



Memoria del proyecto para optar al Título de
Ingeniero Civil Oceánico

DISEÑO MUELLE TURÍSTICO PUERTO WILLIAMS

Felipe Andrés Rifo Osorio

Enero 2017

DISEÑO MUELLE TURISTICO EN PUERTO WILLIAMS

Felipe Andrés Rifo Osorio

COMISIÓN REVISORA	NOTA	FIRMA
MATÍAS QUEZADA LABRA Profesor guía	_____	_____
FELIPE CASELLI BENAVENTE Docente	_____	_____
MAURICIO REYES GALLARDO Docente	_____	_____

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 exclusivamente 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 los propósitos de obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil Oceánico, el autor renuncia a los derechos legales sobre la misma y los cede a la Universidad de Valparaíso, la que estará facultada para utilizarla con fines exclusivamente académicos.

AGRADECIMIENTOS

Es complejo realizar este apartado, ya que si empiezo a rebobinar a los inicios de este camino..... uuuffff..... esta lista de agradecimiento seria larguísima.

- Padres.... Pucha que han esperado este momento jejejeje, pero aquí estamos cumpliendo con lo que siempre conversamos! Muchas Gracias por apoyar a este gordito en su "TINCADA" por estudiar algo relacionado con el mar.
- Tios suegros AL FIN! También estoy cumpliendo con ustedes... que también me apoyaron en las buenas y en las malas.... Y hasta el ultimo momento preguntando.... Y??? CUANDO??. Los quiero mucho.
- Amig@s, Pia, Cele, Gordita, Molteni, El Moneto y Mildred, Benito y Mona gracias por su preocupacion y estar conmigo en las buenas y malas.
- MI MUJER: Me soportaste, me soportas y me seguiras soportando (eso espero) porque yo si o si seguiré amándote y espero seguir un largo camino junto a ti, hasta Tatitas arrugados como pasitas.

INDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	MARCO TEÓRICO.....	2
2.1	ASPECTOS GENERALES	2
2.2	OCEANOGRAFÍA FÍSICA	3
2.2.1	MAREAS.....	3
2.2.2	CORRIENTES.....	5
2.2.3	OLEAJE	6
2.3	GENERACIÓN DEL OLEAJE POR VIENTO.....	10
2.3.1	ASPECTOS GENERALES.....	10
2.3.2	MODELO CMS-WAVE	11
2.3.3	ESPECTRO DE OLEAJE POR VIENTO.....	14
2.4	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS OBRAS COSTERAS.....	15
2.4.1	MUELLES	15
3	OBJETIVOS	18
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	18
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.	18
4	METODOLOGÍA.....	19
4.1	BATIMETRÍA.....	19
4.2	ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS.....	21
4.2.1	CORRIENTES.....	21
4.2.2	VIENTOS.	24
4.2.3	MAREA.	26

4.2.4	OLEAJE.....	27
4.3	GENERACIÓN DE OLEAJE.....	28
5	RESULTADOS.....	30
5.1	ESTUDIOS OCEANOGRÁFICOS.....	30
5.1.1	CORRIENTES LAGRANGEANAS.....	30
5.1.2	CORRIENTES EULERIANAS.....	35
5.1.3	VIENTOS.....	42
5.1.4	MAREA.....	57
5.1.5	OLEAJE.....	62
5.2	GENERACION DE OLEAJE POR VIENTO.....	68
5.3	CLIMA OPERACIONAL, OLEAJE GENERADO.....	79
5.4	CLIMA EXTREMO, OLEAJE GENERADO.....	82
6	BASES DE DISEÑO.....	83
6.1	UBICACIÓN DEL MUELLE.....	84
6.2	ORIENTACION DEL MUELLE.....	89
6.3	LONGITUD DE FRENTE DE ATRAQUE.....	91
6.4	ACCESOS DE MUELLE.....	92
7	TRACK DE NAVEGACIÓN.....	94
7.1	ANCHURA DE VIA DE NAVEGACIÓN.....	94
7.2	TRACK Y ZONA DE NEVEGACIÓN.....	96
8	PRESUPUESTO Y COSTOS.....	97
9	CONCLUSIONES.....	99
10	REFERENCIAS.....	101
11	ANEXOS.....	104

INDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Desplazamiento de la superficie oceánica por acción de la fuerza gravitatoria centrífuga.	4
Figura 2-2: Características de una ola.	7
Figura 2-3: Desarrollo de olas generadas por viento.	8
Figura 2-4: Tipos de Oleaje.	9
Figura 4-1 Detalle de la ubicación de los instrumentos.	21
Figura 4-2: Esquema de medición por celdas en ADCP.	23
Figura 4-3: Zona de estudio.	29
Figura 5-1: Derivadores en marea llenante y vaciante en sicigia lunar, verano.	30
Figura 5-2: Derivadores en marea llenante y vaciante en sicigia lunar, invierno.	32
Figura 5-3: Derivadores en marea llenante y vaciante en cuadratura lunar, Verano.	33
Figura 5-4: Derivadores para marea llenante y vaciante en cuadratura lunar, invierno.	34
Figura 5-5: Rosas de corrientes (2, 5, 8 (m)), verano.	36
Figura 5-6: Histogramas de direcciones e intensidades, corrientes verano.	37
Figura 5-7: Rosas de corrientes (2, 5, 8 (m)), invierno.	40
Figura 5-8: Histogramas de direcciones e intensidades, corrientes invierno.	41
Figura 5-9: Rosa de vientos, verano e invierno.	43
Figura 5-10: Histogramas de vientos, verano e invierno.	44
Figura 5-11: Rosa de direcciones e intensidades, Data histórica (2010).	45
Figura 5-12: Histograma de escala de Beaufort (m/s), vientos históricos 2010.	47
Figura 5-13: Histograma de direcciones, vientos históricos 2010.	47
Figura 5-14: Comparación Rosas de vientos verano.	49
Figura 5-15: Comparación de % incidencia.	51
Figura 5-16: Comparación Rosas de vientos, invierno.	52
Figura 5-17: Comparación de % incidencia.	54

Figura 5-18: Linealización Weibull para vientos extremos.	56
Figura 5-19: Marea registrada (roja), Marea pronosticada (azul), residuo (negro).	59
Figura 5-20: Principales planos mareales.	61
Figura 5-21: Rosa de direcciones v/s H _{mo} , y v/s T _p . Oleaje Verano 2014.	62
Figura 5-22: Rosa de direcciones v/s H _{mo} y, v/s T _p . Oleaje Invierno 2014.	65
Figura 5-23: Comparación H _{modelo} v/s Intensidad Vientos.	68
Figura 5-24: Comparación de alturas de olas, medida v/s generada.	69
Figura 5-25: Comparación de H _{mo} asimilado.	70
Figura 5-26: Comparación de H _{modelo} v/s H _{modelo final}	71
Figura 5-27: Salida modelo de generación por viento para dirección N, intensidad mínima (izquierda), intensidad máxima (derecha).	72
Figura 5-28: Salida modelo de generación por viento para dirección NE, intensidad mínima (izquierda), intensidad máxima (derecha).	73
Figura 5-29: Salida modelo de generación por viento para dirección E, intensidad mínima (izquierda), intensidad máxima (derecha).	74
Figura 5-30: Salida modelo de generación por viento para dirección W, intensidad mínima (izquierda), intensidad máxima (derecha).	75
Figura 5-31: Salida modelo de generación por viento para dirección NW, intensidad mínima (izquierda), intensidad máxima (derecha).	76
Figura 5-32: Correlación entre datos medidos v/s datos modelados.	77
Figura 5-33: Aproximación polinómica y función error del modelo de hindcast.	78
Figura 5-34: Correlación de datos medidos v/s datos modelados, luego de Asimilación.	78
Figura 5-35: Rosa de dirección para alturas de olas generadas.	79
Figura 6-1: Batimetría de la zona de estudio.	86
Figura 6-2: Batimetría en área de estudio (zoom).	87
Figura 6-3: Extensión del calado de atraque.	88
Figura 6-4: Área de extensión de calado.	88
Figura 6-5: Posición, orientación, y ubicación final del muelle.	90

Figura 6-6: Dimensiones muelle Puerto Williams.	93
Figura 6-7: Dimensión de acceso muelle de penetración, (zoom).	93
Figura 7-1: Demarcación de zona de navegación.	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 2—1: Categorías de los modelos de generación del oleaje.	11
Tabla 5—1: Resumen por celda de las corrientes eulerianas de la campaña de verano.	38
Tabla 5—2: Resumen por celda de las corrientes eulerianas de la campaña de invierno.	42
Tabla 5—3: Resumen de campaña de vientos.	43
Tabla 5—4: Tabla de incidencia, vientos históricos (2010).	46
Tabla 5—5: Estadística direccional, vientos históricos (2010).	46
Tabla 5—6: Comparación, tablas de incidencias, verano.	50
Tabla 5—7: Comparación, tablas de incidencias, invierno.	53
Tabla 5—8: Valores extremos, Vientos Históricos 2010.	55
Tabla 5—9: Periodo de retorno, Vientos.	56
Tabla 5—10: Constituyentes armónicos de la marea.	58
Tabla 5—11: Planos Mareales.	60
Tabla 5—12: Tabla de incidencia Hmo v/s Dir, Oleaje ADCP Verano.	63
Tabla 5—13: Tabla de incidencia Tp v/s Dir, Oleaje ADCP Verano.	63
Tabla 5—14: Tabla de incidencia Hmo v/s Tp, Oleaje ADCP Verano.	64
Tabla 5—15: Tabla de incidencia Hmo v/s Dir, Oleaje ADCP Invierno.	66
Tabla 5—16: Tabla de incidencia Tp v/s Dir, Oleaje ADCP Invierno.	66
Tabla 5—17: Tabla de incidencia Hmo v/s Tp, Oleaje ADCP Invierno.	67
Tabla 5—18: Tabla de incidencia Hmo v/s Dir, para oleaje operacional.	80
Tabla 5—19: Tabla de incidencia Tpeak v/s Dir, Oleaje operacional.	80
Tabla 5—20: Tabla de incidencia Tpeak v/s Hmo, Oleaje operacional.	81
Tabla 5—21: Valores extremos de oleaje generado por viento.	82
Tabla 6—1: Resguardos de línea de atraque, según eslora.	91

Tabla 7—1: Factores para cálculo del ancho vía de navegación.....	95
Tabla 8—1: Costo de realización de tareas.....	98

Resumen

El proyecto presentado en este informe incluye los resultados de estudios en Puerto Williams, modelación de oleaje de la misma zona y las bases del diseño para la obra de ingeniería que significa la construcción de un muelle. Los estudios consideraron muestras de temporada estival e invernal con el objetivo de identificar el comportamiento en estaciones totalmente opuestas, pero complementarias para el conocimiento profundo de la zona.

Los vientos estudiados del sector, vienen principalmente del N y NW, esto se identificó en ambas campañas e incluso en el análisis realizado con vientos históricos. Las corrientes predominantes del área, tanto en invierno como en verano, se dirigen hacia el NE, con velocidades entre 0.0 y 0.12 (m/s), con promedio de 0.08 (m/s). La amplitud de marea para Puerto Williams, es de aproximadamente de 2 (m), y el NRS del sector corresponde a 0.323 (m). El régimen de mareal corresponde a mixto semidiurno.

El oleaje local del sector, obtenido del ADCP, proviene del N y NW, con alturas de entre 0.2 y 0.5 (m).

Para la generación de oleaje por vientos, se utilizó el software CMS WAVE, validando este modelo con los datos obtenidos del ADCP, ajustándose en un 97%. El oleaje predominante (generado), es principalmente el proveniente del N con alturas entre 0.4 y 0.8 (m).

Respecto al diseño del muelle, se optó por un muelle de penetración y en el cabezo de éste un frente de atraque paralelo a la línea de costa, de 290 (m). El frente de atraque antes mencionado estaría ubicado en el veril de los 14 (m), siendo esta última profundidad el calado mínimo. El acceso vehicular del muelle estaría dado por un ancho de 10 (m), y considera 2 pistas, además de veredas en ambos costados del muelle de penetración.

Finalmente, los costos asociados a este proyecto, bordean los 31 millones de pesos, valor que va por debajo del presupuesto que asigna el organismo.