre-embarque.

- Mercancía general: los recintos de pre-embarque para este tipo de mercancía impactan visualmente cuando estos se ubican justo en frente de la bahía, rompiendo con la vista panorámica de la gente que convive con el puerto, además entorpece el libre acceso a la bahía o al mar. El diseño de este sitio tiene que ser pensado según la cantidad de mercancía a embarcar y la geometría de emplazamiento donde se ubicará el terminal o la ampliación.



53.- Zona de pre-embarque puerto de Valparaíso.

Fuente: <http://www.guidetrip.com/s/Chile/Valparaiso/Transfer-santiago-to-valparaiso-pier-day>.

- Gráneles líquidos y sólidos: Este tipo de mercancías suelen ser altamente contaminantes, debido a su toxicidad por lo que el sitio de pre-embarque al igual que el de acopio deben ser correctamente ubicados y diseñados, es necesario que sea en lugares herméticos y sellados.



54.- Zona de pre-embarque para gráneles sólidos, puerto de Matarani, Perú.

Fuente: <http://www.tisur.com.pe/principal/contenido/a-la-carga/18/c-18>.



55.- Pre-embarque para gráneles líquidos, puerto de Barcelona.

Fuente: <http://www.portdebarcelona.cat/es/web/port-dels-negocis/solidos;jsessionid=9274F25C58968CFD4A46D662897E296A>.

Zona de reciclaje: Es importante considerar una zona de reciclaje, que sea ordenada y que funcione haciendo la separación los desechos, este punto puede ser preponderante también en la etapa de construcción, ya que permite segregar en origen los desechos o escombros.

Contemplar dentro de las especificaciones técnicas del proyecto contenedores de reciclaje e incentivar artefactos inteligentes de bajo consumo, que van segregando los desechos electrónicamente de menor a mayor tamaño, o bien planificar y sectorizar de tal forma que sea fácil y accesible a los trabajadores y visitantes del puerto.



56.- Grúa de proceso en planta de reciclaje.

Fuente: <http://www.directindustry.com/prod/terex-cranes-france-material-handling/product-7651-1031077.html>.

Uso de energías limpias: Es siempre importante tener en consideración el uso y la fomentación de las energías renovables, la iluminación que sea de bajo consumo y si se alimenta de energía renovable, por ejemplo, el uso de paneles fotovoltaicos o generadores eólicos es mucho más eficiente el trabajo medio ambiental realizado por el puerto. Contemplar también en la proyección y diseño del equipamiento para los trabajadores, sistemas pasivos en la edificación que climatice y entregue la luz natural suficiente para reducir el consumo de energía eléctrica, por ejemplo, las oficinas y las obras interiores dispuestas a los trabajos humanos.

Construcción verde para los puertos: La ejecución del proyecto, parte importante debido a lo invasivo que puede resultar al ecosistema la construcción y todo lo que significa en su proceso. Altos índices de polución tras los movimientos de tierra, acopio de material y/o escombros, un alto consumo de energía eléctrica, contaminación acústica, etc.

Consideraciones para la instalación de faena.

La instalación de faena son todas aquellas acciones, actividades y suministros necesarios para llevar a cabo las construcciones provisionales que la constructora como la inspección necesite para realizar las actividades relacionadas con el proyecto.

Las empresas constructoras adoptan la total responsabilidad de gestionar permisos y de la obtención de agua potable, energía eléctrica, alcantarillado, retiro de escombros, basuras, así como de su administración y cuidado de las instalaciones y sus recintos, así lo indica la norma. Por lo que adoptar consideraciones para reducir el impacto ambiental de la construcción en esta etapa es muy importante.

Las instalaciones deben ser de alta calidad, aunque sea provisionales. En el caso del agua potable, es importante debido a que filtraciones en el circuito de tuberías y/o en las griferías, representa un sobre consumo diario importante, si se toma en consideración la larga duración de un proyecto portuario.

La energía eléctrica desde la toma pasando por el circuito eléctrico debe estar correctamente transportada para evitar la pérdida de energía y cualquier posible accidente en obra.

La contaminación que puede producir una deficiente instalación sanitaria en esta etapa puede ser altamente toxica que, para evitarlas, las cantidades de baños debe ser apta para la cantidad de trabajadores en obra, según normativa, la descarga de estos debe ser mediante la solución que satisfaga el flujo y la cantidad de descargas, con sus respectivas mantenciones y sanitización, apoyar el correcto uso de la energía eléctrica, con sensores para la iluminación de baños y comedores.

La basura idealmente debe estar sectorizada y en contenedores que permitan un fácil retiro de esta y no tenga un contacto directo con el personal en obra.

Consideraciones para las excavaciones. Esta etapa constructiva hace referencia a las profundizaciones del terreno o rebajes necesarios para la ubicación de las obras. La empresa constructora deberá cumplir con la normativa y las leyes vigentes para llevar a cabo la obra, y con respecto a la excavación de rocas, la empresa que realice el trabajo debe cumplir estrictamente con las disposiciones y los permisos vigentes, indicado en la norma.

El retiro de los escombros debe realizarse en botaderos autorizados, pero siempre intentado reutilizar material en otras actividades de la obra siempre y cuando las EETT lo permitan. Si es posible reutilizar material este debe ser acopiado correctamente y que no entre contacto con material que lo pueda contaminar.

En el retiro propiamente tal, es conveniente llevar el control de los camiones que salen de la obra, con el riego necesario y un buen encarpado, para impedir polución en el trayecto a botaderos. La entrada y salida de camiones es de conveniencia que sea expedita y pensada para evitar congestión de camiones en obra o bien considerar patio de camiones con las instalaciones para que puedan esperar fuera de la maquina apagando así sus motores.

La maquinaria más pesada debe contar también con los permisos necesarios que acrediten su correcta operación, gestionar una dotación permanente de combustible para la maquinaria en obra, resultaría conveniente para evitar falta de combustible y evitar las pérdidas de este.

Es importante siempre fomentar el uso de maquinarias nuevas o bien en buen estado y de bajo consumo combustible, para grúas y maquinarias estacionarias es recomendable que funcionen en base energías limpias, es decir, maquinas eléctricas o en su defecto el uso de gas como combustible. Tener presente consideraciones ecológicas en esta etapa del proyecto disminuirá la huella de carbono del terminal que acercará a este a un verdadero proyecto “verde”.



57.- Excavadora eléctrica de alto tonelaje.

Fuente: <https://www.sennebogen.com/es/productos/excavadora-electrica.html>.

Consideraciones para la obra gruesa.

Para esta partida, es importante que el suministro de los materiales para la construcción y sobre todo el material pétreo, se encuentre cercano a la obra ya que resulta ser bien contaminante cuando hay que desplazar camiones por largos trayectos para llegar a obra. Es de preferencia utilizar y fomentar el uso de elementos prefabricados, referido sobre todo a los elementos de hormigón. En caso de que se deba realizar alguno de estos componentes en obra debe considerarse un sitio de maestranza con buen equipamiento y sellado evitando la polución que representa la creación de los elementos de la escollera, por ejemplo. El uso de maquinaria para los trabajos en el mar se debe garantizar que el estado de la maquina sea el óptimo y no derrame cualquier tipo de sustancia que contamine el ecosistema marino.

Los elementos prefabricados dentro de una obra portuaria son de alta relevancia cuando se quiere conseguir la sustentabilidad en el plano ambiental, esto debido a que el arme de estructuras ya sea pavimentos o almacenes de gráneles por ejemplo, se hace de manera mucho más mecánica y aumenta la velocidad de construcción, así mismo el desarme de las estructuras es de menor complejidad, y lo más importante los elementos pueden volver a ser utilizados para estructuras del mismo tipo, o bien, conseguir nuevas estructuras con el mismo material, reduciendo los costos, aumentando la velocidad de construcción y bajando los niveles de contaminación en los diferentes procesos constructivos.

A continuación, soluciones constructivas con elementos estructurales prefabricados.

1) Solución pavimentos

Los pavimentos de un terminal portuario son importantes debido a la carga que estos reciben, son camiones, maquinarias y container de gran tonelaje los que circularán y se asentarán, tanto en la etapa misma de construcción como en su posterior explotación.

Adocretos: son piezas prismáticas de hormigón con geometría para encastrar cada una de las piezas, son de alta durabilidad y tiene gran resistencia debido a la articulación que implica la colocación de cada de una de las piezas sin una fijación rígida. Su colocación es muy fácil y rápida, ya que no se necesita esperar el fragüe del pavimento y son totalmente reutilizables y fáciles de desarmar.

2) Solución elementos verticales para depósitos

Los depósitos o bodegas dentro de un terminal portuario generalmente son de gran tamaño lo que significa un desafío salvar grandes luces y más si queremos hacerlo con elementos prefabricados, dentro de la obra gruesa en un proyecto de puerto, el hormigón y los elementos prefabricados de este material abundan por su gran resistencia mecánica. En el caso de un elemento vertical estructural el uso del hormigón se hace más complejo debido al gran tamaño que debiese tener este para salvar luces de tal tamaño.

Madera laminada: La madera laminada nos permite tener elementos estructurales que salvan grades luces en un menor tamaño y peso, en comparación con lo que tendríamos con el hormigón.

Para un depósito de mercancías en un terminal portuario, este material, aumenta la velocidad de construcción, las piezas moduladas se izan y se montan en la estructura con mayor facilidad debido al peso de los elementos, el transporte de estas es más eficiente y es posible transportarlas todas a la vez y nuevamente hablamos de un material totalmente renovable que al final del proyecto tiene un peso en lo que al trabajo ambiental respecta.

Explotación verde para un terminal portuario: Las operaciones de los buques en un puerto tienen un impacto importante al ecosistema, debido al derrame de combustibles, la emisión de partículas contaminantes y ruido atmosférico. Además del alto consumo energético de los motores de las embarcaciones.

Lavadora de gases (Scrubbers): estos aparatos empleados en un terminal reducirán la emisión de gases contaminantes de los buques, las lavadoras de este modo separan los componentes indeseables de las embarcaciones en contacto de un líquido.

Grúas y maquinas eléctricas: Es importante fomentar el uso de grúas y máquinas que operan dentro de un puerto que se abastezcan de energías limpias, con el fin de explotar de manera más limpia el terminal. Cuando la maquinaria funciona de manera más limpia, la reducción de agentes contaminantes es notablemente menor, tanto las que se disponen en interior como las que están aledañas al mar.

Sistemas de gestión ambiental: El uso de esta herramienta es muy efectiva a la hora de poner control, tanto en el consumo energético de un terminal como en el conocimiento constante de las emisiones de gases contaminantes. Son muchas los entes globales que certifican esta forma de trabajar, importante para ir avanzando en materias ambientales y que en la actualidad son duramente fiscalizadas y tramitadas. Ejemplos de estas certificaciones son, ISO 9.001, ISO 50.001, Certificación LEED, entre otras.

3.1.1. Ejemplos nacionales e internacionales.

A nivel mundial existen ejemplos claros de esta transformación hacia un puerto verde, con estrategias y condiciones para una explotación respetuosa con el medio ambiente, que como anteriormente se menciona va concientizando y aporta a la mejora continua de las operaciones en el tiempo.

El puerto de Rotterdam es un buen ejemplo ya que en la actualidad se posiciona como uno de los puertos con mayor desarrollo en Europa y el mundo teniendo la chapa de puerto verde y sustentable, en sus inicios tuvo un desarrollo explosivo gracias a la apertura de un canal de navegación “Nieuwe Waterweg” que hicieron a Rotterdam una ciudad con un puerto muy competitivo a nivel europeo. Todo este crecimiento trae consigo impactos ambientales importantes que, con el paso del tiempo, la constante inversión, el compromiso con el medio ambiente y las favorables políticas públicas hacia el desarrollo, se consigue tener un terminal portuario igual o más competitivo y con una correcta postura medio ambiental y social.



58.- Vista aérea, Puerto de Rotterdam, Países Bajos.

Fuente: https://floatingfarm.nl/?page_id=375.

En América existen ejemplos también, como el puerto de L.A Long beach que han utilizado políticas para la reducción de las emanaciones de CO2 y material particulado, El puerto de Ensenada en México, ubicado en el noreste del país en el estado de Baja California muy cerca de la frontera con Norte América, entra también en esta categoría de puertos verdes siendo incluso considerado como el primero en su territorio, optando por el camino de las certificaciones internacionales para acreditar su posición de puerto verde. Asegurando la calidad de su gestión teniendo la certificación ISO 9001, otorgada en 2008, también se asegura su gestión medio ambiental en el tiempo certificándose con la ISO 14001, otorgada en 2004.



59.- Terminal portuario Ensenada.

Fuente: <https://www.puertoensenada.com.mx/esps/0000378/primer-embarque-de-componentes-para-torres-eolicas-en-el-puerto>.

En el plano nacional también existen ejemplos que vale la pena destacar, el puerto de Arica goza del privilegio de ser el primer puerto verde de Chile y es pionero en Latinoamérica siendo el primer terminal en el continente en certificar su huella de carbono. El puerto del norte busca funcionar desde un punto de vista ecológico, trabajando fuertemente en la gestión de los polis metales, problema grave y muy presente en la zona. Debido al acopio de minerales existen altos índices de plomo en el ambiente, produciendo problemas sociales y económicos para el puerto, el plomo es muy dañino para la salud del ser humano, si se está expuesto durante un tiempo prolongado puede incluso traer problemas neurológicos serios.

“El puerto ariqueño fue el primero en Latinoamérica en certificar su huella de carbono estimada por el sistema de medición de gases de Efecto Invernadero (GEI). Esto permite al puerto de Arica mitigar de gran medida aspectos importantes que contribuyen al calentamiento global para así tener una emisión responsable, eficiente y transparente. Esta certificación se desarrolló verificando las emisiones producidas en la cadena de valor del puerto donde dicho valor alcanzó las 21.827 toneladas de CO2 equivalente (tCO2e) en el año 2011 (4.036 tCO2e por uso de combustibles en equipos de operación, 1.182 tCO2e en alumbrado, consumo de energía de oficinas y contenedores y 16.609 tCO2e en emisiones indirecta de barcos y camiones).

El año 2007 el Puerto de Arica es certificado por la norma ISO 14.001 (norma ambiental que define un proceso de control y mejoramiento del medio ambiente). En tanto el 2011 el puerto ariqueño se integra al World Ports Climate Initiative (WPCI – organización integrada por puertos con un alto índice de iniciativas medio ambientales). El mismo año el puerto logra certificarse con la norma ISO 50.001 (norma de calidad integrada a toda la empresa, define una línea base energética para poder ser comparada).” Puertos Verdes, investigación Obras Civiles, profesor José Francisco Benavides, 2014.

Puertos sustentables

Para comprender de buena manera que es un puerto sustentable y que alcances tiene, primero hay que saber que significa el concepto de sustentabilidad. La globalización es un fenómeno que sucede hace mucho tiempo y que con la ayuda de la tecnología se ha hecho mucho más fuerte y con la idea de conectar el mundo, en beneficio del planeta, haciendo un rápido intercambio cultural y favoreciendo a la economía mundial. Pero este concepto de la globalización económica que impacta al medio ambiente debido a las grandes distancias que deben cruzar las mercancías y los servicios para llegar a los importadores y consumidores que muchas veces al adquirir estos productos o servicios, no están informados del costo ambiental, social y económico.

En la actualidad existen organismos que informan y certifican a los grupos económicos que transparentan estos costos y buscan erradicarlos. Entonces ¿Qué es la sustentabilidad? Es un modelo integral con miras al futuro donde se busca equilibrar la presencia de tres actores principales, economía, medio ambiente y sociedad, buscando el beneficio de todas por igual.



60.- Sistema integral de sustentabilidad.

Fuente: <http://www.veyron.com.mx/site/wp-content/uploads/2013/09/SUSTENTABILIDAD21.png>.

6.1.1. Sustentabilidad

- Sustentabilidad económica Este tipo de sustentabilidad va a describir la forma de negocio que garantice el bienestar en el tiempo que sea duradero y solido donde esté presente el crecimiento económico continuo y estable. La finalidad de alcanzar la sustentabilidad es la consideración y conciliación equilibrada y equitativa del éxito económico, haciendo compatibilidad social y el trato correcto de los recursos naturales.

¿Es posible medir la sustentabilidad? Es posible y a través de tres categorías de impacto. Desempeño económico, Presencia en el mercado e impactos económicos indirectos.

Estos indicadores de desempeño económico pretenden medir las consecuencias económicas de la organización y el efecto que produce en su entorno y los grupos de interés involucrados.

- Sustentabilidad Social

La sustentabilidad social está basada en los procesos, sistemas, estructuras y relaciones formales e informales que aportan activamente a las personas, creando así comunidades saludables. Las características de una comunidad socialmente sustentable, es que son, equitativas, diversas, conectadas, democráticas y proveen una buena calidad de vida.

Este tipo de sustentabilidad hace referencia principalmente al cumplimiento de los requisitos mínimos de las normativas legales y a las acciones caritativas y bondadosas, y es a este desequilibrio la consecuencia del concepto de sustentabilidad.

Hay algunos aspectos fundamentales, no exclusivos, relacionados con, la gobernanza de la organización, derechos humanos, prácticas laborales prácticas justas de operación, asuntos del consumidor, participación, desarrollo de la comunidad y cadena de valor.

- Sustentabilidad Ambiental.

La sustentabilidad ambiental considera el impacto y manejo de algunos recursos como; agua, suelo, paisaje, aire y emisión de gases de efecto invernadero (GEI), importante debido a su contribución con el calentamiento global y a su influencia en el cambio climático. Teniendo en cuenta también; impacto sobre el medio biótico, generación y manejo de residuos, la eficiencia del uso de los recursos y el uso de sustancias químicas que pueden ser negativas ya sea sobre ecosistema o salud.

La sustentabilidad para una nación o una sociedad es la existencia de las condiciones económicas, sociales, ambientales y políticas que permita el funcionamiento de manera armónica y sostenida en el tiempo (generaciones actuales y futuras) y al espacio (armonía de sectores sociales, géneros y entre la población y su ambiente).

6.1.2. Puerto de Mejillones, Chile

En el planeta los ejemplos de estos puertos sustentables están presentes en países que alcanzan un desarrollo integral, donde existe equidad económica, políticas públicas favorables y ciudades con identidad de puerto, es decir, que el puerto se integre a la comunidad y que no sea un elemento externo que afecte la calidad de vida de las personas que residen junto al puerto en la misma ciudad.

Este punto es importantísimo para este lado del planeta debido a que no es tomado muy en cuenta por los principales puertos y sus concesiones privadas, muchas veces podemos apreciar puertos invasivos que bloquean el borde costero, lugar de encuentro muchas veces para las personas que viven en ciudades costeras, contaminando visualmente la vista al mar, por otro lado la actividad y explotación portuaria no es equitativa con la necesidad de la comunidad, no es raro en Sudamérica ver puertos con ciudades o poblados aledaños con mucha pobreza, sectores populares y guetos de delincuencia, problemática importante a salvar para alcanzar la sustentabilidad en temas portuarios.

El puerto de Mejillones es un caso para destacar en Chile y Latinoamérica, debido a ser un puerto sustentable pionero y referencia en el cono sur, certificado por su gestión de calidad (ISO 9001), su trabajo en la reducción del impacto medio ambiental, y la búsqueda de la mejora continua (ISO 14001), cuenta también con un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (OHSAS 18001) y hace un importante aporte a la comunidad, con desarrollo cultural y social.

Mejillones una comuna y ciudad ubicada al norte de Chile a unos 65 km de la ciudad de Antofagasta en la II región del mismo nombre, es una pequeña comuna costera que a su costado convive con un puerto que ha trabajado los tres ejes de sustentabilidad antes mencionados, sistema integrado de gestión, relación con la comunidad y el medio ambiente. Este terminal demuestra que los puertos concesionados si pueden hacerse cargo de las necesidades económicas, medio ambientales y sociales.



61.- Bahía y puerto de Mejillones.

Fuentes: <https://www.puertomejillones.cl/nosotros/quienes-somos>.

Desde el año 2012 se viene monitoreando la huella de carbono, la calidad del aire y del medio ambiente marino siendo reconocidos e integrados al programa internacional del World Ports Climate Initiative que reúne a 55 puertos de calidad mundial, las operaciones de su explotación también son monitoreadas evaluando su desempeño con constantes auditorías internas y externas, preocupándose también por la seguridad operacional de sus trabajadores. El puerto ha implementado un plan integral de relacionamiento con la comunidad para insertarse armónicamente con el entorno, por lo que se ha preocupado de crear espacios de interacción importantes, y es que a fines de 2011 se crea la escuela de ballet de Mejillones gracias a la alianza entre el puerto y la fundación cultural de Mejillones, en el año 2013 se crea el plan conoce el puerto de mejillones, que con el afán de acercar a las familias a la actividad portuaria abre sus puertas para conocer el terminal por dentro y como funciona este, y es en el año 2015 cuando se crea la escuela de tenis de Mejillones, esta escolita se crea bajo la triple alianza entre el puerto, el ex tenista profesional Horacio de la Peña y la ilustre municipalidad de mejillones.



62.- Escuela de tenis Mejillones.

Fuente: <https://www.puertomejillones.cl/>.



63.- Escuela de ballet Mejillones.

Fuente: <https://www.puertomejillones.cl/>.

7. Energías renovables en los puertos.

Cuando hablamos de terminales portuarios, hablamos de un proyecto con una infraestructura de magnificadas dimensiones, máquinas de gran tamaño y tonelaje, una construcción importante siendo un proceso con plazos importantes, etc. Por consiguiente, cuando nos referimos al consumo energético por ejemplo de un puerto, debemos pensar en uno elevado por sobre muchos proyectos importantes, por lo que la generación de energía se vuelve un punto vital e importante cuando a proyecto portuario se refiere. Esto ayudaría de forma consistente a reducir los niveles de contaminación en un proyecto de este tipo, que como se ha mencionado anteriormente, son de niveles muy altos con respecto a otros importantes proyectos.

En los tiempos actuales donde existen acuerdos internacionales para respetar al planeta y al medio ambiente y cuando la tendencia en los países que alcanzan un mayor desarrollo es a construir o mejorar sus instalaciones en favor de esto, podemos hablar de un avance en estas materias, sin embargo, aún falta mucho por mejorar, el contexto internacional dice que hay ejemplos que pueden demostrar lo mencionado anteriormente.

En la India, en el gobierno de Pranab Mukherjee, este reciente año se anunció un proyecto importante en materias portuarias para ese país, y es que pretenden que el 75% de la producción total de la energía de los 12 principales puertos del país, se alimente de una planta o parque solar y una planta eólica, es decir, dos centrales a cargo de las tres cuartas partes de la producción total de la energía, pudiendo catalogar a este como un proyecto de grandes dimensiones.

“El Gobierno de la India anunció que los 12 principales puertos marítimos del país cambiarán a electricidad generada por instalaciones solares y eólicas, noticia que resulta contrastante ante la salida de Estados Unidos del Acuerdo de París sobre el cambio climático.

Para 2018, la India instalará una planta solar y una eólica, que generarán unos 200 megavatios para operar los 12 puertos marítimos. De esa cantidad, 150 MW provendrán de la planta solar y los otros 50 MW serán de la planta eólica. En caso de ser exitoso el proyecto, las autoridades creen que la capacidad podría ampliarse a 500 megavatios en los años siguientes.

“Estos proyectos de energías renovables ayudarán en la reducción de las emisiones de carbono y conducir a la mejora del ambiente en torno a los puertos”, dijo un funcionario del Gobierno y agregó: “Todos nuestros puertos son ricos en efectivo, los puertos iniciaron el proceso de creación de proyectos de energía renovable a partir de los beneficios”.

El costo del proyecto alcanza los 77,6 millones de dólares (500 millones de rupias). Sin embargo, se basará en la iniciativa Puerto Verde que el Gobierno de la India puso en marcha en el 2016.” (ECODIE, facultad de ingeniería de la Universidad de Chile, <https://ecodie.cl/puertos-maritimos-la-india-funcionaran-energia-renovable/>)

En relación con el consumo energético y la eficiencia en la utilización de los recursos, se pueden desprender dos conceptos, muy presentes en la actualidad y de importancia cuando se habla de proyectos portuarios, estos son huella de carbono y huella hídrica, que tienen que ver con la emisión de gases de efecto invernadero y con el consumo de agua de un individuo, organización, producto o servicio

Huella de carbono

Es la totalidad de los gases de efecto invernadero emitidos de manera directa e indirecta tanto por un individuo, organización, producto o servicio de todo tipo, en todo ámbito encontramos emisiones de gases efecto invernadero. Esta huella funciona y tiene el fin de ser un indicador de desempeño donde a mayor emisión de gases, menor es el desempeño.



64.- Representación del desempeño de emisiones.
Fuente: “Todo tiene una huella ¿Cuál es la tuya?”, Green Solutions, huella de carbono

Cuando se habla de gases de efecto invernadero, nos referimos a aquellos gases que se alojan en la atmosfera siendo los responsables del calentamiento global, y son específicamente 6 los gases, postulados por el protocolo de Kioto, acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de:

- Dióxido de Carbono (CO₂)
 - Gas metano (CH₄)
 - Óxido nitroso (N₂O)
 - Gases industriales
- { Hidrofluorocarbonos (HFC)
Perfluorocarbonos (PFC)
Hexafluoruro de azufre (SF₆)

La emisión de gases puede ser forma directa e indirecta, para las organizaciones se han categorizado 3 alcances, 1 alcance directo, 2 alcance indirecto y 3 alcance indirecto.



65.- Categorías de alcances en emisiones de gases.

Fuente: "Todo tiene una huella ¿Cuál es la tuya?", Green Solutions, huella de carbono

Si conocemos las emisiones ya sea de un producto, organización, etc, quiere decir que podemos conocer de manera mucho mas tangible cual es el impacto ambiental, importante a la hora de decidir como actuar. Primero se lleva a cabo un inventario de emisiones de GEI (gases efecto invernadero) o bien una evluacion del ciclo de vida del producto, organización, etc. Cuando ya es conocido el desempeño o el tamaño de la huella, es posible implementar estrategias de reduccion y/o compensacion de emisiones, pudidendo seguir normativas internacionales para garantizar lo que se va a llevar a cabo, estas normativas son reconocidas, tales como, GHC PROTOCOL, ISO 14064-1, ISO 14044, entre otras.

Hoy en día el seguimiento y la medición de la huella de carbono resulta de vital importancia para proyectos de las magnitudes de un puerto, esto debido al severo control de organismos ambientales que finalmente son quienes aprueban este tipo de proyectos invasivos con los ecosistemas, porque nos permite saber cómo actuar ante un mal desempeño ambiental como organización y por la sencilla razón de aportar en la lucha contra el cambio climático.

Huella hídrica

Este apartado que mucho no tiene que ver con el consumo energético, sin embargo, habla del consumo de agua necesario para llevar a cabo el ciclo de vida de un producto, organización, etc. Es importante controlar y conocer el consumo de agua por diversas razones, el 80% de la población mundial vive en zonas muy amenazadas debido a la escasez de agua que equivalen a 3.400 millones de personas, casi en su totalidad países en desarrollo, y si queremos controlar el consumo debemos saber cuánta agua tenemos disponible en nuestro planeta para poder utilizarla, a continuación, una gráfica que muestra la disponibilidad hídrica.



66.- Disponibilidad de agua en el mundo.

Fuente: "Todo tiene una huella ¿Cuál es la tuya?", Green Solutions, huella de agua

La huella hídrica o del agua al igual que la de carbono es y funciona como un indicador del consumo de agua dulce, ya sea directo o indirecto, y se categorizan en tres tipos de agua, de acuerdo con su utilización y de donde proviene, agua azul, agua verde y agua

AGUA AZUL

Agua superficial o subterránea evaporada o no retornada.



AGUA VERDE

Agua lluvia evaporada y no retornada.

AGUA CONSUMIDA

AGUA GRIS

Agua dulce requerida para diluir los contaminantes



AGUA CONTAMINADA

gris.

67.- Categorización de las aguas.

Fuente: "Todo tiene una huella ¿Cuál es la tuya?", Green Solutions, huella de agua

La huella de agua (Hda) puede ser utilizada para un lugar geográfico en un tiempo específico y es que este indicador es posible calcularlo para lo que sea, proceso, producto, área geográfica, nación, cuencas, municipio, etc.

Este indicador está compuesto por un Hda directo y un Hda indirecto, el primero hace referencia al proceso productivo, mientras que el indirecto se asocia a los insumos necesarios para realizar el proceso productivo. A lo largo de la cadena productiva el Hda va aumentando en cada fase siendo la última la más grande dentro de la cadena.

7.1. Energías Renovables no convencionales, definición y potencialidad

Las energías renovables son aquellas que, en su proceso de transformación y aprovechamiento en energía útil, no se consumen ni se agotan en un periodo de tiempo corto, son “virtualmente” inagotables debido a que su consumo no es a escala humana. Nos estamos refiriendo a fuentes de energía, hidráulica, eólica, solar y de los océanos.

Las energías suelen ser clasificadas por convencionales y no convencionales, según sean sus desarrollos tecnológicos para su aprovechamiento y su penetración en mercados energéticos. Cuando hablamos de energías convencionales la más destacada a gran escala es la energía hidráulica.

Es importante tener en cuenta siempre las ventajas que trae el uso de las energías renovables. Son un activo y fundamental factor para combatir el cambio climático global, provienen de fuentes que se son prácticamente inagotables, donde el proceso de regeneración es natural y se adapta a los ciclos de la naturaleza.

Chile es un país muy propicio para desarrollar avances en lo que energías renovables significa, su geografía lo convierte en una tierra rica en recursos naturales, tales como, la riqueza hidráulica que tiene gracias a su gran extensión de costa y ríos dispone también de la mayor radiación solar en el planeta y gran capacidad geotérmica por la extensa cordillera, entre otras características.

“Chile ha confirmado su liderazgo en materia de energías renovables. Tenemos la radiación solar más alta del mundo, fuertes vientos de norte a sur para desarrollar energía eólica, un tremendo potencial de energía marina en nuestras costas, gran capacidad para desarrollar biogás y un recurso geotérmico a lo largo de nuestra cordillera.

En la última versión del New Energy Finance Climascope elaborado por Bloomberg New Energy Finance y el Banco Interamericano de Desarrollo, Chile alcanzó el primer lugar en inversión de energías renovables y en la lucha contra el cambio climático, en la región de América Latina y el Caribe.

Esto se debe principalmente a la inversión récord en proyectos de energía renovable no convencional (ERNCC), que se ha más que duplicado: saltando de 1,3 mil millones de dólares en 2014 a 3,2 mil millones de dólares en 2015. El ranking, considera cuatro variables: Marco propicio, Inversión, Cadena de Valor y reducción de CO₂”. (Energías renovables, Ministerio de energía, www.energia.gob.cl)

Las fuentes de energías renovables, a lo largo del país tienen distintos potenciales para que esta sea explotada, es decir, en el norte grande el potencial solar con respecto al sur de Chile es ampliamente superior, al revés sucede con el potencial hídrico del país. Por lo que la utilización de estas energías en algún proyecto se debe considerar estudiar el almacenaje y distribución de la energía además de los potenciales de las distintas fuentes energéticas para asegurar un buen funcionamiento y garantizar la eficiencia energética del proyecto.

A continuación, se describen las distintas fuentes energéticas renovables no convencionales:

Fuente hidroeléctrica

Este tipo de energía aprovecha el movimiento del agua, de lluvias o el agua de deshielo, que provienen normalmente de colinas o montañas, donde se crean arroyos y ríos que desembocan en el océano, la energía que generan esas corrientes es considerable.

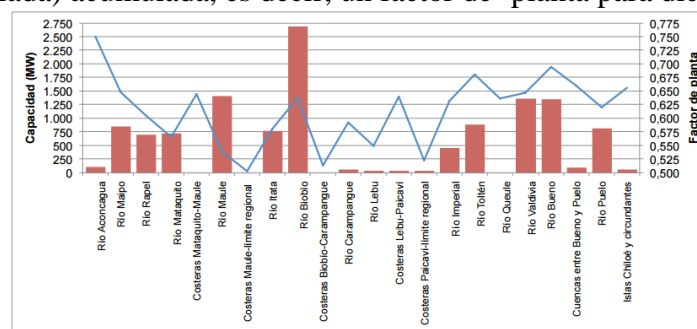
La generación de energía a través del recurso hídrico es una práctica antiquísima, antiguos griegos ocupaban molinos de agua en ríos para moler trigo y hacer harina, estos molinos recogen el agua mediante cubos que hacen girar el molino convirtiendo la energía cinética en mecánica. Sin embargo, es a fines del siglo XIX cuando comienza a funcionar la primera central hidroeléctrica del mundo en 1882, en Estados Unidos, Apletton, Wisconsin.



68.- Molino de agua, Romano.

Fuente: <http://www.encyclopediahistoria.com/2014/04/la-ciencia-y-la-tecnologia-antiguas-500-ac-500-dc.html>.

A continuación, se presenta un gráfico de potencialidad hídrica resumida entre las cuencas de los ríos Aconcagua y Puelo, donde el factor de planta corresponde a la razón entre la potencia media anual acumulada del conjunto de centrales y la potencia teórica (capacidad instalada) acumulada, es decir, un factor de planta para dicha cuenca.



69.- Capacidad instalable (barras) y factor de planta medio (línea) por cuenca hidrográfica.

Fuente: *El Potencial Eólico, Solar e Hidroeléctrico de Arica a Chiloé*, Ministerio de energía, Gobierno de Chile.

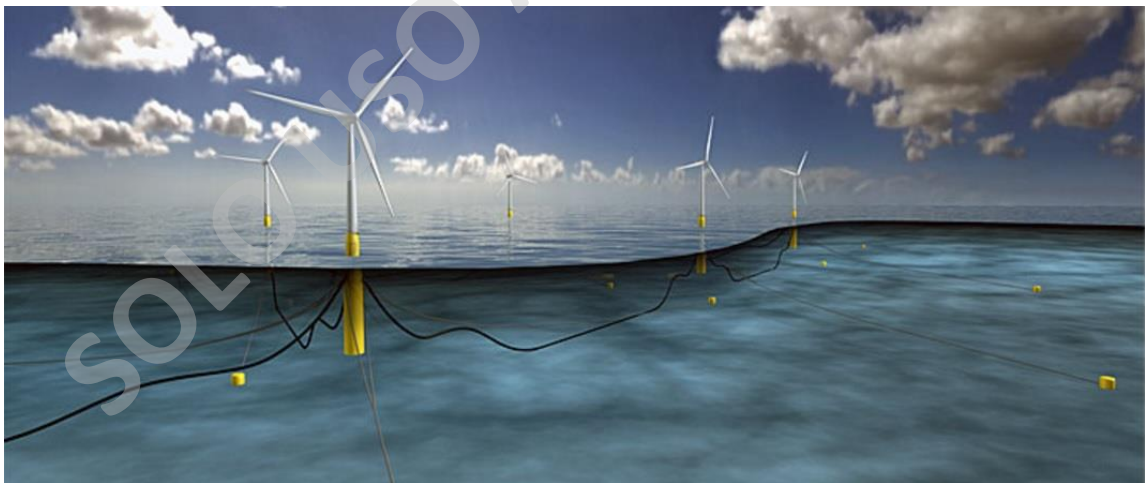
Fuente eólica

Esta energía renovable utiliza la fuerza del viento para generar electricidad, el principal medio para obtener la energía son los aerogeneradores o “molinos de viento”, donde su tamaño es variable según los estudios técnicos, transformando la energía cinética del viento en mecánica mediante las aspas de los molinos.

La energía eólica, es una de las fuentes energéticas más utilizadas en la actualidad, la instalación y agrupación de los aerogeneradores se denominan parques eólicos, donde las aspas de los molinos están situadas sobre una torre de gran altura, ya que a mayor altura mayor es la velocidad del viento.

Parques eólicos marinos: existen diferencias con respecto a las condiciones del viento cuando hablamos de altamar y zona terrestre, hoy en día existen molinos de viento instalados en medio del mar para la producción de energía eléctrica, donde claramente existen ventajas y desventajas, por ejemplo las ventajas de situar un parque eólico en medio del mar, la velocidad del viento puede llegar a ser un 40% más elevada que en la superficie terrestre, ya que existen diferentes presiones atmosféricas y condiciones ambientales dependiendo de las diferentes zonas del mar, el traslado de los aerogeneradores resulta ser menos invasivo que en la tierra ya que resulta más eficiente hacerlo en barco que en camiones, esto por el tamaño de las piezas transportadas, entre otras ventajas.

Por otro lado, la construcción de estas resulta ser más costosa, incluso el doble de lo que cuesta en terreno, el cableado para la transportación de la energía debe ser submarino lo que complejiza la operación y aumenta aún más los costos, para la fauna marina resulta también ser invasivo creando un problema migratorio para las especies marinas.



70.- parque eólico marino.

Fuente: <https://energy.closeupengineering.it/8369/8369/>.

Potencial eólico: Para definir este es necesario evaluar bajo parámetros técnicos como la magnitud del viento y potencia del aerogenerador, para el primero se establece un perfil vertical de magnitud, es decir, como se comporta el viento a medida que aumentamos altura, que incide con el potencial del aerogenerador a usar. parámetros territoriales, que responden a las restricciones que podemos encontrar en distintos puntos del país, que tienen que ver netamente con la existencia de pueblos o comunidades aledañas a un posible proyecto de energía con el viento o bien con la topografía del lugar, para asegurar la factibilidad de la construcción de un proyecto.

Luego de estudiar dichos parámetros según lo indica el ministerio de energía de Chile, se crea un factor de planta, que podemos definirlo como una estimación de la capacidad instalable (MW) que va a cumplir el umbral mínimo de producción de un proyecto energético de este tipo, el cual emana de la siguiente formula:

$$f.p.=E_{\text{anual}} / (\text{Capacidad} * 8760)$$

f.p. corresponde al factor de planta del área o proyecto eólico analizado,

E_{anual} corresponde a la energía que se estima producirá el parque eólico o el área evaluada (para un aerogenerador dado) en un año, en MWh, y

Capacidad corresponde a la potencia definida para el parque eólico o a la potencia estimada como posible de instalar en un área evaluada, en MW.

A continuación, la siguiente tabla representa el análisis de la superficie destinada para proyectos energéticos con y sin restricciones territoriales según el factor de planta presentado en rangos. Esto en la V región de Valparaíso.

Región	f.p.	Sin RT (ha)	Con RT (ha)
VALPARAÍSO	0 - 0,15	1256452	441344
	0,15 - 0,18	80330	19340
	0,18 - 0,21	58676	9000
	0,21 - 0,24	48938	6892
	0,24 - 0,27	38059	3797
	0,27 - 0,30	30510	2538
	0,30 - 0,33	26498	701
	0,33 - 0,36	23460	533
	0,36 - 0,39	17763	116
	0,39 - 0,42	12576	144
	0,42 - 0,45	4969	213
	0,45 - >	1919	

Tabla 3 Superficie (ha) en el dominio de análisis por rango de factor de planta anual (3 MW a 100 m)

Fuente: http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/Estudios/Potencial_ER_en_Chile_AC.pdf

Fuente energía solar

Energía renovable que aprovecha la radiación electromagnética del sol, captada por células fotovoltaicas, heliostatos y/o colectores térmicos, pudiendo ser convertida está en energía eléctrica o térmica, esta fuente energética es una de las más utilizadas en la actualidad y su uso es agente importante en el cambio climático.

Cuando hablamos de generación eléctrica a través del sol, tenemos que pensar en las células fotovoltaicas y en las grandes extensiones de estas, también conocidas como centrales o parques solares, estos espacios de gran tamaño cuentan con centros de control y torres de alta tensión para transportar la energía, para tener en consideración cuando se habla de un parque solar.

Para conocer el potencial solar se evalúan diversos parámetros, que tienen que ver con las configuraciones de proyectos evaluados, las condiciones del territorio seleccionado, factor de planta y se resumen las restricciones territoriales.



71.- Planta solar PV Salvador en la región de atacama.

Fuente: <http://www.emol.com/noticias/economia/2015/01/23/700526/total-y-sunpower-celebran-la-apertura-de-la-planta-solar-pv-salvador.html>.

Configuración: que tiene que ver con la superficie de las células solares y como inciden los rayos del sol, entendiendo que la perpendicularidad del rayo electromagnético al panel solar maximiza la producción energética, es por eso por lo que se configuran en paneles montados sobre superficie fija y superficies con capacidad de seguimiento.

Condiciones territoriales: Para darle criterio y definición a las condiciones territoriales para poder identificar las zonas según su potencialidad solar, se consideraron dos aspectos importantes de los proyectos ya existentes y/o ingresados al SEIA (Servicio de Evaluación Ambiental), el primero es la pendiente del terreno para el emplazamiento de un proyecto y densidad de potencia instalable. Para esto se georreferencia la superficie cubierta por cada proyecto y se analiza sus características mediante un sistema de información geográfico y se definen las orientaciones cardinales, donde la norte va en un rango de $-22,5^\circ$ a $22,5^\circ$, la noreste al rango de $22,5^\circ$ a $67,5^\circ$ y así sucesivamente.

Factor de planta: Para la creación de proyectos de configuración fija se han estimado zonas del dominio del análisis que superan un factor de planta superior al de 0,24, y para proyectos con capacidad de seguimiento solar caen en las zonas con factor de planta superior a 0,3. Estos valores según su modelación y definición, representan, zonas de elevada radiación solar y un probable desempeño económico parecido al caso eólico, respectivamente.

Resumen restricciones territoriales: Las restricciones territoriales hacen referencia análisis especiales que son excluidos del análisis restrictivo de las zonas donde emplazar un proyecto energético, por ejemplo, las zonas agrícolas en las regiones de Arica y Parinacota y de Coquimbo se excluyen del análisis debido a la escases en algunas regiones de esta clasificación de suelo.

A continuación, se presenta una tabla con el potencial solar de la V Región de Valparaíso, en base a los parámetros analizados en estudio referenciado anteriormente.

Región	f.p.	Sin RT (ha)	Con RT (ha)
VALPARAÍSO	< - 0,16	363	1
	0,16 - 0,17	10651	993
	0,17 - 0,18	68788	13362
	0,18 - 0,19	235101	54669
	0,19 - 0,20	369370	63659
	0,20 - 0,21	203678	17409
	0,21 - 0,22	261358	31933
	0,22 - 0,23	297882	13341
	0,23 - 0,24	129627	3396
	0,24 - 0,25	22601	514
	0,25 - 0,26	484	
	0,26 - >		

Tabla 4.- Superficie por rango de factor de planta anual

Fuente: http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/Estudios/Potencial_ER_en_Chile_AC.pdf

7.2.Eficiencia energética en el sector Portuario Internacional.

7.2.1. Interfaz marítimo – terrestre.

Tecnologías de suministro eléctrico a buques desde tierra: Este tipo de tecnología también denominado On Shore Power Supply (OPS) al grupo de procesos y tecnologías que permiten suministrar de energía eléctrica a una embarcación desde el muelle, esto permite el apagado de los motores principales y auxiliares, generando un importante beneficio ambiental reduciendo drásticamente las emisiones de gases contaminantes y los

niveles de ruido asociados al funcionamiento de los motores. Esta tecnología garantiza la electricidad para el buque mientras se encuentra atracado, pudiendo utilizar esta energía para mantención, iluminación, refrigeración de la carga, climatización, etc.

El desarrollo de esta alternativa se ha visto limitada por diversos factores, uno de ellos es el elevado coste de inversión de las infraestructuras necesarias (subestaciones eléctricas, grandes potencias instaladas, etc.). La comisión europea aprobó la Directiva 2014/94/EU, relativa a la implantación para combustibles alternativos, por lo que se exigirá a los estados miembros, el desarrollo de infraestructuras portuarias de suministro eléctrico a embarcaciones (OPS) a partir de diciembre 2025.

“Las principales ventajas del sistema de suministro eléctrico OPS son de tipo ambiental, pues permite la eliminación local de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero (GEI) procedentes de los buques atracados en puerto, así como una reducción significativa de los niveles de contaminación acústica, aspecto muy problemático en la mayoría de los puertos con terminales cercanas a la ciudad.

La actual incertidumbre en la evolución de los precios del petróleo unida a las cada vez más restrictivas regulaciones ambientales de ámbito europeo e internacional, configuran un escenario favorable para el desarrollo de esta tecnología” (Eficiencia Energética en Puertos: Tendencias y Mejores Prácticas, Comisión interamericana de puertos.)

Dentro de los ejemplos internacionales de puertos con soluciones OPS en operación, se destaca el del puerto de Fos-Marseille, en 2015 se realizó la instalación debido a los altos niveles de ruido y contaminación, generada por los ferries de pasajeros. Los motivos para llevar a cabo esta solución ambiental son variados, pudiendo ser por exigencias normativas impuestas por los gobiernos correspondientes (como es el caso de los puertos de la costa oeste de EE. UU.) o simplemente iniciativas de privados, como es el caso de Alaska, donde un operador explota una línea comercial entre dos terminales de su propiedad.



72.- Sistema On Shore Power Supply en el Puerto de Oakland, EE. UU.

Fuente: (Eficiencia Energética en Puertos: Tendencias y Mejores Prácticas, Comisión interamericana de puertos.)



73.- Sistema Modular (ShoreBox) On Shore Power Supply instalado en Bergen, Noruega.
Fuente: (Eficiencia Energética en Puertos: Tendencias y Mejores Prácticas, Comisión interamericana de puertos.)

Existen otras alternativas del OPS para producir electricidad necesaria para alimentar las embarcaciones con generadores de gas natural licuado (GNL). Un reciente ejemplo de esta variante es el buque de GNL que opera en la zona de Hamburgo, y está equipado con 5 generadores, apto para buques norte americanos como para el resto.



74.- Buque preparado para OPS con generadores de GNL.
Fuente: <https://www.green4sea.com/technical-trials-of-the-lng-hybrid-barge-successful/>.

Aplicación de Energías renovables *off shore*: Las energías renovables marinas o usadas en terreno acuático, que en terminología inglesa es Off Shore y es una fuente prometedora de suministro de energía para los puertos, siendo una realidad en numerosos enclaves. Las energías renovables son siempre candidatas para su amplia utilización en los puertos, para el suministro eléctrico y avanzar en la reducción de la demanda eléctrica sobre las redes actuales, así como la huella de carbono generada por las actividades del terminal.

De las tecnologías Off Shore más extendidas es la energía eólica, y consiste en la instalación de parques eólicos en medios marinos normalmente cercano a las costas, teniendo diversas ventajas técnicas y también sociales, debido a la reducida oposición social a la localización de estas instalaciones. Por otra parte, estas instalaciones tienen un alto coste por kWh en comparación con otras fuentes de energía.

Las áreas del mundo que cuentan con parques eólicos instalados están específicamente en Dinamarca, Reino Unido, Alemania y Bélgica, en menor medida podemos encontrar de estas instalaciones energéticas en China.



75.- Parque eólico marino instalado en Dinamarca.

Fuente:(Eficiencia Energética en Puertos: Tendencias y Mejores Prácticas, Comisión interamericana de puertos. 2016).

Existe otra tecnología en el ámbito marino que podría ayudar a reducir la dependencia energética de los puertos, en este caso la energía undimotriz, y hace referencia a la energía mecánica del movimiento de las olas.

“Se pueden caracterizar como instalaciones offshore los prototipos denominados Pelamis, que consisten en una serie de secciones cilíndricas que generan energía cinética al pasar la ola por su interior. Esta energía cinética activa un sistema hidráulico el cual está conectado a un generador eléctrico (European Marine Energy Centre, 2016). Un ejemplo de aplicación de esta tecnología se encuentra en el puerto de Civitavecchia (Italia), en el que a través del proyecto REWEC3 (REsonant Wave Energy converter – realization 3) se aprovecha la presión del aire ejercida por el impacto de una ola con el dique de un puerto, generando una corriente de aire que mueve a su vez unas turbinas eólicas”. (Eficiencia Energética en Puertos: Tendencias y Mejores Prácticas, Comisión interamericana de puertos, 2016)



76.- Generación de energía undimotriz en costas de Chile.

Fuente: <http://prensa.expoambiental.cl/el-avance-de-las-energias-marinas-en-el-mundo-y-el-potencial-en-chile-se-analizara-en-congreso-internacional-de-ambiental-2015/>.

7.2.2. Interfaz terrestre.

Soluciones de electrificación para maquinaria portuaria: Las innovaciones más relevantes que tienen relación con la eficiencia energética en puertos corresponden a soluciones utilizadas en terminales portuarios de contenedores, donde existe una compleja tipología de equipamiento móvil. Los desarrollos en esta materia tienen por objeto transformar la maquinaria, para que la fuente energética cambie de fósil (combustibles) a eléctrica, donde principalmente se busca electrificar las grúas pórticos diésel que operan en el patio de contenedores del terminal.

Más de medio millón de terminales de contenedores de Europa, correspondiente al 45% del total de los mayores puertos utilizan la grúa *Rubber Tyred Gantry* (RTG), como equipo principal de almacenamiento en patio, y consiste en un equipamiento móvil, de tipo pórtico con neumáticos, existiendo una variación al RTG, que radica básicamente en su movimiento sobre raíles (*Rail Mounted Gantry*, RMG) que ya existen en versiones eléctricas, no obstante su utilización no está tan generalizada, teniendo solo un 23% de participación. A continuación, soluciones para electrificar grúas RTG:

- Conduct bar (barra conductora):
La alimentación eléctrica es suministrada por una barra electrificada, anclada al suelo y conectada a la red eléctrica. La grúa RTG asimismo está equipada con un brazo de conexión, encargado de alimentar la energía eléctrica.



77.- Solución barra conductora (Busbar Retrofit).

Fuente: http://www.konecranes.cl/sites/default/files/download/konecranes_booklet_rtg_retrofits_2015_en.pdf

- Cable Reel (enrolla cables): Esta técnica proporciona energía eléctrica a través de un enrolla cables anclado a su estructura, un cable de alimentación y un transformador que suministra la electricidad desde la red eléctrica de la terminal a la grúa. A medida que esta se desplaza por el patio de contenedores, el cable se desenrolla o enrolla en función del movimiento de la grúa respecto del punto de conexión.



78.- Solución electrificación, cable reel (Cable Reel Retrofit).

Fuente: http://www.konecranes.cl/sites/default/files/download/konecranes_booklet_rtg_retrofits_2015_en.pdf

Las soluciones recién expuestas tienen ventajas y desventajas dependiendo del tipo de operativa y de terminal. La alternativa del *Conduct bar* requiere una mayor inversión ya que la instalación de la barra electrificada requiere el montaje de una infraestructura sobre el patio del terminal, lo que podría provocar interferencias en la operativa normal del terminal. Tiene la ventaja y ofrece una mayor autonomía a las grúas RTG ya que pueden desplazarse a lo largo del terminal y cambiar de pila de contenedor rápidamente. Por otro lado, está la solución o alternativa del *Cable reel* es menos costosa, su instalación es más sencilla y menos invasiva para el terminal. Sin embargo, este tipo de electrificación ofrece menos versatilidad a la máquina, debido a que su operación se ve limitada por la longitud del cable y mayor dificultad en el cambio de bloque de contenedores.

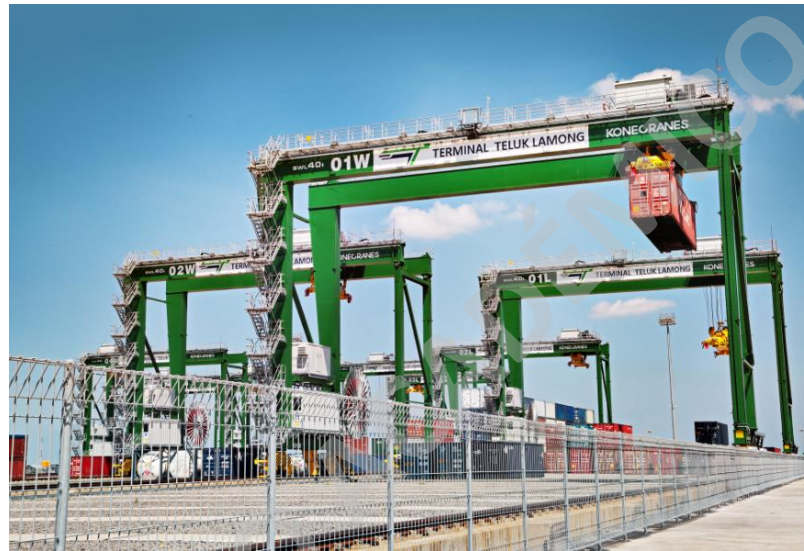
“Desde el punto de vista ambiental, la electrificación es una solución que elimina las emisiones locales contaminantes y de GEI, a la vez que reduce los niveles de ruido en la terminal y sus alrededores.

Las grúas RTG consumen en torno a un 60% del combustible sobre el total de la maquinaria empleada para este tipo de terminales (estudio realizado en el proyecto GREENCRANES para Noatum Container Terminal Valencia, Terminal Darsena Toscana en Livorno, Italia y la terminal de contenedores del Puerto de Koper en Eslovenia). La electrificación de este tipo de grúas ofrece otras ventajas como un menor mantenimiento, ya que el mayor coste asociado reside en las reparaciones del generador diésel que equipan las grúas tradicionales, que en las grúas electrificadas se puede sustituir por uno mucho menos potente solo para uso en los traslados de bloque.” (Eficiencia Energética en Puertos: Tendencias y Mejores Prácticas, Comisión interamericana de puertos, 2016)

La electrificación de las grúas de patio facilita la posterior automatización de la maquinaria y del terminal, existiendo fabricantes que ofrecen soluciones de automatización por fases, siendo la electrificación una de las iniciales. La automatización o semi-automatización es más usual con grúas que se movilizan sobre raíles (RMG) en sus patios de contenedores. En las terminales totalmente automatizadas el transporte de interconexión entre el muelle y el patio se realiza con vehículos automáticos guiados (AGV de acuerdo con sus siglas en inglés). En el año 2013 se incorporó al puerto de Rotterdam el primer AGV completamente eléctrico con baterías de plomo sustituyendo a otro vehículo automático híbrido. Es necesario destacar que los AGVs eléctricos disminuyen el total de las emisiones contaminantes y una importante reducción de la contaminación acústica.

Tantos los terminales automatizados como los que no, deben realizar la interconexión patio y muelle, y en la mayoría de los casos son utilizadas las cabezas tractoras que representan el 33% del consumo del combustible dentro de un terminal portuario (Fuente: Fundación Valenciaport). A causa de esta razón, se están desarrollando y fabricando prototipos de cabezas tractoras que utilizan combustibles alternativos e incluso energía eléctrica, como el prototipo e-Terminal tractor desarrollado en el proyecto coordinado por la fundación Valenciaport, SEA TERMINALS.

“Este tipo de cabeza tractora presenta una autonomía de unas 8 horas, suficiente para trabajar durante un turno completo de estiba (6h) y un tiempo de recarga de unas 2-3 horas dependiendo del tipo de recarga y conexión. Tal y como se ha explicado anteriormente con las grúas RTG electrificadas, el uso de cabezas tractoras eléctricas para el transporte de interconexión muelle-patio disminuye la emisión de partículas contaminantes, emisiones de GEI y contaminación acústica, además de presentar un menor coste de mantenimiento que sus homólogos propulsados por motores de combustión interna.” (Eficiencia Energética en Puertos: Tendencias y Mejores Prácticas, Comisión interamericana de puertos, 2016)



79.- Grúa sobre rieles (RMG) automatizada, terminal Teluk Lamong, Indonesia.

Fuente: <http://www.konecranes.cl/equipo/equipo-para-manejo-de-contenedores/sistema-automatizado-rmg-armg>.



80.- Cabeza tractor totalmente eléctrico (Terberg YT202-EV) implementado en puerto de Rotterdam, Holanda.

Fuente: <http://www.terbergenschop.nl/en/products/tractors/yt-yard-tractors/yt202-ev>.

Uso de combustibles alternativos para maquinaria portuaria: Debido a las nuevas zonas de control de emisiones contaminantes en el mundo, es que se establecen límites para los valores de emisión de compuestos de azufre (SO_x), y óxidos de nitrógeno (NO_x) así como compuestos orgánicos volátiles emitidos, por ejemplo, por los barcos del mar Báltico y el Canal de la Mancha (Fundación Valenciaport). Bajo estas limitaciones las compañías navieras deben proveer a sus buques con las soluciones de propulsión que permitan dicho cumplimiento. Existiendo en la actualidad tres alternativas:

- ***“Uso del combustible marino tipo Marine Gas Oil (MGO):*** *El combustible MGO actualmente supera en precio el del combustible tradicionalmente utilizado por la industria, denominado Heavy Fuel Oil (HFO), lo que puede reducir la rentabilidad de la mayoría de los servicios y rutas comerciales actuales empleando dicho combustible, llegando incluso a hacerlas inviables.*
- ***Uso de Scrubbers:*** *Los scrubbers son catalizadores o filtros que acumulan los residuos de azufre procedentes de la combustión en el motor, permitiendo una emisión a la atmósfera inferior a los límites establecidos. Las principales desventajas de los scrubbers son el elevado coste de instalación en buques existentes y la dificultad en la gestión de los residuos de azufre generados.*
- ***Uso de Gas Natural Licuado (GNL):*** *El GNL se presenta como la opción con mayores posibilidades de implantación en la industria debido al menor precio de este combustible en relación con el tradicional HFO y la ausencia de residuos de azufre producto de su combustión. Sin embargo, esta alternativa también presenta inconvenientes como la falta de infraestructuras de suministro de GNL en muchos puertos y el elevado coste para acometer transformaciones en los buques que permitan su propulsión con gas”.*
(Eficiencia Energética en Puertos: Tendencias y Mejores Prácticas, Comisión Interamericana de Puertos, 2016).

Para los terminales portuarios no resulta ajena esta situación y deben saber adaptarse a los cambios y obligados a ofrecer infraestructura para el suministro de GNL a los buques que dispongan de esta tecnología. Para ejemplificar esta adaptación, es la realización del primer prototipo europeo de cabeza tractora de terminales de contenedores propulsado por GNL. Este prototipo cofinanciado por la Comisión Europea y desarrollado en el marco del proyecto GREENCRANES, que dio un paso en la comprobación de la viabilidad técnica, financiera y ambiental de una máquina de estas características. El prototipo fue probado en la terminal Noatum Container Terminal Valencia durante los últimos meses de 2013. (Valenciaport)



81.- Cabeza Tractora y Camión de suministro de GNL en Noatum Container.
Fuente: (Eficiencia Energética en Puertos: Tendencias y Mejores Prácticas, Comisión interamericana de puertos. 2016).

Hoy en día se están investigando nuevas alternativas como los vehículos propulsados con pilas de combustible (fuel cell) que usan hidrogeno para entregar energía a un motor eléctrico, existen estudios también a cerca de baterías con supercapacitores de grafeno capaces de recargarse en tan solo 4 minutos, sin embargo, estas tecnologías aún están muy inmaduras, por lo que tardarán un tiempo en ser viables y en adaptarse a las maquinarias presentes en los puertos, que necesitan mucha más potencia y robustez.

Sistemas de monitorización y control del consumo energético: Los sistemas de monitorización y control del consumo energético son ampliamente utilizados en el sector industrial. Tiene por objeto la asistencia y mejora en la toma de decisiones operativas, incorporando la variable energética dentro del cuadro de mando integral de las organizaciones. Para esto es necesario tener información detallada y certera sobre los centros de consumo energético, así como de su funcionamiento. El sistema de gestión energético son plataformas que integran software conectados con hardware (sensores, autómatas, etc.) que son capaces de reportar información del consumo energético de forma continua, ofreciendo una mirada holística del gasto energético y operativo de una instalación.

Los proveedores de sistemas de planificación operativa (TOS) están comenzando a incluir en sus soluciones módulos específicos para la monitorización energética de un terminal, la implantación de estas herramientas es aún reducida en la actualidad, sin embargo, con el objeto de difundir los beneficios que traería optar por la monitorización energética, se han realizado diversos proyectos innovadores. Por ejemplo, el proyecto piloto llevado a cabo en Eslovenia, específicamente en el terminal de contenedores del puerto Koper, en el marco del proyecto GREENCRANES. Este proyecto se fundamentó en la integración de la gestión eficiente de la energía en todas las áreas de negocio y operacionales de un terminal portuario de contenedores, combinando acciones tecnológicas y de gestión

siguiendo los principios de la mejora continua, definida y expresada en la normativa internacional ISO50001. (Valenciaport)



82.- Sistema de monitorización energética para un terminal portuario de contenedores.

Fuente: (Eficiencia Energética en Puertos: Tendencias y Mejores Prácticas, Comisión interamericana de puertos. 2016).

Iluminación eficiente: El desarrollo de tecnologías en iluminación, incluso en otras áreas como el sector industrial, infraestructuras de transporte urbano, etc. Han posibilitado el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas en un terminal portuario, ejemplo de esto, la sustitución de las luminarias tradicionales de vapor de sodio por la alternativa de dispositivos LED, mucho más eficiente desde el punto de vista energético y de contaminación lumínica. Existe además un beneficio en la seguridad pasiva en los terminales, ya sean estos de gráneles o contenedores, esta tecnología permite iluminar la zona de manera adecuada evitando deslumbramientos y mejorando las condiciones de trabajo para los operadores.

“Grandes terminales portuarias como la terminal Jebel Ali (Dubái) han sustituido su infraestructura de iluminación por luminarias LED, obteniendo un ahorro del 66% respecto a la situación anterior, lo que permite rentabilizar a medio plazo la inversión inicial.

La terminal Noatum Container Terminal Valencia se encuentra realizando un proyecto similar en el que además de sustituir las luminarias existentes por otras de tipo LED, ha desarrollado un sistema de respuesta dinámica que permite adaptar las condiciones de iluminación de la terminal en función del tipo de operativa que se produce en la instalación en cada momento”. (Eficiencia Energética en Puertos: Tendencias y Mejores Prácticas, Comisión interamericana de puertos, 2016).



83.- Iluminación LED, DP World Jebel Ali Port Terminal 2, Dubái.

Fuente: <http://www.musco.com/news/dpworld2.html>.

El sistema desarrollado en Noatum identifica las localizaciones del terminal en las que se está realizando operación y se adapta al nivel de iluminación necesario para realizar dicha operación, disminuyendo posteriormente el nivel de luz, al término de los trabajos. Con esta combinación de tecnologías, se estima un ahorro energético de 8 veces el consumo actual de esta instalación.

Aplicación de energías renovables en tierra: Para ejemplificar esta aplicación de energías limpias, podemos recurrir al terminal portuario de Rotterdam, uno de los líderes mundiales en el uso diverso de fuentes de energía. En el convergen numerosos tipos como el carbón, el gas natural, biomasa, termo solar, eólico, Sin embargo, es la fuente eólica una de las más importantes para el puerto holandés, con una capacidad instalada en turbinas de viento de 200 megavatios (MW), lo que representa el 10% de la capacidad eólica de todo el país. Esta energía que proviene de los parques de aerogeneradores dispuestos en varias zonas del área portuaria es utilizada para el funcionamiento de las grúas del muelle, contenedores refrigerados (reefer), postes de luz, talleres y otras necesidades eléctricas.



84.- Instalación de turbinas eólicas en el Puerto de Rotterdam.

Fuente: (Eficiencia Energética en Puertos: Tendencias y Mejores Prácticas, Comisión interamericana de puertos. 2016).

La energía solar también es una posibilidad de innovación en lo que a tecnologías energéticas respecta y son muchas las autoridades y los gobiernos que empiezan a tomar un real interés, para aprovechar las grandes superficies en terminales portuarios ideales para colocar paneles fotovoltaicos destinados al abastecimiento de energía y la incorporación de los excedentes a la red de suministro eléctrico general (Autoridad portuaria de Tenerife 2016). Generalmente estos paneles son ubicados en las cubiertas de los techos o terrazas de edificios o en las marquesinas de los parkings de los vehículos, evitando ocupar espacios exclusivos de la zona portuaria.



85.- Paneles fotovoltaicos, Puerto de Santa Cruz de la Palma, Tenerife.

Fuente: http://www.puertostenerife.org/memorias/Memoria2009/es/08/act_port.html.

8. Proyecto “Terminal Cerros de Valparaíso”

La amplia zona costera de Chile convierte su actividad portuaria en un principal activo económico para el país, y un sector importante para el cono sur, donde Valparaíso y su puerto son un punto logístico importante para el crecimiento portuario. La historia portuaria de la ciudad data de hace más de 470 años, siendo declarada por Pedro de Valdivia como el puerto oficial del reino de Chile, su importancia traspasaba las fronteras nacionales y para la región sur del nuevo mundo en aquel entonces, significaba mucho para los reinos y embarcaciones europeas, siendo así, hasta la apertura del canal de Panamá abriendo nuevas rutas para los buques del hemisferio norte relegando importancia al puerto de la V región. Conforme pasa el tiempo y desde que existe el muelle fiscal inaugurado en 1876, se han realizado distintas obras de mejoramiento del terminal, con el objeto de mejorar su competitividad y dotar de mejor infraestructura los terminales, hoy en día el puerto se enfrenta a una nueva ampliación y mejoramiento, con un nuevo terminal de contenedores para el principal puerto de Chile.

Durante el 2010 se hace llamado a licitación por, Empresas Portuaria Valparaíso (EPV), recibiendo ofertas y confiando en inversionistas nacionales e internacionales, sin embargo, el mercado decía que la inversión era un gran desafío, por lo que no existían proyectos agresivos en cuanto a lo que las propuestas respectan. Es en 2012 donde se hace un nuevo llamado con mejores resultados y ofertas, para que al siguiente año sea adjudicado por el conglomerado español Grupo OHL, inversionistas extranjeros a cargo tanto de la construcción y explotación del puerto hasta el año 2043, es decir, treinta años de concesión.

En la actualidad la concesión se encuentra operando, utilizando el espigón de puerto de Valparaíso específicamente los sitios 6,7 y 8 (imagen 87) atendiendo naves Car Carrier, portacontenedores, carga general y cruceros, donde se habría ya incorporado nuevo equipamiento para mejorar su operación. Durante el periodo enero – junio del año 2014 el terminal portuario experimento un incremento del 28% en su movimiento al completar 847.457 toneladas, incrementando las transferencias para Valparaíso en un 7% durante dicho periodo. (Grupo OHL, Concesiones.)

Se ampliará en significativas hectáreas la actual infraestructura, y se construirá un muelle de 725 mts con dos nuevos sitios de atraque, el grupo concesionario apunta llevar a cabo esta construcción sin interrumpir las operaciones del espigón (sitios 6,7 y 8) y se ubicará desde el vértice noreste del espigón hasta la calle Edwards por el sur. Su extensión y profundidad permitirán el ingreso de portacontenedores que actualmente resulta imposible que ingresen a Chile.



86.- Proyección terminal de contenedores de la ampliación del puerto de Valparaíso, junto al espigón y sus sitios de atraque (TCVAL).

Fuente: <http://www.empresaoceano.cl/informe-completo-terminal-cerros-de-valparaiso-tcval-dio-a-conocer-las/empresaoceano/2016-03-25/103945.html>.

A continuación, el proyecto es definido así por la organización española, “Grupo OHL, Concesiones”:

“El proyecto “Terminal Cerros de Valparaíso”, cuyo titular es la empresa Terminal Cerros de Valparaíso S.A. (TCVAL) consiste en la construcción y operación de un nuevo terminal de contenedores, que aumentará la cantidad de sitios de atraque, ampliando con ello la capacidad de transferencia de carga del Puerto de Valparaíso. El nuevo terminal estará formado por un muelle de 725 m de longitud con su explanada de respaldo, ganando terrenos al mar mediante el uso de material de relleno, adelantando la línea de costa actual en aproximadamente 185 metros en dirección al poniente del actual borde costero. Se generará con esto un nuevo borde de atraque, apto para atender simultáneamente dos naves de tipo Post Panamax y una superficie operativa de aproximadamente 13,6 [ha], incluyendo el área existente en los sectores Costanera y Espigón de Puerto Valparaíso. Este proyecto tiene su origen en una licitación internacional llamada por la Empresa Portuaria Valparaíso (EPV) el año 2012, la que fue adjudicada a la empresa OHL Concesiones en abril de 2013, quien en virtud de los requerimientos del Contrato de Concesión conformó la empresa de giro exclusivo Terminal Cerros de Valparaíso S. A., TCVAL, actual operadora del Terminal 2 y titular del proyecto que se somete al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). La concesión otorgada por EPV a TCVAL, tiene una duración de 30 años a contar del año 2013”. (Estudio de Impacto Ambiental, "Terminal Cerros de Valparaíso TCVAL", Terminal Cerros de Valparaíso S.A. Rep. Legal: Álvaro Espinosa Almarza, 2017)

Bajo el alero de este proyecto resultan inminente los cambios arquitectónicos del borde costero y su puerto, ítem importantísimo al hablar de Valparaíso como patrimonio de la humanidad, donde las referencias gráficas comparadas con la actual visión de ciertos lugares en la ciudad, resulta necesaria para analizar íntegramente el proyecto.

A continuación, se presentan imágenes comparando la vista de la ciudad con y sin proyecto.

- Vista desde las alturas del espigón.



87.- Puerto de Valparaíso, Chile (comparación).

Fuente: http://www.tcval.cl/media/647410/presentacion_tcval.pdf.

- **Vista borde costero / nuevo terminal de contenedores**



88.- Puerto de Valparaíso, Chile (comparación).

Fuente: http://www.tcval.cl/media/647410/presentacion_tcval.pdf.

- **Vista desde calle Errazuriz**



89.- Borde costero de Valparaíso, Chile (comparación).

Fuente: http://www.tcval.cl/media/647410/presentacion_tcval.pdf.

- **Vista desde el patrimonio.**



90.- Patrimonio de la humanidad en Valparaíso, Chile (comparación).

Fuente: http://www.tcval.cl/media/647410/presentacion_tcval.pdf.

8.1. Problemáticas y opinión pública

Una obra portuaria siempre es un desafío, desde varios puntos de vista, (diseño, construcción y la operación del terminal) conforme pasa el tiempo las exigencias para aprobar la ejecución de un proyecto de estas magnitudes también aumentan, siendo el compromiso medio ambiental y social ejes claves para la liberación de los permisos. Existen entidades y regulaciones gubernamentales que controlan y aseguran velar por un puerto construido de manera responsable y profesional y con las mejores condiciones operables.

Las condiciones actuales de los puertos apuntan a terminales modernos, sustentables o al menos en vías de, y la resolución de los permisos para comenzar con las obras se liberan una vez se demuestra un proyecto que califica dentro de las condiciones establecidas.

El proyecto “Terminal Cerros de Valparaíso (TCVAL)” presenta distintos desafíos, previos a la puesta en marcha de las obras, es necesario contar con distintos estudios para comenzar con la construcción, como se ha mencionado anteriormente. A continuación, se presentan algunas de las principales problemáticas o debilidades del proyecto:

- Resolución estudio impacto ambiental (SEIA).

El estudio emanado por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), se lleva a cabo cuando el proyecto genera o presenta algunos efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la ley, presentados a continuación:

1. Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones y residuos.
2. Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluido el suelo, agua y aire.
3. Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos.
4. Localización en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación, humedales protegidos, glaciares, susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
5. Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
6. Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

“Uno de los principales instrumentos para prevenir el deterioro ambiental es el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Este instrumento permite introducir la dimensión ambiental en el diseño y la ejecución de los proyectos y actividades que se realizan en el país; a través de él se evalúa y certifica que las iniciativas, tanto del sector público como del sector privado, se encuentran en condiciones de cumplir con los requisitos ambientales que les son aplicables”. (Servicio de Evaluación Ambiental, Gobierno de Chile).

Para lo que al proyecto respecta, el ingreso al proceso de tramitación ambiental (EIA) se hace el año 2014 específicamente en el mes de septiembre, haciendo participar a la ciudadanía por medio del proceso de participación ciudadana (PAC), donde es presentado el proyecto mediante talleres dirigidos por el SEA.

La resolución de la tramitación ha sido un tema complejo para el proyecto, ya que a la fecha aún no existe resolución, y existe parte de la comunidad que no cree en el proyecto y defiende la no realización del terminal. La realidad es que el SEA, no aprueba aun la tramitación medio ambiental, entendiendo que existen puntos dentro de este estudio que no satisfacen lo que un proyecto de tales magnitudes debe respetar. Entre los cuales destacan:

- *Cambio en localización de la cantera de material pétreo para las obras de construcción de Laguna Verde a Fundo los perales, cuesta Balmaceda.*

Para la construcción de una obra portuaria la cantera de material pétreo resulta ser de gran importancia para el proyecto debido a los grandes volúmenes necesarios para los distintos procesos constructivos. Para el terminal 2 del puerto de Valparaíso se estudió y se determinó en un comienzo la instalación de la cantera en la comuna de laguna verde, sin embargo, mediante el proceso de participación ciudadana se rechazó la moción de instalar una cantera en la pequeña comuna, por lo que la agrupación española realizó cambios definitivos bajo este ítem, modificando su localización hacia el Fundo los perales, en la cuesta Balmaceda de la vía La pólvora.

“Para el concesionario, esta modificación despeja uno de los puntos más críticos que enfrentó el proyecto en su primera fase de tramitación debido a la serie de cuestionamientos que había planteado la comunidad en referencia al lugar original en que se iba a emplazar la cantera y todo lo que ello significaba. Vecinos habían manifestado su preocupación, entre otros puntos, por el impacto vial que iba a representar para la comunidad el transporte del material, por el efecto sobre las napas y cursos de agua, y la amenaza al turismo.

"No circularán camiones en Laguna Verde, no se utilizará la avenida principal ni la ruta F-98", expone el documento junto con ratificar que el material -se extraerán 1.343.000 metros cúbicos de pétreos- será transportado íntegramente por vía terrestre, por lo cual también quedó descartada la utilización del muelle de AES-Gener.

El Fundo Los Perales se ubica en la cuesta Balmaceda, por lo que el principal camino que será utilizado en el traslado del material será el Camino La Pólvora que tiene acceso directo al puerto. Al respecto, Tcval señala que ello no tendrá un efecto significativo para la ruta a pesar de los 130.896 viajes que contempla la construcción de la estructura” (Sala de prensa Grupo OHL, “TCVAL modifica su proyecto del Terminal 2 y desecha cantera en laguna Verde”, 24 de marzo de 2016).

A continuación, las cifras de esta modificación del estudio de impacto ambiental:

En el proyecto se utilizarán 1.342.000 metros cúbicos de material pétreo que provendrá de la cantera que estará localizada en el Fundo Los Perales.

La construcción del Terminal Dos implicará 130.896 viajes de los camiones que se emplearán para el traslado de la piedra necesaria para su levantamiento.

Desde el sector Yolanda se extraerán 900.000 metros cúbicos de sedimento para ser utilizado como relleno de la explanada del terminal Dos.

La explanada que será utilizada como área de respaldo para los contenedores tendrá una extensión máxima de 185,23 metros desde el borde costero.

La superficie total de la cantera del Fundo Los Perales, que será utilizada para levantar la estructura portuaria, alcanza a las 33,55 hectáreas.



91.- Localización en el mapa de las canteras, previo y con la modificación.
Fuente: Google Earth

- *Nuevo acceso al borde costero en Valparaíso.*

Otro tema relevante y conflictivo dentro del estudio ambiental es el acceso al borde costero, debido a que las obras portuarias van cerrando o limitando el acceso al mar solo por medio de su infraestructura, tema discutido con la ciudadanía en las mesas de participación para una mejora sustancial y clara. Para esto el concesionario presenta obras de compensación para el borde costero, buscando compensar el impacto arquitectónico y

paisajístico en el patrimonio de Valparaíso, que fue categóricamente clasificado por expertos como “daño irreversible”.

“A poco más de un año de que le fueran entregadas las observaciones en el Informe Consolidado de Aclaraciones, Rectificaciones o Ampliaciones provenientes de los servicios públicos y la comunidad sobre el proyecto de expansión del Terminal Dos, TCVAL - titular de la iniciativa- ingresó ayer al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental las respuestas a esas inquietudes (Adenda). Un paso clave para una obra que se adjudicó a la transnacional española hace cuatro años.

En el documento, de 6 mil páginas, se plantean una serie de medidas que deberán ser revisadas por la tramitación y ver si están en línea con las inquietudes planteadas.

Entre las compensaciones más llamativas se cuenta la construcción de una pasarela mirador que se ubicará a la altura de la calle Edwards, generando un nuevo acceso al borde costero.

El titular señala que esto permitirá la integración urbana de la zona costera “para darle continuidad al sector de Muelle Prat y eje Errázuriz, con los paseos Carrera y Wheelwright”. (El Mercurio de Valparaíso, 15 de junio 2017)

Además de obras de compensación en lo arquitectónico se consideraron también medidas en la prevención de catástrofes en edificios patrimoniales, como también en el control y responsabilidad en el patrimonio arqueológico, posible a encontrar en el fondo marino, mediante obras de dragado, teniendo un total de 5 obras confirmadas e ingresadas a la adenda, descritas a continuación.

Recuperación del ascensor Lecheros, que incluye la restauración de rieles, sala de control, motor a vapor y eléctrico.

Pasarela Edwards como nuevo acceso al borde costero y así “darle continuidad al sector de Muelle Prat y Eje Errázuriz”.

Eje Errázuriz: mejoramiento del espacio público en la calzada norte desde calle Molina al sector de Sotomayor.

Miradores: construcción de uno nuevo en el cerro Toro y modernización del mirador Carlos Pezoa Véliz, para potenciar las vistas.

Participación y aporte a entidad encargada del sitio patrimonial, programa de protección a inmuebles patrimoniales, etc.



92.- Ascensor Lecheros, Valparaíso.

Fuente: <http://hospedajebaron.cl/ascensor-lecheros.php>.



93.- Obra de compensación Eje Errazuriz, Valparaíso.

Fuente: http://www.tcval.cl/sala-de-prensa/noticias/2017/15072017_terminal-dos-propone-un-nuevo-acceso-al-borde-costero-en-valparaiso/.

- **Protección y aporte al patrimonio.**

Valparaíso es nombrada patrimonio de la humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO) desde el año 2003, lo que convierte a Valparaíso en una ciudad con una historia rica en cultura, que se ve fielmente reflejada en su arquitectura entre cerros y puerto. Esta condición de la ciudad exige y norma la construcción de los proyectos de tales magnitudes y así evitar consecuencias negativas en el ámbito paisajístico y arquitectónico del patrimonio terrestre, sin dejar de considerar el patrimonio subacuático, siendo igualmente rico e importante para el país.

Las mesas de participación ciudadana expresan el rechazo al T2 (terminal 2) por la falta de medidas mitigativas en estas dimensiones del proyecto, de igual forma expertos aseguran que la realización del proyecto del conglomerado español traerá consecuencias irreversibles para el patrimonio. Así lo declara el Arquitecto Isaza, quien ha realizado un informe acerca de los impactos patrimoniales de los proyectos “Terminal Cerros de Valparaíso” y “Mall Barón” en el año 2016, dicho arquitecto se desempeñó como director de Patrimonio del Ministerio de Cultura de Colombia (2009-2014), decano de la Facultad de Estudios del Patrimonio Cultural de la Universidad Externado de Colombia (2008-2009) y Subdirector de Monumentos Nacionales (1994-1998), entre otros.

La definición del proyecto según el informe Isaza es citada a continuación:

“El Terminal Cerros de Valparaíso es la más ambiciosa obra de infraestructura que se ha proyectado para la ciudad en los últimos años. Con una inversión aproximada de 500 millones de dólares estadounidenses, el T2 TCVAL busca, básicamente, ampliar la capacidad de transferencia del puerto de Valparaíso para que este se adapte a los desarrollos y retos de la actividad portuaria. Eso significa lograr que una mayor cantidad de embarcaciones arriben a las instalaciones portuarias, pero también que el puerto logre recibir las embarcaciones tipo Post Panamax, de mayor capacidad y de mayores dimensiones que los barcos que están llegando actualmente a Valparaíso. Se busca, entonces, que la ciudad conserve un puesto importante dentro del escenario comercial del pacífico sur, generando ventajas competitivas frente a otros puertos de la región”. (Estudio de impacto patrimonial, EIP, para el sitio denominado área histórica de la ciudad puerto de Valparaíso, Chile, inscrito en la lista del patrimonio mundial de la UNESCO, relacionado con los proyectos terminal cerros de Valparaíso, TCVAL, y puerto barón, Juan Luis Isaza, abril 2016).

Según el informe del arquitecto Juan Luis Isaza, los impactos del proyecto sobre el área histórica del puerto de Valparaíso a partir de sus atributos, quien analiza en 4 dimensiones, los valores asociados a estas, la naturaleza del impacto y en base a eso define la magnitud de dicho impacto patrimonial. A continuación, se presenta la tabla a cerca de los impactos patrimoniales del proyecto TCVAL.

Atributos	Valores asociados	Naturaleza del impacto	Magnitud del impacto
<p>TRAZADO: incluye la topografía característica del lugar, la relación de la parte plana de la ciudad "El Plan", el carácter de anfiteatro con "graderías" naturales con vistas al mar, las relaciones visuales de cerro a "Plan" y al mar como también de "Plan" a cerros.</p>	<p>Un esfuerzo humano colectivo por habitar una ciudad topográficamente difícil, un asentamiento humano que se fue sofisticando con el tiempo, la traza de espacios públicos higienizados de alto estándar internacional y una labor ingenieril, creativa y técnica que alberga la vida de los porteños.</p>	<p>La alteración de las relaciones visuales incidiendo en el carácter de "anfiteatro", se acentúa el quiebre de la relación de la ciudad y su borde costero mediante la franja de actividad solo portuaria, La alteración de las relaciones visuales al interior del Sitio de Patrimonio Mundial.</p>	<p>IMPACTO EN EL VALOR UNIVERSAL EXCEPCIONAL; CAMBIO ADVERSO MODERADO; ALTO IMPACTO PERMANENTE E IRREVERSIBLE.</p>
<p>ESPACIOS PÚBLICOS: incluye la interrelación de los espacios públicos de "El Plan", el particular trazado de los espacios públicos de distinta naturaleza (paseos, miradores, etc.) existentes en los cerros y quebradas, produciendo balcones naturales, espacios menos tradicionales como escaleras, pasajes, bifurcaciones o encrucijadas de la compleja red vial de los cerros, espacios intermedios en las viviendas buscando la prolongación interior para capturar el paisaje exterior, balcones, tribunas, miradores, etc.</p>	<p>La huella de los usos portuarios de las imágenes colectivas de bienestar, salubridad y prosperidad de las concepciones del momento: Jardines, arboles decorados, amplias avenidas para el creciente tráfico vehicular y peatonal. La huella de una constante histórica que consistió en una modificación drástica mediante el relleno de la bahía de Valparaíso y el acondicionamiento de sus cerros.</p>	<p>Se acentúa la alteración de los espacios "intermedios" eliminando vistas y quitando valor al sitio, la generación de barreras de gran altura en las cercanías del borde costero que propiciaría un paisaje poco amable que puede acarrear una subutilización del suelo, La fiesta de año nuevo se verá afectada con la interrupción visual desde "El Plan" para con los fuegos de artefacto, el nexo habitante/mar se perderá parcialmente debido a la eliminación de relaciones visuales.</p>	<p>IMPACTO EN EL VALOR UNIVERSAL EXCEPCIONAL; CAMBIO ADVERSO MODERADO; ALTO IMPACTO PERMANENTE E IRREVERSIBLE</p>
<p>ARQUITECTURA: incluye la diversidad arquitectónica de diversos periodos históricos (siglos XIX y XX), la variedad en "estilos", morfología y tipologías edilicias que conviven de manera armónica, la relación de los variados componentes arquitectónicos y la topografía del lugar, la situación del emplazamiento (adaptación e integración a la topografía)</p>	<p>El reflejo del desarrollo y la importancia portuaria junto a la temprana globalización y liderazgo regional, huella de la relación de arquitectura modesta y vernácula con nuevas tecnologías constructivas, reflejo de un momento de auge y bonanza que otorga un carácter de particular y excepcionalidad al sitio.</p>	<p>La degradación de sectores cercanos al puerto generador potencial de abandonos y cambios de uso al convertirse en zona subutilizadas generara inseguridad. La escasa integración del proyecto con las realidades arquitectónicas del sitio que cortara aún más la relación ciudad/borde costero.</p>	<p>IMPACTO EN EL VALOR UNIVERSAL EXCEPCIONAL, CAMBIO ADVERSO MENOR, MODERADO IMPACTO PERMANENTE E IRREVERSIBLE.</p>

<p>ASCENSORES (como principal y más destacados elementos de conexión cerro/plan): incluyen la vinculación del pie del cerro con el inicio de las mesetas, el aprovechamiento de espacios residuales entre edificios para la estaciones inferiores, estaciones superiores como verdaderas torres de observación, utilización de una solución óptima para un problema de transporte para la ciudad, los ascensores como miradores naturales y móviles de la ciudad alcanzando un mayor espectro visual, ascensores como ordenadores urbanos siendo elementos fundamentales en la conformación de tramas urbanas.</p>	<p>Huella de una ciudad cosmopolita y relacionada con el comercio global incorporando la que para la época era tecnología de punta, una solución técnica, moderna eficiente y eficaz. La vigencia de los ascensores como sistema de transporte hasta el día de hoy haciendo conservación de la maquinaria como vestigio fundamental de esa fase temprana de la globalización (finales siglo XIX y principios XX).</p>	<p>Si bien existen construcciones que ya afectan la visual, los ascensores perderán parcialmente su cualidad de mirador dinámico por interferencias de las vistas al mar, las estaciones superiores perderán parcialmente la calidad de "torres de observación". Los paseos miradores en las estaciones superiores perderán atractivo visual para el ciudadano y el visitante.</p>	<p>IMPACTO EN EL VALOR UNIVERSAL EXCEPCIONAL, CAMBIO ADVERSO INSIGNIFICANTE, LEVE IMPACTO PERMANENTE E IRREVERSIBLE.</p>
---	---	--	---

Tabla 5.- Impactos del proyecto T2 TCVAL sobre el Área histórica de la ciudad puerto de Valparaíso, a partir de sus atributos.

Fuente: Estudio de impacto patrimonial, EIP, para el sitio denominado área histórica de la ciudad puerto de Valparaíso, Chile, inscrito en la lista del patrimonio mundial de la UNESCO, relacionado con los proyectos terminal cerros de Valparaíso, TCVAL, y puerto barón, Juan Luis Isaza, abril 2016.

- Medidas de mitigación y compensación propuestas por TCVAL durante el estudio de Isaza.

Durante la realización de dicho estudio la Empresa Portuaria de Valparaíso y el concesionario TCVAL presentan una serie de propuestas de compensación, un total de 14 proyectos presentados, de los cuales son solo 5 los que efectivamente son considerados compensatorios. El conjunto de los proyectos hace parte de una estrategia integrada a la intervención del borde costero, que responde a una planeación clara y definida, que contrasta con la falta de planificación de la ilustre municipalidad de Valparaíso.

De los cinco proyectos en dos existe claridad del financiamiento, la iniciativa "Mejoramiento accesibilidad Puerto de Valparaíso" será financiado por Empresa Portuaria de Valparaíso (EPV) con un monto estimado de 36.000.000 US\$, la otra intervención será desarrollada y financiada por el concesionario denominado obra de Integración Urbana SECTOR 3 (Paseo - Mirador Prat), con un monto aproximado de 3.300.000 US\$. Este es el principal proyecto de compensación diseñado por el prestigioso arquitecto Mathias Klots Germaín y es descrito de tal forma. "Se construye un paseo elevado que enlaza el Muelle Prat con Avenida Errázuriz, rodeando el edificio comercial "Estación Puerto"; incluye un ciclo vía a lo largo del terminal por Avenida Errázuriz". (Estudio Isaza).

A continuación, se presentan imágenes digitalizadas del proyecto.



94.- Vista de planta del proyecto de compensación planteado por TCVAL.
Fuente: TCVAL



95.- Render del proyecto de compensación planteado por TCVAL.
Fuente: TCVAL

8.2. Análisis técnico del proyecto “Terminal cerros de Valparaíso”

8.2.1. Ficha técnica

- Antecedentes generales del proyecto:

Nombre del Proyecto: Terminal Cerros de Val paraíso TCVAL
Región: Región de Valparaíso
Comunas: Valparaíso
Tipología de Proyecto: f.1) Puertos (agua).
Tipologías secundarias: a.3) Dragado
i.5) Proyectos de extracción de áridos y greda

- Objetivo

El proyecto tiene como objeto la modernización de la infraestructura portuaria de Valparaíso aumentando también su competitividad a través de la construcción y operación del terminal con nuevos sitios de atraque más la ampliación de las explanadas de respaldo, logrando incrementar la capacidad de transferencia de carga contenedorizada y fraccionada en el recinto portuario, atendiendo la progresiva demanda debido al crecimiento del comercio exterior de Chile.

- Monto de Inversión. Expresado en U.S. Dólares:

500.000.000

- Vida Útil:

30 años

- Mano de Obra por Fase del Proyecto:

Fase	Mano de Obra Promedio	Mano de Obra Máxima Construcción
Construcción	175	337
Operación	100	259
Cierre o abandono	40	56

Tabla 6.- Mano de obra por fase del proyecto.

Fuente: (Estudio de Impacto Ambiental, "Terminal Cerros de Valparaíso TCVAL", Terminal Cerros de Valparaíso S.A. Rep. Legal: Álvaro Espinosa Almarza, 2017)

- Superficie:

Tipo de superficie	Superficie	Unidad
Concesionada	11,6	has

Tabla 7.- Superficie proyecto.

Fuente: (Estudio de Impacto Ambiental, "Terminal Cerros de Valparaíso TCVAL", Terminal Cerros de Valparaíso S.A. Rep. Legal: Álvaro Espinosa Almarza, 2017)

- **Localización:**

El sector Terminal Cerros de Valparaíso (TCVAL) corresponde al área donde se construirá la explanada marítima proyectada y se ubicará en el denominado sector Costanera del Puerto.

La cantera que será utilizada para la explotación de material pétreo durante la etapa de construcción se encuentra ubicada en la localidad de Laguna Verde (Comuna y Región de Valparaíso) y abarca una superficie total de aproximadamente 51,2 hectáreas. (Estudio de Impacto Ambiental, "Terminal Cerros de Valparaíso TCVAL", Terminal Cerros de Valparaíso S.A. Rep. Legal: Álvaro Espinosa Almarza, 2017).

- **Coordenadas:**

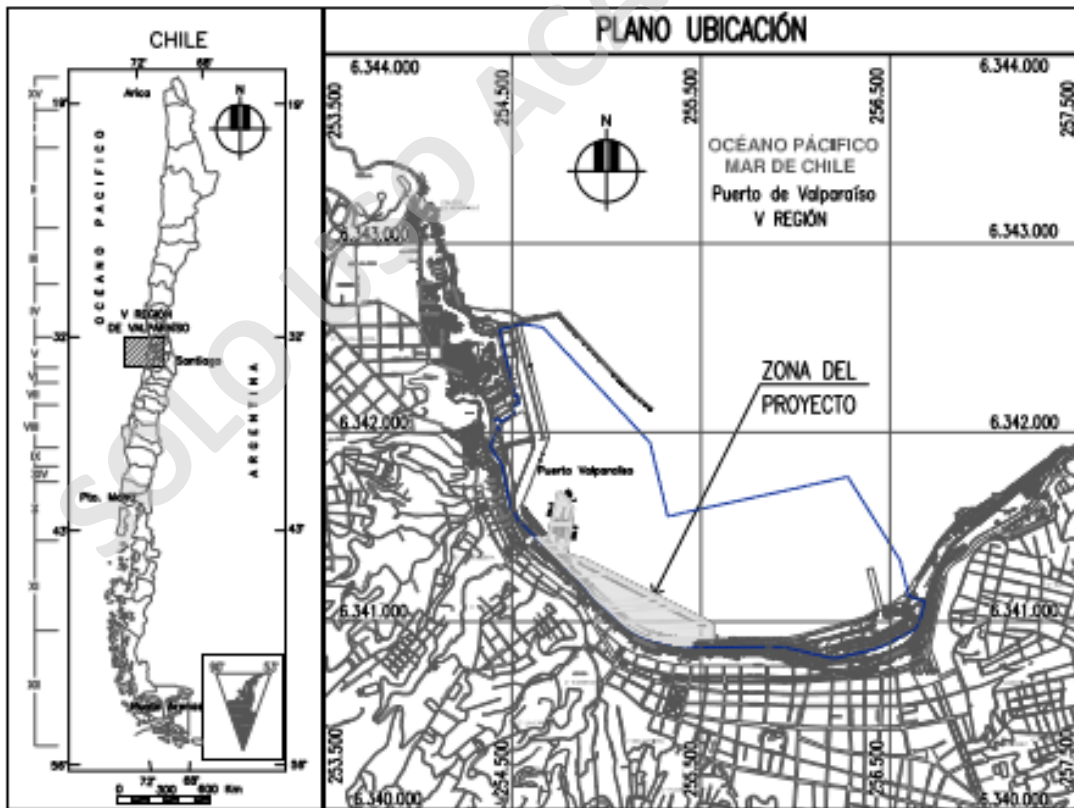
Elemento	X	Y
Punto representativo del proyecto	-33,04124809	-71,62207652

Tabla 8.- Coordenadas del proyecto.

Fuente: (Estudio de Impacto Ambiental, "Terminal Cerros de Valparaíso TCVAL", Terminal Cerros de Valparaíso S.A. Rep. Legal: Álvaro Espinosa Almarza, 2017)

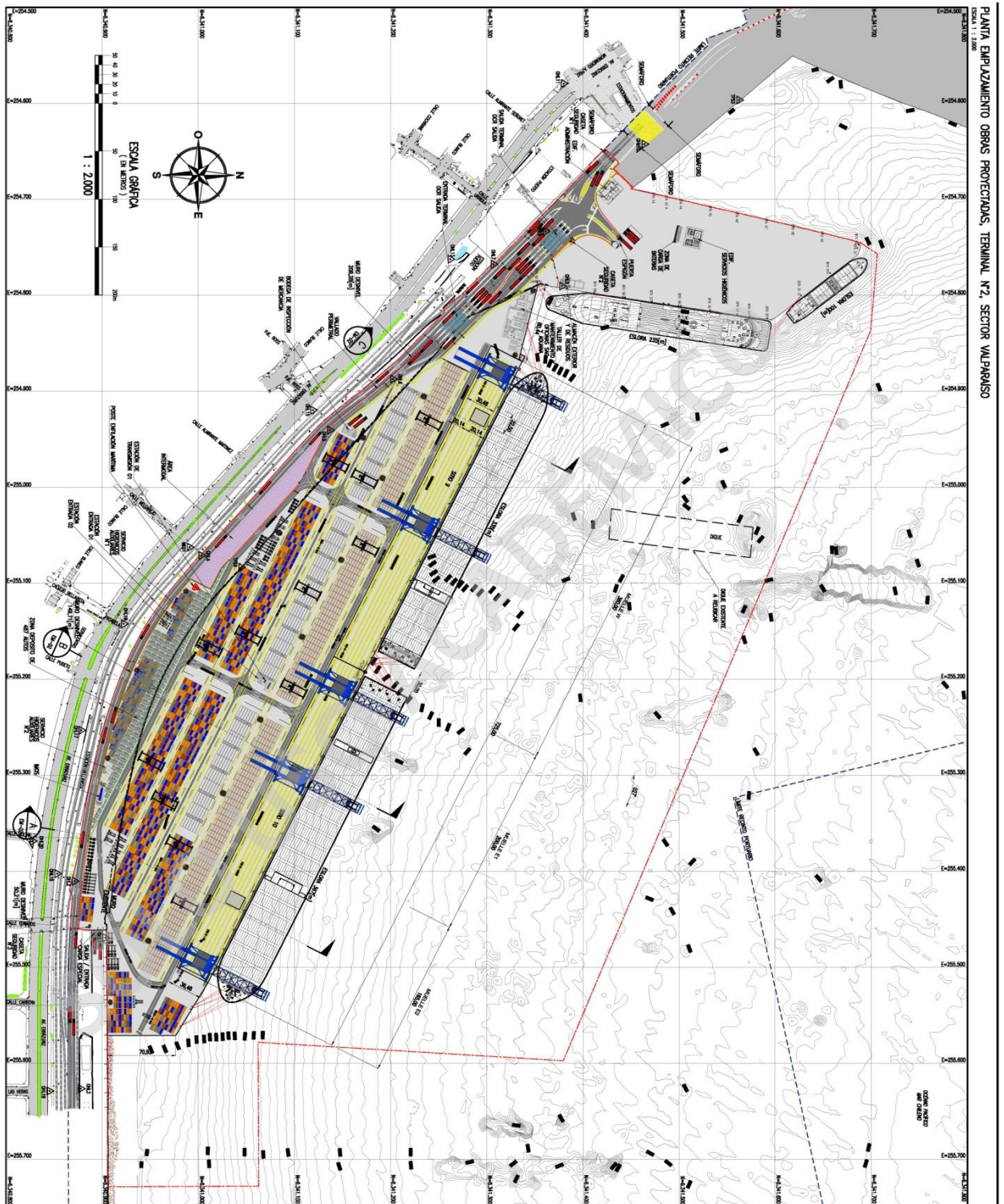
- **Planimetría.**

De su emplazamiento y ubicación:

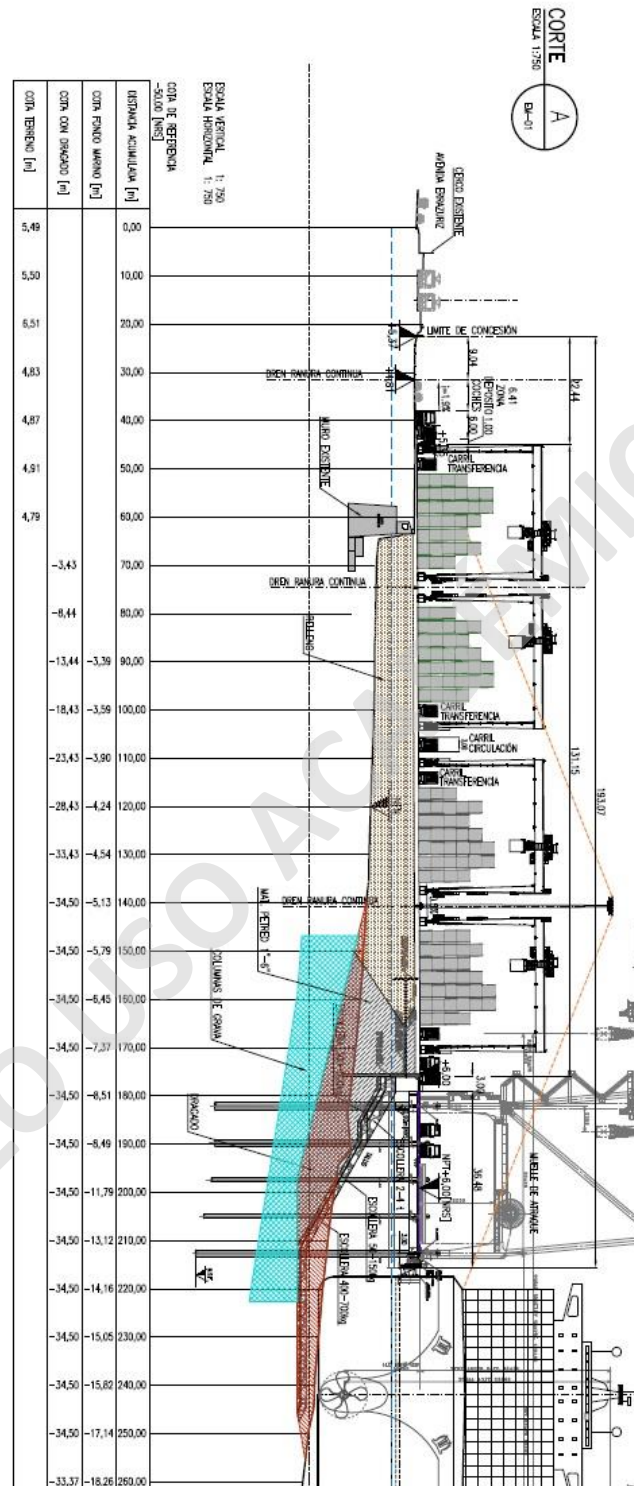


96.- Plano de ubicación proyecto TCVAL, realizado por GSI ingeniería.

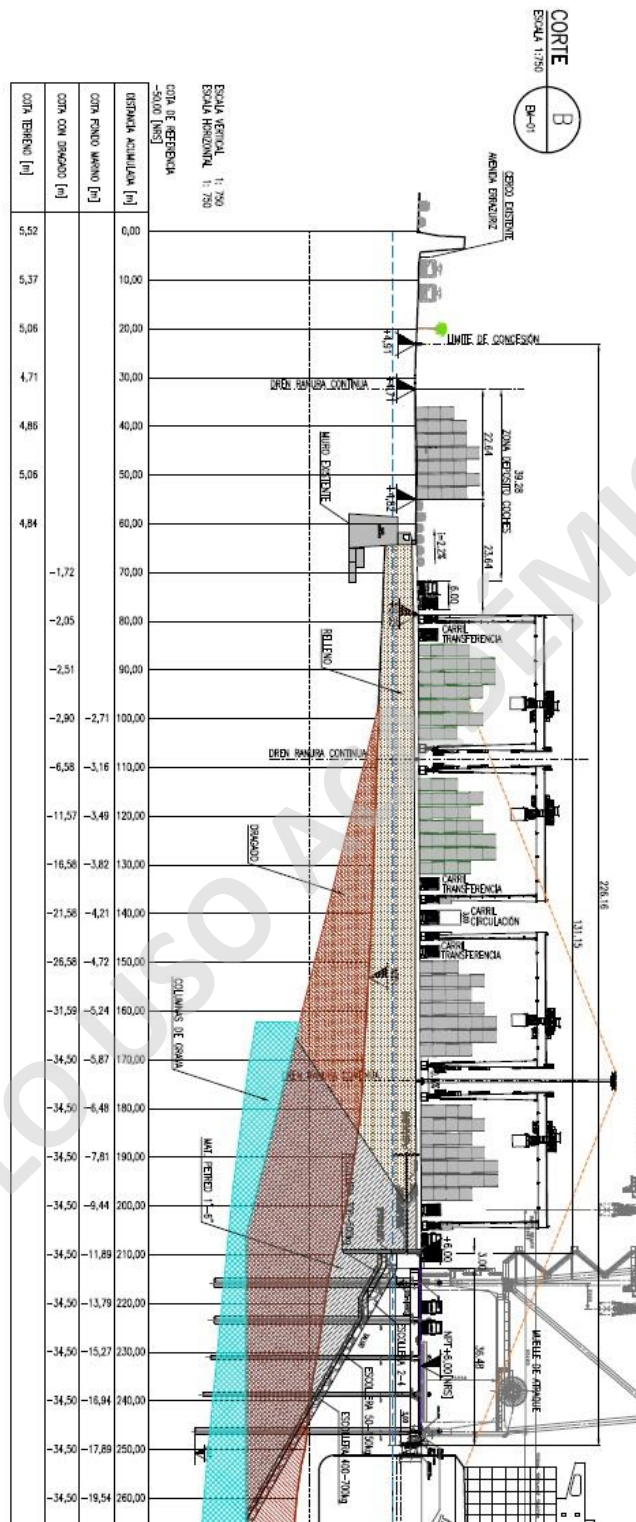
Fuente: (Estudio de Impacto Ambiental, "Terminal Cerros de Valparaíso TCVAL", Terminal Cerros de Valparaíso S.A. Rep. Legal: Álvaro Espinosa Almarza, 2017)



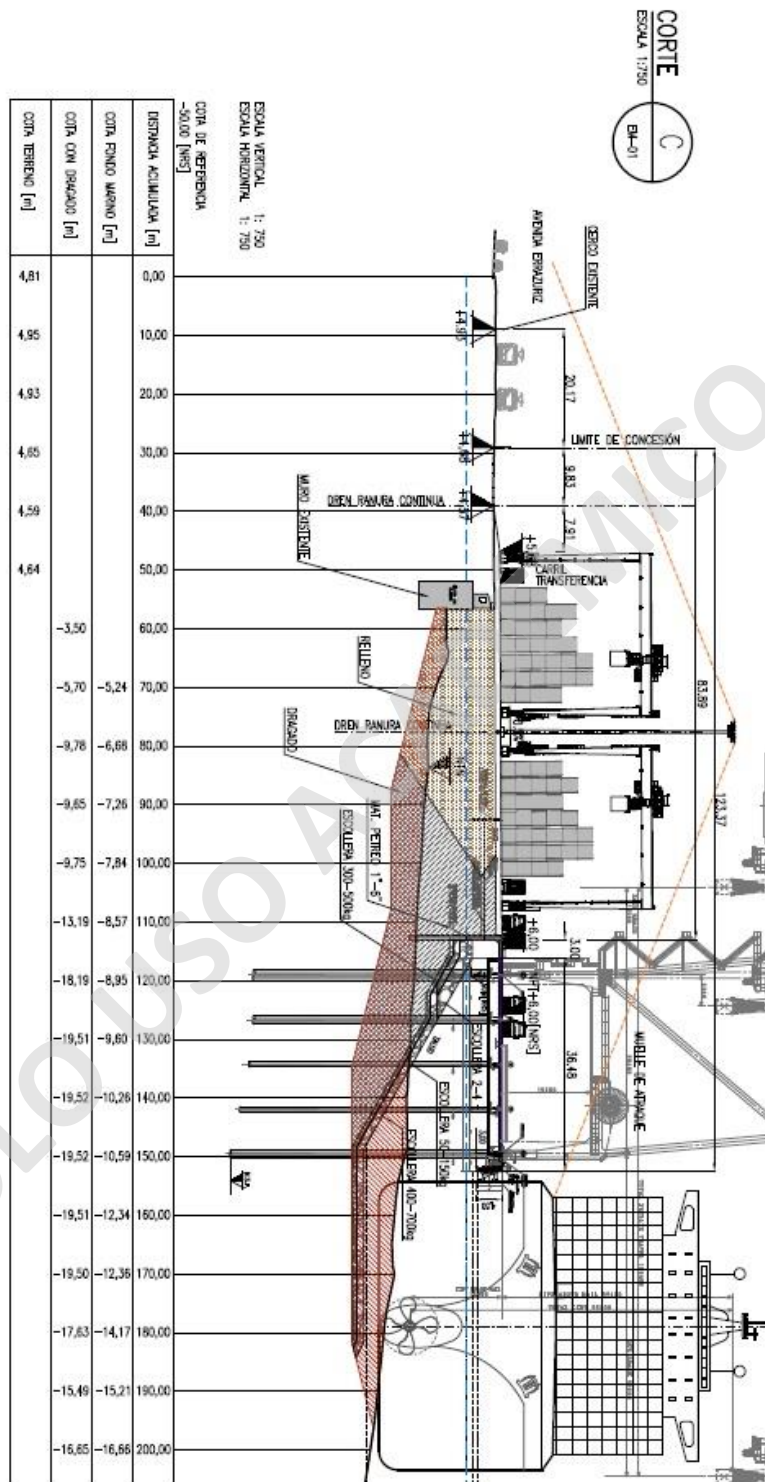
97.- Planta de emplazamiento proyecto TCVAL realizado por GSI ingeniería.
Fuente: (Estudio de Impacto Ambiental, "Terminal Cerros de Valparaíso TCVAL", Terminal Cerros de Valparaíso S.A. Rep. Legal: Álvaro Espinosa Almarza, 2017)



98.- Plano corte A proyecto TCVAl realizado por GSI ingeniería.
Fuente: (Estudio de Impacto Ambiental, "Terminal Cerros de Valparaíso TCVAl", Terminal Cerros de Valparaíso S.A. Rep. Legal: Álvaro Espinosa Almarza, 2017).



99.- Plano corte B proyecto TCVAl realizado por GSI ingeniería.
Fuente: (Estudio de Impacto Ambiental, "Terminal Cerros de Valparaíso TCVAl", Terminal Cerros de Valparaíso S.A. Rep. Legal: Álvaro Espinosa Almarza, 2017).



100.- Plano corte C proyecto TCVAL realizado por GSI ingeniería.
Fuente: (Estudio de Impacto Ambiental, "Terminal Cerros de Valparaíso TCVAL", Terminal Cerros de Valparaíso S.A. Rep. Legal: Álvaro Espinosa Almarza, 2017).

8.2.2. Técnicas constructivas presentes en el proyecto.

La construcción como fase de un proyecto, resulta muy importante y clave para la vida de este, en el convergen los distintos procesos constructivos buscando la calidad y la coherencia entre el plan de diseño y el proyecto en sí.

La etapa de construcción proyectada por la concesionaria española es de un periodo de 4 años aproximadamente según su cronograma de construcción, donde las principales partidas tienen que ver con las obras de TCVAL, es decir, terminal de contenedores, la habilitación de la cantera, que proporcionara el material pétreo para las obras, la construcción del muelle, entre otras obras complementarias.

Para entender de mejor manera los procesos constructivos del proyecto TCVAL, es necesario conocer con mayor profundidad las técnicas constructivas que se aplicarán en el proyecto portuario a realizar en las costas de Valparaíso. A continuación, se explican las definiciones, las técnicas, el equipo o maquinaria a utilizar y sus objetivos dentro de un proyecto portuario.

- **Dragado.**

Esta operación consiste en la limpieza del fondo marino a través del retiro de material, aumentando la profundidad del fondo marino con el fin de un aumento en el calado, necesario para recibir embarcaciones modernas de mayor tamaño y aumentar el tráfico de buques, con el objetivo también de preparar el terreno para una faena de ampliación de un terminal, aumentando así la capacidad estructural del fondo marino.

“Una obra de dragado se define como el conjunto de operaciones necesarias para la extracción, el transporte y el vertido de materiales situados bajo el agua, ya sea en el medio marino, fluvial o lacustre”. (Técnicas de dragado en ingeniería marítima, Universidad Politécnica de Catalunya, Laia Ortego Valencia, 2009).

Esta etapa dentro de un proyecto constructivo requiere un control y un seguimiento efectivo debido a su impacto medio ambiental y al costo de la faena, para las construcciones de hoy en día y a las exigencias que se encuentran sometidas se debe tener consideraciones en cada uno de los ítems a realizar en esta faena, tanto la maquinaria a utilizar para realizar el dragado como la acción de botar todo el material extraído del fondo. La localización del botadero a utilizar debe estar certificado y autorizado por las autoridades correspondientes, debido a lo riesgoso que resulta ser medio ambientalmente este ítem en particular. En lo que a la maquinaria respecta resulta recomendable utilizar equipos de trabajo con mantenciones al día y certificadas, con un estudio importante a cerca del rendimiento, tipo de terreno y costo del equipo a utilizar, en su ideal máquinas nuevas con una reducida emisión de gases de efecto invernadero en su funcionamiento, con atención especial en el combustible utilizado por el equipo.

“La variedad de equipos y métodos de dragado es muy extensa, siendo lo más usual clasificarlos según el método utilizado para la excavación del material en dragas mecánicas o hidráulicas. Dentro de la gran variedad de equipos de dragado

existentes, algunos de ellos se han especializado en una de las tres fases de operación (excavación, transporte o vertido), pero otros son capaces de realizar todo el conjunto de la operación sin necesitar equipos o instalaciones auxiliares”. (Técnicas de dragado en ingeniería marítima, Universidad Politécnica de Catalunya, Laia Ortego Valencia, 2009).

A continuación, se presentan los principales equipos de dragados existentes en la actualidad.



101.- Clasificación de las dragas utilizadas en la actualidad.

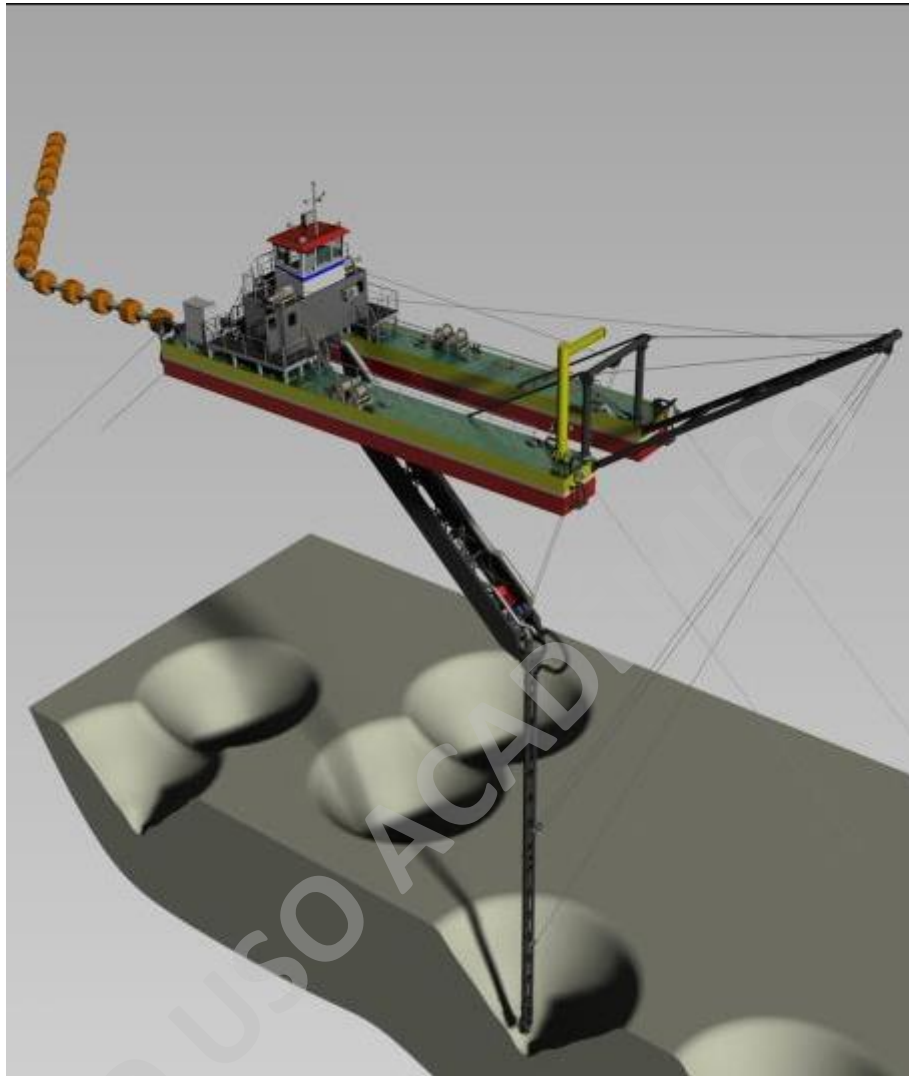
Fuente: (Técnicas de dragado en ingeniería marítima, Universidad Politécnica de Catalunya, Laia Ortego Valencia, 2009).

A continuación, ejemplos de dragas mecánicas e hidráulicas.



102.- Draga cuchara, ejemplo de equipo mecánico para dragados.

Fuente: <http://www.hiseamarine.com/photos/Marine-Dredge-Grab.jpg>



103.- Draga de succión estacionaria, ejemplo de equipo hidráulico de dragado.
Fuente: http://victoryepes.blogs.upv.es/files/2013/11/Custom_Plain-suction-dredger1.jpg.

- **Vibro compactación mediante columnas de grava.**

La vibro compactación es una técnica de mejora de suelos realizando vibraciones profundas, garantizando un mayor alcance en la mejora del terreno circundante al punto de tratamiento.

La vibro compactación es aplicable en suelos granulares (generalmente con un contenido en finos inferior al 10%). La mejora del terreno se consigue por la reducción de huecos entre partículas gracias a la vibración producida por el vibrador. Durante el tratamiento, que se ejecuta en forma de grilla (en planta), se obtiene una compactación del terreno que genera una disminución del espesor de la capa tratada, que depende de la densidad inicial, distancia entre puntos de tratamiento y profundidad del estrato compactado.

Las columnas de grava, también conocidas como vibro sustitución, son una técnica de mejora de suelos mediante vibración profunda y aporte de gravas al terreno, formando columnas de grava compactada que incrementan la capacidad portante global, reducen los asentamientos y mitigan el potencial de licuación sísmica.(Pilotes Terratest S.A, <http://www.terratest.cl/tecnologia-columnas-de-grava.html>.)

Como un refuerzo del terreno estas columnas de grava aportan en la mitigación de la licuefacción del suelo (rotura de la estructura granular del suelo), la estabilización de terraplenes, también la estabilización de taludes, como también otras aplicaciones en la mejora del terreno a través de los efectos combinados de la compactación del suelo, el refuerzo y el drenaje. Tal como lo indica Cimentaciones gbc.



104.- Ejecución vibro compactación, obra Muelle antisísmico de Penetración, Terminal Puerto de Arica.

Fuente: file:///C:/Users/18123203k/Desktop/FT-06248_cg_Terminal_Puerto_de_Arica.pdf.

Las columnas de grava se emplean con frecuencia para cargas extensas, por ejemplo, grandes rellenos, depósitos, losas de hormigón y también para cargas específicas bajo zapatas, etc. Y por supuesto también son utilizadas y con frecuencia en el medio marino, siendo denominadas como “*off shore*”, para la mejora del terreno, ya sea para diques de cimentación, muelles de cajones, cimientos de rellenos, etc.

El equipo para llevar a cabo las columnas de grava Off Shore consta de: una embarcación principal donde se sitúan la mayor parte de los equipos e instalaciones,

cargadores frontales, grúas que sustentan las lanzas vibradoras, en algunos casos bombas que inyectan grava en tubos vibradores, etc. También puede estar en tierra firme este grupo principal de equipos. También es necesario otra embarcación o localización auxiliar para el acopio y alimentación de grava, más una excavadora quien alimentara el buque principal o emplazamiento de la grúa principal, con grava para llevar a cabo la inyección.



105.- Posicionamiento del equipo, reparación de dársena asmar con columnas de grava "Off Shore", Talcahuano Chile.

Fuente: http://www.terratest.cl/obras/fichas/cg/FT-10233_cg_offshore_Reparacion_Darsena_Talcahuano_ASMAR.pdf.

La vibro compactación o también denominada vibro sustitución, y en método por vía húmeda donde se inyecta agua a altas presiones desde la punta de la lanza vibradora para ayudar a la penetración del terreno. Siguiendo esta secuencia constructiva según lo indica José Antonio Pollan, Ingeniero de caminos, canales y puertos.

- El vibrador penetra rápidamente en el terreno blando bajo su peso propio con la ayuda de chorros de agua y vibraciones.
- Cuando se alcanza la profundidad de diseño, el vibrador se extrae a la superficie y se vuelve a bajar a la profundidad requerida para generar un espacio anular. El resultado es una perforación, aproximadamente del mismo diámetro que el vibrador, que se estabiliza por la mezcla de suelo y agua.
- Las gravas se colocan en torno al vibrador y se permite su entrada en el espacio anular, de modo que caen al fondo permitiendo la construcción de un pequeño tramo de columna mediante elevaciones y bajadas repetidas del vibrador. La acción del vibrador compacta la grava y la comprime radialmente encajándola fuertemente en el suelo circundante.
- Este procedimiento de compactación y alimentación de grava continua hasta que se forma la longitud completa de la columna.

9. Conclusiones

9.1.Principales requerimientos constructivos TCVAL

A lo largo de este documento se consideran y se exponen las definiciones y consideraciones que se tienen para las obras y proyectos portuarios modernos. Los cuales proponen soluciones asociadas a diferentes problemáticas que se relacionan con las dimensiones de la sustentabilidad, es necesario revelar que los requerimientos para ser considerado como un puerto sostenible en el tiempo abarcan distintas etapas en la vida de un proyecto, diseño, construcción y operación.

Para el proyecto revisado en la V región de Valparaíso, Chile. El denominado proyecto Terminal Cerros de Valparaíso (TCVAL), del cual se desprende la construcción y la operación de un nuevo terminal de contenedores y la instalación de una cantera para la provisión de materiales pétreos para la faena, de esta intervención en el puerto y según lo expuesto en esta recapitulación de información se sugieren requerimientos básicos y/o mínimos para llevar a cabo un proyecto, que dicho sea de paso, no se encuentra exento de complicaciones y con la negativa del municipio y parte de la ciudadanía .

Para fines constructivos y con objeto de definir requerimientos para la próxima construcción del terminal de contenedores, se determinan 5 partidas definidas como importantes y de mayor complejidad, para el proyecto de la V región, exponiendo posibles soluciones para mitigar las distintas problemáticas de los ítems constructivos seleccionados como los más importantes del proyecto. Siendo estos descritos como; instalación de pilotes para muelle de atraque, rellenos, dragados, y compactación del fondo marino.

- Instalación de los pilotes.

Para el proyecto y la construcción del terminal de contenedores, hablamos de la realización de un muelle, localizado en la denominada Costanera del Puerto. Desprendido de este documento podemos clasificar el muelle o explanada marítima bajo cuatro parámetros. Según la *mercancía movilizada*, podemos identificarlo claramente como un muelle o terminal de contenedores y se puede definir la manipulación de la mercancía como un sistema discontinuo por elevación. Según la *geometría de la estructura*, hablamos de un muelle marginal o también denominado (Wharf) debido a ser paralelo a la costa porteña. También según su *estructura de cimentación* podemos encasillarla como una estructura masiva consecuencia de la necesidad de ganar metros al mar con la construcción de explanada. Y según la *forma de recibir los esfuerzos*, donde se clasifica como una estructura pantalla sobre pilotes, lugar donde se realizará el atraque de las naves. Los muelles plataforma como el que se realizara en el puerto de Valparaíso están cerrados por pantallas de tablestacas abiertos por donde el terreno forma un talud natural y/o reforzado por escolleras, con el objeto de absorber la agitación del mar sobre los pilotes.

La ejecución de la instalación de los pilotes podemos segregarla en dos grandes técnicas constructivas, “In situ” que quiere decir que el pilote es fabricado en la faena, relleno con hormigón la excavación en el fondo marino, la otra técnica es el “hincado” donde los pilotes o la estructura son prefabricados y son insertados mediante vibraciones y empujes verticales, haciendo analogía del trabajo que hace un martillo y un clavo en un trozo de madera.

Haciendo análisis del hincado de los pilotes, se plantean ciertos requerimientos que debe tener la partida, para que se sustente un trabajo responsable en todos los ámbitos que sea posible. Para llevar a cabo esta tarea es necesario tener en cuenta el transporte de los pilotes, a través de embarcaciones de gran tamaño donde usualmente la maquinaria que se encarga del hincado va sobre la misma, esto habla de lo invasiva que puede llegar a ser la faena. Pero ¿cuáles son los requerimientos necesarios para la ejecución de esta tarea? La técnica mayormente utilizada para el hincado de pilotes es a través del martinete, máquina que a punta de golpes en la parte superior va insertando la pila en el terreno, donde la contaminación acústica es inminente para la gente de la zona, el control de la operación es un requerimiento vital. Generar horarios responsables de trabajo para no mermar calidad de vida en las personas. La reducción de gases contaminantes y la mitigación de la contaminación marítima asoman como requerimientos básicos para los tiempos actuales, el uso de maquinarias con su certificado de mantenciones al día, y la fomentación del uso de combustibles renovables además de siempre tener en control los buques encargados de la operación y así evitar derrames de combustible o dar soluciones rápidas frente a una emergencia de ese tipo. La generación de energía eléctrica ya sea para iluminación o para mantener funcionando el buque mientras se realiza la operación, para evitar el uso de sus motores para mantener en posición la nave.

- Rellenos.

Los rellenos generales son aquellos que se constituyen por materiales de cualquier naturaleza, que se colocan sobre terreno natural o zonas inundadas o anegables. Cuando hablamos de rellenos e imaginamos la cantidad de metros cúbicos, lo más probable es que no demos con el número, hablando de varios millones de cubos, que consigo trae una importante cantidad de viajes para transporte del material a la zona de ejecución, siendo este punto uno de los más críticos de dicha partida.

Los rellenos generales según su procedencia se clasifican en:

- Rellenos de procedencia terrestre.
- Rellenos procedentes de dragado.
- Rellenos especiales.

Para el nuevo terminal de contenedores de Valparaíso, la clasificación del relleno es de *procedencia terrestre*. La provisión del material estará dada por la cantera del proyecto, que aún sin nombre se localiza en el Fundo Los Perales, ubicado en la cuesta Balmaceda, siendo el camino la pólvora el utilizado para la movilización del material.

La provisión del material resulta altamente invasivo al realizar la ecuación, por ejemplo, de la huella de carbono que existe en; la carga, el trayecto del camión y la descarga en obra, y eso debe multiplicado por miles de viajes a realizar para llevar a cabo el relleno. Los requerimientos necesarios para lograr llevar a cabo de manera responsable las faenas radican en el control de las distintas dimensiones del suministro del material y la puesta en obra. Para el suministro de material, analizar la distancia de la cantera y el trayecto de esta al nuevo terminal, (tomando en cuenta el cambio de localización de la cantera) Camino la Pólvora es una vía de tránsito importante en la V región dando enfoque en el control del trayecto. Los camiones no deben desprender material particulado de la carga al exterior, definiendo como requerimiento que la maquinaria (camiones) sea de fácil y correcto encarpado, asegurándose que la salida del camión de la cantera sea limpia, para eso se necesita específico control, de igual manera saliendo del terminal. En zonas urbanas más densas de población se debe controlar con más rigor, incluso limitando los horarios de trabajo para no ver afectado el diario vivir de los vecinos.

Una vez en obra los requerimientos, siguiendo el mismo enfoque del control. El acopio resulta muy importante para la logística de la obra, el lugar de acopio debe ser controlado y evitando el movimiento de partículas, mitigando el problema ambiental de este. La maquinaria utilizada en obra debe estar al día con sus mantenciones y evitando nuevamente los combustibles fósiles, reduciendo la emisión de los gases contaminantes.

- Dragados.

La operación del dragado resulta una tarea muy importante dentro de un proyecto portuario donde se mueve alta cantidad de material presente en el fondo marino, con distintos fines como sabemos. El equipo para realizar las operaciones es de gran tamaño, y resultan ser una embarcación encargada de retirar el fondo, mientras que la otra recibe y descarga el material en otro sector en mar abierto (si es que no es retirado mediante sondas de extracción). Punto importante debido a la mala utilización de los botaderos terrestres en ocasiones, donde el fondo marino es desechado en lugares terrestres produciendo alteraciones en el ecosistema.

El dragado a realizar para el proyecto portuario en Valparaíso tiene por objeto el aumento del calado en las zonas donde se proyecta el muelle de atraque, además de aumentar estructuralmente la capacidad del fondo marino.

Como requerimiento principal para llevar a cabo una buena faena, es el análisis de los factores que inciden en la elección del equipo a utilizar, estos se traducen en, las condiciones del emplazamiento, característica del fondo marino y las operaciones de dragado que se contempla realizar.

Con respecto a las condiciones de emplazamiento podemos desprender puntos de análisis fundamentales para completar de manera eficiente la partida, contemplando los costos, tiempos y la responsabilidad medio ambiental. Es por esto por lo que hay considerar las propiedades de la zona de extracción y vertido del material y estamos hablando de dimensiones, profundidad, grado de agitación, la distancia del punto de vertido y por supuesto las consideraciones medio ambientales.

Las consideraciones medio ambientales hacen referencia a los límites que se fijaran para no mermar la calidad de vida de las personas residentes en Valparaíso, ya que este tipo de faena resulta muchas veces muy ruidosa, por lo que, el control de los horarios y los turnos en que se realizara la operación resulta determinante.

Esta operación puede traer consigo también malos olores provenientes de la extracción de material, siendo esto también una contaminación medio ambiental que afecta directamente a los pobladores adyacentes a la obra portuaria. El control dentro de la programación o cronograma de construcción con respecto a esta partida es completamente necesario cuando hablamos de este punto. Valparaíso es una ciudad muy turística que recibe a muchas personas en temporada estival, por lo que realizar estas obras en temporada estival resultaría un despropósito para los veraneantes que pueblan las playas del puerto.

Otro punto importante y quizás el más sensible medio ambientalmente hablando, es la gestión de los materiales dragados, evaluarlos y determinar sus niveles de contaminación. Esto permite verter los materiales de manera segura, evitando los riesgos de contaminación y apeándose al marco legal de quienes controlan y fiscalizan estas obras.

- Vibro compactación del fondo marino.

Esta técnica constructiva, encargada de la ejecución de las columnas de grava en el fondo marino, que para el proyecto tiene el fin de mejorar la capacidad estructural de este, donde posteriormente serán instalados los pilotes y el sistema de contención del oleaje bajo la explanada. Representa una faena importante en el inicio del proyecto de construcción del terminal TCVL, y es por eso por lo que corresponde hacer un análisis de los requerimientos necesarios para llevar una ejecución de alta calidad, con las mitigaciones necesarias.

Para el cronograma de construcción del proyecto, esta partida tiene una duración de 4,24 meses, un tiempo considerable si no se lleva un control de los puntos críticos de la faena. La solución seleccionada para llevar a cabo la penetración del fondo y las inyecciones de grava para el proyecto portuario y dado el posicionamiento del muelle de atraque, indica que se necesitaran embarcaciones de gran tamaño para contener y sostener el equipo necesario para completar el ítem, lo que representa un riesgo si no se controlan las condiciones de las máquinas y las embarcaciones a quienes las proveen. Privilegiar los combustibles limpios para las embarcaciones y llevar un consciente control de las mantenciones y el estado de los buques, siempre será un requerimiento para este tipo de faenas, donde el ecosistema marino se ve expuesto a un riesgo importante de contaminación.

Otro punto importante o critico dentro la ejecución de la vibro compactación y la instalación de las columnas de grava, es el ruido emitido a causa de la penetración de la vibro lanza y todo lo necesario para el acopio, administración e inyección de la grava al terreno. Por lo que llevar un control de los horarios y turnos de la faena resulta demandante para el proyecto y en específico para la tarea a realizar, tomando en consideración el problema que puede causar a los ciudadanos y visitantes de las costas porteñas.

La grava que se utilizará en esta tarea debe ser alimentada al buque auxiliar o al lugar donde se hará el depósito del material, por un sector de acopio terrestre que deberá ser controlado para llevar un preciso flujo de material puesto en obra y evitar contaminaciones

en el aire, por lo que sectorizar y trabajar en un correcto cierre del espacio de acopio resulta requisito, para evitar polución y llevar una correcta fiscalización de la alimentación de la grava.

9.2. Debilidades del estudio.

Para llevar a cabo el análisis de los principales requerimientos que deben tener algunas de las tareas o partidas, definidas como importantes o críticas dentro de la programación del proyecto constructivo del muelle terminal de contenedores del proyecto TCVAL, proporcionado por GSI ingeniería. Se recapituló información de distintos textos que van exponiendo las definiciones de los elementos principales de un puerto, sus clasificaciones según las distintas formas de diseñar, construir y operar un terminal portuario. Además de esta recapitulación, se exponen las formas evolutivas de los proyectos portuarios en el tiempo, y las demandas y requerimientos que cumplen los puertos del siglo XXI, en distintos lugares del mundo, implementando distintas soluciones de mitigación a los principales problemas causantes por los proyectos portuarios de gran tamaño. Haciendo una separación con el fin de explicar de mejor manera la diferenciación entre un puerto verde y sustentable, entendiendo las concesiones y terminales de puerto como ejes económicos y sistemas sociales donde se desenvuelven muchas personas parte de una comunidad, que necesariamente debe ser sostenida en el tiempo, de manera responsable y consciente en cada una de las dimensiones que abarcan los puertos tanto en sus etapas de diseño, construcción y operación.

Para el proyecto, que se realizará en la V región de Valparaíso, “*Terminal Cerros de Valparaíso*” TCVAL. La información recapitulada se mezcla entre lo estrictamente técnico proporcionado por unas de las revisiones del estudio de impacto ambiental e informes acerca de los impactos patrimoniales del proyecto TCVAL, no obstante, mucha de la información proporcionada en el texto responde a información periodística a cerca de los avances y retrocesos en materia de resolución del estudio de impacto ambiental, procesos de licitación y magnitud general en el espacio donde se emplazará el proyecto. Por lo que en muchos de los puntos de información se resalta la descripción de un proyecto sensible y polémico por estos días en el puerto. Con la intención de hacer una memoria con información integral en materia técnica para potenciar el escrito, referente en su totalidad a TCVAL, se solicitó información al concesionario español (Grupo OHL) donde no hubo respuesta y se completaron las ideas de requerimientos con datos tanto técnicos, en ocasiones no actualizados, y datos periodísticos que a juicio de esta exposición de información aportan en el conocimiento de lo que está pasando en materia de contingencia y el problema/solución que tienen que ir reparando en el concesionario para darle fecha inicial a las obras de construcción y defender el terminal de contenedores a realizar.

Los requerimientos que se desprenden las partidas definidas como críticas, abordan las características generales de cada faena, llevadas a terreno en lo que será la construcción del terminal, orientadas por los planos de emplazamiento y ubicación, también de los cortes del muelle, donde es posible apreciar las técnicas de compactación y mejoramiento de terreno, superficie dragada, tipo de estructura para el muelle de atraque, entre otros datos que aportan información, que es posible extrapolarlos a cada partida con su

información genérica y homologarlos con la ejecución de las tareas en Valparaíso, definiendo los requerimientos en base a lo que se entiende como la manera más posible de abordar las partidas del proyecto. Con el fin de informar y en un trabajo de comprensión, se espera dilucidar algunas dudas de cómo debería ser construido un proyecto tomando en cuenta distintas dimensiones en su ejecución, buscando el respeto y la eficiencia en los trabajos a realizar en la V región, siendo naturalmente necesario cuando se habla de un proyecto ambicioso y determinante en el principal puerto de Chile.

SOLO USO ACADÉMICO

10. Bibliografía

- “Anuario estadístico de energía 2016”, Comisión Nacional de Energía CNE, Gobierno de Chile.
- “Diseño basado en técnicas de fiabilidad del tratamiento de mejora del terreno mediante columnas de grava”, José Antonio Alonso Pollán Ingeniero de caminos, canales y puertos, tesis doctoral 2014.
- “Eficiencia energética en puertos: Tendencias y mejores prácticas” Fundación Valenciaport, Comisión interamericana de Puertos. Abril 2016.
- “El puerto de Valparaíso y sus obras de mejoramiento”, Alberto Fagalde, Holanda 1903.
- “Energías renovables en Chile, el potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé” Cristián Santana O. septiembre 2014, Ministerio de energía, Gobierno de Chile.
- “Estudio de Impacto Ambiental Terminal Cerros de Valparaíso TCVAL” realizado por GSI ingeniería, 2015
- “Estudio de impacto patrimonial, EIP, para el sitio denominado área histórica de la ciudad puerto de Valparaíso, Chile, inscrito en la lista del patrimonio mundial de la UNESCO, relacionado con los proyectos terminal cerros de Valparaíso, TCVAL, y puerto barón” Juan Luis Isaza, Martín Andrade Pérez. Abril 2016.
- “Guía de Buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas” Ministerios de fomento, Puertos del estado. Julio 2008
- “Plan Estratégico de Sustentabilidad Empresa Portuaria Valparaíso 2013-2015” Empresa Portuaria Valparaíso.
- “Plan maestro puerto Valparaíso” Empresa Portuaria Valparaíso. Agosto 2015.
- “Procedimientos generales de las operaciones de carga y descarga de un buque tanque petrolero” Milton Eduardo Rerequeo Candia. Tesis para optar al título de ingeniero naval 2009.
- “Puertos: Antecedentes para el proyecto, planificación, construcción y explotación” José Francisco Benavides y otros.
- “Puertos Verdes” José Francisco Benavides, trabajo de investigación Pontificia Universidad Católica de Chile. Noviembre 2014.
- “Todo tiene una huella ¿Cuál es la tuya?” Green Solutions, informativo a cerca de la huella de carbono e hídrica. Santiago de Chile.
- <http://www.elmostrador.cl/cultura/2016/06/07/expertos-sostienen-que-todavia-es-tiempo-para-evitar-dano-patrimonial-irreversible-en-valparaiso/>” El mostrador. Junio 2016
- <http://www.empresaoceano.cl/informe-completo-terminal-cerros-de-valparaiso-tcval-dio-a-conocer-las/empresaoceano/2016-03-25/103945.html>” Declaración pública TCVAL. Marzo 2016.
- <http://www.maritimoportuario.cl/mp/tcval-proyecta-calificacion-ambiental-para-fin-de-ano-y-partir-obra-en-el-2017/>” El mercurio de Valparaíso. Mayo 2016
- <http://www.mundomaritimo.cl/noticias/tcval-presenta-estudio-ambiental-y-da-a-conocer-mitigaciones>” El mercurio de Valparaíso. Septiembre 2014.
- <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/03/25/ohl-presenta-paquete-de-mitigaciones-por-us-15-millones-para-su-puerto-en-valparaiso/>” Marco Gutiérrez V. Periodista El mercurio de Valparaíso. Marzo 2016.
- <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/07/29/puerto-de-ohl-en-valparaiso-afrenta-nuevo-paquete-de-compensaciones/>” Marco Gutiérrez V. Periodista El mercurio de Valparaíso. Marzo 2016
- <https://www.puertovalparaiso.cl/puerto/infraestructura>” Empresa Portuaria Valparaíso. Sitio web.

- ["https://www.puertovalparaiso.cl/puerto/estadisticas"](https://www.puertovalparaiso.cl/puerto/estadisticas) Empresa Portuaria Valparaíso. Sitio web.
- ["http://www.tcval.cl/sala-de-prensa/noticias/2017/15072017_terminal-dos-propone-un-nuevo-acceso-al-borde-costero-en-valparaiso/"](http://www.tcval.cl/sala-de-prensa/noticias/2017/15072017_terminal-dos-propone-un-nuevo-acceso-al-borde-costero-en-valparaiso/) El mercurio de Valparaíso. Julio 2017.
- http://www.tcval.cl/sala-de-prensa/noticias/2016/28032016_tcval-desecha-cantera-laguna-verde/ Sala de prensa Grupo OHL. Marzo 2016

SOLO USO ACADÉMICO