



Memoria del proyecto para optar al Título de
Ingeniero Civil Oceánico

**ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE
CARBONO ORGÁNICO TOTAL DEPOSITADO BAJO LAS
BALSAS JAULAS DEL CENTRO DE CULTIVO BRAZO
MÉRIDA, UTILIZANDO EL MODELO DEPOMOD V2.2**

Sebastián Mauricio Escobar Márquez

Diciembre 2018

ANÁLISIS DE LOS PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE CARBONO ORGÁNICO
TOTAL DEPOSITADO BAJO LAS BALSAS JAULAS DEL CENTRO DE CULTIVO
BRAZO MÉRIDA, UTILIZANDO EL MODELO DEPOMOD V2.2

Sebastián Mauricio Escobar Márquez

COMISIÓN REVISORA

NOTA

FIRMA

Mario Cáceres M.

Oceanógrafo
Académico Universidad de Valparaíso
Profesor Guía

Jaime Leyton E.

Ingeniero Civil Oceánico
Académico Universidad de Valparaíso
Revisor

Diego Becerra G.

Ingeniero Civil Oceánico
Funcionario SHOA
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.

Mario Cáceres M
Profesor Guía

Sebastián Escobar Márquez
Alumno Memorista

AGRADECIMIENTOS

A través del tiempo me he dado cuenta de que el camino para obtener un título profesional de cualquier índole está lleno de dificultades que traen consigo logros y fracasos, lo que además de darte las herramientas para ser un buen profesional te enseña a enfrentar la vida todos los días.

Quiero agradecer, en primer lugar, a mi padre Jorge, que me ha enseñado, que, para poder lograr tus metas, tienes que trabajar duro y sacrificarte sin importar lo difícil que parezca.

A mi madre María por hacer hasta lo imposible para que siempre estuviera tranquilo y enfocado en la universidad con pequeños detalles que en su momento parecían tan sencillos y cotidianos, pero ahora me doy cuenta de que eran un gran apoyo brindado de manera incondicional.

Gracias a mis hermanos por estar siempre conmigo en los momentos más importantes de mi vida.

A Sofia mi pareja, que en este proceso agotador fue mi principal apoyo y a pesar de que la tesis fue fruto de mi esfuerzo, sin ti no lo habría logrado, gracias por entregarme tanto en momentos tan difíciles y sin esperar nada a cambio. Hoy y siempre serás una persona super importante en mi vida y puedes contar conmigo sin importar en qué circunstancias de la vida nos encontremos.

Agradecer al profesor Mario Cáceres, que sin conocerme y solamente comunicándonos por redes sociales y vía telefónica quiso ser mi profesor guía, ayudándome y corrigiendo de manera excelente.

Finalmente quiero dar las gracias a Plancton Andino Spa, en especial a Alejandro Clement, César Fernández y Gustavo Contreras por todo lo que me han enseñado para ser un mejor profesional y darme la oportunidad de crecer con un buen equipo de trabajo.

1 TABLA DE CONTENIDO

2	INTRODUCCIÓN.....	7
3	OBJETIVOS	8
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	8
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
4	ANTECEDENTES GENERALES	9
4.1	UBICACIÓN DEL PROYECTO	9
5	FUNDAMENTO TEÓRICO	10
5.1	CORRIENTES	10
5.1.1	TIPOS DE CORRIENTES.....	10
5.1.2	MEDICIÓN DE CORRIENTES.....	11
5.2	MAREA.....	11
5.2.1	MAREA ASTRONÓMICA	11
5.2.2	MAREA METEOROLÓGICA	11
5.3	MODELO DEPOMOD.....	12
5.3.1	MODULOS DEPOMOD V2.2.....	12
5.3.2	MODELO DE FINDLAY AND WATLING.....	15
6	METODOLOGÍA.....	16
6.1	FACTOR DE CORRECCIÓN NORTE GEOGRÁFICO	16
6.2	ESTUDIO DE VIENTOS	16
6.3	ESTUDIO DE MAREAS.....	19
6.4	ANÁLISIS DE CORRIENTES	21
6.5	MODELACIÓN CON DEPOMOD V2.2	22
6.5.1	PARAMETROS DE ENTRADA DEL MODELO.....	22
6.5.2	GENERACIÓN DE GRILLA	23
6.5.3	TRACK DE PARTICULAS	24
7	ANÁLISIS DE CORRIENTES	25
7.1	CORRIENTES MEDIDAS EN 30 DÍAS.....	26
7.2	CORRIENTES EN CUADRATURA.....	31
7.3	CORRIENTES EN SICIGIA	36
7.4	CORRIENTES EN MAREA LLENANTE	40
7.5	CORRIENTES EN MAREA VACIANTE	45
7.6	CORRIENTES CON RÁFAGAS DE VIENTO	50
7.7	CORRIENTES SIN RÁFAGAS DE VIENTOS.....	55

7.8	RESUMEN DE RESULTADOS CORRIENTES.....	60
8	RESULTADOS MODELACIÓN DEPOMOD V2.2	61
8.1	DISPERSIÓN DE COT CON REGISTRO COMPLETO	61
8.2	DISPERSIÓN DE COT EN CUADRATURA.....	62
8.3	DISPERSIÓN DE COT EN SICIGIA	63
8.4	DISPERSIÓN DE COT EN LLENANTE	64
8.5	DISPERSIÓN DE COT EN VACIANTE.....	65
8.6	DISPERSIÓN DE COT CON RÁFAGAS DE VIENTO	66
8.7	DISPERSIÓN DE COT SIN RAFAGAS DE VIENTOS.....	67
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
10	BIBLIOGRAFÍA	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación del proyecto.....	9
Figura 2.	Periodos de sicigia y cuadratura en 30 días.....	20
Figura 3.	Ubicación ADCP correspondiente a correntometría de 30 días.....	21
Figura 4.	Malla de 100x100 utilizada en DEPOMOD V2.2.	23
Figura 5.	Módulo Gridgen DEPOMOD V2.2.....	24
Figura 6.	Módulo Partrack DEPOMOD V2.2.	25
Figura 7.	Diagrama de vector progresivo corrientes de 30 días.	29
Figura 8.	Diagrama de velocidades (u,v) corrientes de 30 días.....	30
Figura 9.	Diagrama de vector progresivo corrientes en cuadratura.....	34
Figura 10.	Diagrama de velocidades (u,v) corrientes en cuadratura.	35
Figura 11.	Diagrama de vector progresivo corrientes en sicigia.	38
Figura 12.	Diagrama de velocidades (u,v) corrientes en sicigia.	39
Figura 13.	Diagrama de vector progresivo corrientes en llenante.	43
Figura 14.	Diagrama de velocidades (u,v) corrientes en llenante.....	44
Figura 15.	Diagrama de vector progresivo corrientes en vaciante.....	47
Figura 16.	Diagrama de velocidades (u,v) corrientes en vaciante.....	49
Figura 17.	Diagrama de vector progresivo corrientes en con ráfagas de viento.	53
Figura 18.	Diagrama de velocidades (u,v) corrientes con viento.....	54
Figura 19.	Diagrama de vector progresivo corrientes en sin ráfagas de viento.	58
Figura 20.	Diagrama de velocidades (u,v) corrientes sin viento.....	59
Figura 20.	Dispersión de COT e índice de impacto registro completo.....	61
Figura 21.	Dispersión de COT e índice de impacto en cuadratura.	62
Figura 22.	Dispersión de COT e índice de impacto en sicigia.	63
Figura 23.	Dispersión de COT e índice de impacto en llenante.....	64
Figura 24.	Dispersión de COT e índice de impacto en vaciante.....	65
Figura 25.	Dispersión de COT e índice de impacto con ráfagas de viento.....	66
Figura 26.	Rosa de Vientos, registro de 30 días.	67
Figura 27.	Dispersión de COT e índice de impacto sin ráfagas de viento.	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas vértices concesión DATUM WGS-18S	9
Tabla 2. Coordenadas vértices módulos DATUM WGS-18S.....	9
Tabla 3. Módulos utilizados en modelo DEPOMOD V2.2.....	13
Tabla 4. Clima medio vientos de 30 días.	17
Tabla 5. Análisis diario registro de vientos.	17
Tabla 6. Magnitudes máximas horarias día 23 de diciembre.....	18
Tabla 7. Magnitudes máximas horarias día 24 de diciembre.....	18
Tabla 8. Magnitudes mínimas horarias día 1 de enero.....	19
Tabla 9. Magnitudes mínimas horarias día 2 de enero.....	19
Tabla 10. Factor corrección marea puerto secundario.	20
Tabla 11. Alturas de marea corregidas.	20
Tabla 12. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de velocidad de la corriente del ADCP	22
Tabla 13. Parámetros de entrada de ciclo productivo.	23
Tabla 14. Calibre de alimentos.	23
Tabla 15. Supuestos utilizados en la modelación.....	24
Tabla 16. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes en la capa 5.	26
Tabla 17. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 12.....	27
Tabla 18. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 19.....	27
Tabla 19. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 25.....	27
Tabla 20. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 31.....	28
Tabla 21. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 5 en cuadratura.	31
Tabla 22. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 12 en cuadratura.	32
Tabla 23. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 19 en cuadratura.	32
Tabla 24. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 25 en cuadratura.	32
Tabla 25. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 31 en cuadratura.	33
Tabla 26. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 5 en sicigia.	36
Tabla 27. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 12 en sicigia.	36
Tabla 28. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 19 en sicigia.	37
Tabla 29. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 25 en sicigia.	37
Tabla 30. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 31 en sicigia.	37
Tabla 31. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 5 en llenante.	40

Tabla 32. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 12 en llenante.	40
Tabla 33. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 19 en llenante.	41
Tabla 34. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 25 en llenante.	41
Tabla 35. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 31 en llenante.	42
Tabla 36. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 5 en vaciante.	45
Tabla 37. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 12 en vaciante.	45
Tabla 38. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 19 en vaciante.	46
Tabla 39. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 25 en vaciante.	46
Tabla 40. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 31 en vaciante.	46
Tabla 41. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 5 con vientos.	50
Tabla 42. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 12 con vientos.	51
Tabla 43. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 19 con vientos.	51
Tabla 44. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 25 con vientos.	51
Tabla 45. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 31 con vientos.	52
Tabla 46. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 5 sin ráfagas de viento.	55
Tabla 47. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 12 sin ráfagas de viento.	55
Tabla 48. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 19 sin ráfagas de viento.	56
Tabla 49. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 25 sin ráfagas de viento.	56
Tabla 50. Frecuencia de observación (%) de magnitudes de corrientes capa 31 sin ráfagas de viento.	57
Tabla 51. Información de corrientes capas usadas en los distintos escenarios.	60
Tabla 52. Resultados DEPOMOD registro completo.	61
Tabla 53. Resultados DEPOMOD en cuadratura.	62
Tabla 54. Resultados DEPOMOD en sicigia.	63
Tabla 55. Resultados DEPOMOD en llenante.	64
Tabla 56. Resultados DEPOMOD en vaciante.	65
Tabla 57. Resultados DEPOMOD con ráfagas de viento.	66
Tabla 58. Resultados DEPOMOD sin ráfagas de viento.	68
Tabla 59. Resultados de dispersión de COT mediante DEPOMOD.	69

RESUMEN

El presente estudio tiene por objetivo caracterizar los patrones de distribución del carbono orgánico total depositado bajo las balsas jaulas del centro de cultivo Brazo Mérida, utilizando el modelo DEPOMOD V2.2.

Para la modelación DEPOMOD, se utilizó una correntimetría de 30 días, donde, a través de análisis de vientos y mareas, se determinaron efectos naturales que podían tener incidencia en las corrientes, de los cuales se consideraron; período de sicigias, cuadratura, marea llenante, marea vaciante, corrientes con y sin efectos de vientos. Además, se efectuó un análisis de corrientes de cada capa con el fin de caracterizar con la mayor precisión posible el vector de corrientes a lo largo de la columna de agua.

DEPOMOD solamente permite utilizar 5 capas verticales, por lo que se utilizaron las mismas capas para todos los análisis, cambiando la escala temporal de la medición de acuerdo a la metodología utilizada.

Una vez obtenida la dispersión de Carbono Orgánico Total (COT), se utilizó el modelo de Findlay and Watling para obtener el índice del área impactada, el que es una relación entre cantidad de oxígeno disponible y utilizada en el sedimento, donde si dicho índice es menor a 1, quiere decir que el fondo marino se encuentra anaeróbico, en otras palabras, sin oxígeno suficiente para que viva la flora y fauna marina.

Como resultado del estudio realizado, se pudo inferir que la dispersión de COT se propaga en las direcciones de las componentes de mayores magnitudes de corrientes de cada capa. También se pudo observar que no existe una gran variación entre cantidad de carbono que se deposita en el sedimento en períodos de marea vaciante, llenante, corrientes con y sin ráfagas de viento. Sin embargo, con corrientes en fases de sicigia, se produjeron las menores concentraciones de carbono, lo que indica que las grandes amplitudes de mareas producen un aumento de magnitud considerable sobre las corrientes, produciendo una mayor dispersión de COT.

Con el objeto de los resultados obtenidos se plantean recomendaciones a tomar en cuenta al momento de utilizar una correntimetría en el software DEPOMOD v2.2.