



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.

1. INTRODUCCIÓN

El transporte marítimo se ha establecido en la actualidad como el principal modo de transporte con más del 80% de la carga del comercio exterior transportada por este modo, según lo ha informado CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) en el año 2019. Esto ha generado que la estrategia de los puertos este evolucionando, para mejorar la eficiencia entre el puerto y la ciudad, a través de un modelo sostenible, con menores emisiones de contaminantes, mayor digitalización de procesos y disminuyendo costos en la logística de transferencia de carga.

Es por esto, que la conexión entre puerto e hinterland se ha considerado dentro de los puntos más importantes dentro de la cadena Logística, donde el ferrocarril ha tomado nuevamente un papel estratégico. El uso del ferrocarril dentro del puerto y su conexión con el hinterland ha tomado gran impulso debido a su ayuda en la disminución de externalidades negativas, como lo es en el movimiento de carga sobredimensionada, la disminución de costos logísticos, riesgos de seguridad vial e impactos ambientales.

En Chile, la participación del modo ferroviario en los puertos es de un 29,5% con un total de 25,7 millones de toneladas transferidas. Si bien este porcentaje se encuentra cercano a la meta aspiracional del 30% establecida por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), es en la carga contenedorizada en donde se debe enfocar y aumentar su participación, ya que solo el 1,8% (445 mil toneladas) es carga contenedorizada (MTT, 2019). En la región de Valparaíso, el escenario del uso de ferrocarril en los puertos es de un 9,3% en la transferencia de carga.

El puerto de Valparaíso se encuentra dentro de los puertos más importantes del país, considerado uno de los 20 puertos con mayor movimiento de carga en América Latina (CEPAL, 2019). Desde el año 1997 está administrado por la Empresa Portuaria de Valparaíso (EPV) quien es la encargada de gestionar las concesiones existentes. Su zona de influencia abarca gran parte de la zona central de país, regiones de Argentina y la región metropolitana (EPV E. P., Plan maestro Puerto de Valparaíso, adecuación año 2018, 2016b).

Considerado uno de los puertos más importantes a nivel nacional, con una transferencia del 30% de la carga del comercio exterior, transfiere solo el 1% de su carga a través del modo ferroviario. Es por esto, que se han generado propuestas, tanto públicas como privadas, para aumentar la participación ferroviaria en el puerto, las cuales serían efectivas en un escenario de mediano a largo plazo.

Es así como en este proyecto nace la idea de estudiar y analizar el sistema ferroviario presente en el Puerto de Valparaíso, su infraestructura, logística de trabajo y agentes que intervienen; y con ello, generar soluciones y recomendaciones que se puedan efectuar en un corto plazo, que puedan aumentar la carga transportada por el ferrocarril y con ello potenciar el Puerto de Valparaíso frente a sus competidores cercanos y clientes.

Con estas recomendaciones se espera que el modo ferroviario en el Puerto de Valparaíso sea más atractivo a los clientes, se genere una mayor confiabilidad en la red ferroviaria, opere de forma eficiente y con mayor competitividad frente al modo rodoviario, además de ayudar en la sostenibilidad del puerto y su posición a nivel nacional y mundial.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la configuración de la transferencia intermodal de carga contenedorizada en el Puerto de Valparaíso e identificar sus beneficios, a través de una simulación utilizando software ProModel.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la cadena logística de la carga contenedorizada para la estación intermodal en el Puerto de Valparaíso.
- Cuantificar beneficios en el proceso de transferencia de carga contenedorizada mejorando el sistema actual del ferrocarril en el Puerto de Valparaíso.
- Generar recomendaciones para el sistema actual del ferrocarril en el Puerto de Valparaíso.

3. ALCANCES Y LIMITACIONES

3.1 ALCANCES

Este proyecto considera como zona de estudio el Puerto de Valparaíso, específicamente la situación actual del transporte de contenedores a través del ferrocarril que une al puerto con Santiago. Esto consideró el análisis del ferrocarril a través de entrevistas con actores relevantes en la cadena logística, junto con recopilación bibliográfica del sistema. Para la modelación de la situación actual se utilizaron los registros de carga transportada por ferrocarril en el año 2016, facilitados por EPV y EFE.

El proyecto se realizó con apoyo de Cristian Castillo, ingeniero de proyectos logísticos de EPV, Giancarlo Grixolli, Jefe Negocio de Contenedores- Gerencia de negocio de carga de Grupo EFE y César Valenzuela Subgerente de Operaciones Metro de Valparaíso. Además, se realizaron consultas a Servicio Nacional de Aduanas y Servicio Agrícola y Ganadero.

3.2 LIMITACIONES

El proyecto se enfocó en el trayecto del ferrocarril entre Santiago y Valparaíso, específicamente en la ventana horaria restrictiva que posee el ferrocarril en las líneas de Merval, entre Estación Limache y el Terminal 2 del Puerto de Valparaíso. Además, se consideraron los datos obtenidos a través de las entrevistas con EFE y EPV para la carga transferida actualmente y sus proyecciones.

Se realizó la simulación para el transporte de carga, a través del software ProModel en versión Estudiante.

4. ANTECEDENTES GENERALES

4.1 PUERTO DE VALPARAÍSO

El puerto de Valparaíso se encuentra en la región y comuna de Valparaíso, específicamente en la parte sur de la bahía de Valparaíso, protegido por un molo de abrigo que le genera aguas abrigadas para las operaciones portuarias (Figura 4.1). Desde el año 1997 con la creación de la Ley que moderniza el sector portuario estatal (Ley N° 19.542) la administración le corresponde a la Empresa Portuaria Valparaíso (EPV) quien está a cargo de las concesiones que ingresen al sistema portuario (EPV E. P., 2016b).



Figura 4.1 Vista satelital Puerto de Valparaíso. (Fuente: Google Earth).

La zona de influencia del Puerto Valparaíso comprende, en Chile, desde la Región de Coquimbo hasta la Región del Maule, incluyendo las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins, además moviliza carga hasta Argentina, específicamente en la región de Cuyo, que componen las provincias de Mendoza, La Rioja, San Luis y San Juan (ver Figura 4.2). Además, los servicios que recalán en Valparaíso conectan a Chile con puertos de Asia, Europa, Estados Unidos, Sudamérica y Centroamérica. (EPV E. P., 2015).



Figura 4.2 Conectividad del Puerto de Valparaíso. Fuente: (EPV E. P., <http://www.portvalparaiso.cl/noticias/>, 2016a).

Debido a la gran zona de influencia que maneja el puerto de Valparaíso, hoy en día EPV mantiene 5 concesiones con las cuales trabaja en el mejoramiento del desarrollo del puerto y en la transferencia de carga que se genera. Estas concesiones se detallan en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1 Concesiones presentes en Puerto de Valparaíso.

Concesionario	Superficie [m ²]	Inicio de operaciones	Plazo de concesión [años]	Área Concesionada
Terminal Pacífico Sur Valparaíso S.A (TPS)	156.536	2000	30	Terminal 1 (Sitios 1, 2, 3, 4 y 5)
Terminal Cerros de Valparaíso (TCVAL)	64.000	2013	30	Terminal 2 (Sitios 6, 7 y 8)
ZEAL Sociedad Concesionaria S. A	110.000	2008	30	Zona de extensión portuaria
Valparaíso Terminal de Pasajeros S.A (VTP)	5.420	2002	30	Terminal de pasajeros
Plaza Valparaíso S.A (PVSA)	112.000	Pendiente	Pendiente	Sector muelle Barón

Fuente: Adaptado de (EPV E. P., Memoria gestión., 2015).

Para la utilización de los terminales concesionados, el puerto dispone de una superficie total de 81,62 hectáreas aproximadamente, donde se encuentran 8 sitios de atraque distribuidos entre los dos terminales y un área marítima de aproximadamente 50 hectáreas de aguas abrigadas (CITRA, 2010).

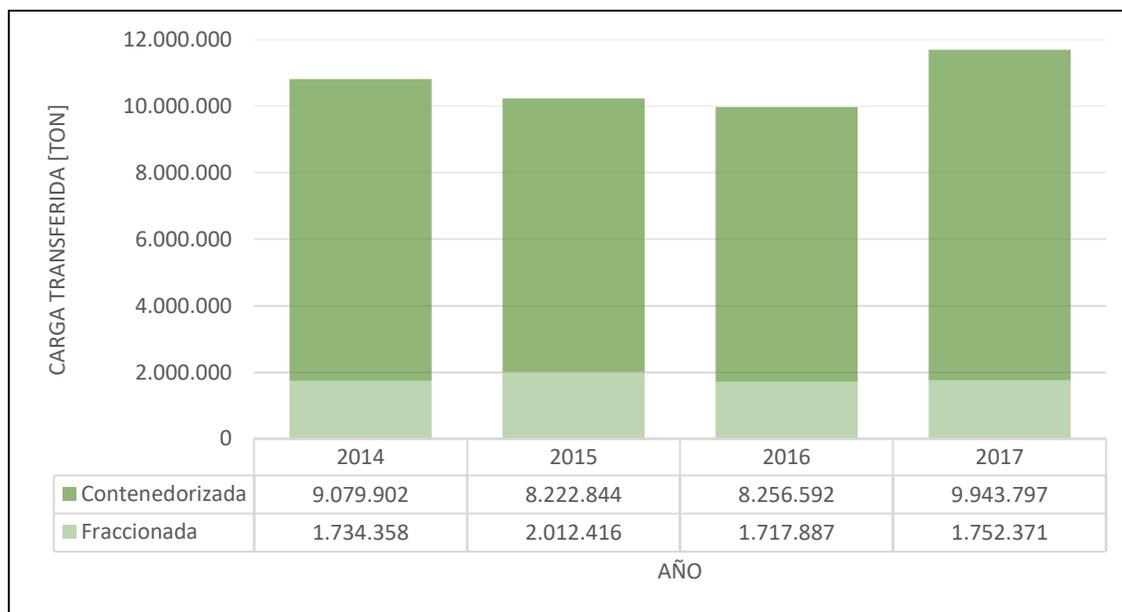
Además, el puerto de Valparaíso cuenta con equipamiento para la transferencia y manejo de cargas en cada uno de sus terminales. En el terminal 1 se encuentran cinco grúas pórtico y dos grúas móviles. En el terminal 2 se encuentra una grúa móvil (EPV E. P., Plan maestro Puerto de Valparaíso, adecuación año 2018, 2016b).

Con estos equipamientos e infraestructura, se logra abarcar la gran demanda de transporte marítimo que tiene el puerto de Valparaíso.

4.2 TRANSFERENCIA DE CARGA

Actualmente, Valparaíso es uno de los puertos con mayor actividad de Sudamérica en la costa del Pacífico. Anualmente transfiere alrededor de 11 millones de toneladas de carga lo cual genera que sus terminales atiendan sobre el 30% de todo el comercio exterior del país (CITRA, 2010) (CAMPORT, Desafíos de la conectividad para el comercio exterior, 2015). En los últimos años, el puerto de Valparaíso ha mostrado un incremento en la transferencia de contenedores importante que se proyecta para los próximos años. En el Gráfico 4-1 se muestra la transferencia de carga del Puerto de Valparaíso.

Gráfico 4-1 Estadística de transferencia EPV.



Fuente: (SEP, 2017).

Aproximadamente el 80% del movimiento de la carga lo realiza TPS (Terminal 1), mayoritariamente con carga contenedorizada, y el 20% restante de carga se moviliza a través de la gestión de TCVAL (Terminal 2), quien atiende mayoritariamente carga fraccionada y cruceros (EPV E. P., 2016b).

En cuanto al transporte de carga contenedorizada, constituye la mayor parte de la carga que ingresa al puerto y se espera que se duplique en los próximos 10 años, por lo que los accesos que existen para el ingreso de las mercancías al puerto deben mejorar y soportar la cantidad de carga que se moviliza diariamente.

4.3 ACCESOS AL PUERTO DE VALPARAÍSO

El sistema portuario de Valparaíso cuenta con dos accesos principales, a través de red vial para camiones por el acceso sur del puerto y de la red ferroviaria por la línea de Merval en el sector de Yolanda; que se vinculan con la zona de influencia del puerto.

Para la red vial el puerto cuenta con el sistema de gestión SILOGPORT que permite controlar la cadena logística-portuaria. Considera tres áreas importantes, la Zona de Extensión de Apoyo Logístico (ZEAL), la ruta que debe recorrer la carga en camión para llegar al puerto y los terminales portuarios, como se muestra en la Figura 4.3 (EPV E. P., <http://www.portvalparaiso.cl/noticias/>, 2016a).

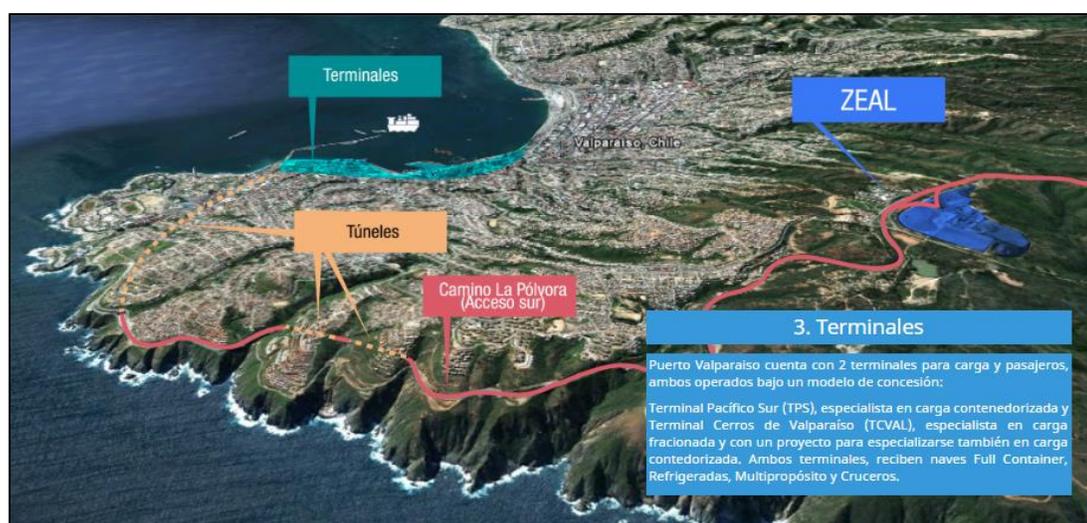


Figura 4.3 Acceso vial Puerto de Valparaíso. Fuente (EPV E. P., <http://www.portvalparaiso.cl/noticias/>, 2016a).

Por otra parte, la red de ferrocarriles que llega al puerto por la zona norte de éste, lo realiza a través de la red de Merval (Ver Figura 4.4) que se conecta en Limache con la red de la Empresa Ferroviaria del Estado (EFE). Mediante este acceso se moviliza la carga de forma restringida, ya que circulan solo una vez en ventana nocturna de 6 horas, donde se mueven alrededor de 30 carros (GEODATA & CITRA S.A, 2016).



Figura 4.4 Acceso ferroviario al Puerto de Valparaíso. (Fuente: EPV).

El 99% de la carga que se transfiere del puerto a su zona de influencia se realiza a través del acceso sur mediante camiones, y solo el 1% se transfiere a través de ferrocarril que transfiere mayoritariamente carga fraccionada (EPV, 2017).

4.4 SITUACIÓN ACTUAL FERROCARRIL EN PUERTO DE VALPARAÍSO

Valparaíso cuenta con un acceso restringido del ferrocarril de carga al puerto, ya que, al compartir parte del trayecto con la línea de Merval, debe operar en una ventana de 6 horas durante la noche. El primer tramo Alameda-Limache, se genera a través de la red de vías de EFE la cual llega a conectar con el segundo tramo Limache-Puerto red de Merval. En la Figura 4.5 se muestra el trayecto completo del ferrocarril de carga el cual se une a la red de vías de EFE en la zona central (EPV E. P., Memoria gestión., 2015).

FEPASA es el porteador ferroviario de carga encargado de recibir la carga de los clientes del ferrocarril en Santiago y su documentación y transportarla hasta los terminales del puerto de Valparaíso. Esta información junto con los datos de los carros y la locomotora se entrega de forma manual a EFE, quien revisa y autoriza la salida del ferrocarril hacia el puerto. FEPASA cuenta con 1 locomotora y 30 carros que permiten el trayecto de hasta 60 TEUs en un solo viaje (GEODATA & CITRA S.A, 2016).

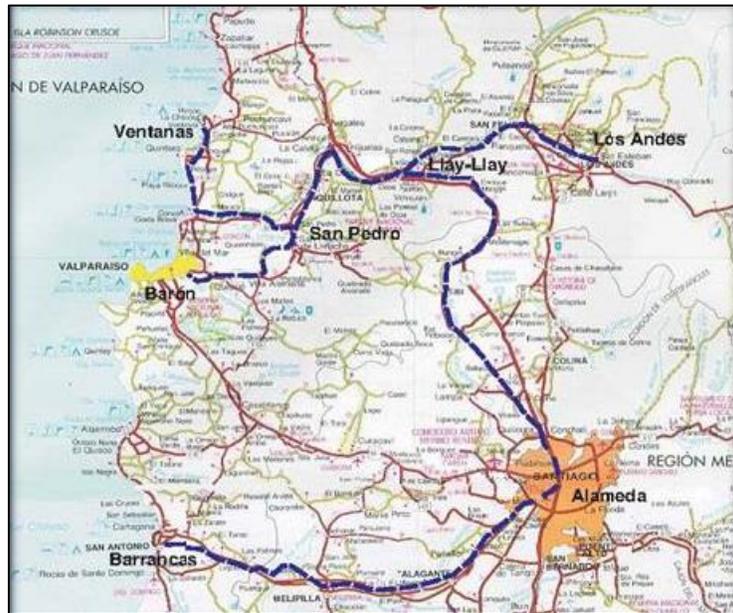


Figura 4.5 Red Ferroviaria zona central. Fuente: (GEODATA & CITRA S.A, 2016).

El trayecto comienza en la estación Alameda en Santiago donde llega la carga para exportación del país. Una vez cargado el ferrocarril comienza su recorrido pasando por 6 estaciones antes de llegar a Limache, lugar en donde la red ferroviaria de EFE se conecta con el trayecto donde opera Merval el cual puede ser utilizado solo por 6 horas para el traspaso de cargas. Revisada la documentación de la carga y el ferrocarril Merval da el paso para que éste siga su trayecto hasta el Terminal 2 del puerto de Valparaíso (TCVAL) en donde se realiza la descarga (Figura 4.6). El total del recorrido es de 186 [km].

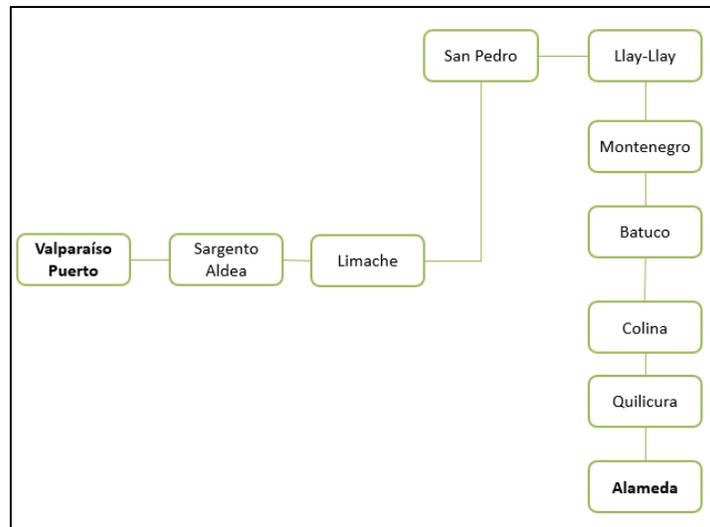


Figura 4.6 Recorrido Ferrocarril de Carga Puerto de Valparaíso. Fuente: (GEODATA & CITRA S.A, 2016).

Si bien existen vías férreas en el interior del terminal 1, se realiza la descarga de los contenedores del ferrocarril en parte del terminal 2 por la entrada que se encuentra a la altura de calle Bellavista, ya que es donde el ferrocarril interfiere en menor cantidad con los procesos del puerto. Esto está bajo acuerdo de EPV y TCVAL.

Durante el año 2016 se movilizaron 138.233 toneladas (7.239 TEUs) de carga a través del ferrocarril entre Valparaíso y Santiago como se detalla en la Tabla 4-2 Donde se observa que solo el 0,35% de la carga contenedorizada se transportó a través de ferrocarril y el 1,1% de la carga total del puerto de Valparaíso se movilizó por ferrocarril.

Tabla 4-2 Carga movilizada por ferrocarril en Puerto de Valparaíso año 2016.

Tipo de carga	Operación	Toneladas movilizadas por ferrocarril	Total, de carga movilizada por ferrocarril [Ton]	Total, de carga movilizada en EPV [Ton]
Contenedorizada	Importación	20.421	34.778	10.079.342
	Exportación	12.357		
Fraccionada	Importación	6.000	103.455	1.757.143
	Exportación	97.455		
		Total	138.233	11.836.485

Fuente: Empresa Portuaria de Valparaíso.

La presencia del ferrocarril en el transporte de contenedores en el puerto de Valparaíso es mínima y ha ido disminuyendo en los últimos años según los datos informados por el Observatorio logístico del MTT hasta el año 2018. Por lo cual, la intervención inmediata de esta vía de tránsito de carga es fundamental para lograr un mejor posicionamiento a nivel nacional y mundial del puerto contribuyendo al desarrollo sostenible de éste y también habilitando un trayecto seguro para cargas pesadas y de valor.

4.4.1 PROYECTO FERROVIARIO TERMINAL INTERMODAL YOLANDA

El puerto de Valparaíso quiere aumentar el uso del ferrocarril en el puerto, por lo que dentro de los proyectos de inversión se encuentra un terminal intermodal en el sector de Yolanda en Valparaíso. Con esta inversión se proyecta el uso del ferrocarril hasta 6 veces en la ventana nocturna en que el puerto puede operar en las líneas férreas sin afectar el funcionamiento de Merval (GEODATA & CITRA S.A, 2016).

Tabla 4-3 Tráfico actual de ferrocarriles y proyecciones Puerto de Valparaíso.

	Actual	al 2020	al 2030
Carga	1	6	6
Total, de tráfico (Ida y Vuelta)	2	12	12

Fuente: Adaptado de (GEODATA & CITRA S.A, 2016).

El proyecto de estación intermodal se ubicaría en el acceso norte del puerto, como se muestra en la Figura 4.7, y contempla lo siguiente:

- Desplazamiento de las dos vías de Metro Valparaíso lado tierra (hacia el oriente)
- 3 vías de carga de 430m bajo grúas RMG/RTG
- Área de acopio de hasta 3000 TEUs aproximadamente.
- Los trenes llegan hasta el Patio Yolanda y los camiones trasladan los contenedores hasta el destino final (Terminal T1 y T2).



Figura 4.7 Diseño Estación intermodal Yolanda. (GEODATA & CITRA S.A, 2016).

A continuación, se presentan los fundamentos teóricos utilizados para el estudio y desarrollo de esta memoria.

5. FUNDAMENTO TEÓRICO

5.1 CADENA LOGÍSTICA

Según el consejo de profesionales de la administración de la cadena de suministros, la logística es “la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes” (CLM, 2004).

El puerto es un punto preponderante dentro de la cadena logística de cargas. Puede generar ventajas competitivas en su transporte y mejorar la respuesta frente a las demandas portuarias (Paredes, 2010).

Para poder responder a las nuevas demandas en los puertos se ha generado una preocupación por la producción eficiente de los servicios portuarios y de la logística del transporte internacional. Además, se ha creado mayor conciencia enfatizando que el medio ambiente, las comunidades y la ciudad son un factor determinante para las posibilidades de expansión y el crecimiento de la actividad portuaria (Doerr, 2011). Por lo que nace el concepto de sostenibilidad portuaria y desarrollo sostenible.



Figura 5.1 Cadena logística Puerto de Valparaíso. Fuente: Memoria Anual 2017 EPV.

5.2 SOSTENIBILIDAD

El desarrollo sostenible en el puerto es “el mejoramiento de la calidad de vida de las presentes generaciones, con desarrollo económico, democracia política, equidad y equilibrio ecológico, sin menoscabo de la calidad de vida de las generaciones venideras”. (AMP, 2010).

Para el desarrollo sostenible de los puertos, Doerr define cuatro dimensiones principales para la sostenibilidad en puertos, los cuales se presentan en la Figura 5.2.

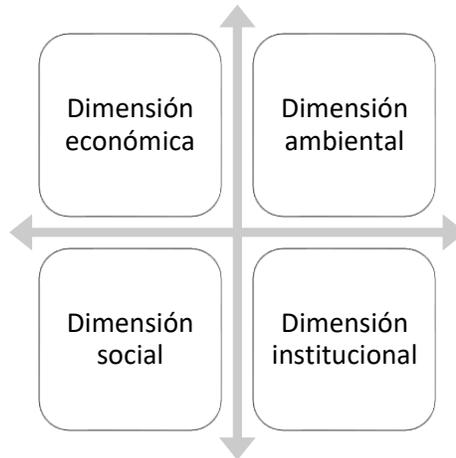


Figura 5.2 Dimensiones principales para la sostenibilidad portuaria. (Doerr, 2011).

Frente a esta mejora en la logística portuaria, el ferrocarril dentro de las cadenas integradas de transportes toma un rol mayor, debido a que, junto con el transporte marítimo, es uno de los modos de transporte con menor emisión de contaminantes y con mayor capacidad de transferencia, caracterizándose por tener un consumo energético bajo y, por ende, una mayor eficiencia. (Camarero. A y González. N, 2006).

5.3 PUERTO

Los puertos son nodos importantes dentro de la cadena de transporte de cargas, son los puntos de entrada y salida del comercio de un país, por lo cual es necesario que la relación con su zona de influencia, su infraestructura y tecnologías sean las óptimas para sustentar sus interrelaciones (Salgado y Cea , 2012) (Rúa, 2006).

Están compuestos por áreas marítimas y terrestres, ya sean naturales o artificiales, en las cuales debe poder maniobrar un buque para poder realizar el atraque de la nave al puerto (AMP, 2010).

Las actividades para las cuales debe estar preparado principalmente se muestran en la Figura 5.3.



Figura 5.3 Actividades principales de un puerto. Adaptado de (Rúa, 2006).

A continuación, se presentan los elementos básicos que permiten caracterizar los puertos.

5.3.1 INFRAESTRUCTURA PORTUARIA

La infraestructura portuaria es toda obra subterránea o estructura que directa o indirectamente se necesita para realizar las funciones principales de un puerto. Dentro de las estructuras que contempla se encuentran los canales de acceso al puerto, el área de maniobras de buques, las obras de abrigo, los elementos de señalización para la navegación, los muelles y diques, áreas abiertas de almacenamiento y vías de transporte internas del puerto (DOP, 2014) (Rúa, 2006) (AMP, 2010).



Figura 5.4 Infraestructura Puerto de Valparaíso.

5.3.2 SUPERESTRUCTURA PORTUARIA

La superestructura de un puerto está definida como la estructura que se construye sobre el nivel de terreno del puerto o sobre otra estructura según la Dirección de Obras Portuarias (DOP) del Ministerio de Obras Públicas de Chile (MOP).

Además, la gerencia de regulación marítima de El Salvador (2010), define la superestructura de un puerto como las construcciones fijas, ubicadas sobre la infraestructura de un puerto, que sirven para dar apoyo a los servicios portuarios. Dentro de ellas se contemplan los equipos portuarios, las bodegas de almacenamiento de carga general, tanques para almacenamiento de graneles líquidos, almacenes e instalaciones administrativas en general.



Figura 5.5 Grúas pórtico, Puerto de Valparaíso.

5.3.3 ZONA DE INFLUENCIA

El área de influencia de un puerto es el ámbito geográfico que abarca en la prestación de sus servicios. Contempla dos áreas importantes, el *hinterland*, que se considera la zona de influencia tierra adentro de un puerto, hacia el interior del país o región¹, en la cual se distribuye la importación y exportación. Por otro lado, el *foreland* es el área comercial externa en que un puerto distribuye sus exportaciones y atrae las importaciones, está definida por las vías de comunicación generadas por los tráficos marítimos vigentes y potenciales, incluyendo sus conexiones o puertos de transbordo (Salgado y Cea , 2012) (García y Pinto, 2003) (Guzmán, 2002).

¹ Región: Área geográfica a escala global.

5.3.4 CARGA

La carga portuaria está compuesta por los bienes, productos, mercancías y artículos de cualquier clase transportados en los buques. Pueden ser objeto de las operaciones de almacenamiento y distribución por medio del transporte (AMP, 2010) (Castellanos, 2015).

La carga se puede clasificar según su tipo como lo muestra la Figura 5.6.

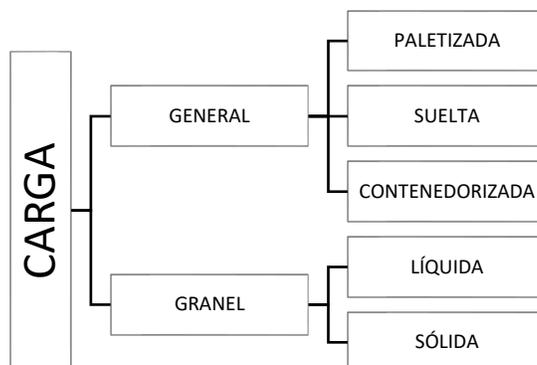


Figura 5.6 Clasificación tipo de carga. Adaptado de Ramírez, A. C. (2015).

5.4 TRANSFERENCIA INTERMODAL

Las transferencias de carga portuaria utilizan infraestructura que, debido al costo y el tiempo de vida útil, puede caracterizarse como de poca flexibilidad para aumentar en sus períodos de máxima afluencia o de alta demanda (Agostini, C Y Saavedra, E, 2013).

La transferencia intermodal es la que se realiza cuando se utilizan más de dos modos de transporte diferentes para el traslado de las cargas desde o hacia el puerto. Esta transferencia se realiza con procesos de carga y descarga, en una cadena de transporte (AMP, 2010). Este tipo de transferencia de cargas puede reducir costos y tiempos de entrega.

Con la integración del ferrocarril en la cadena logística y en el transporte intermodal que se pueda generar en los puertos, se disminuirían los tiempos de traslado de cargas y además se reduciría el impacto ambiental que generan los camiones en la logística portuaria, ayudando en el desarrollo sostenible de los puertos y su posición en el mercado mundial (Doerr, 2011).



Figura 5.7 Transferencia Intermodal.

5.5 SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

La simulación es una forma de estudiar los procesos aleatorios de un sistema para poder obtener soluciones a problemas que se generen en la realidad, a través de un modelo. Es un conjunto de métodos y aplicaciones que imitan el sistema real (E. García, H. García y L. Cárdenas, 2013).

Para entender la simulación se debe en primera instancia conocer el sistema de estudio, el cual se entiende como la organización de entidades que actúan e interactúan entre sí para la consecución de un determinado objetivo o meta. Los elementos que forman parte del sistema vienen condicionados por el objetivo del estudio que se pretende realizar, en general, vienen dados por el sistema real (García y Ortega, 2006) (Barceló, 1996).

Existen variados tipos de sistemas, los cuales pueden clasificarse bajo los siguientes aspectos fundamentales.

- **Sistemas estáticos o sistemas dinámicos:** En un sistema estático las variables de estado no varían con respecto al tiempo, en cambio en un sistema dinámico, estas pueden variar con respecto al tiempo.
- **Sistemas estocásticos o sistemas deterministas:** En un sistema estocástico existen elementos que se comportan aleatoriamente en el sistema, mientras que en uno determinista no se presentan elementos que se comporta de forma aleatoria.
- **Sistemas continuos o sistemas discretos.** En un sistema continuo las variables de estado cambian de forma constante a lo largo del tiempo, mientras que en uno discreto cambian en instantes de tiempos determinados y separados entre sí (Barceló, 1996) (García y Ortega, 2006).

Para realizar el análisis de un sistema se utilizan diferentes modelos, que corresponden a una representación sencilla, donde se ingresan solo las variables necesarias para poder analizar el objetivo del sistema real (Berger. E, Gambini. I & Velásquez. C, 2000). En la Figura 5.8 se muestran las diferentes formas en que se puede estudiar un sistema.

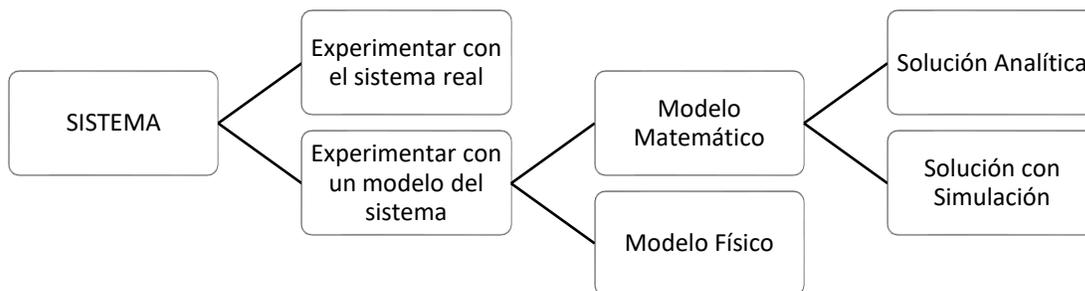


Figura 5.8 Formas de estudio de un sistema. Adaptado de (García y Ortega, 2006).

La simulación de eventos discretos consiste en relacionar los diferentes eventos que puedan cambiar el estado de un sistema de manera lógica y con estudios de probabilidad a través de la construcción de un modelo (E. García, H. García y L. Cárdenas, 2013).

Para llevar a cabo una simulación de eventos discretos se deben realizar actividades y análisis que permitan obtener mejores resultados. Las tres grandes fases necesarias para el desarrollo del modelo de simulación son el diseño del modelo, construcción del modelo y experimentación que contienen los pasos que se muestran en la Figura 5.9; los cuales pueden disminuir o aumentar dependiendo de la complejidad del sistema real.

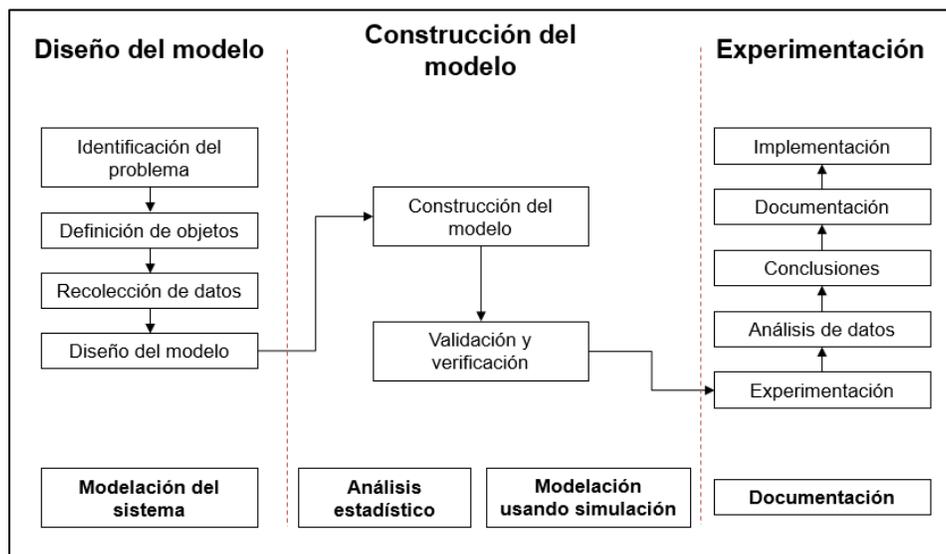


Figura 5.9 Etapas proyecto de simulación. Fuente: (E. García, H. García y L. Cárdenas, 2013).

La construcción de estos modelos de simulación de eventos discretos permite ser una herramienta para analizar diferentes escenarios y tomar las decisiones a través de un análisis estadístico para mejorar los procesos del sistema real.

5.5.1 SOFTWARE DE SIMULACIÓN

Una simulación puede probar un sinnúmero de alternativas y cambios, sin perjudicar o detener el sistema real. Puede ser utilizado ya sea para la evaluación, planeación o diseño del sistema en áreas como almacenamiento, logística, transportes, entre otras.

En la actualidad existen diversos softwares de modelación que permiten describir y analizar los sistemas reales complejos y poder ayudar en la toma de decisiones frente a diversas posibilidades de trabajo. Algunos de estos programas se describen a continuación.

5.5.1.1 SOFTWARE PROMODEL

ProModel es un software que utiliza la simulación de eventos discretos para tratar sistemas de logística, servicio, manufacturas, entre otros. Proporciona un ambiente cómodo de fácil uso y aplicación para poder optimizar sistemas reales a través de la simulación.

La creación de modelos en este software es rápida, sencilla y flexible, dando la opción de poder introducir nuevas etapas en el proceso y comprobar su optimización. Además, permite estudiar más de un proceso a la vez, lo que permite observar el comportamiento de todo el sistema. Por otro lado, cuenta con animaciones gráficas que asemejan la simulación al sistema real de estudio (Eduardo García D, Heriberto García R y Leopoldo Cárdenas B, 2013).

Con la simulación de eventos discretos a través de los modelos matemáticos que pueden implementar algunos softwares computacionales, se pueden mejorar situaciones en sistemas reales sin tener que realizar las modificaciones inmediatamente en el sistema, sino que, realizando diferentes escenarios que pudiesen mejorar la totalidad del sistema. Esto junto con la gestión de los recursos y mejora continua de los procesos permiten que un sistema pueda surgir frente a las nuevas demandas que surgen sin tener que invertir demasiado tiempo ni dinero.

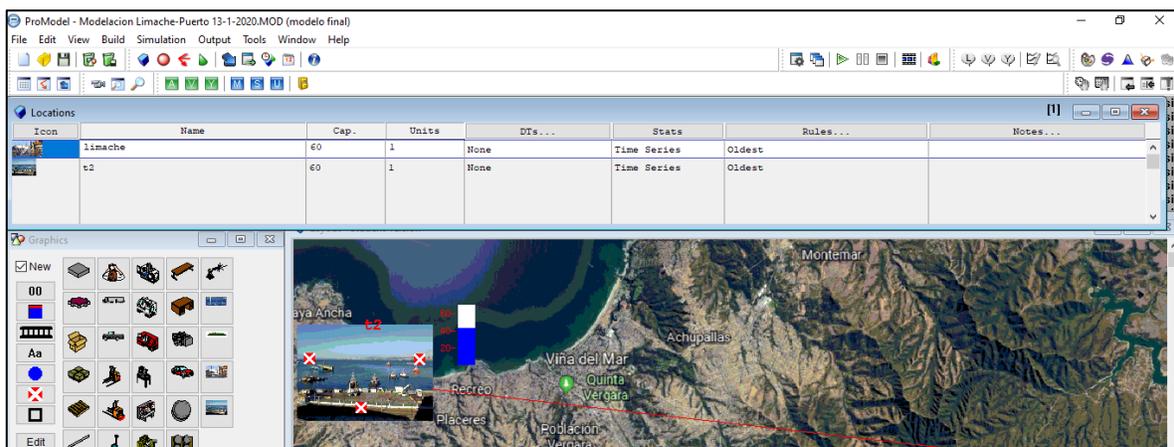


Figura 5.10 Software ProModel. Fuente Elaboración propia.

5.5.1.2 SOFTWARE ARENA

Software de simulación de eventos discretos para optimizar procesos de trabajo en base a diagramas de flujo, con gran variabilidad de áreas de desarrollo. Permite la utilización de una interfaz básica en base a programación y diagramas de flujo y otra donde se puede realizar la animación del modelo.

Permite modelar, simular, visualizar y analizar el sistema real con una animación gráfica y diferentes alternativas de trabajo.

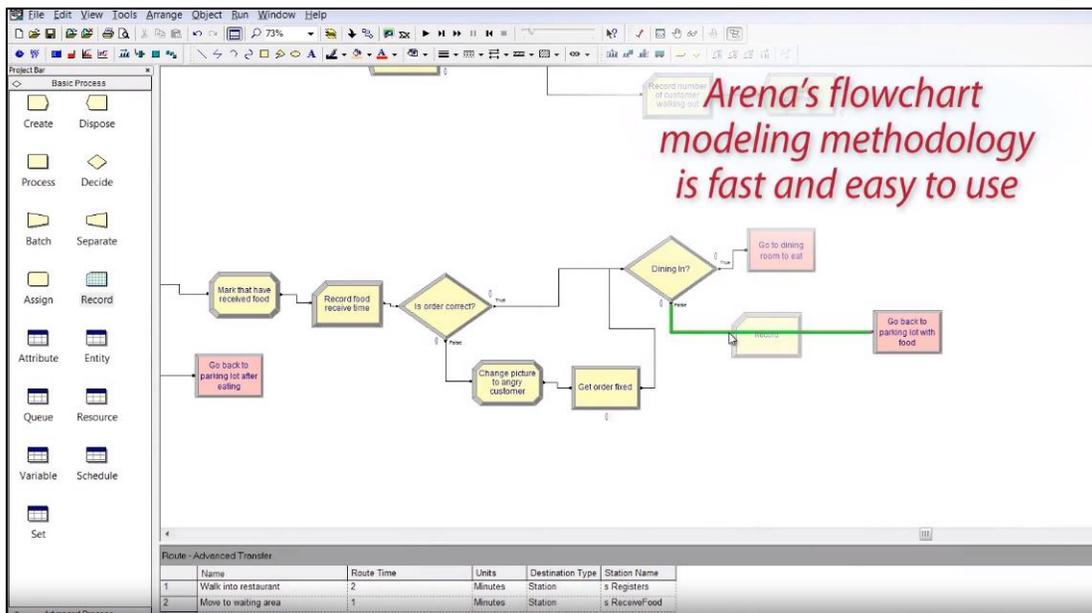


Figura 5.11 Software Arena. Fuente: <https://www.arenasimulation.com/>.

5.5.1.3 SOFTWARE PROCESS SIMULATOR

Software utilizado para el mejoramiento de procesos, en donde permite transformar diagramas de flujo estáticos en modelos de simulación dinámicos y gráficos. Este software no cuenta con grafica de animaciones para su realización.

Permite utilizar datos de Microsoft Visio y posteriormente los resultados se pueden descargar en hojas de cálculo Excel para su mejor trabajo.

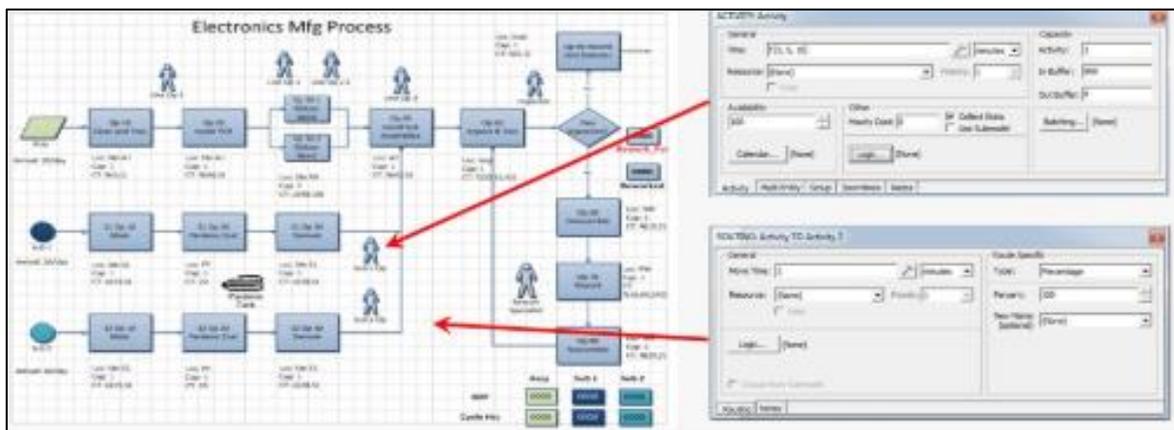


Figura 5.12 Software Process Simulator. Fuente: <http://www.simulart.cl/software-de-simulacion/software-process-simulator/>

5.5.1.4 SOFTWARE MEDMODEL

Software de simulación en 2D y 3D que permite simular y analizar Hospitales, Clínicas y Procedimientos de Trabajo en ambiente de Hospitales. Trabaja bajo la misma metodología que ProModel, de simulación de eventos discretos.

En este software se pueden simular hospitales o clínicas de salud, pudiendo estudiar el diseño de nuevos centros, reducción de tiempos de espera de pacientes, optimización de recursos, reducción de costos, rediseño de Layout y capacidad hospitalaria, entre otros.



Figura 5.13 Software MedModel. Fuente: <http://www.simulart.cl/software-de-simulacion/software-medmodel/>

Algunos casos en donde se ha utilizado la simulación de eventos discretos para la optimización de sus sistemas son los que se muestran a continuación.

- **Aplicación en sector del servicio automotor**

Hoy en día, en las industrias se necesita mejorar el uso de recurso y el funcionamiento de los procesos, reducir los costos y disminuir los riesgos que puedan generar una paralización en alguna etapa del trabajo o en toda la fabricación. Es por esto, que en la Facultad de ingeniería Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana, estudiaron la situación de empresa del servicio automotriz, tomando en consideración solamente los vehículos que ingresaban por aseguradoras para ser arreglados.

Para este modelo se consideraron 11 locaciones 29 supuestos 23 variables y 2 limitaciones con las cuales se trabajó en la simulación a través del programa ProModel. En primera instancia se analizó el sistema actual donde el tiempo de trabajo a simular era de 396 horas en el taller. Realizando esta simulación se logró determinar las locaciones en las cuales se encuentra el mayor y el menor tiempo promedio de trabajo por cada entidad, obteniendo los lugares en donde se encuentran los cuellos de botellas del proceso de reparación (J. Ceballos, J. Fernández y E. Restrepo, 2013).

Luego con la realización de un análisis de sensibilidad en el modelo se establecieron tres alternativas de solución para disminuir los tiempos muertos de algunas maquinarias o para disminuir los cuellos de botella que se formaron. Estas 3 alternativas permitieron que mejoraran los resultados del modelo y se pudiese estudiar la aplicación de estos cambios al sistema real.

- **Simulación de procesos de una empresa de confecciones.**

Se realizó el análisis del proceso productivo de una empresa de confecciones de Colombia, para identificar las partes en donde existen cuellos de botellas, los que son responsables de un atraso en el trabajo final y una menor producción de confecciones. Especialmente se trabajó con el análisis de la cadena de producción de camisas masculinas.

Se utilizaron tres etapas: la formulación del problema, el desarrollo del modelo y los experimentos de simulación. Primero se analizó la situación actual en donde se producían 40 unidades semanales en la fábrica, en donde se utilizaban 22 máquinas y 26 empleados para la fabricación. A través de la simulación en el software Arena, se realizó la simulación actual en donde se detalló que existe una estación que genera retrasos en el sistema general; para lo cual se simuló que al agregar una máquina única para recibir las camisas terminadas permitiría una mayor disponibilidad de productos posteriores, evitaría el cuello de botella que se produce en el sistema real y disminuirá el tiempo promedio del sistema (P. Sánchez, F. Ceballos y G. Sánchez, 2014).

5.6 NORMA ISO 9001:2015, SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

Un sistema de gestión de calidad es un conjunto de normas o de estándares que permiten a cualquier organización planear, ejecutar y controlar, de manera continua, las actividades necesarias de un proceso o de toda la empresa, para mejorar la calidad de sus servicios, la utilización de sus recursos y así, poder satisfacer las necesidades del cliente (ISO, 2015).

La Organización Internacional de Normalización (ISO por sus siglas en inglés), es la encargada de inspeccionar la creación de estas normas desde el año 1987, empezando en

el área de ingeniería mecánica, y posteriormente ampliando su aplicación a los demás sectores empresariales, combinando los estándares internacionales de más de 160 países (T. Fontalvo y E. De La Hoz, 2017).

La norma ISO 9001:2015, fue creada estratégicamente para ayudar a las organizaciones a mejorar el desempeño global y ayudar a la empresa en las iniciativas de desarrollo sostenible. Esta norma en particular se enfoca en los procesos a través del ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) y en el pensamiento basado en riesgos (ver Figura 5.14); con lo cual permite asegurarse que los procesos cuenten con los recursos necesarios, tengan una gestión adecuada y se generen mejoras continuas en el desarrollo global de un proyecto, la organización o una empresa (ISO, 2015).

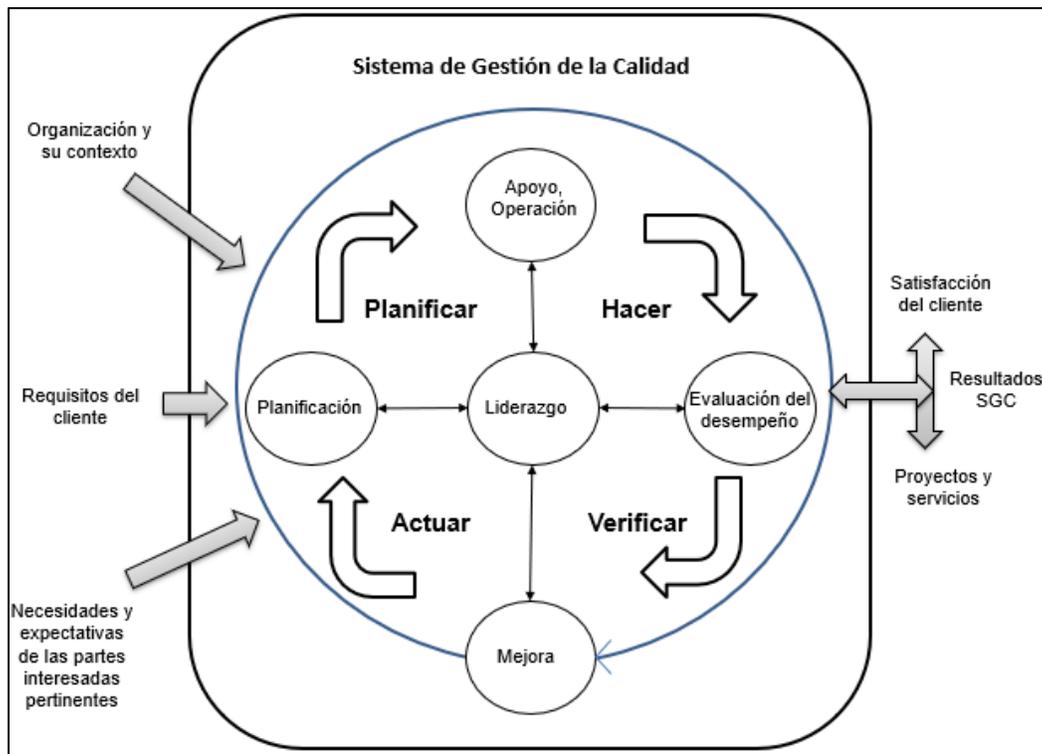


Figura 5.14 Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar. Fuente: (ISO, 2015).

Es por esto, que las normas de calidad ISO, son la influencia para pequeñas, medianas y grandes empresas para mejorar sus procesos internos y servicios, con una gestión continua dentro de la organización, para alcanzar la excelencia de sus servicios y quedar mejor posicionados frente a sus clientes. Algunos casos de éxito de implementación de la norma se muestran a continuación.

5.6.1 EMPRESA MACRO INGENIEROS (CHILE)

Empresa dedicada a la entrega de servicios y soluciones de ingeniería y logística utilizaron la implementación de la norma ISO 9001:2015 como una oportunidad de estructurarse y poder enfocarse en la necesidad de sus clientes. Sus objetivos fueron la identificación de costos de la no calidad y la mejora continua para llegar a la excelencia en la operatividad (UOC, 2015).

La implementación se realizó en etapas, donde en primera instancia se enfocaron en las debilidades de su gestión y luego desarrollaron nuevos procedimientos con el compromiso y respaldo de la gerencia y creando un equipo encargado. Esto consiguió el ordenamiento de los trabajadores, estandarización de los procesos internos y mejoras en la producción, lo cual mejoraba el enfoque en sus clientes (UOC, 2015).

5.6.2 MEDIA NETWORKS (PERÚ)

Esta empresa que provee servicios de televisión genera contenidos de publicidad a empresas y operadores de todo el mundo, contaba con elevados números en las horas de trabajo para gestionar las acciones dentro de los procesos.

Para poder implementar la norma y mejorar su situación, primero realizaron una valorización de su problema donde encontraron que a partir de su baja productividad en horas de trabajo sus sistemas de gestión se realizaba mayormente manual y provocaba el descontrol y poca comunicación entre los trabajadores. Además, no se desarrollaba un seguimiento por procesos en cada trabajo, por lo que no existía documentación ni estadísticas (UOC, 2015).

Con estos problemas identificados, Media Networks generó la automatización del sistema de gestión, aplicando módulos a través de programas informáticos rápidos y sencillos con gestor de documentos (UOC, 2015).

Esto generó la disminución en el tiempo de los procesos y, por ende, en las horas de trabajo para cada cliente, entregando los servicios de manera más oportuna.

5.6.3 RED DE INVESTIGACIÓN RENAL ESPAÑOLA DE BIOBANCOS

Los biobancos son centros de recursos biológicos que recogen, almacenan y distribuyen material biológico y sus datos. La certificación de los biobancos según la ISO 9001 permite mejorar la satisfacción del cliente y la mejora continua de procesos. En el caso de la red de biobancos de investigación renal española comenzó con la identificación y el análisis de los procesos primario del biobanco a través de encuesta sobre la gestión y procesamiento del sistema, aplicada en una forma de auditoría interna. Además, se realizó un análisis de los resultados de cantidad de muestras que entregaba el biobanco antes y después de la implementación de la norma (M. Cortés, E. Irrazabal, A. García-Jerez, L. Bohórquez-Magro et al., 2014).

En las mediciones realizadas en el primer período (sin norma ISO 9001) se indicaba una baja productividad, con un porcentaje de muestras procesadas de un 25%, con esto, se identificó los inconvenientes presentes en el proceso y se generaron las acciones

correctivas desde creación de formularios de localización hasta segregación de funciones de los trabajadores. Se crearon puntos de control dentro de las fases críticas del proceso que ayudan a la verificación rápida y eficaz de las muestras.

Tras evaluar la mejora continua de la actividad durante varios meses se logró reducir el 70% del tiempo destinado al proceso, además se presentó un aumento en la puntuación global del proceso con una mejora del 25%. Por otra parte, al analizar las muestras procesadas, se observó que aumentó un 200% el número de muestras por periodo medido (M. Cortés, E. Irrazabal, A. García-Jerez, L. Bohórquez-Magro et al., 2014).

Esto generó además de una mejor productividad del biobanco, una mayor organización del personal y eficiencia de éste.

5.6.4 APS GROUP.

Empresa líder en los servicios de diseño, ya certificada por la ISO 14001, se certifica bajo la norma ISO 9001 para formalizar los sistemas de calidad con los que trabaja y así poder seguir ayudando a sus clientes a que sus trabajos dañen en la menor cantidad al medio ambiente (BSI Group, 2018).

La implementación de ISO 9001 permitió que la empresa funcione de una manera más disciplinada, manteniendo la calidad de siempre pero ahora con sistema más disciplinado con el cual se trabaja.

Las ventajas que obtuvieron con la implementación de la norma fueron ventaja competitiva, mejor desempeño comercial y menor riesgo comercial, mejora de la reputación de la marca y eliminación de los obstáculos al comercio, operaciones optimizadas y desperdicio reducido, comunicación interna mejorada y mayor satisfacción del cliente (BSI Group, 2018).

Con los antecedentes y conceptos claves presentados, se puede dar inicio al desarrollo de la metodología para el cumplimiento de los objetivos de esta memoria de título.

6. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este proyecto de título se utilizó como base las etapas de un proyecto de simulación establecidas por García y Cárdenas en el libro "Simulación y análisis de sistemas en ProModel, las cuales se adecuaron en base a este trabajo y se muestran en la Figura 6.1.

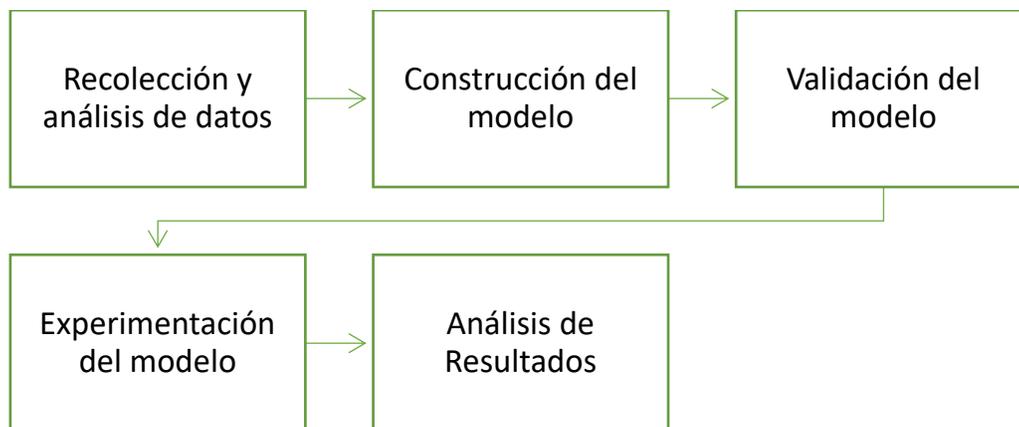


Figura 6.1 Metodología del proyecto de título. Elaboración propia.

6.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para iniciar el desarrollo de la memoria de título se recopiló información de la forma de trabajo de la estación de ferrocarril que utiliza el Puerto de Valparaíso actualmente. Se identificaron las entidades que intervienen, el sistema logístico que se utiliza, distancias del recorrido, infraestructura y recursos disponibles y los tiempos aproximados de carga y descarga de ferrocarril. A demás se recolectó información de cantidades de carga que se han movilizadas por ferrocarril en el año 2016, para ello se realizaron entrevistas vía correo electrónico, reuniones presenciales y consultas con representantes de EPV, EFE, Merval, Aduanas y FEPASA, pudiendo abarcar todas las visiones y recolectar la mayor información sobre la operación del ferrocarril en el puerto de Valparaíso.

6.2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Luego de recabar la información sobre el modelo logístico del ferrocarril se construyó un diagrama de procesos el que permitió tener la visión preliminar de la situación actual. Con esto se identificaron las partes iniciales del modelo, entidades, localizaciones, recursos y variables necesarios para construir posteriormente el modelo adaptado del sistema real.

6.3 VALIDACIÓN DEL MODELO

Con el modelo construido se ingresaron los datos recolectados de tiempo en cada estación, de carga y descarga, atribuidos a la verificación de la documentación y las distancias del trayecto. Con las estadísticas obtenidas del modelo se realizó la validación de éste, observando que los tiempos del trayecto total del ferrocarril fuera similar a los del sistema real actual (año 2016).

6.4 EXPERIMENTACIÓN DEL MODELO.

Luego de verificar el modelo, se puso a prueba bajos diferentes escenarios. En primera instancia se generó un escenario con utilización de 30, 45 y 60 carros para exportación e importación. Además, se generaron otros escenarios variando el tiempo de fiscalización del ferrocarril cuando llega al Terminal 2. Con esto se observó el comportamiento del ferrocarril en diferentes casos y si este cumple o no cumple el servicio de manera óptima para el puerto de Valparaíso.

6.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Con la experimentación del modelo y los resultados arrojados en ProModel, se generó un diagnóstico inicial del sistema real del ferrocarril, además de recomendaciones y mejoras que se puedan agregar al sistema existente para poder ser contabilizado como transporte importante en el Puerto de Valparaíso.

7. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 SITUACIÓN ACTUAL

Como anteriormente se mencionó, en la actualidad el Puerto de Valparaíso transfiere menos del 1% de su carga a través del ferrocarril, y la mayor parte de esta es carga fraccionada. El último registro de carga con el que se cuenta es parte de año 2016 luego del impulso a este medio que brindó el Ministerio de Transportes, Empresa Portuaria de Valparaíso y Empresa de Ferrocarriles del Estado.

El movimiento de carga contenedorizada a través del ferrocarril disminuyó desde el año 2016 hasta ahora. A través de la investigación realizada Fepasa informó que hoy en día no se cuenta con transporte de contenedores en el Puerto de Valparaíso.

7.1.1 CARGA

El año 2016 el Puerto de Valparaíso transfirió 8.466.721 toneladas de carga contenedorizada, equivalente a 884.030 TEUS; donde el ferrocarril transportó 139.538 toneladas entre Valparaíso y Santiago. Con la ayuda de EFE y EPV, se obtuvo los registros del uso de ferrocarril desde mayo del 2016 hasta enero de 2017 (**Anexo 1**), donde se pudo evidenciar que el uso de este se realiza una vez al día (ida-vuelta) y sin un itinerario establecido.

En la Tabla 7-1 se encuentra el resumen global de la carga movilizada en TEUS entre los meses de mayo a diciembre del 2016, en un total de 49 días trabajados.

Tabla 7-1 TEUs transferidos por ferrocarril en el Puerto de Valparaíso año 2016.

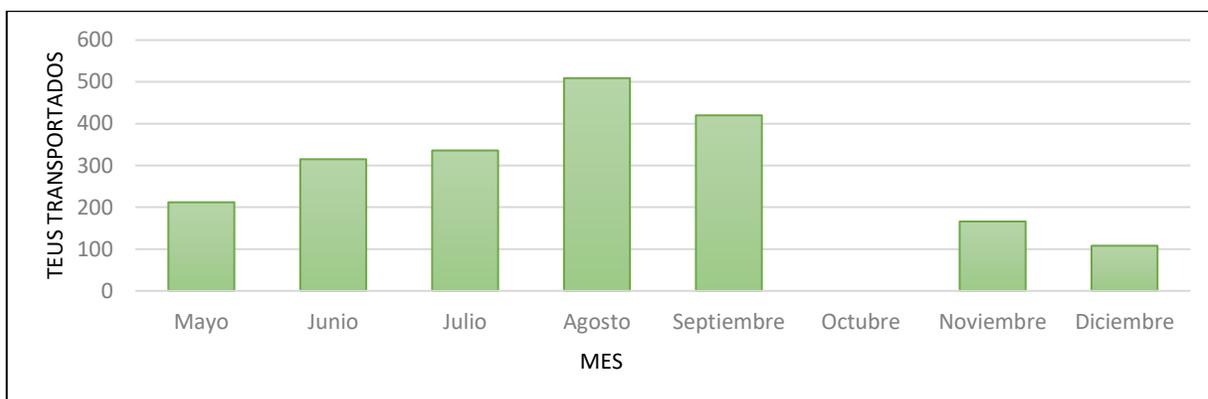
Mes	Días trabajados	TEUS Transportados	TEUS Exportados	TEUS Importados
Mayo	4	212	106	106
Junio	8	315	95	220
Julio	6	336	133	203
Agosto	13	509	176	333
Septiembre	10	420	85	335
Octubre	0	0	0	0
Noviembre	4	166	0	166
Diciembre	4	108	108	0
Total	49	2066	703	1363

Fuente: Registro de EFE Y EPV, elaboración propia.

Durante estos siete meses de registro, se transportaron 2066 TEUS, con un peso promedio de 23 toneladas, donde el promedio diario es de 36 TEUS por viaje (exportación e importación). Además, se observa que en el mes de septiembre 12 TEUS de exportación no se cargaron al ferrocarril por motivos no descritos.

A continuación, en el Gráfico 7-1 se puede observar la cantidad de TEUS transferidos por mes durante los meses de mayo a diciembre del año 2016.

Gráfico 7-1 Transferencia de TEUS por ferrocarriles en Puerto de Valparaíso 2016.



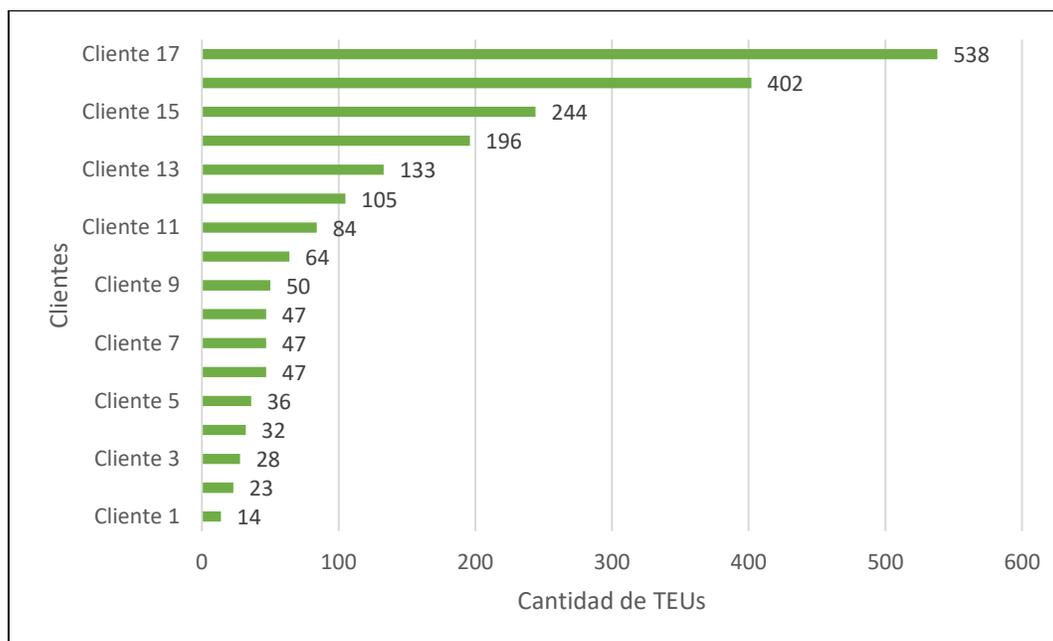
Fuente: Registro de EFE Y EPV, elaboración propia.

En el mes de agosto se realizaron 13 viajes con un total de 509 TEUS transportados, siendo el mes con mayor movimiento de contenedores y mayor utilización del ferrocarril. Además, se observa que el ferrocarril se utiliza mayormente para el transporte de contenedores de Importación.

Fue necesario considerar que la carga que se puede mover en ferrocarril al puerto de Valparaíso el día de hoy tiene que ser carga que no tenga fiscalización de ningún tipo, ya que la infraestructura del lugar de descarga en el puerto no cuenta con las condiciones necesarias para realizar fiscalizaciones; por lo que, si en algún caso la carga presentara necesidad de fiscalización al llegar a puerto, esta debe ser enviada a Zeal o ser revisada en puerto, lo cual significa costos extras para el cliente.

Según los datos entregados en el periodo estudiado, se movilizó carga de 17 clientes distintos. En el Gráfico 7-2 se observa la cantidad de TEUs por clientes, quienes transportan desde útiles de aseo y oficina hasta vino, elementos de construcción, muebles y alimentos.

Gráfico 7-2 Clientes ferrocarril v/s TEUs transportados.



Fuente: Elaboración propia.

Debido a la poca data de viajes y de la variabilidad que se presenta en cada mes, se considera una distribución uniforme en el arribo de los contenedores para ser utilizado en la modelación en ProModel.

7.1.2 INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA

El uso del ferrocarril en el puerto de Valparaíso está a cargo del porteador FEPASA quien cuenta para su uso en este trayecto con una locomotora con velocidad máxima de 40 – 45 [km/h] y 34 carros que permiten un peso máximo de 48 toneladas cada uno. La longitud del ferrocarril es de 430 [m] aproximadamente y puede transportar un máximo de 68 TEUs (CITRA, 2010).

El trayecto Santiago (Alameda) – Limache comprende un recorrido de 143 [Km] en donde es necesario considerar algunas interferencias que pueden disminuir las capacidades del tren como lo es el túnel Matucana que limita la altura del ferrocarril.

En el trayecto Limache – Puerto se considera un recorrido de 43 [Km] que está a cargo de Merval, empresa que permite el paso del ferrocarril de carga en una ventana de 6 horas entre las 00:00 hasta las 06:00 [Hr]. Además, esta vía cuenta con restricciones de altura debido al trayecto bajo nivel en Viña del Mar.

7.1.3 LOGÍSTICA ACTUAL DEL SISTEMA FERROVIARIO.

Para describir el sistema logístico del ferrocarril en el puerto de Valparaíso, se obtuvo la información a través de entrevistas con personal de EFE, Merval y EPV. Se trató de contactar con personal de Fepasa, el cual no entregó información, ya que hoy en día no trabajan en el trayecto estudiado con carga contenedorizada.

El recorrido del ferrocarril comienza en estación Alameda, Santiago, donde llegan los contenedores para su exportación. Cuando está cargado el ferrocarril, se envía información de contenedores, carros y locomotoras a EFE a través de fotografías o vía telefónica, lo cual retrasa la partida del recorrido.

Una vez autorizada la salida por parte de EFE, el ferrocarril recorre las estaciones hasta llegar a estación Limache, donde comienza Línea férrea de Merval. Aquí debe esperar por la revisión de parte de Merval a través de su Check List.

Es en este trayecto donde el ferrocarril solo puede operar durante 6 horas. En el trayecto de Santiago a Limache, la comunicación y entrega de información entre EFE, Fepasa y Merval, es lenta y a veces no existe; por lo que en ocasiones el ferrocarril no puede ingresar a líneas de Merval por no contar con la documentación de los carros y cargas o por algún problema físico del ferrocarril.

Según informó Merval el ferrocarril puede llegar a las 23:30 [Hr], media hora antes de que empiece la ventana horaria, donde el ferrocarril cuenta con una previa fiscalización de los carros y carga por parte de ellos (ver **Anexo 2**). Una vez realizada la revisión de carros y carga continúa hacia puerto, hasta llegar al terminal 2, donde se genera la fiscalización respectiva de la carga antes de ser embarcada, se descarga en camiones para su trayecto al terminal 1 y su posterior embarque. En esta etapa del trayecto no se cuenta con información exacta de tiempos de carga y descarga del ferrocarril y tampoco sobre los tramites sanitarios y aduaneros necesarios para ingresar los contenedores al puerto.

Luego de esto, se cargan los contenedores de importación que se dirigen a Santiago. El ferrocarril abandona las líneas de Merval cerca de las 05:45 horas, justo a tiempo antes de que empieza la operación del metro de Valparaíso.

7.2 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Con los datos ya identificados se comienza la construcción del modelo del sistema actual en ProModel. Para esto en primera instancia se realiza un diagrama de proceso desde Alameda al Puerto de Valparaíso el cual se presenta en el **Anexo 3**. Tomando en consideración los datos recabados.

El modelo solo se centró en el trayecto de Limache a Puerto, ya que es aquí donde se produce restricción horaria para la operación del ferrocarril de carga, debido al uso de líneas férreas del metro de pasajeros Merval. El ferrocarril tiene 6 horas para poder operar en este trayecto. El diagrama de procesos del trayecto de Limache a Puerto se muestra en la Figura 7.1 y Figura 7.2.

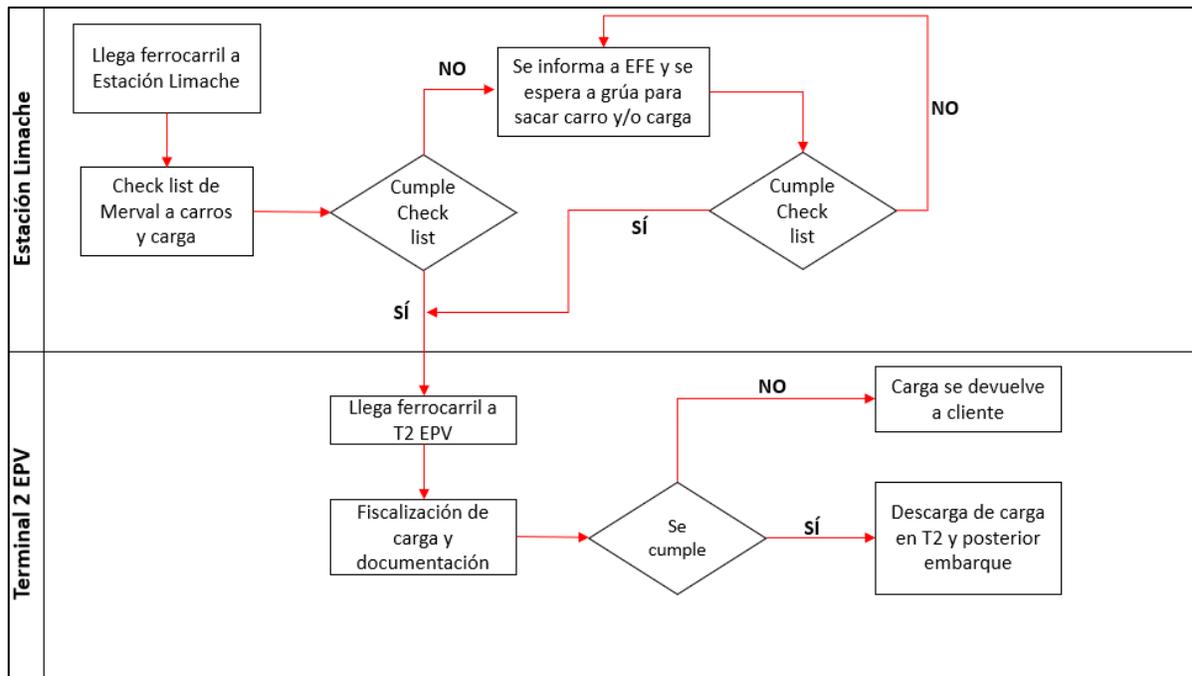


Figura 7.1 Diagrama de procesos Estación Limache-Terminal 2 EPV. Fuente: Elaboración Propia.

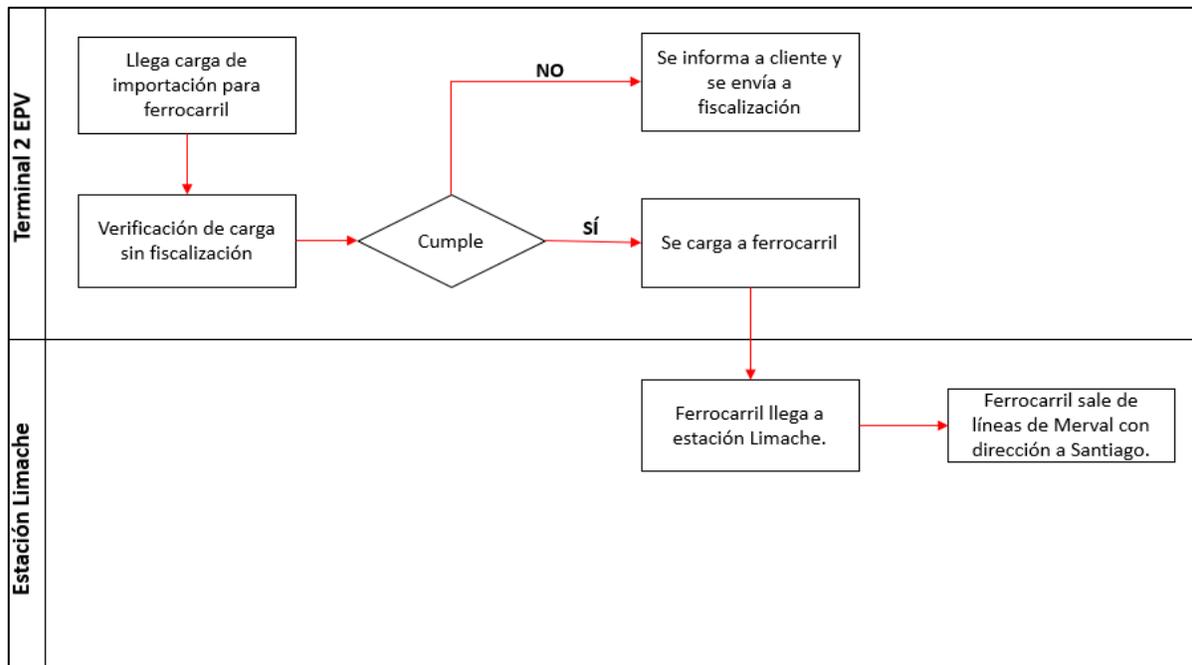


Figura 7.2 Diagrama de procesos Terminal 2 EPV- Estación Limache. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez realizado el diagrama de proceso se procede con la definición de entidades, recursos y locaciones del modelo.

7.2.1 LOCACIONES

Para la simulación se establecieron dos locaciones, Estación Limache y Terminal 2 las cuales se presentan en la Figura 7.3.

Locations			
Icon	Name	Cap.	Units
	limache	60	1
	t2	60	1

Figura 7.3 Definición de locaciones en software ProModel. Elaboración propia.

Ambas entidades trabajan en el modelo con la misma capacidad de 60 TEUS, transporte máximo que se puede generar en un viaje debido a la cantidad de carros que se encuentra disponibles en este recorrido.

7.2.2 ENTIDADES Y ARRIBOS

Se consideró como entidades, contenedores de exportación e importación, los cuales tienen como características físicas las de un TEU, es decir, 2,6 [m] de alto, 6,1 [m] de largo y 2,4 [m] de ancho.

Para el arribo de los TEUs a las locaciones se considera una distribución uniforme discreta debido a que la falta de datos no permite realizar un análisis profundo a la llegada de los contenedores en estas estaciones y se consideran los promedios de TEUs transportados para exportación e importación el año 2016 como lo muestra la Figura 7.4.

Entities			
Icon	Name	Speed (mpm)	Stats
	cont_expo	50	Time Series
	cont_imp	50	Time Series

Figura 7.4 Definición de entidades en software ProModel. Elaboración propia.

El arribo de los contenedores de importación se realiza en la estación T2 y los arribos de los contenedores de exportación se realizan en la estación de Limache. Ver Figura 7.5.

Arrivals					
Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency
cont_expo	limache	1	0	15	U(2,3)min
cont_imp	t2	1	120	21	U(2,3)min

Figura 7.5 Definición de llegadas de entidades en software ProModel. Elaboración propia.

7.2.3 RECURSOS

El ferrocarril es el recurso dinámico por utilizar en la modelación (Figura 7.6), el cual ingresa en estación Limache para realizar el transporte de contenedores. La velocidad de trabajo del ferrocarril es la mínima con la cual puede trasladarse en la vía, de 40 [Km/Hr] y la distancia a recorrer entre las dos estaciones es de 43 [Km]. También se utilizó un recurso estático en la estación T2 llamado fiscalizador puerto, el cual engloba el tiempo que demora la fiscalización, descarga y carga del ferrocarril.

Icon	Name	Units	DTs...	Stats	Specs...
	ferro	1	None	By Unit	linea_ferro, N1
	fiscalizador_puerto	1	None	By Unit	No Network

Figura 7.6 Definición de recursos utilizados en software ProModel. Elaboración propia.

Con estos datos definidos se observa el modelo en ProModel como lo muestra la Figura 7.7.

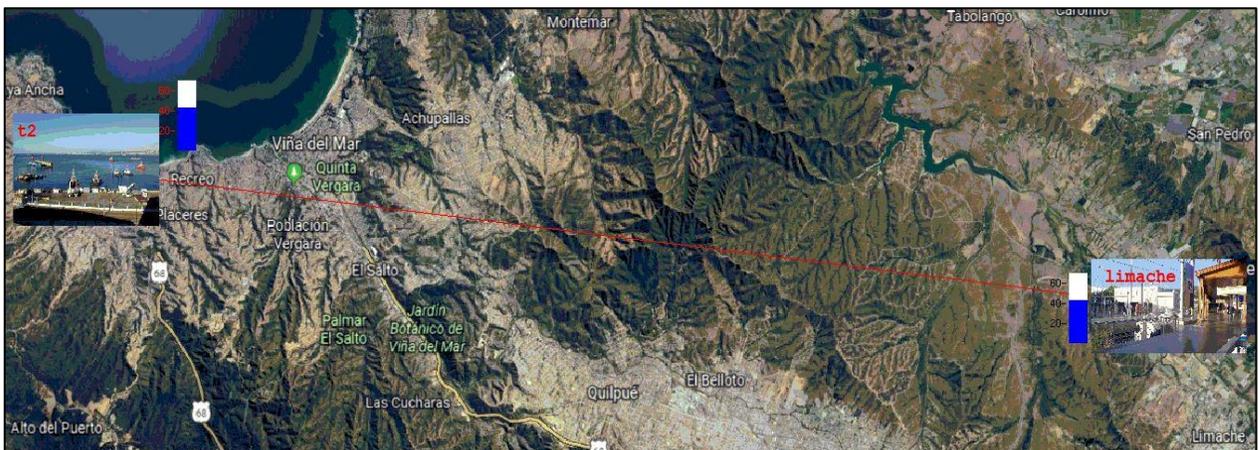


Figura 7.7 Modelo actual Ferrocarril Estación Limache - Terminal 2 en ProModel. Elaboración Propia.

7.3 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO EN SITUACIÓN ACTUAL

Una vez definida las locaciones, recursos, entidades y arribos; se realizó la construcción del proceso de trabajo para la simulación del sistema actual, en el cual se consideró lo siguiente.

- Se utilizó comando GROUP/UNGROUP de ProModel, para generar la carga de los contenedores en el ferrocarril,
- Se considera una espera de 30 minutos del ferrocarril en Limache debido a Check List carguero realizado por Merval antes de ingresar a sus vías,
- Una distancia de 43 [Km] entre estación Limache y Terminal 2,
- Al no existir tiempos de carga y descarga en terminal 2, se estable un tiempo aproximado de 2,5 horas para la fiscalización en puerto de la carga, descarga de TEUs y carga de TEUs de importación al ferrocarril, según la información obtenida en entrevistas,
- Se consideró el arribo de cada TEUs con una distribución uniforme discreta de mínimo 2 min y máximo 3 minutos, y
- Se utilizan datos promedios de TEUs transportados en año 2016 para arribos de importación y exportación.

A continuación, en la Tabla 7-2, se presentan los datos obtenidos por el modelo en ProModel con los datos existentes y en el **Anexo 4** se encuentra los comandos realizados en el modelo.

Tabla 7-2 Datos de modelación en ProModel Situación Actual.

Simulación actual		
Tiempo de simulación [Hr]	6,11	
TEUs Exportación	15	
TEUs Importación	21	
Locaciones	Estación Limache	Terminal 2
Total de entidades ingresadas	17	23
Tiempo promedio por entidad [min]	16,88	17,92
Utilización [%]	1,3	1,87
Recurso Ferrocarril		
Nº veces utilizado	2	
Tiempo promedio por uso [min]	154,47	
Utilización [%]	84,21	
Entidades	C. Exp	C. Imp
Tiempo promedio en sistema [min]	111,59	226,95
Tiempo promedio de espera [min]	17,13	12,49
Tiempo promedio en operación [min]	30	150
Tiempo en Espera [%]	15,35	5,5
Tiempo en operación [%]	26,88	66,09

Fuente: Elaboración propia.

Al correr el modelo con los datos existentes, se obtiene un tiempo total de 6 horas y 6 minutos. Teniendo en cuenta que el tiempo real del trayecto varía entre 5 y 6,5 horas, se considera que el modelo es viable. Esto, considerando que los datos ingresados de tiempo utilizado en Check List y fiscalización son sugeridos según lo obtenido en las entrevistas con personal de Merval, EFE y EPV.

Se obtiene que el total de entidades ingresadas a cada locación es de 17 en Estación Limache y 23 en Terminal 2, esto es mayor a las entidades trabajadas, debido a la forma de operar el comando GROUP, pero no interfiere en los resultados a estudiar.

Además, se observa que el tiempo promedio de viaje del ferrocarril en el sistema es de 154,47 [min], este valor se obtiene al considerar la utilización del recurso en el tiempo total de la simulación.

Por otra parte, se observó que el porcentaje de tiempo en operación en el sistema para cada contenedor de exportación es de 26,88%, y para contenedor de importación un 66,09%. Esta diferencia se debe mayoritariamente al tiempo en transporte por el ferrocarril en el caso de los contenedores de importación.

Estos son algunos de los datos que se pretenden mejorar con cambios en el sistema actual.

7.4 EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DEL MODELO

Para la experimentación del modelo, se generaron cambios en la logística utilizada en el sistema actual, las cuales se presentan a continuación.

De la modelación actual se mantuvo el comando a utilizar para generar la carga y descarga del ferrocarril, la ventana de restricción horaria en el trayecto de Merval, el tiempo de fiscalización utilizado por Merval, la distancia entre las dos estaciones y la distribución uniforme discreta utilizada para el arribo de cada TEU.

Para realizar la experimentación del modelo se modificó las cantidades de carga de exportación e importación, considerando la carga promedio actual, 30, 45 y 60 contenedores cargados. Esto tomando en consideración la cantidad de carros disponibles en el trayecto y la capacidad de cada uno.

Además, se varía el tiempo de fiscalización utilizado en Terminal 2, considerando las acotaciones entregadas en las entrevistas con EFE y EPV, sugiriendo la disminución de este dato hasta de 1 hora; por lo cual se utilizan tiempos de fiscalización de 2,5; 2,0; y 1,5 [Hr] en esta etapa.

Con los cambios ingresados al modelo, se generan once modelaciones diferentes, en las cuales se varía la cantidad de contenedores transportados hasta ocupar el máximo de carros existentes, y también se varía el tiempo de fiscalización en terminal 2.

A continuación, en la Tabla 7-3 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en los modelos de experimentación que se realizaron, junto con los datos de la simulación situación actual.

Tabla 7-3 Resultados experimentación del modelo en ProModel.

N°	Cantidad de TEUs		Tiempo de Fiscalización en T2 [Hr]	Tiempo de simulación [Hr]	% Utilización Ferrocarril	% Tiempo en espera C. Expo.	% Tiempo en espera C. Impo.	% Tiempo en operación C. Expo.	% Tiempo en operación C. Impo.
	Expo.	Impo							
1	15	21	2,5	6,11	84,21	15,35	5,5	26,88	66,09
2	15	21	2	5,61	82,81		6,34		60,93
3			1,5	5,11	81,13		7,48		53,91
4	30	30	2,5	6,67	77,17	22,09	14,55	24,74	59,77
5			2	6,17	75,32		16,52		54,3
6			1,5	5,67	73,15		19,12		47,13
7	45	45	2,5	6,98	73,8	32,31	14,65	21,5	59,7
8			2	6,48	71,78		16,63		54,23
9			1,5	5,98	69,42		19,24		47,05
10	60	60	2,5	7,51	68,52	39,84	22,41	19,1	54,27
11			2	7,01	66,28		25,14		48,7
12			1,5	6,51	63,69		28,62		41,59

Fuente: Elaboración propia.

Nota: (*) datos de modelación sistema real y experimentación.

Dentro de los modelos realizados, se obtuvo que el modelo con un menor tiempo de simulación fue el N°3 con 5,11 [Hr], el cual considera una carga promedio de contenedores y un tiempo de fiscalización de 1,5 [Hr]. Por otra parte, el modelo con mayor tiempo de simulación fue el N° 10 con 7,51 [Hr], el cual consideró un tiempo de fiscalización de 2,5 [Hr] y 60 TEUs transportados en cada viaje.

Otro resultado estudiado de la modelación fue el porcentaje de utilización del ferrocarril en el sistema, el cual disminuye a medida que se aumenta la carga en cada viaje. Por otro lado, al considerar una misma carga, los que registran un tiempo de fiscalización menor, tienen una utilización menor del ferrocarril.

Al analizar los datos de porcentaje de tiempo en espera de los contenedores de exportación, se observa que a medida que se aumentan los contenedores de exportación en la carga del ferrocarril, este valor aumenta; pero no varía según el tiempo de fiscalización.

En el caso del porcentaje de tiempo de espera en contenedores de importación, estos varían según la cantidad de contenedores y el tiempo de fiscalización. Si se mantiene la misma cantidad de contenedores cargados, el mayor porcentaje de espera se obtiene con un mayor tiempo de fiscalización. Por otra parte, si se mantiene el tiempo de fiscalización y se varía la cantidad de contenedores de importación, el mayor porcentaje de espera se registra con una mayor cantidad de contenedores cargados.

En el caso del porcentaje de tiempo en operación por contenedor de exportación solo varía por la cantidad de contenedores a transferir, teniendo un mayor porcentaje de operación los modelos con transferencia de menor cantidad de contenedores.

En este mismo dato, los contenedores de importación tienen un comportamiento distinto, se puede observar que varían según tiempo de fiscalización y cantidad de contenedores. Se observa que los casos con menor tiempo de fiscalización obtienen menor tiempo en operación.

Otros datos analizados se encuentran en el **Anexo 5** donde al revisar el comportamiento en las locaciones, se observa que en terminal 2 a medida que disminuye el tiempo de fiscalización, disminuye el tiempo promedio por contenedor que llegan a la locación, sin embargo, con una mayor cantidad de TEUs de carga, este valor aumenta. Por esto el porcentaje de utilización del terminal 2 en el sistema aumenta con el aumento de contenedores.

El tiempo promedio por uso del ferrocarril no varía en el modelo por cantidad de contenedores transferidos, pero si se ve influenciado por el tiempo de fiscalización, ya que en terminal 2 debe esperar la fiscalización para poder descargar contenedores de exportación y cargar los contenedores de importación.

Considerando la ventana horaria de 6 horas en las líneas de Merval (00:00 AM – 06:00 AM) y el ingreso del ferrocarril con antelación a Estación Limache (23:30), con un total para la operación de 6 horas 30 minutos, los modelos N° 4, 7, 10 y 11 no son viables, debido a que se encuentran fuera del rango de la ventana horaria.

7.5 PROYECCIÓN DE DATOS

Para esta proyección se consideró el promedio de TEUs transferidos en el Puerto de Valparaíso en el año 2016 por mes, obtenidos de la base de datos del Observatorio Logístico del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.

Si se considera las diferentes cantidades de carga proyectadas, donde el ferrocarril trabajara 20 días al mes (lunes a viernes), se obtiene la siguiente información:

Tabla 7-4 Proyección de transferencia de TEUs mensuales por ferrocarril.

TEUs de Exportación	TEUs de Importación	Cantidad de TEUs por viaje	Días trabajados por mes	Total de TEUs mensuales ferrocarril	Carga mensual PV ^{*2}	% de transferencia de PV mensual
15	21	36	20	720	180293	0,399
30	30	60	20	1200	180293	0,666
45	45	90	20	1800	180293	0,998
60	60	120	20	2400	180293	1,331

Fuente: Elaboración propia.

^{*2} Datos de Observatorio Logístico, Puerto de Valparaíso, MTT

Se observa que, al proyectar los datos el ferrocarril solo logra transportar el 1,3% del total de la carga transferida en el puerto mensualmente. Esto aún está por debajo de la meta aspiracional del MTT del 30%.

Se debe considerar igualmente, que solo se está tomando datos de carga contenedorizada. En la actualidad la carga está compuesta por carga contenedorizada y carga suelta o fraccionada, por lo que la cantidad de carros dispuestos en el trayecto se comparten entre los dos tipos de carga.

Con los resultados del modelo analizados y la información obtenida en cada reunión con agentes que intervienen en la operación del ferrocarril en el Puerto de Valparaíso; se procede a realizar algunas recomendaciones que puedan ayudar a mejorar el sistema real.

8. RECOMENDACIONES

Con el modelo de simulación, validado experimentado y analizado; y con la información obtenida en las diferentes entrevistas, se generó una serie de recomendaciones al sistema actual del ferrocarril de carga en el Puerto de Valparaíso, con la idea de ayudar en la mejora de la logística y organización en el transporte de contenedores.

Los principales problemas se deben mayoritariamente a la dificultad de comunicación entre las partes que intervienen en el sistema ferroviario, lo cual genera una demora en la fiscalización y recopilación de información de carga y recorrido del ferrocarril.

A través de la corrida del modelo se obtuvo que al disminuir el tiempo de fiscalización y de trabajo del ferrocarril en su llegada al terminal 2, puede disminuir el tiempo de un viaje ida y vuelta del ferrocarril, pero si se quiere aumentar la cantidad de contenedores transportados, esto generará un aumento en el tiempo total del sistema. Es por esto que, los modelos proyectados con la carga máxima de contenedores aumentan de igual forma el tiempo total de la simulación, aun cuando el tiempo de fiscalización disminuya.

Si bien los modelos realizados se encuentran en tiempo dentro de la ventana horaria, aún se pueden generar mayores cambios operacionales para disminuir este tiempo. Para esto se recomienda generar un plan de gestión del sistema a través de los estándares establecidos por la norma ISO 9001:2015. Esta norma considera la planificación del sistema y de todos los actores intervinientes, permite hacer un sistema de trabajo que los agrupe, verificar el funcionamiento y posteriormente utilizar de forma habitual en la operación, considera los riesgos asociados al sistema y su entorno.

Con la generación de un sistema bajo la norma ISO, la información de carga y ferrocarril se podrá entregar a los actores que intervienen de forma clara, ordenada y rápida. Permitirá observar en donde se producen los cuellos de botella y tiempos muertos del sistema, la responsabilidad de cada sector, reconocer los recursos existentes en el sistema y establecer qué recursos faltan para la optimización del sistema.

Luego de aplicar el plan de gestión, encontrar fortalezas y debilidades del sistema e implementar cambios a la logística del ferrocarril, es necesario implementar un sistema digital único de trabajo, donde las partes que intervienen en el proceso puedan mantener actualizada la información necesaria para cada fiscalización y agilizar los tiempos de llegada y salida en cada estación.

Por otra parte, el establecer un plan de gestión y posterior sistema digital único de trabajo, permitirá generar un registro del recorrido del ferrocarril, tiempos de carga y descarga en estaciones, cantidad de carga transportada; generando una base de datos del uso de este transporte en el puerto de Valparaíso, el cual hoy en día no existe, este registro permitirá estudiar el comportamiento de las cargas de exportación e importación que se movilizan por ferrocarril, establecer la demanda de los clientes, cantidad de carga transportada por periodos, tipos de carga transportadas, entre otras; con lo cual se puede realizar un estudio de fidelización y captación de nuevos clientes.

Con la creación de un sistema digital único para la logística ferroviaria del puerto de Valparaíso, se puede estudiar la forma de incorporar dentro del sistema SILOGPORT utilizado en el tránsito de camiones entre ZEAL y el puerto de Valparaíso, unificando procesos y formas de trabajo rodoviario y ferroviario.

Hoy en día el ferrocarril no cuenta con horario establecido, por lo que se requiere establecer un itinerario del ferrocarril, designar días de trabajos, ruta de trayecto y horarios. Este punto, es relevante para aumentar la cantidad de clientes que utilicen este medio. Si bien hoy cuenta con un gran número de empresas que han utilizado el ferrocarril para el transporte de sus productos, no se ha podido fidelizar a ninguno de ellos, ya que no está establecido el itinerario de trabajo del ferrocarril.

Con relación al costo del transporte de carga a través de ferrocarril, hoy en día en los contenedores de exportación, no contempla tiempo de espera en terminal 2 antes de ser embarcados. Por lo que, en general los contenedores que se pueden cargar al ferrocarril son contenedores que se embarcan en el primer turno del puerto. Esto, genera que los clientes no puedan enviar contenedores que sean embarcados en la tarde, ya que tendrán que incurrir en un costo extra por la espera en Terminal 2. Para esto sería necesario llegar a una tarifa acordada considerando a TCVAL, administrador del Terminal 2, donde el contenedor de exportación pueda permanecer un tiempo a la espera del embarque en dicho lugar. Esto puede generar que en un mismo viaje se envíen contenedores para los tres turnos del puerto, y con esto aumentar el uso del ferrocarril hasta el puerto de Valparaíso.

Estas son medidas que se pueden abarcar en un corto- mediano plazo, sin incurrir en un gran gasto estructural. Son puntos que optimizarían el sistema del ferrocarril en la comunicación entre EFE, Merval, Fepasa, TCVAL y EPV; coordinando de mejor manera los trayectos, cargas y trámites necesarios para la operación.

9. CONCLUSIONES

Con el fin de analizar la transferencia intermodal de carga entre el Puerto de Valparaíso y Santiago, en particular la utilización del ferrocarril para transportar carga contenedorizada, se realizaron entrevistas con actores claves de la cadena logística ferroviaria y, con ello, se generó la simulación del sistema actual del ferrocarril en el software ProModel.

Con esto se buscó identificar la cadena logística del ferrocarril, los beneficios y problemas del sistema, junto con generar recomendaciones que se puedan implementar en un futuro cercano en el sistema.

El ferrocarril de carga en Valparaíso trae consigo externalidades positivas que benefician el sistema portuario de Valparaíso, logrando aportar en la sostenibilidad del puerto. Algunas de estas externalidades son:

- Favorece la transferencia de mayor volumen de carga en un mismo viaje, en cortos periodos entre la capital del país y el puerto de Valparaíso.
- Al abarcar mayor cantidad de carga, disminuye la cantidad de camiones utilizados, por lo que genera una disminución en la huella de carbono del puerto de Valparaíso,
- La transferencia de carga se genera con mayor seguridad en el trayecto, sin verse afectada con tacos u otras alteraciones que puedan afectar el recorrido,
- Ayuda en la disminución del flujo de camiones por carreteras, disminuyendo la congestión en los ingresos a Valparaíso y en la ciudad,
- Facilidad de transporte de cargas sobredimensionadas sin generar atochamientos en el ingreso al puerto, mejorando costos de trayectos para este tipo de carga,
- Y, por último, genera una alternativa de acceso, mejorando la accesibilidad al puerto de Valparaíso.

Estos beneficios son los principales y con los cuales se establece la base de la mejora al sistema de ferrocarriles en el Puerto de Valparaíso.

A través de la simulación del sistema actual del ferrocarril en el software ProModel, junto con la aplicación de mejoras en la logística del trayecto entre estación Limache y el puerto de Valparaíso, se concluyó lo siguiente:

- El tiempo promedio mayor por uso del ferrocarril en el sistema es de 154,47 [min] y se genera en los modelos con tiempo de fiscalización igual a 2,5 [Hr]. Disminuyendo el tiempo de fiscalización en el terminal 2, disminuye el uso del ferrocarril en el modelo. Y si se aumenta la cantidad de contenedores a transferir, el tiempo de uso del ferrocarril por viaje también disminuye. Con esta información se corrobora lo detectado en las entrevistas, donde es necesario disminuir el tiempo de fiscalización para que así el ferrocarril pueda aprovechar de mejor manera la ventana horaria y ver la posibilidad de realizar más trayectos dentro de esta.
- Se puede aumentar la cantidad de contenedores transportados hasta ocupar el total de carros disponibles para el trayecto, siempre que se encuentre una manera más eficaz de gestión e inspección que disminuya los tiempos de espera del ferrocarril en estación Limache y Terminal 2. Si se mantienen los tiempos actuales de trabajo de fiscalización, el ferrocarril no alcanzaría a salir de las líneas de Merval sin afectar la operación del Metro de Valparaíso.

- Si no existe la posibilidad de modificar los tiempos de inspección tanto en el ingreso del ferrocarril de carga en líneas de Merval como en la fiscalización en TCVAL, la carga máxima a transporta sería de 30 contenedores para exportación e importación, ya que el tiempo total del trayecto según la simulación realizada alcanzaría a estar dentro de la ventana horaria.
- Al mejorar el sistema de inspección en terminal 2 del puerto, provoca una disminución del tiempo de espera del ferrocarril en dicha estación, lo cual generara una holgura en el tiempo del ferrocarril en las líneas de Merval. Con esto se logra avanzar hacia una optimización de la restricción existente de 6 horas.
- Realizando estos cambios en el sistema logístico del ferrocarril en el puerto de Valparaíso, no se alcanza a cubrir lo planteado en un escenario a mediano y largo plazo con la implementación de una estación intermodal en Yolanda, en donde se pronostica 3 y 6 trenes diarios respectivamente. Por lo cual, se debe enfatizar la idea de modernización de la infraestructura ferroviaria dentro del puerto y considerar la obtención de nuevas locomotoras y carros que puedan operar y complementar el trayecto.

Por otro lado, a partir de las entrevistas se concluye lo siguiente:

- La documentación de la carga y del ferrocarril se maneja de forma manual. Lo cual genera una demora al momento del traspaso de información entre los actores que intervienen. Para esto es necesario implementar una modernización en el envío de información a través de un sistema. Se debe generar un sistema de información único para la gestión de documentos de embarque y fiscalización, lo cual agilice los trámites de inspección en el puerto.
- El tiempo de fiscalización o recopilación de documentos en el puerto, es en el cual se debe trabajar para su disminución, ocupando aproximadamente la mitad de la ventana horaria que tiene el ferrocarril en las líneas de Merval. Para esto, es necesario mejorar la comunicación entre los actores que intervienen en la cadena logística del ferrocarril en el puerto, lo que podría disminuir el tiempo de fiscalización de cada uno, junto con mejorar la organización del sistema completo.
- Hoy en día no existe un calendario de trabajo u horarios establecidos por los que el ferrocarril pasa en cada estación. Esto genera que los clientes no tengan certeza de si utilizan el transporte, sus productos lleguen a puerto y a destino en los tiempos que necesitan. Por lo que urge la creación de itinerarios y calendarización del sistema ferroviario entre Santiago y Valparaíso.

Por otra parte, el valor del uso del ferrocarril no considera tiempos extras y maniobras que necesitase la carga al llegar al terminal 2 de TCVAL. A diferencia de ZEAL, el uso del ferrocarril no cuenta con un paquete donde incluya traslado y espera de carga para ser embarcada. Por lo tanto, un contenedor no puede llegar con anticipación al puerto ya que se le cobrara el uso del espacio en TCVAL. Esto genera una oferta económica menos atractiva frente al camión.

Conforme a los resultados obtenidos se recomienda la utilización de un sistema digital único para el ferrocarril, pudiendo complementarse en un futuro con la plataforma utilizada por camiones, SILOGPORT, donde se genere una tarifa del ferrocarril que contemple el tiempo de espera de la carga en puerto para su embarque o retiro hacia su destino. Para esto, se debe considerar la proyección de la intermodal Yolanda y su conexión con el tren rápido de

pasajeros, lo cual necesitara de un sistema de información que se conecte en línea con las actividades del ferrocarril y puerto.

Por otra parte, se espera que la implementación de aforos en el puerto, específicamente en terminal 1 de TPS, en el año 2019, genere una nueva oportunidad de clientes para el ferrocarril, ya que la carga de importación podrá ser revisada en puerto y posteriormente cargada en el ferrocarril para llegar a su destino, sin ser necesario su paso por ZEAL. Para esto se deberá realizar un estudio de mercado de estas nuevas cargas y el porcentaje de aumento de carga en la transferencia por ferrocarril.

Por último, al revisar la proyección de transferencia de contenedores por ferrocarril realizada en el documento, se puede apreciar que, al utilizar la capacidad máxima de transferencia del ferrocarril en el trayecto, solo alcanza a transportar el 1,3% de la transferencia mensual del puerto de Valparaíso; lo cual se encuentra muy alejado a la meta del 30 % de transferencia de carga impulsada por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Por lo que, se recomienda la inversión en vías, infraestructura y material rodante en un futuro cercano, lo cual permitirá mejorar tiempos y capacidad de transferencia entre Santiago y el puerto de Valparaíso, pudiendo satisfacer las proyecciones de transferencia que se esperan.

Y con mayor urgencia se necesita implementar un sistema logístico digital actualizado y en línea con todos los actores que intervienen, lo que permitirá en corto tiempo disminuir los problemas de comunicación e información existentes actualmente.

10. REFERENCIAS

- Agostini, C Y Saavedra, E. (2013). *Chile: Congestión portuaria y racionamiento eficiente en la transferencia de carga*. Revista CEPAL.
- AMP, A. M. (2010). *Glosario de Términos Marítimos Portuario*. Gerencia de regulación marítima El Salvador.
- Barceló, J. (1996). *Simulación de sistemas discretos*. Isdefe.
- Berger, E, Gambini, I & Velásquez, C. (2000). *Simulación de sistemas*. Instituto de investigación en ciencias de matemáticas.
- BSI Group, B. (2018). *BSI GROUP*. Obtenido de www.bsigroup.com
- Camarero, A y González, N. (2006). *Logística y transporte de contenedores*. España: Fundación Agustín de Betancourt.
- CAMPORT. (2015). *Desafíos de la conectividad para el comercio exterior*. Camara marítima y portuaria de Chile.
- CAMPORT. (2019). *Conectividad ferroviaria el sistema portuario nacional*.
- Castellanos, A. (2015). *Logística Comercial Internacional*. Universidad del Norte.
- CEPAL, C. E. (3 de ABRIL de 2019). *CEPAL*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/infografias/actividad-portuaria-2018-puertos-top-20-america-latina-caribe>
- CITRA, C. E. (2010). *Estudio Estratégico Nacional de Accesibilidad y Logística Portuaria: Impacto en la Competitividad, el Uso de Suelo y en la Calidad de Vida Urbana*. Dirección de planeamiento. Dirección de Obras Portuarias.
- CLM, T. C. (2004). Consejo de Profesionales de la Administración de la cadena de suministro.
- Doerr, O. (2011). Políticas portuarias sostenibles. *Revista CEPAL*.
- DOP, D. d. (2014). *Glosario de la infraestructura costera y portuaria*. Ministerio de Obras Públicas.
- E. García, H. García y L. Cárdenas. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel. Segunda Edición*. México: Pearson.
- Echenique, A. G.-L. (2016). *Boletín 1 Observatorio Logístico, Ámbito ferroviario*. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
- Eduardo García D, Heriberto García R y Leopoldo Cárdenas B. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*. México: Pearson.
- EPV. (2017). Puerto de Valparaíso y su plan de desarrollo. Valparaíso: Empresa Portuaria Valparaíso. Obtenido de <http://www.portvalparaiso.cl/puerto/>
- EPV, E. P. (2015). *Memoria gestión*. Empresa Portuaria Valparaíso.
- EPV, E. P. (2016a). <http://www.portvalparaiso.cl/noticias/>. Obtenido de Empresa Portuaria Valparaíso.

- EPV, E. P. (2016b). *Plan maestro Puerto de Valparaíso, adecuación año 2018*. Empresa Portuaria Valparaíso.
- García y Ortega. (2006). *Introducción a la simulación de sistemas discretos*.
- García y Pinto. (2003). *DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS INSTALACIONES*. Universidad de Oviedo.
- GEODATA & CITRA S.A. (2016). *Estudio de prefactibilidad corredores ferroviarios zona central*. Empresa de los Ferrocarriles del Estado.
- Guzmán, F. (2002). *Hinterland y Foreland de los puertos*. Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Ingeniería de transporte.
- INECON. (2011). *Análisis de la Competitividad entre el Transporte camionero y Ferroviario respecto del acceso a puertos*. Subsecretaría de transportes.
- ISO, I. O. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos*.
- J. Ceballos, J. Fernández y E. Restrepo. (2013). Aplicación de un modelo de simulación discreta en el sector del servicio automotor. *Revista Ingeniería Industrial UPB Medellín, Colombia*.
- M. Cortés, E. Irrazabal, A. García-Jerez, L. Bohórquez-Magro et al. (2014). Impacto de la implementación de la norma ISO 9001:2008 en el proceso de cesión de muestras del biobanco Red de Investigación Renal Española. *Revista Nefrología*, 552 - 560.
- MTT, M. d. (2019). *Observatorio Logístico*. Obtenido de <https://www.observatorilogistico.cl/perfiles/transporte-ferroviario-de-carga/>
- P. Sánchez, F. Ceballos y G. Sánchez. (2014). Análisis de proceso productivo de una empresa de confecciones: Modelación y Simulación. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*.
- Paredes, Y. (2010). *LA LOGISTICA PORTUARIA*. SUPERINTENDENCIA DE PUERTOS Y TRANSPORTE COLOMBIA.
- Pérez, P. (2007). *Análisis del Puerto de Valparaíso antes y después del cambio de administración*. Universidad Austral de Chile.
- Rúa, C. (2006). *Los puertos en el transporte marítimo*. Universidad politécnica de Cataluña.
- Salgado y Cea . (2012). Análisis de la conectividad externa de los puertos de Chile. *Revista Chilena de Ingeniería*.
- SEP, S. d. (2017). *Memoria anual*. Sistema de Empresas.
- T. Fontalvo y E. De La Hoz. (2017). *Diseño e implementación de un sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2015 en una universidad colombiana*. Cartagena, Colombia.
- UOC, U. A. (2015). *blog de calidad ISO*. Obtenido de <http://blogdecalidadiso.es/algunos-casos-de-exito-en-calidad-iso/>

11. ANEXOS

Anexo 1 Resumen de información ferrocarril año 2016-2017.

RESUMEN	
Total de TEUS	2066
Total de días trabajados	50
Peso promedio por contenedor (Kg)	22.954
TEUS no cargados a ferrocarril	12
Total de TEUS Exportación	703
Total de TEUS Importación	1363
Promedio TEUS exportación por día	15
Promedio TEUS importación por día	21
Promedio de TEUS por viaje	18
Total de clientes atendidos	17
Total clientes exportación	2
Total, de clientes importación	15

Fuente: Registro de EFE Y EPV, elaboración propia.

Anexo 2 Check List carguero Merval



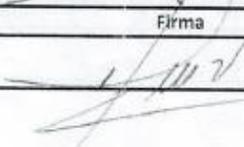
Check List Carguero



FECHA	H. llegada	H. Termino R.	H. Salida	N° CTC	N° OIV	I. Jornada
25/01/18	01:43	01:54	02:06		119	
Locomotora	N° de Tren	CC	CV	TON BTO	TON NETO	LARGO
2354	50944	13	—	945		185

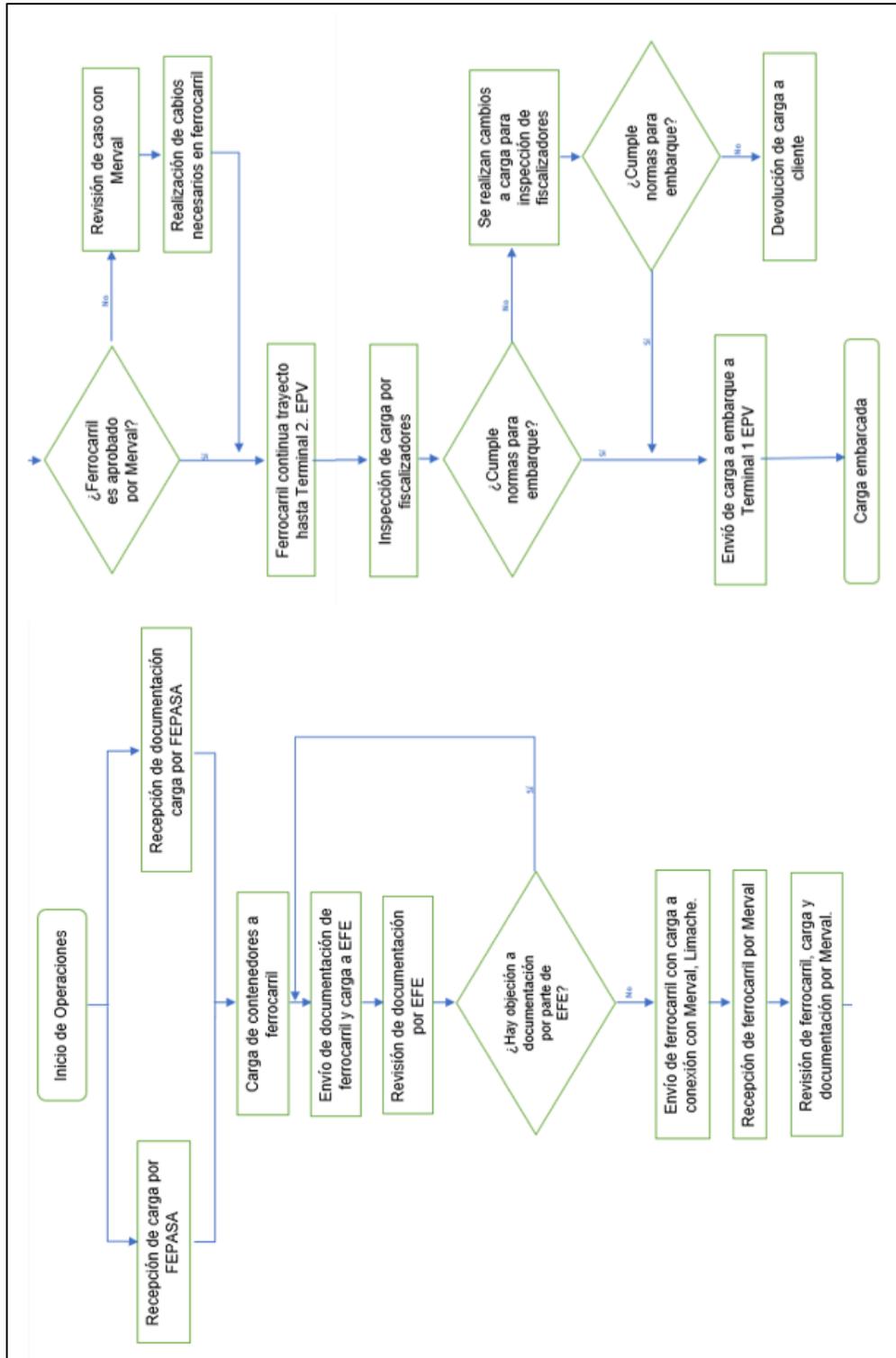
INFORME DE TREN

ELEMENTOS	CUMPLE		OBSERVACIONES
I. de Tren previo a la llegada	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Composición informada	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	licencia rompido sin etc. etc.
Licencia del Jefe del Tren	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	sin licencia
Licencia del Maquinista	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Detalle Material Rodante	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Luces de Locomotora	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Claxon y Campana	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Unidad DTC	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Unidad MARY	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Detección de Galibo	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Enganches (Acoplador)	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Elementos de Seguridad	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Entrega Prevenciones	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
Entrega Faenas Nocturnas	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	

Nombre Maquinista	Firma
MIGUEL BACETA	
Nombre Jefe de Tren	Firma
CLAUDIO ESCOBAR	
Encargado Terminal Limache	Firma
HECTOR TARDOS	

Fuente: Metro Valparaíso.

Anexo 3 Diagrama de Flujo Santiago - Puerto de Valparaíso.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4 Listado de comando ProModel Situación actual.

```

*****
*                               Formatted Listing of Model:                               *
* C:\Users\Dangela\Dropbox\IESIS 2.0\Modelo\group\Modelacion Linache-Puerto.MOD *
*****

Time Units:                      Minutes
Distance Units:                  Meters

*****
*                               Locations                               *
*****

Name      Cap Units  Stats      Rules      Cost
-----
linache   60  1    Time Series Oldest, ,
t2        60  1    Time Series Oldest, ,

*****
*                               Entities                               *
*****

Name      Speed (mpm)  Stats      Cost
-----
cont_expo 50          Time Series
cont_imp  50          Time Series

*****
*                               Path Networks                               *
*****

Name      Type      T/S      From      To      BI      Dist/Time  Speed Factor
-----
linea_ferro Passing  Time      N1        N2        Bi      60

*****
*                               Interfaces                               *
*****

Net      Node      Location
-----
linea_ferro N1      linache
           N2      t2

*****
*                               Resources                               *
*****

Name      Units  Stats      Res Search  Ent Search Path      Motion      Cost
-----
ferro      1      By Unit  Closest  Oldest  linea_ferro  Empty: 667 mpm
           1      By Unit  None     Oldest  None: N1     Full: 667 mpm

fiscalizador_puerto 1      By Unit  None     Oldest  Empty: 50 mpm
           1      By Unit  None     Oldest  Full: 50 mpm

*****
*                               Processing                               *
*****

Process      Routing
-----
Entity  Location  Operation      Blk  Output  Destination  Rule  Move Logic
-----
cont_expo linache  group 15      1    cont_expo linache  FIRST 1  MOVE WITH ferro
cont_expo linache  wait 30 min  1    cont_expo t2      FIRST 1  MOVE WITH ferro
cont_expo t2      free all ungroup  1    cont_expo t2      FIRST 1
cont_expo t2      free all ungroup  1    cont_expo EXIT    FIRST 1
cont_imp  t2      GROUP 21      1    cont_imp t2      FIRST 1  MOVE WITH ferro
cont_imp  t2      GET fiscalizador_puerto
           WAIT 180 MIN
           FREE fiscalizador_puerto
           1    cont_imp linache  FIRST 1  MOVE WITH ferro
cont_imp  linache  free all ungroup  1    cont_imp linache  FIRST 1
cont_imp  linache  free all ungroup  1    cont_imp EXIT    FIRST 1

*****
*                               Arrivals                               *
*****

Entity  Location  Qty Each  First Time  Occurrences  Frequency  Logic
-----
cont_expo linache  1      0      15      U(2,3)min
cont_imp  t2      1      0      21      U(2,3)min
    
```

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5 Resumen experimentación de modelación en ProModel.

Tiempo de simulación	6.11	5.61	5.11	6.67	6.17	5.67
TEUs Exportación	15	15	15	30	30	30
TEUs Importación	21	21	21	30	30	30
Locaciones						
Estación Limache	17	17	17	32	32	32
Terminal 2	23	23	23	32	32	32
Total de entidades ingresadas	16.88	16.88	16.88	26.05	26.05	26.05
Tiempo promedio por entidad [min]	1.3	1.37	1.51	3.36	3.75	4.08
Utilización [%]	1.87	1.83	1.85	5.02	5.47	5.81
Recurso Ferrocarril						
N° veces utilizado	2	2	2	2	2	2
Tiempo promedio por uso [min]	154.47	139.47	124.47	154.47	139.47	124.47
Utilización [%]	84.21	82.81	81.13	77.17	75.32	73.15
Tiempo de simulación	6.98	6.48	5.98	7.51	7.01	6.51
TEUs Exportación	45	45	45	60	60	60
TEUs Importación	45	45	45	60	60	60
Locaciones						
Estación Limache	47	47	47	62	62	62
Terminal 2	47	47	47	62	62	62
Total de entidades ingresadas	43.81	43.81	43.81	61.03	61.03	61.03
Tiempo promedio por entidad [min]	8.2	8.83	9.57	13.54	14.5	15.61
Utilización [%]	7.19	7.62	8.12	13.83	14.7	15.71
Recurso Ferrocarril						
N° veces utilizado	2	2	2	2	2	2
Tiempo promedio por uso [min]	154.47	139.47	124.47	154.47	139.47	124.47
Utilización [%]	73.8	71.78	69.42	68.52	66.28	63.69

Fuente: Elaboración propia.

