



Memoria del proyecto para optar al Título de
Ingeniero Civil Oceánico

COMPARACIÓN ENTRE MALLAS ESTRUCTURADAS Y NO ESTRUCTURADAS EN SWAN PARA UN PRONÓSTICO DE OLEAJE EN TOCOPILLA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA.

Rodrigo Alejandro Navarrete Morales

Diciembre 2024

COMPARACIÓN ENTRE MALLAS ESTRUCTURADAS Y NO ESTRUCTURADAS
EN SWAN PARA UN PRONÓSTICO DE OLEAJE EN TOCOPILLA, REGIÓN DE
ANTOFAGASTA.

Rodrigo Alejandro Navarrete Morales

COMISIÓN REVISORA

NOTA

FIRMA

NOMBRE REVISOR 1

Profesor guía

NOMBRE REVISOR 2

Revisor

NOMBRE REVISOR 3

REVISOR

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 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

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	MARCO TEÓRICO	14
3.1	OLEAJE	14
3.1.1	Generación de oleaje	14
3.1.2	Medición y características del oleaje	15
3.1.3	Espectros de oleaje	16
3.1.4	Parámetros de resumen	19
3.2	MODELOS NUMÉRICOS DE OLEAJE	20
3.2.1	Modelo <i>Simulating WAves Nearshore</i> (SWAN).....	21
3.3	ESTADO DEL ARTE	24
4	METODOLOGÍA.....	26
4.1	BASE DE DATOS DE OLEAJE	26
4.1.1	Espectros de oleaje	26
4.1.2	Datos SQM Spotter 1.....	27
4.2	MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL	27
4.2.1	Malla no estructurada	29
4.3	MODELACIÓN	29
4.3.1	Calibración	29
4.3.2	INDICADORES de desempeño del modelo	31
5	RESULTADOS	34
5.1	CALIBRACIÓN DEL MODELO SWAN	34

5.2	Validación.....	50
6	DISCUSIÓN.....	55
7	CONCLUSIONES.....	56
8	ANEXOS.....	58
9	BIBLIOGRAFÍA.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: a) Representación de un cuerpo mediante una malla estructurada b) Representación del mismo cuerpo mediante una malla no estructurada (Ferreira & Mesquita, 2015).	12
Figura 3.1: Representación del mecanismo propuesto por Miles (1957) sobre la generación de oleaje producto de la variación en la presión del viento adyacente a la superficie del agua (Holthuijsen, 2007).	15
Figura 3.2: Diagrama colocación de instrumentos de medición de oleaje <i>in situ</i> para aguas poco profundas (Holthuijsen, 2007).	15
Figura 3.3: Medición de la elevación de la superficie del agua mediante el uso de una boya en el océano (Holthuijsen, 2007).	16
Figura 3.4: Espectro de densidad de varianza discretizado en su frecuencia (Holthuijsen, 2007).	17
Figura 3.5: Espectro bidimensional de frecuencias y direcciones (Holthuijsen, 2007).	18
Figura 4.1: Diagrama de flujo de la metodología empleada.	26
Figura 5.1: Series de tiempo para la altura significativa, periodo medio y dirección media, para las distintas formulaciones y coeficientes de fricción de fondo, utilizando el modelo SWAN con mallas estructuradas anidadas, en la localidad de Tocopilla.	34
Figura 5.2 Series de tiempo para la altura significativa, periodo medio y dirección media, para las distintas formulaciones y coeficientes de fricción de fondo, utilizando el modelo SWAN con una malla no estructurada, en la localidad de Tocopilla.	35
Figura 5.3: grafico de dispersión para $Hm0$ observada y $Hm0$ modelada en SWAN, empleando mallas de cálculo estructuradas anidadas (izquierda) y no estructurada (derecha).	36
Figura 5.4: grafico de dispersión para Tm observada y Tm modelado en SWAN, empleando mallas de cálculo estructuradas anidadas (izquierda) y no estructurada (derecha).	37

Figura 5.5: grafico de dispersión para D_m observada y D_m modelado en SWAN, empleando mallas de cálculo estructuradas anidadas (izquierda) y no estructurada (derecha).	37
Figura 5.6: Diagrama de Taylor para las alturas significativas obtenidas en la calibración del modelo SWAN en Tocopilla.	39
Figura 5.7: Diagrama de Taylor para los periodos medios obtenidos en la calibración del modelo SWAN en Tocopilla.	41
Figura 5.8: Diagrama de Taylor para las direcciones medias obtenidas en la calibración del modelo SWAN en Tocopilla.	43
Figura 5.9: Diagrama de Taylor para los periodos peak obtenidos en la calibración del modelo SWAN en Tocopilla.	45
Figura 5.10: Diagrama de Taylor para las direcciones peak obtenidas en la calibración del modelo SWAN en Tocopilla.	47
Figura 5.11: series de tiempo de $Hm0$, Tm y Dm de lo medido vs lo modelado para el conjunto total de datos observados.....	50
Figura 5.12: grafico de dispersión de la altura significativas $Hm0$ observado vs $Hm0$ modelado en el proceso de validación.	51
Figura 5.13: grafico de dispersión de los periodos medios Tm observado vs Tm modelado en el proceso de validación.....	52
Figura 5.14: grafico de dispersión de las direcciones medias Dm observado vs Dm modelado en el proceso de validación.	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Casos a simular para calibrar el modelo SWAN, con ambos tipos de mallas de cálculo.	30
Tabla 2: factores de importancia para los parámetros de oleaje	32
Tabla 3: factores de importancia para los indicadores estadísticos.....	33
Tabla 4: Resultado de las alturas significativas para la calibración del modelo SWAN. ...	40
Tabla 5: Resultado de los periodos medios para la calibración del modelo SWAN.	42
Tabla 6: Resultado de las direcciones medias para la calibración del modelo SWAN.....	44
Tabla 7: Resultado de los periodos peak para la calibración del modelo SWAN.....	46
Tabla 8: Resultado de las direcciones peak para la calibración del modelo SWAN.	48
Tabla 9: parámetros estadísticos de error para alturas significativas $Hm0$, periodos medios Tm y direcciones medias Dm obtenidas en el proceso de validación.....	54

RESUMEN