



Memoria del proyecto para optar al Título de
Ingeniero Civil Oceánico

**“ANÁLISIS DE TRANSFERENCIA INTERMODAL DE CARGA
CONTENEDORIZADA EN EL PUERTO DE VALPARAÍSO, A
TRAVÉS DE LA SIMULACIÓN EN PROMODEL”**

Dangela Javiera Pozo Silva

Junio 2020

“Análisis de transferencia intermodal de carga contenedorizada en el Puerto de Valparaíso, a través de la simulación en ProModel”

Dangela Javiera Pozo Silva

COMISIÓN REVISORA

NOTA

FIRMA

Felipe Caselli Benavente
Profesor guía

Sergio Bidart Loyola
Revisor

Jaime Leyton Espoz
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.

Dangela Javiera Pozo Silva

Felipe Caselli Benavente

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mi profesor guía Felipe Caselli, por su apoyo, voluntad, motivación, enseñanza y disposición durante todo el proceso de este proyecto.

Agradecer a Giancarlo Grixolli (EFE), Cristian Castillo (EPV) y Cesar Valenzuela (Merval), por su voluntad, disposición y facilitación de información durante esta memoria de título.

A la escuela de Ingeniería Civil Oceánica, donde pase mis mayores alegrías y mis peores tristezas, donde cada profesor y compañero dejaron huellas en este camino cuesta arriba. Donde conocí grandes personas y amigos que apoyaron, me escucharon y ayudaron siempre.

A mi familia, mi madre, padre, hermanos, abuelos, cuñada y sobrinos, quienes me acompañaron durante el proceso, quienes siempre confiaban y sabían que lo podía lograr, que, pese a todo, me ayudaron a continuar en momentos difíciles y se alegraban por cada logro. Infinitas gracias.

A mi pareja Gonzalo Valderrama, quien estuvo desde el primer día de esta etapa, me acompañó paso a paso, ayudó y apoyó en cada momento. Gracias por estar y confiar siempre.

Durante esta etapa de universidad, se generaron mis principales vivencias y experiencias, que me ayudaron a crecer profesional y por sobre todo personalmente. A cada una de las personas que me ayudaron acompañaron o solo estuvieron en ese momento, quisiera dar gracias por la huella que dejan en mí.

“Esta memoria de título está dedicada a mi familia, mi pareja y por sobre todo a mi tata Pancho quien creyó, confió en mí siempre y hoy ya no se encuentra a mi lado. Los amo”.

CONTENIDO

1.	Introducción	1
2.	Objetivos.....	2
2.1	Objetivo general	2
2.2	Objetivos específicos.....	2
3.	Alcances y limitaciones.....	3
3.1	Alcances.....	3
3.2	Limitaciones.....	3
4.	Antecedentes generales	4
4.1	Puerto de Valparaíso	4
4.2	Transferencia de carga	6
4.3	Accesos al Puerto de Valparaíso	7
4.4	Situación actual ferrocarril en Puerto de Valparaíso	8
4.4.1	Proyecto ferroviario Terminal Intermodal Yolanda	11
5.	Fundamento teórico	12
5.1	Cadena logística	12
5.2	Sostenibilidad	13
5.3	Puerto.....	13
5.3.1	Infraestructura Portuaria	14
5.3.2	Superestructura Portuaria.....	15
5.3.3	Zona de influencia	15
5.3.4	Carga	16
5.4	Transferencia intermodal	16
5.5	Simulación de eventos discretos.....	17
5.5.1	Software de simulación.....	19
5.6	Norma ISO 9001:2015, Sistema de gestión de calidad	22
5.6.1	Empresa Macro Ingenieros (Chile)	24
5.6.2	Media Networks (Perú)	24
5.6.3	Red de investigación renal española de biobancos	24
5.6.4	APS Group.	25
6.	Metodología.....	26
6.1	Recolección de datos	26

6.2	Diseño y construcción del modelo	26
6.3	Validación del modelo.....	27
6.4	Experimentación del modelo.....	27
6.5	Análisis de los resultados	27
7.	Presentación y análisis de resultados	28
7.1	Situación actual	28
7.1.1	Carga	28
7.1.2	Infraestructura ferroviaria.....	30
7.1.3	Logística actual del sistema ferroviario.	31
7.2	Construcción del modelo	31
7.2.1	Locaciones	33
7.2.2	Entidades y arribos.....	33
7.2.3	Recursos	34
7.3	Implementación del modelo en situación actual.....	35
7.4	Experimentación y análisis del modelo	36
7.5	Proyección de datos	38
8.	Recomendaciones	40
9.	Conclusiones	42
10.	Referencias.....	45
11.	Anexos.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1	Vista satelital Puerto de Valparaíso. (Fuente: Google Earth).	4
Figura 4.2	Conectividad del Puerto de Valparaíso. Fuente: (EPV E. P., http://www.portvalparaiso.cl/noticias/ , 2016a).	5
Figura 4.3	Acceso vial Puerto de Valparaíso. Fuente (EPV E. P., http://www.portvalparaiso.cl/noticias/ , 2016a).	7
Figura 4.4	Acceso ferroviario al Puerto de Valparaíso. (Fuente: EPV).	8
Figura 4.5	Red Ferroviaria zona central. Fuente: (GEODATA & CITRA S.A, 2016).	9
Figura 4.6	Recorrido Ferrocarril de Carga Puerto de Valparaíso. Fuente: (GEODATA & CITRA S.A, 2016).	9
Figura 4.7	Diseño Estación intermodal Yolanda. (GEODATA & CITRA S.A, 2016).	11

Figura 5.1 Cadena logística Puerto de Valparaíso. Fuente: Memoria Anual 2017 EPV....	12
Figura 5.2 Dimensiones principales para la sostenibilidad portuaria. (Doerr, 2011).	13
Figura 5.3 Actividades principales de un puerto. Adaptado de (Rúa, 2006).	14
Figura 5.4 Infraestructura Puerto de Valparaíso.....	14
Figura 5.5 Grúas pórtico, Puerto de Valparaíso.	15
Figura 5.6 Clasificación tipo de carga. Adaptado de Ramírez, A. C. (2015).	16
Figura 5.7 Transferencia Intermodal.	17
Figura 5.8 Formas de estudio de un sistema. Adaptado de (García y Ortega, 2006).	18
Figura 5.9 Etapas proyecto de simulación. Fuente: (E. García, H. García y L. Cárdenas, 2013).	18
Figura 5.10 Software ProModel. Fuente Elaboración propia.	19
Figura 5.11 Software Arena. Fuente: https://www.arenasimulation.com/	20
Figura 5.12 Software Process Simulator. Fuente: http://www.simulart.cl/software-de-simulacion/software-process-simulator/	21
Figura 5.13 Software MedModel. Fuente: http://www.simulart.cl/software-de-simulacion/software-medmodel/	21
Figura 5.14 Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar. Fuente: (ISO, 2015).	23
Figura 6.1 Metodología del proyecto de título. Elaboración propia.	26
Figura 7.1 Diagrama de procesos Estación Limache-Terminal 2 EPV. Fuente: Elaboración Propia.	32
Figura 7.2 Diagrama de procesos Terminal 2 EPV- Estación Limache. Fuente: Elaboración Propia.	32
Figura 7.3 Definición de locaciones en software ProModel. Elaboración propia.....	33
Figura 7.4 Definición de entidades en software ProModel. Elaboración propia.	33
Figura 7.5 Definición de llegadas de entidades en software ProModel. Elaboración propia.	33
Figura 7.6 Definición de recursos utilizados en software ProModel. Elaboración propia. .	34
Figura 7.7 Modelo actual Ferrocarril Estación Limache - Terminal 2 en ProModel. Elaboración Propia.	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1 Concesiones presentes en Puerto de Valparaíso.....	5
Tabla 4-2 Carga movilizada por ferrocarril en Puerto de Valparaíso año 2016.....	10
Tabla 4-3 Tráfico actual de ferrocarriles y proyecciones Puerto de Valparaíso.	11

Tabla 7-1 TEUs transferidos por ferrocarril en el Puerto de Valparaíso año 2016.....	28
Tabla 7-2 Datos de modelación en ProModel Situación Actual.....	35
Tabla 7-3 Resultados experimentación del modelo en ProModel.....	37
Tabla 7-4 Proyección de transferencia de TEUs mensuales por ferrocarril.....	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4-1 Estadística de transferencia EPV.....	6
Gráfico 7-1 Transferencia de TEUS por ferrocarriles en Puerto de Valparaíso 2016.....	29
Gráfico 7-2 Clientes ferrocarril v/s TEUs transportados.....	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Resumen de información ferrocarril año 2016- 2017.....	47
Anexo 2 Check List carguero Merval.....	48
Anexo 3 Diagrama de Flujo Santiago - Puerto de Valparaíso.....	43
Anexo 4 Listado de comando ProModel Situación actual.....	44
Anexo 5 Resumen experimentación de modelación en ProModel.....	45

RESUMEN

El Puerto de Valparaíso se encuentra ubicado en la región de Valparaíso. Es uno de los principales puertos de la zona central y del país, que transfiere alrededor de 11 millones de toneladas de carga anual, donde el 99% es transferida a través del modo rodoviario y solo el 1% a través del sistema de ferrocarril.

Con la consideración de la proyección de carga estimada para el puerto, es necesario estudiar y optimizar la conexión de este con su hinterland, incluyendo al ferrocarril en la transferencia de carga. Esto junto con la optimización y aumento de transferencia de carga ferroviaria en Chile impulsado por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT) hace necesario estudiar el comportamiento del ferrocarril de carga en Valparaíso.

Por lo que este proyecto propone el análisis del sistema ferroviario en el puerto de Valparaíso, identificar sus beneficios, cadena logística y actores relevantes en el sistema, para generar recomendaciones de mejora al sistema en un corto tiempo, que puedan satisfacer las necesidades del puerto a la espera de la construcción del Terminal Intermodal Yolanda.

Para llevar a cabo este análisis se realizó la investigación del sistema, a través de reuniones con actores de la cadena logística ferroviaria, Empresa de Ferrocarriles del Estado, Empresa Portuaria de Valparaíso y Metro de Valparaíso. Con los datos recabados se generó la modelación del sistema actual y se experimentó con diferentes modificaciones en el software ProModel.

En primera instancia se generó un registro de la situación actual del sistema de ferrocarril de carga en el puerto de Valparaíso, considerando las datas del año 2016 de carga transportada entregadas por EFE, la infraestructura de la red y el funcionamiento de la cadena logística actual.

Luego de la recopilación de información se generó el modelo del sistema actual el cual fue comprobado con el promedio de carga transferida para exportación e importación. Ya verificado el modelo, se procedió a generar la experimentación del sistema, variando los tiempos de fiscalización y la carga transferida.

A través de la modelación se obtuvo que el sistema actual solo puede movilizar un tren de carga, ida y vuelta, en la ventana horaria restrictiva entre Limache y Valparaíso, pero al disminuir los tiempos de fiscalización, genera la posibilidad de transferir un volumen de carga mayor al promedio actual.

Conforme a los resultados obtenidos, se concluye que el sistema ferroviario del Puerto de Valparaíso debe mejorar en un corto plazo su planificación, sistema de información y cadena logística; lo que permitirá la transferencia de mayor volumen de carga, donde si se disminuye el tiempo de fiscalización en el terminal 2, se puede transferir hasta 45 contenedores por viaje en la misma ventana horaria, sin afectar la operación del metro de Valparaíso. Además, el ferrocarril debe generar un calendario de trabajo e itinerarios de paso por las estaciones, mejorando la información entregada al cliente.

Con esto se espera que el ferrocarril aumente la transferencia de carga entre el puerto y Santiago, además de ser incluido dentro de la planificación del sistema del puerto de Valparaíso.