



Memoria del proyecto para optar al Título de
Ingeniero Civil Oceánico

**“PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS PARA LA
REVALORIZACIÓN DEL BORDE COSTERO EN EL
PARQUE SAN MARTÍN”**

Sebastián Ignacio Collarte Videla

SEPTIEMBRE 2020

PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS PARA LA REVALORIZACIÓN DEL BORDE COSTERO EN EL PARQUE SAN MARTÍN

Sebastián Ignacio Collarte Videla

COMISIÓN REVISORA

NOTA

FIRMA

PROFESOR GUÍA
Mauricio Reyes Gallardo

PROFESOR INTEGRANTE
Patricio Winckler Grez

PROFESOR INTEGRANTE
Francisco Molteni Pérez

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.

*Mauricio Reyes Gallardo.
Profesor Guía.*

*Sebastián Collarte Videla.
Alumno Memorista.*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres que me dieron la oportunidad de estudiar y me entregaron todas las herramientas necesarias para ello. Los amo mucho y estaré eternamente agradecido por todo.

A mi abuela (Yayita) que infinitas veces me regalaba con sus ricos platos de comida en esas largas tardes/noches de estudio. Sin ella todo sería muy distinto. Te amo yayita.

A mis amigos de carrera Marcos Véliz, Ricardo Parra y María Inés Charlín, en ellos encontré el apoyo, la confianza y la entretención en cada momento. Me llevo una hermandad para toda la vida.

A mi amigo de toda la vida Sebastian Báez (Yiyi) por su cariño, preocupación y gran amistad. Son muchos los momentos juntos desde primero básico hasta el día de hoy. Sin duda los amigos son la familia que uno elige. Te quiero mi perrito.

A mi pareja Constanza, el amor de mi vida y madre de mi hijo, gracias por acompañarme en este camino, por tus consejos, por la preocupación y el amor inconmensurable que me entregas siempre. Te amo mucho, sigamos adelante en este proyecto tan lindo que es nuestra familia.

Por último, a mi hijo Vicente que es la luz del hogar. No tengo palabras para expresar todo el amor que siento por ti, simplemente llegaste a cambiarnos la vida. Te amo mucho hijo mío, por ti vamos a dar todo.

DEDICATORIA

*Sé un buen leñador de ti mismo
Pódate sin piedad
Hasta ser un alto y sencillo árbol
Verás entonces la belleza insigne que es la sencillez
La nobleza con que el árbol simple apunta al cielo,
o sea a lo eterno
El escaso rumor que los vientos adversos arrancan de ti.
Es decir, la tremenda potencia con que resistes la adversidad.
Gabriela Mistral*

CONTENIDO

RESUMEN.....	12
1 INTRODUCCIÓN.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 ALCANCES Y LIMITACIONES	15
3.1 ALCANCES.....	15
3.2 LIMITACIONES.....	15
3 MARCO TEÓRICO	16
3.1 REVALORIZACIÓN.....	16
3.1.1 MÉTODO DE VALORIZACIÓN.....	16
3.1.2 JERARQUIZACIÓN DEL VALOR	17
3.2 CONDICIONES NATURALES.....	18
3.2.1 MAREA ASTRONÓMICA.....	18
3.2.2 MAREA METEOROLÓGICA.....	19
3.2.3 ANÁLISIS ARMÓNICO	19
3.2.4 VALORES NO ARMÓNICOS DE LA MAREA	21
3.3 OLEAJE	21
3.3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS ONDAS	21
3.3.2 ANÁLISIS A MEDIO PLAZO	23
3.3.3 ANÁLISIS A LARGO PLAZO	23
3.3.4 TRANSFORMACIÓN DEL OLEAJE EN LA PROPAGACIÓN	25
3.3.5 CRITERIOS DE DISEÑO.....	27
3.3.6 SWAN.....	29
3.4 LAS PLAYAS	30
3.4.1 MORFODINÁMICA DEL LITORAL.....	31
3.4.2 ESTADOS MORFODINÁMICOS DE EVOLUCIÓN DE LAS PLAYAS.....	32
3.4.3 EVOLUCIÓN NATURAL DE LAS PLAYAS	33
3.4.4 EVOLUCIÓN COSTERA.....	34
3.5 SISTEMA DE MODELADO COSTERO	35
3.5.1 MODELO A CORTO PLAZO.....	35

4 METODOLOGÍA DE LA ASIGNACIÓN DEL VALOR	36
5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	42
5.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y PERFILES TRANSVERSALES	43
5.2 TRANSFERENCIA AL MODELO PETRA.....	45
5.3 PROPAGACIÓN DE LOS TEMPORALES.....	45
5.3.1 RESULTADOS DE LA PROPAGACIÓN DE LOS TEMPORALES	53
6 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO	57
6.1 ANÁLISIS ARMÓNICO.....	57
6.2 ANÁLISIS NO ARMÓNICO	60
6.3 MAREA METEOROLÓGICA	61
6.4 ESTUDIO DE OLEAJE	63
6.4.1 CLIMA DE OLEAJE MEDIO EN AGUAS PROFUNDAS	64
6.4.2 CLIMA DE OLEAJE EXTREMO EN AGUAS PROFUNDAS.....	65
6.5 VIDA ÚTIL, RIESGO Y PERIODO DE RETORNO	70
6.5.1 VIDA ÚTIL.....	70
6.5.2 RIESGO.....	70
6.5.3 PERIODO DE RETORNO.....	71
6.6 TRANSFERENCIA DE OLEAJE.....	71
6.6.1 TRANSFERENCIA DE OLEAJE 3ER CUADRANTE	73
6.6.2 TRANSFERENCIA DE OLEAJE 4TO CUADRANTE	78
7 NIVELES DE DISEÑO	84
7.1 SETUP DEL OLEAJE	84
7.2 ALTURA DE DISEÑO AL PIE DE LA ESTRUCTURA	86
7.3 NIVELES DE DISEÑO PARA LA ESCOLLERA.....	86
8 DISEÑO DE ESTABILIDAD DE LA ESCOLLERA.....	88
8.1 CORAZA	89
8.2 FILTRO	92
8.3 NÚCLEO	94
8.4 PIE DE APOYO.....	94
9 ALTERNATIVA COMPLEMENTARIA: BANDERA AZUL	99
9.1 IMPLEMENTACIÓN BANDERA AZUL	99
10 DISCUSIÓN.....	101

11 CONCLUSIONES	102
12 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
13 ANEXO	108

FIGURAS

Figura 1- 1: Zona de estudio, Parque San Martín	13
Figura 1- 2: Playa el Sol posterior a la marejada del 8/08/2015	14
Figura 3- 1: Trazado de ruta	17
Figura 3- 2: Pleamar y bajamar en sicigia	18
Figura 3- 3: Playa El Sol luego de las marejadas del 08/08/2015	19
Figura 3- 4: Planos de referencia de la marea	21
Figura 3- 5: Gráfica de clasificación de ondas	23
Figura 3- 6: Asomeramiento.....	25
Figura 3- 7: Difracción.....	26
Figura 3- 8: Diagrama de secuencia del modelo SWAN	30
Figura 3- 9: Áreas de una playa idealizada	31
Figura 3- 10: Playa disipativa.....	32
Figura 3- 11: Playa reflectiva	33
Figura 3- 12: Perfil de erosión y acreción.....	35
Figura 3- 13: Procesos del software Petra	36
Figura 4- 1: Parque San Martín, vista en planta	37
Figura 4- 2: Parque San Martín, vista desde sur a norte	37
Figura 4- 3: Parque San Martín, vista desde norte a sur	38
Figura 4- 4: Muelle Vergara, atractivo escénico	39
Figura 4- 5: Tipología constructiva, áreas verdes.....	40
Figura 4- 6: Componentes del Valor, tramos 27 y 28	42
Figura 5- 1: Diagrama explicativo de procesos	43
Figura 5- 2: Playa El Sol	44
Figura 5- 3: Perfiles transversales.....	44
Figura 5- 4: Ubicación del nodo desde el cual se extrajeron los parámetros de resumen	46
Figura 5- 5: Mallas batimétricas	47
Figura 5- 6: Perfil transversal con berma (AR)	51
Figura 5- 7: Perfil transversal con berma y laja (LA)	51
Figura 5- 8: Perfil transversal con intervención humana:.....	52

Figura 5- 9: Perfil inicial vs Perfil ARS3.....	54
Figura 5- 10: Perfil inicial vs Perfil ARS3M.....	55
Figura 5- 11: Retroceso de la línea de costa, Perfil AR.....	56
Figura 5- 12: Retroceso de la línea de costa, Perfil ARM.....	56
Figura 6- 1: Estación de medición SHOA.....	57
Figura 6- 2: Análisis armónico de Viña del Mar mes de agosto.....	58
Figura 6- 3: Análisis armónico de Viña del Mar mes de marzo.....	58
Figura 6- 4: Marea meteorológica de Viña del Mar mes de agosto	59
Figura 6- 5: Marea meteorológica de Viña del Mar mes de marzo	59
Figura 6- 6: Constituyentes Armónicas	60
Figura 6- 7: Planos de marea.....	61
Figura 6- 8: Distribución de probabilidad.....	62
Figura 6- 9: Bandas de confianza	63
Figura 6- 10: Zona de interés.....	64
Figura 6- 11: Distribución probabilística Weibull.....	67
Figura 6- 12: Bandas de confianza Weibull 3er cuadrante	68
Figura 6- 13: Distribución probabilística Weibull.....	69
Figura 6- 14: Bandas de confianza Gumbel 4to cuadrante	69
Figura 6- 15: Ubicación de Nodos.....	73
Figura 6- 16: Transferencia de oleaje dirección WSW, malla 200x200	75
Figura 6- 17: Transferencia de oleaje dirección WSW, malla 100x100	76
Figura 6- 18: Transferencia de oleaje dirección WSW, malla 25x25	76
Figura 6- 19: Transferencia de oleaje dirección W, malla 200x200	78
Figura 6- 20: Transferencia de oleaje dirección W, malla 100x100	78
Figura 6- 21: Transferencia de oleaje dirección W, malla 25x25.....	79
Figura 6- 22: Transferencia de oleaje dirección WNW, malla 200x200	81
Figura 6- 23: Transferencia de oleaje dirección WNW, malla 100x100	81
Figura 6- 24: Transferencia de oleaje dirección WNW, malla 25x25	82
Figura 6- 25 Transferencia de oleaje dirección WNW, malla 200x200	84
Figura 6- 19: Transferencia de oleaje dirección WNW, malla 100x100	84
Figura 6- 19: Transferencia de oleaje dirección WNW, malla 25x25	85
Figura 7- 1: Wave setup.....	86
Figura 7- 2: Determinación del coeficiente de shoaling	87
Figura 8- 1: Escollera con una vida útil de 20 años.....	97
Figura 8- 2: Escollera con una vida útil de 50 años.....	98

Figura 8- 3: Layout planta escollera.....	99
Figura 9- 1: Logo Bandera Azul.....	100
Figura 10- 1: Comparación de perfiles.....	103
Figura 13- 1: Histograma de direcciones 3er cuadrante.....	115
Figura 13- 2: Histograma de periodos 3er cuadrante.....	116
Figura 13- 3: Histograma de alturas 3er cuadrante.....	115
Figura 13- 4: Histograma de periodos 4to cuadrante.....	115
Figura 13- 5: Histograma de direcciones 4to cuadrante.....	115
Figura 13- 6: Histograma de alturas 4to cuadrante.....	115
Figura 13- 7: Coeficientes de estabilidad (Hudson).....	115
Figura 13- 8: Peso de los elementos de los filtros.....	115

TABLAS

Tabla 3- 1: Clasificación de ondas.....	22
Tabla 3- 2: Criterios de diseño, vida útil.....	28
Tabla 3- 3: Criterios de diseño, riesgo.....	28
Tabla 4- 1: Valoración de los tramos, Muelle Vergara y Playa el Sol.....	41
Tabla 5- 1: Temporales que afectaron a Viña del Mar.....	45
Tabla 5- 2: Cartas náuticas.....	46
Tabla 5- 3: Mallas de cálculo.....	46
Tabla 5- 4: Temporal del 17/08/2012.....	48
Tabla 5- 5: Temporal del 29/05/2013.....	48
Tabla 5- 6: Temporal del 08/08/2015.....	49
Tabla 5- 7: Ficha de datos.....	50
Tabla 5- 8: Tabla de modelación, perfiles AR.....	51
Tabla 6- 1: Constituyentes Armónicas.....	58
Tabla 6- 2: Constituyentes armónicas.....	60
Tabla 6- 3: Planos de marea estación Valparaíso.....	61
Tabla 6- 4: Valores extremos de marea meteorológica.....	62
Tabla 6- 5: Periodos de retorno.....	63
Tabla 6- 6: Alturas de oleaje máximas 3er cuadrante.....	66
Tabla 6- 7: Periodos de retorno 3er cuadrante.....	67
Tabla 6- 8: Alturas de oleaje máximas 4to cuadrante.....	68
Tabla 6- 9: Periodos de retorno 4to cuadrante.....	69
Tabla 6- 10: Criterios de diseño, vida útil.....	70

Tabla 6- 11: Criterios de diseño, riesgo	70
Tabla 6- 12: Coordenadas nodos.....	72
Tabla 6- 13: Casos propagados del 3er cuadrante	73
Tabla 6- 14: Casos propagados del 4to cuadrante.....	73
Tabla 6- 15: Transferencia de oleaje para el 3er cuadrante (Tr:40 años)	74
Tabla 6- 16: Transferencia de oleaje para el 3er cuadrante (Tr: 100 años)	76
Tabla 6- 17: Transferencia de oleaje para el 4to cuadrante (Tr: 40 años)	79
Tabla 6- 18: Transferencia de oleaje para el 4to cuadrante (Tr: 100 años)	82
Tabla 7- 1: Estimación wave setup	85
Tabla 7- 2: Nivel de diseño, vida útil 20 años.....	87
Tabla 7- 3: Nivel de diseño, vida útil 50 años.....	87
Tabla 8- 1: Altura de diseño para una vida útil 20 años.....	89
Tabla 8- 2: Altura de diseño para una vida útil de 50 años.....	89
Tabla 8- 3: Peso de las rocas en el tronco de la escollera	89
Tabla 8- 4: Peso de las rocas en el cabezo de la escollera.....	90
Tabla 8- 5: Espesor de la coraza	90
Tabla 8- 6: Cantidad de elementos aproximados para la escollera	91
Tabla 8- 7: Berma de coronamiento de la escollera	92
Tabla 8- 8: Pesos de los elementos de los filtros	92
Tabla 8- 9: Espesor medio de los filtros	93
Tabla 8- 10: Cantidad de elementos aproximados para los filtros de la escollera	94
Tabla 8- 11: Peso de los elementos del núcleo de la escollera	94
Tabla 8- 12: Dimensiones del pie de la escollera	94
Tabla 8- 13: Peso del pie de la escollera	95
Tabla 8- 14: Tabla de resumen	95
Tabla 13- 1:Tabla de incidencia altura v/s dirección 3er y 4to cuadrante.....	108
Tabla 13- 2: Tabla de incidencia periodo v/s dirección 3er cuadrante	109
Tabla 13- 3: Tabla de incidencia altura v/s dirección 3er cuadrante	109
Tabla 13- 4: Tabla de incidencia altura v/s periodo 3er cuadrante.....	110
Tabla 13- 5: Tabla de incidencia periodo v/s dirección 4to cuadrante	112
Tabla 13- 6: Tabla de incidencia altura v/s dirección 4to cuadrante	112
Tabla 13- 7: Tabla de incidencia altura v/s periodo 4to cuadrante.....	113

RESUMEN

El Parque San Martín, al igual que muchos sectores de la zona costera de la Región de Valparaíso, ha sido afectado por marejadas extremas capaces de producir severos impactos morfodinámicos y estructurales, provocando pérdidas de valor. Este proyecto estudia esa problemática y propone alternativas para evitar o compensar tales pérdidas, mediante una metodología estructurada en cuatro etapas.

La primera etapa identifica en detalle las características del sector. La segunda parte tiene como objetivo determinar las consecuencias de las marejadas en la playa El Sol. En la tercera etapa se elaboran estudios de las condiciones naturales y la última etapa se enfoca en la elaboración de propuestas de revalorización del Parque San Martín.

En la primera parte del proyecto la caracterización detallada del sector permite realizar el estudio de valorización para conocer los puntos altos y bajos de sus características ambientales, económicas y urbano-socioculturales.

En la segunda etapa se caracterizan las consecuencias de las marejadas en la playa El Sol, se consideraron tres temporales que causaron daños a la infraestructura costera de Viña del Mar, obtenidos de estudios previos. Para este trabajo se ha construido un modelo con el software Petra, a partir del cual se obtienen resultados de retroceso de línea de costa y erosión del perfil de playa a corto plazo.

La tercera etapa apunta a conocer las condiciones naturales del sector: clima operacional de oleaje, clima extremo de oleaje, marea astronómica, marea meteorológica y wave setup. Con sus resultados se determinan las condiciones de diseño de infraestructura costera en el sector.

El estudio finaliza con una protección rígida tipo escollera en talud, constituida por una coraza exterior de roca, un filtro de dos capas con rocas de dimensiones menores a la coraza, un núcleo y un pie de apoyo para la contención efectiva de la coraza y protección del terreno. A esta alternativa se le suma la incorporación de ciertos criterios del galardón Bandera Azul, con el fin de incorporar valor al territorio analizado.