



FACULTAD DE INGENIERÍA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL OCEÁNICO

**“ASPECTOS TÉCNICOS DE LA REALIZACIÓN DE  
DRAGADOS DE PRECISIÓN MEDIANTE DIFERENTES MÉTODOS  
EN EL PUERTO DE VALPARAISO”**

**CLAUDIO ANDRÉS BENITO ACERO**

**Enero 2014**

**APROBACIÓN**

**“ASPECTOS TÉCNICOS DE LA REALIZACIÓN DE  
DRAGADOS DE PRECISIÓN MEDIANTE DIFERENTES MÉTODOS  
EN EL PUERTO DE VALPARAÍSO”**

CLAUDIO ANDRÉS BENITO ACERO

**COMISIÓN REVISORA**

**Nota**

**Firma**

MATÍAS QUEZADA LABRA  
**PROFESOR GUÍA**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

FELIPE CASELLI B.  
**DOCENTE**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

MAURICIO REYES G.  
**DOCENTE**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## DECLARACIÓN

*Este trabajo o alguna de sus partes no ha sido presentado anteriormente en la Universidad de Valparaíso, institución universitaria chilena o extranjera u organismo de carácter estatal, para evaluación, comercialización u otros propósitos. Salvo las referencias citadas en el texto, confirmo que el contenido intelectual de este Proyecto de Título es resultado de mis esfuerzos personales.*

*La Universidad de Valparaíso reconoce expresamente la propiedad intelectual del autor sobre esta Memoria de Titulación. Sin embargo, en caso de ser sometida a evaluación para propósitos de obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil Oceánico, el autor renuncia a sus derechos legales sobre la misma y los cede a la Universidad de Valparaíso, la que estará facultada para utilizarla con fines exclusivamente académicos, sin implicar esto algún propósito comercial o fines de lucro, lo cual no podrá ser hecho sin la autorización expresa del autor.*

---

Matías Fernando Quezada Labra  
Profesor Guía

---

Claudio Andrés Benito Acero  
Alumno Memorista

## AGRADECIMIENTOS

*Primero que todo quiero agradecer a mi familia, en especial a mi madre, que me dio todo el apoyo y confianza para llegar a buen puerto con el desafío que significó la universidad.*

*Agradecer a Mónica Sanchez, quien me acompañó, apoyó e instó incansablemente para terminar este proceso que muchas veces pareció eterno.*

*Agradecer a mis amigos, José Cisternas, Francisco Molteni, Soledad Hidalgo y Pablo Gonzalez, quienes a través de los años han sabido estar cuando los he necesitado y sé que siempre podré seguir contando con su amistad incondicional.*

*Gracias también a Patricio Winckler, quien desde la distancia brindó su apoyo y experiencia.*

*Agradecer a TPS, mi actual lugar de trabajo, por haberme dado la oportunidad de aplicar lo aprendido.*

*Agradecer a Ivan Ianiszewski, quien desde el momento de llegar a TPS confió en mí, ayudándome a tomar nuevos desafíos y responsabilidades.*

*Agradecer a mi profesor guía, quien a pesar de todo tuvo la paciencia para ayudarme en la finalización de este trabajo.*

*Por último, y no menos importante, a toda la gente de la universidad que estuvo presente en mi proceso de formación como profesional.*

*Gracias a todos*

*Claudio Andrés Benito Acero*

ASPECTOS TÉCNICOS DE LA REALIZACIÓN DE  
DRAGADOS DE PRECISIÓN MEDIANTE DIFERENTES MÉTODOS EN EL PUERTO DE VALPARAÍSO

*Dedicado a mi madre, quien se desvivió por verme llegar al final.*

## LISTA DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
3.1 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS DRAGADOS .....	4
3.1.1 DRAGADOS DE PROFUNDIZACIÓN.....	4
3.1.2 DRAGADOS DE MANTENCIÓN .....	4
3.2 EQUIPOS PARA EL DRAGADO.....	5
3.2.1 DRAGAS MECÁNICAS. ....	5
3.2.1.1 Draga de rosario. ....	5
3.2.1.2 Dragas de pala o Dipper.....	7
3.2.1.3 Dragas de cuchara o Clamshell .....	9
3.2.1.4 Dragline.....	10
3.2.2 DRAGAS HIDRÁULICAS.....	11
3.2.2.1 Dragas de succión en marcha.....	11
3.2.2.2 Dragas de Cortador o Cutter .....	11
3.2.2.3 Bombas de succión .....	13
3.3 TIPOS DE DRAGA SEGÚN SUELO.....	14
3.4 PROTECCIÓN DEL FONDO MARINO POST - DRAGADO .....	15
3.4.1 UKC.....	16
3.4.2 EFECTO DE LAS HÉLICES SOBRE EL FONDO MARINO .....	18
3.4.3 PROTECCIÓN DEL FONDO MARINO .....	19
<b>4. ANTECEDENTES GENERALES.....</b>	<b>21</b>
4.1 GENERALIDADES DEL PUERTO DE VALPARAÍSO.....	21
4.2 CONDICIONES NATURALES.....	25
4.2.1 GENERALIDADES.....	25
4.2.1.1 OLEAJE .....	26
4.2.2 VIENTO .....	27
4.2.3 CORRIENTES.....	28
4.2.4 BATIMETRÍA.....	33
4.2.5 ESTRATIGRAFÍA DEL SECTOR A DRAGAR .....	34
4.2.6 MAREA.....	36
4.3 PRECISIÓN DE UN DRAGADO .....	37
4.4 DETERMINACIÓN DEL UKC.....	39
4.5 DETERMINACIÓN VELOCIDAD JET DE AGUA .....	40
4.6 DETERMINACIÓN GEOMETRIA PROTECCIÓN DEL FONDO.....	41
<b>5. METODOLOGÍA .....</b>	<b>44</b>
5.1 VOLUMEN A DRAGAR .....	44

5.2	ELECCIÓN DEL MÉTODO DE DRAGADO.....	45
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>48</b>
<b>7.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>49</b>

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1:	Ubicación del área a dragar en los sitios 1, 2 y 3 Puerto de Valparaíso.....	2
Figura 3-1:	Draga de rosario.....	6
Figura 3-2:	Draga de rosario.....	6
Figura 3-3:	Draga de pala retroexcavadora.....	7
Figura 3-4:	Draga de pala frontal.....	8
Figura 3-5:	Draga de cuchara o Clamshell.....	9
Figura 3-6:	Clamshell.....	9
Figura 3-7:	Grúa con Dragline.....	10
Figura 3-8:	Grúa con dragline.....	10
Figura 3-9:	Draga de succión en marcha.....	11
Figura 3-10:	Draga cutter.....	12
Figura 3-11:	Método de trabajo draga Cutter.....	12
Figura 3-12:	Bombas de succión.....	13
Figura 3-13:	Esquema para determinación del resguardo bajo la quilla.....	16
Figura 3-14:	Movimiento del agua producto de las hélices.....	18
Figura 3-15:	Esquema de una estructura cercana al fondo marino.....	20
Figura 4-1:	Primer muelle construido en la actual Plaza Sotomayor.....	21
Figura 4-2:	Sección tipo frente de atraque.....	23
Figura 4-3:	Sitios de atraque Puerto de Valparaíso.....	24
Figura 4-4:	Punta Ángeles, Valparaíso.....	26
Figura 4-5:	Derivador Lagrangiano tipo cortina.....	28
Figura 4-6:	Desplazamiento de derivadores en marea vaciante.....	30
Figura 4-7:	Desplazamiento de derivadores en marea llenante.....	32
Figura 4-8:	Área a dragar delimitada por la isobata -14,5 mNRS.....	33
Figura 4-9:	Posición de muestreos.....	34
Figura 4-10:	Ubicación mareógrafo en Puerto de Valparaíso.....	36
Figura 4-11:	Tolerancias verticales de sobredragado.....	38
Figura 4-12:	Esquema protección fondo marino post dragado.....	43
Figura 5-1:	Perfil batimétrico paralelo al muelle.....	44
Figura 5-2:	Perfil batimétrico perpendicular al muelle.....	44
Figura 5-3:	Draga Vitruvius en labores de dragado.....	46
Figura 5-4:	Sistema de monitoreo del dragado.....	47
Figura 5-5:	Bomba de succión.....	47

### LISTA DE TABLAS

Tabla 3-1: Tipo sedimento y draga .....	14
Tabla 3-2: Nave de diseño .....	15
Tabla 4-1: Dragados en diferentes puertos de Chile.....	22
Tabla 4-2: Oleaje extremo dentro de la bahía. ....	26
Tabla 4-3: Incidencia de vientos 1990 – 2002 .....	27
Tabla 4-4: Velocidad, dirección y desplazamiento derivadores en marea vaciante.....	29
Tabla 4-5: Velocidad, dirección y desplazamiento derivadores en marea llenante.....	31
Tabla 4-6: Estratigrafía punto A-22 .....	34
Tabla 4-7: Estratigrafía punto A-57 .....	35
Tabla 4-8: Estratigrafía punto A-77 .....	35
Tabla 4-9: Rangos de marea para la bahía de Valparaíso, Enero 2009. ....	36
Tabla 4-10: Tolerancias verticales de dragado.....	38
Tabla 4-11: Parámetros entrada .....	40
Tabla 4-12: Campo de velocidades flujo agua en el eje de la hélice a diferentes distancias .....	40
Tabla 4-13: Velocidad máxima en el fondo. ....	41
Tabla 4-14: Parámetros para el cálculo de la protección del fondo marino.....	41
Tabla 4-15: Diámetro medio y peso de elementos de protección.....	41
Tabla 5-1: Resumen tabla 1 según condiciones de estudio.....	45
Tabla 5-2: dragar a utilizar y sus rendimientos.....	45



### LISTA DE GRÁFICOS

Gráfica 4-1: Rosa de vientos Valparaíso 1990 - 2002.....	27
--	----

### LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 3-1: Determinación UKC .....	16
Ecuación 3-2: Trimado dinámico.....	17
Ecuación 3-4: Velocidad detrás de la hélice.....	19
Ecuación 3-5: Velocidad a lo largo del eje de la hélice .....	19
Ecuación 3-6: Distribución de velocidades .....	19
Ecuación 3-7: Velocidad máxima en el fondo.....	19
Ecuación 3-8: Diámetro nominal medio de rocas .....	20
Ecuación 3-9: Intensidad de la turbulencia .....	20
Ecuación 3-10: Factor de estructura.....	20
Ecuación 3-11: Peso medio de los elementos de protección.....	20

## **RESUMEN**

Desde tiempos muy remotos se ha generado la necesidad de construir nueva y mejor infraestructura para la carga y descarga de embarcaciones, las cuales, con el aumento de la especialización de astilleros, ingeniería, tecnologías, aumento de los volúmenes transportados, etc. ha producido una constante especialización de los actores presentes en la cadena productiva. Es dentro de esta especialización que se encajan los proyectos que tienden a generar un aumento de la capacidad productiva.

Uno de los proyectos de desarrollo que toma vital importancia corresponde a los dragados de profundización, orientados a generar aumento de las profundidades en los puertos y de este modo conseguir atender naves de mayores dimensiones.

El desarrollo del presente documento contempla la elección del equipamiento y maquinaria más idóneo para el desarrollo de un dragado que busca obtener profundidades de -14.5 mNRS a partir de profundidades cercanas a los -12 mNRS, lo que implica la extracción de 51.933 m<sup>3</sup> distribuidos en un área de 39.174 m<sup>2</sup>.

Para los diferentes cálculos se utilizaron las formulaciones y recomendaciones entregadas por el PIANC, ROM, Rock manual, British Standard, publicaciones SHOA entre otras fuentes de información, las cuales entregan lineamientos para el desarrollo de los diferentes aspectos relacionados con el documento.

También se identifican aspectos relacionados con las condiciones naturales como viento, corriente, marea y batimetría a fin de caracterizar de manera general la región en la que se encuentra inserto el proyecto.

Con los resultados obtenidos a partir de los documentos estudiados y procedimientos ejecutados es posible establecer que el dragado de precisión se puede ejecutar con draga Dipper y bombas de succión, equipos que cumplen con las condiciones impuestas para la realización de un dragado de precisión en el Terminal Pacífico Sur Valparaíso.