



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
INDUSTRIAL**



Mejoramiento de procesos de carga para la minimización de tiempos de embarque de maderas break bulk en DP World Lirquén

Por

David Antonio Zapata Hormazábal

Memoria de título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de
Concepción para optar al título profesional de Ingeniero(a) Civil Industrial

Profesor guía
Hernaldo Reinoso

Profesional supervisor
Carlos Ledesma

Julio 2022
Concepción (Chile)
© 2022 David Antonio Zapata Hormazábal

© 2022 David Antonio Zapata Hormazábal.

Ninguna parte de esta tesis puede reproducirse o transmitirse bajo ninguna forma o por ningún medio o procedimiento, sin permiso por escrito del autor.

Agradecimientos

Siento que hay muchas cosas por las que agradecer, sin embargo, lo primero que se me viene a la cabeza es agradecer a mi papá y mi mamá que han sido un apoyo fundamental e incondicional. También agradecer al resto de mi núcleo familiar que siempre me han brindado apoyo y han estado dispuestos a contribuir con su granito de arena. Agradecer a mi amiga Francisca que me habló de que podría realizar mi práctica en el puerto y agradecer a la gente del puerto, que fueron muy amables y amistosas siempre, gran motivación para el proyecto vino del buen ambiente que se generó con todas estas personas. Por último, agradecer a Carlos, por ser el profesional supervisor del proyecto, y a Hernaldo, por ser el profesor guía. Espero que este trabajo logre contribuir de gran manera a la empresa.

Resumen

En la presente memoria de título se trabajó en conjunto con DP World Lirquén para lograr la mejora de uno de los procesos más utilizados por la empresa, el cual corresponde al embarque de maderas break bulk. El objetivo es proponer y evaluar propuestas de mejora para poder mejorar el desempeño del proceso según lo buscado por la empresa.

Este proceso es, a rasgos generales, la carga de buques navieros atracados en el muelle del puerto con maderas destinadas a los diferentes puertos donde este pasará. Todas estas maderas son en formato break bulk, es decir, a carga suelta, esto es posible debido a que la madera es resistente a las condiciones climáticas adversas y a que el proceso en general no genera mayores daños en la carga, ya que no es manipulada en exceso. El actual proceso de embarque de maderas break bulk de la empresa puede ser descompuesto en dos macro procesos: la carga de camiones en bodegas de acopio y la descarga de camiones en el muelle (que también puede ser la carga de las naves en el muelle). En ambos macro-procesos del proceso de embarque fueron definidos sub-procesos para poder evaluar de mejor manera la calidad del proceso que se tenía en un inicio. Se trabajó con la metodología Lean Seis Sigma, efectuándose así un proceso DMAIC (por sus siglas en inglés), con el que fue posible la determinación de las capacidades actuales que poseía el proceso.

Se propusieron tres alternativas de mejora para el proceso. La primera es la compra de un equipo para agilizar el proceso de cambio de planchas, que se detectó es un problema y provoca descontrol en la muestra. Además, se desarrolló un análisis simulando el impacto económico que tendría la mejora del proceso en 6, 12 o 24 minutos. También se evaluó económicamente una alternativa de compra de equipos para la mejora de este mismo proceso, dando un VAN y una TIR atractivos. La segunda es la consideración de distintos factores para la asignación de camiones, donde no se profundizó en un modelo específico, sino que se entregó la información a la empresa transportista que trabaja en conjunto con DP World. Por último, se identificó que el proceso de amarre de carga se efectúa de mala manera y es por este motivo que se propone eliminarlo, luego del análisis se determina que esto podría ser una medida efectiva para aumentar la capacidad del macro-proceso realizado en bodega a los estándares buscados por la empresa. Se espera que con la implementación de estas medidas el proceso llegue a los niveles buscados por la empresa, sin embargo, es necesaria la corroboración de esto con un control posterior a la implementación de las medidas.

Abstract

This document was realized working with DP World Lirquén in order to improve one of the most used processes in the company, which corresponds to break bulk shipment of timber. The main objective of this project is to propose and evaluate different improvement opportunities for the process, in order to increase the performance according to what the company is looking for.

This process is, generally speaking, the loading of the bulk carriers docked at the port with the different types of timber destined to the different ports that the ship is coming through. All these timber are in a break bulk format, that is to say loose cargo in the hold of the ship, these is possible due to that the timber can resist the adverse climate conditions and that the process does not harm heavily the cargo, as it is not manipulated in excess. The current shipping process of timber at the company can be broken down to two macro-processes: truck loading at the gathering warehouses of DP World Lirquén and downloading trucks at the docks (that could also be referred to as loading of the carrier vessels at the dock). In both macro.-processes of the shipment process, there were defined sub-processes for the better analysis and evaluation of the initial quality of the process. The present project was realized with a Lean Six Sigma approach, taking place a DMAIC process to complete the analysis, with this process was possible to determine the current capabilities of the process.

There were proposed three improvement opportunities for the process. First, there is the purchase of an equipment that will speed up the plank shifting process; this process was detected as a problem that causes the process not to be in control. In addition, an analysis was developed simulating the economic impact that would have an improvement in 6, 12 and 24 minutes in the plank shifting process. Moreover, this alternative was financially evaluated resulting in an attractive VNA and a TIR. The second alternative was consideration of different variables in the assignment of the trucks to the gangs, although there was no development of a specific model, but the information was passed down to the company in charge of the truck assignment. Lastly, it was identified that the cargo securing process was performed poorly and it is proposed to eliminate this measure, after the analysis is determined that this could be an effective improvement to attain the level of performance that DP World is looking for, at least in the macro-process developed in the warehouses. It is expected that with the implementation of these measures the process reach the performance level wanted by the company; nevertheless, it will need a control analysis after the implementation of the proposed measures.

Tabla de contenidos

1	Introducción	11
1.1	Antecedentes generales.....	11
1.2	Objetivos.....	14
1.3	Descripción de la empresa.....	15
1.4	Marco teórico.....	18
1.4.1	Metodología utilizada.....	18
1.4.2	Estadísticos.....	20
2	Desarrollo.....	22
2.1	Definición	22
2.1.1	Definición del proceso	22
2.1.2	Divisiones del proceso	27
2.2	Medición.....	34
2.3	Análisis	37
2.3.1	Macro-procesos	39
2.3.2	Sub-procesos	43
2.3.3	Análisis posteriores	49
2.4	Mejora.....	53
3	Discusión y conclusiones.....	56
4	Referencias.....	59
5	Anexos	61
5.1	Anexo A.....	61
5.2	Anexo B.....	86

Lista de figuras

Figura 1.1: Diseño de bodega de nave break bulk.	13
Figura 1.2: Nave break bulk con cuatro grúas Liebherr en cubierta.	13
Figura 1.3: Comparación tamaños de tres tipos de nave break bulk con tamaño humano, de izquierda a derecha Handy, Panamax y Capesize.	14
Figura 1.4: Imagen satelital de DP World Lirquén, depósito de contenedores y bodega die ubicadas en cerro verde.	16
Figura 1.5: Imagen satelital de DP World Lirquén, recinto principal.	16
Figura 1.6: Imagen satelital de DP World Lirquén, de arriba hacia abajo muelle N° 2 y muelle N° 1.	16
Figura 2.1: Extensión de manteletas en bodega de la nave.	25
Figura 2.2: Ubicación de planchas de hierro en bodega de la nave.	25
Figura 2.3: Ubicación planchas de hierro cortas en la bodega de la nave.	26
Figura 2.4: Diagrama proceso de movimiento de planchas en bodega.	26
Figura 2.5: Camión a la espera de ser cargado en patio central.	29
Figura 2.6: Inicio de carga en bodegas de acopio.	29
Figura 2.7: Fin de carga en bodegas de acopio.	29
Figura 2.8: Amarre de carga en bodegas de acopio..	29
Figura 2.9: Diagrama macro-proceso de carga de camiones en bodegas de acopio.	30
Figura 2.10: Diagrama ilustrativo de las bodegas de acopio y los patios exteriores en el recinto principal del puerto.	31
Figura 2.11: Bodega 10 del puerto.	31
Figura 2.12: Camiones a la espera de poder ingresar al muelle.	33
Figura 2.13: Enchance de carga a grúa Liebherr de la nave.	33
Figura 2.14: Transporte de carga desde el camión a la bodega de la nave.	33
Figura 2.15: Ubicación de paquetes en la bodega de la nave.	33
Figura 2.16: Diagrama macro-proceso descarga de camiones en muelle.	33
Figura 2.17: Diagrama del proceso completo.	34
Figura 2.18: Análisis estadístico de tiempos totales en bodegas de acopio para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.	40

Figura 2.19: Análisis estadístico de tiempos totales en el muelle para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.	40
Figura 2.20: Análisis estadístico de tiempos totales en bodegas de acopio para el escenario con ocho vueltas por camión por turno.....	42
Figura 2.21: Análisis estadístico de tiempos totales en el muelle para el escenario con ocho vueltas por camión por turno.	43
Figura 2.22: Análisis estadístico de tiempos de espera en bodegas de acopio para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.	44
Figura 2.23: Análisis estadístico de tiempos de carga en bodegas de acopio para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.	45
Figura 2.24: Análisis estadístico de tiempos de amarre en bodegas de acopio para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.	45
Figura 2.25: Análisis estadístico de tiempos de espera en el muelle para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.....	46
Figura 2.26: Análisis estadístico de tiempos de autorización entrada – comienzo descarga en el muelle para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.	47
Figura 2.27: Análisis estadístico de tiempos de descarga en el muelle para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.....	47
Figura 2.28: Análisis estadístico de tiempos totales en bodegas de acopio para el escenario con cinco vueltas por camión por turno y sin sub-proceso de amarre de carga.	52
Figura 2.29: Análisis estadístico de tiempos totales en el muelle para el escenario con cinco vueltas por camión por turno y sin tiempo estimado de desamarre de carga.	52
Figura 2.30: Imagen referencial de spreader magnético cotizado.....	54
Figura 5.1: Análisis estadístico de tiempos de espera en bodegas de acopio en control para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.	86
Figura 5.2: Análisis estadístico de tiempos de carga en control para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.	86
Figura 5.3: Análisis estadístico de tiempos de amarre en control para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.	87
Figura 5.4: Análisis estadístico de tiempos de espera en muelle en control para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.	87

Figura 5.5: Análisis estadístico de tiempos de autorización entrada y comienzo de descarga en control para el escenario con cinco vueltas por camión por turno. 88

Figura 5.6: Análisis estadístico de tiempos de descarga en control para el escenario con cinco vueltas por camión por turno..... 88

Lista de tablas

Tabla 2.1: Extracto base de datos recopilada de tiempos en bodegas de acopio.	36
Tabla 2.2: Extracto base de datos recopilada de tiempos en muelles.	36
Tabla 2.3: Obtención de tiempo máximos demora para escenario con cinco vueltas mínimas.	38
Tabla 2.4: Distribución y valores extremos de cada proceso estudiado.	38
Tabla 2.5: Resumen indicadores obtenidos en análisis para escenario mínimo.	41
Tabla 2.6: Resumen indicadores obtenidos en análisis para escenario óptimo.	43
Tabla 2.7: Tabla comparativa indicadores de desempeño con la muestra en control y fuera de control.	48
Tabla 2.8: Resumen indicadores obtenidos de sub-procesos en control.	49
Tabla 2.9: Impacto económico en la disminución del proceso en diferentes escenarios.	49
Tabla 2.10: Desglose de tiempos máximos para cada macro y sub-proceso sin procesos de amarre ni desamarre.	51
Tabla 2.11: Resumen indicadores obtenidos en simulación sin amarre de carga.	53
Tabla 2.12: Flujo de caja para proyecto de inversión en spreader magnético.	54
Tabla 2.13: Indicadores financieros de evaluación de alternativa de compra de spreader.	55
Tabla 5.1: Datos recopilados de macro-proceso en muelle, primera parte.	64
Tabla 5.2: Datos recopilados de macro-proceso en muelle, segunda parte.	68
Tabla 5.3: Datos recopilados de macro-proceso en muelle, tercera parte.	72
Tabla 5.4: Datos recopilados en macro-proceso en bodegas de acopio, primera parte.	76
Tabla 5.5: Datos recopilados en macro-proceso en bodegas de acopio, segunda parte.	81
Tabla 5.6: Datos recopilados en macro-proceso en bodegas de acopio, tercera parte.	85

1 Introducción

1.1 Antecedentes generales

Antes de la Segunda Guerra Mundial, todo el transporte de carga por mar era realizado en forma de break bulk, y podía ser catalogado como carga general. El término se origina en la frase “romper la carga” el cual es un término náutico que significa “comenzar a descargar la carga”.

Antes de la era de los container, toda la carga era transportada como break bulk y era un proceso tedioso de carga y descarga, empaquetamiento y re-empaquetamiento ^[1]. Con la llegada de los contenedores, una vez que estos se masificaron por el mundo, los costos de envío por mar se redujeron en al menos un 80%, y talvez incluso un 90% ^[2]. Esto significó un gran avance en términos del estado de llegada de la carga y el tiempo empleado en el embarque y recepción de la misma, ya que comenzó a ser un proceso menos tedioso y ágil y la carga llegaba mejor conservada a destino al ir protegida por las paredes del contenedor. Sin embargo, no toda la carga es capaz de adecuarse a las dimensiones que tienen los contenedores hoy en día, ejemplos de esto son: fertilizantes, componentes de proyecto eólicos, automóviles, maderas verdes, entre otros. En particular, las maderas verdes se vuelven muy complicadas de consolidar ya que poseen diferentes dimensiones de largo, alto y ancho, por lo que en la actualidad el principal método de transporte de este tipo de carga sigue siendo break bulk. Por el contrario, cabe destacar las exportaciones de madera seca que son efectuadas en contenedores, ya que estas están dimensionadas de manera específica para los contenedores, puesto que al ser un producto seco no puede exponerse a la humedad durante el viaje a destino.

En los últimos años la exportación de madera break bulk se ha incrementado. Con la llegada de la pandemia del COVID-19 se generó una escasez mundial de contenedores, por lo que se comenzó a evaluar diferentes opciones acerca de cómo mantener el flujo de transporte de maderas a nivel mundial, provocando que puertos que se habían emancipado del transporte de maderas como carga break bulk volviesen a utilizar este método para cumplir con los requerimientos de sus clientes, como es el caso del Porto de Paranaguá, ubicado en la ciudad de Paranaguá en Brasil ^[3].

Cabe destacar que, si bien el transporte de maderas break bulk tiene sus desventajas en cuanto a la velocidad de carga y descarga y el deterioro parcial de sus productos, también posee algunas ventajas, como que es vital para que países con terminales portuarios poco avanzados reciban

insumos, ya que no necesita una gran infraestructura por parte del puerto, como si lo necesitan las naves conteneras. Esto es debido a que las naves break bulk poseen grúas Liebherr integradas para la descarga de los productos de las bodegas, por lo que la infraestructura necesaria del puerto para manipular este tipo de carga se reduce a algún método de transporte y de descarga de los paquetes para acopio. El transporte de carga en formato break bulk también permite el envío de paquetes sobredimensionados en una nave, como lo es el ejemplo de los proyectos eólicos y sus componentes de inmensas dimensiones para las antenas eólicas, o el caso de la minería con los gigantes componentes que son necesarios para la extracción de metales. Además, se puede mencionar que los trámites de documentación son más fáciles de realizar, debido a que en una nave contenera se tiene una variedad muy grande de bienes acumulada dentro de cada contenedor, sin embargo, en la nave break bulk solo se transporta un tipo de bien.

En cuanto a las naves break bulk, estas están diseñadas para maximizar el espacio habilitado para el almacenamiento de carga y poder transportar esta sin dificultades asegurando la carga y manteniendo niveles altos de eficiencia en el transporte. Más de la mitad de las naves break bulk tienen dueños griegos, japoneses o chinos, y más de un cuarto de estas están registradas en Panamá. Respecto de su producción, Corea del Sur es el mayor confeccionador de estas naves y cabe destacar que más del 82% fueron construidas en el continente asiático.

Dentro de las características principales de las naves break bulk se tiene su doble piso (Double bottom) y la estructura triangular de los tanques de lastre (Hooper tank), ambas características se muestran en Figura 1.1, donde se aprecia el corte a una bodega de una nave break bulk estándar. Estas características permiten que se tenga mayor resistencia en el fondo de la nave por medio del doble fondo, junto con facilitar las conexiones eléctricas e hidráulicas por medio de las estructuras triangulares. Se caracterizan también por poseer grúas Liebherr integradas para el manejo de carga en las bodegas de la nave, las cuales poseen capacidad para levantar alrededor de 30 toneladas. Estas pueden apreciarse en la Figura 1.2.

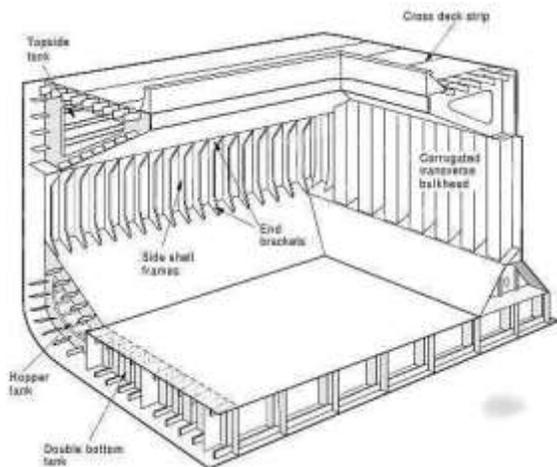


Figura 1.1: Diseño de bodega de nave break bulk.



Figura 1.2: Nave break bulk con cuatro grúas Liebherr en cubierta.

También, se debe destacar la forma de las bodegas, la cual es de suma importancia para el proceso estudiado ya que influye en la forma en que ingresa la carga a estas. Las bodegas poseen una forma rectangular y sus dimensiones cambiarán dependiendo del tamaño de la nave. En la parte superior de la bodega se tiene que la entrada es más angosta que el ancho total de la bodega, esto complica la entrada de la carga ya que deben aplicarse métodos distintos de carga: uno para poder llegar a los extremos de la bodega y otro para cargar el centro de la misma. Para la realización de los distintos métodos de carga, se requiere que ingresen o retiren diferentes elementos de la bodega de la nave, provocando un proceso intermedio donde no se encuentran ingresando carga a las bodegas de la nave ya que deben preparar el lugar.

Las naves break bulk se pueden categorizar por su tamaño, generalmente en tres grupos distintos ^[4]:

- a) Handy, con capacidad de carga hasta 45.000 DWT.
- b) Panamax, con una capacidad de carga entre 50.000 y 100.000 DWT, siendo este el tamaño máximo para que un buque pueda transitar el canal de Panamá.
- c) Capesize, con capacidad de carga sobre 100.000 DWT.

En la Figura 1.3 se puede apreciar, en cierta medida, la diferencia de tamaño que poseen los tipos de naves break bulk clasificadas anteriormente. De izquierda a derecha se tiene una nave del tipo Handy, en el medio una nave Panamax y en el costado derecho una nave Capesize.

Cualquier proceso relativo con la exportación es vitalmente relevante para nuestro país, esto debido a que su matriz económica es basada en la extracción de materias primas y la posterior exportación

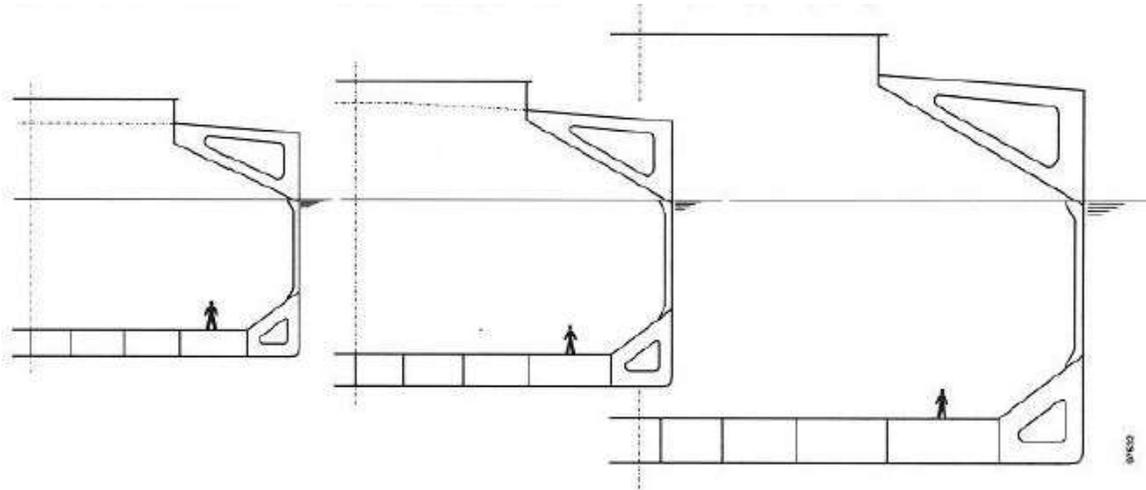


Figura 1.3: Comparación tamaños de tres tipos de nave break bulk con tamaño humano, de izquierda a derecha Handy, Panamax y Capesize.

de estas casi en bruto. El proceso de embarque de maderas break bulk pertenece a este espectro y, teniendo en cuenta de que desde 2021 a 2022 la exportación de maderas aumentó en un 30.3% ^[5], la mejora en la eficiencia de este proceso llega a ser un tema relevante para la empresa con la que se está trabajando. La principal complicación generada en este proceso, que será definido a profundidad en la etapa de definición del ciclo DMAIC, es el cumplimiento de los itinerarios generados previamente, ya que depende de factores que son difíciles de controlar y demorosos en arreglar. Por ejemplo, un mal funcionamiento en las grúas Liebherr que posee cada nave integrada, esto puede ser costoso y lento de reparar por parte de la tripulación de la nave y posteriormente puede fallar nuevamente, ya que nada asegura su correcto funcionamiento de ahí en más.

1.2 Objetivos

El presente trabajo tiene por objetivo proponer y analizar diferentes alternativas de mejora para el proceso estudiado, dando paso a que la empresa pueda seleccionar el o los más adecuados según estimen convenientes. De esta forma se pretende poder otorgar una mirada integral del proceso y sus partes, para dar análisis más urgente a las etapas que se desempeñen de peor manera y llegar a la proposición de alternativas de mejora que se evaluarán para ayudar a determinar qué propuesta debe implementarse según su alcance e impacto.

El objetivo que persigue la empresa, DP World Lirquén, es el de mejorar el proceso de embarque de maderas break bulk, teniendo como meta específica llegar a realizar un mínimo de cinco vueltas por camión en cada turno. Esto es específicamente lograr que los macro-procesos realizados en el embarque de maderas break bulk se realicen en menos de 30 minutos cada uno, donde el tiempo

máximo de demora de los sub-procesos será determinado posteriormente en la etapa de análisis del ciclo DMAIC. Esto como una forma de aprovechar mejor los recursos de la organización, ya que por acuerdo sindical el monto mínimo que debe ser pagado a los conductores es el correspondiente a que se haya dado dicha cantidad de vueltas en el turno. Y, también, como una forma de incentivar el trabajo en dicho proceso, ya que si se asegura un mínimo de cinco vueltas por turno estos tendrán la posibilidad de realizar más y, así, aumentar el monto total que reciben al final del turno, ya que es un pago variable dependiendo de la cantidad de vueltas que realice el conductor. Esto implica que la realización de menos de cinco vueltas por camión por turno significaría una pérdida monetaria para la empresa, ya que se estaría remunerando por trabajo no realizado a los conductores de camión. Este objetivo se genera en el marco de la pandemia, debido a que esta generó una escasez tanto de trabajadores eventuales como de conductores de camión. En particular, en el caso de los conductores, esto fue debido a que prefirieron otras alternativas más atractivas de empleo, por ende, se requiere mejorar el atractivo de la alternativa que se ofrece. Con esto, DP World Lirquén pretende reducir los constantes retrasos respecto de las fechas acordadas con las navieras que se han ido presentando en el último tiempo. No solo reduciendo los costos operacionales por la disminución de turnos de trabajo por cada nave, sino que también por la reducción de los costos de demurrage que deben ser absorbidos por la empresa ante cualquier retraso en las fechas pactadas.

1.3 Descripción de la empresa

El trabajo es realizado en conjunto con la empresa DP World Lirquén, tradicionalmente conocida como Puerto de Lirquén hasta su venta a Dubai Ports World hace aproximadamente 3 años. Dubai Ports World (DP World) corresponde a una compañía de logística multinacional ubicada en Dubai, en los Emiratos Árabes Unidos, que posee alrededor de 82 terminales marítimos presentes en más de 40 países. Esta se especializa en servicios marítimos, operaciones de terminal portuario y logísticas de carga.

DP World Lirquén es un terminal portuario ubicado en la bahía de Penco, en la Figura 1.4 se aprecia parte de las dependencias de la empresa, el sector es conocido como Cerro Verde, allí se encuentra una bodega, la bodega 10, dos zonas de resguardo, San Pedro y San Pablo, y el patio de acopio de contenedores. En la Figura 1.5 se tiene el recinto principal de la empresa, donde se encuentran 13 bodegas, el patio La Tosca y un área abierta para almacenaje que es multipropósito, que se encuentra en la parte superior izquierda de la figura. Finalmente, la Figura 1.6 muestra los dos muelles que posee la empresa, siendo el superior el muelle N° 2, donde se realizan las descargas de

contenedores y los procesos relacionados con la celulosa principalmente, y el muelle N° 1 en la parte inferior, donde se realizan los embarques de maderas break bulk y descargas de fertilizantes principalmente.



Figura 1.4: Imagen satelital de DP World Lirquén, depósito de contenedores y bodega die ubicadas en cerro verde.



Figura 1.5: Imagen satelital de DP World Lirquén, recinto principal.



Figura 1.6: Imagen satelital de DP World Lirquén, de arriba hacia abajo muelle N° 2 y muelle N° 1.

Se puede mencionar que la compañía se diferencia de su competencia local, San Vicente Terminal Internacional y Puerto Coronel, por ser el único puerto multipropósito de la zona, lo que les permite tener una gran variedad de negocios de los cuales encargarse. Dentro de estos negocios se encuentran: (1) Embarques de madera y celulosa, ambas de manera consolidada (en contenedores) o break bulk (carga suelta) a las naves. (2) Embarques y desembarques de contenedores, tanto vacíos como consolidados, para su posterior almacenamiento o despacho, respectivamente. (3) Desembarque de automóviles, para su posterior despacho o almacenamiento en el puerto. (4)

Desembarque de bobinas de papel y alambre. (5) Desembarque de proyectos eólicos para su posterior distribución a sectores aledaños a la zona. Aparte de los 5 negocios mencionados, el puerto también se ha encargado de la recepción de fertilizantes y fierros, sin embargo, actualmente estos negocios no tienen un volumen significativo dentro de sus operaciones. También posee una ventaja competitiva en cuanto a la ubicación de la empresa, ya que posee un acceso más directo a la carretera y por este motivo es preferido para algunos proyectos que poseen carga sobre dimensionada, como lo son los eólicos.

El principal contacto es con el área de logística de la empresa, la cual posee dos departamentos, el Depósito y el Container Freight Sale (CFS por sus siglas). El CFS se encarga de los embarques y desembarques de maderas, tanto verde como seca (diferenciadas únicamente por el nivel de humedad que poseen, siendo sobre un 30% considerado madera verde); embarques y desembarques de celulosa; desembarques de bobinas de papel; embarque y desembarque de contenedores; y últimamente del desembarque de automóviles, siendo este el negocio más reciente de la empresa, aún se está determinando si será posible que el CFS sea encargado de este, o si se necesitará un área particular debido a su magnitud. Dentro de esta logística se tiene la coordinación de trabajadores necesarios para las tareas, tanto eventuales como de planta, junto con adecuarse a la disponibilidad de recursos que se tendrá para cada turno. Para esto se realizan dos reuniones diarias donde cada rama del CFS, las cuales cada una corresponde a un negocio, solicita los recursos tanto de personal como maquinaria que se estima serán necesarios. Luego se toman en cuenta todas las necesidades de la empresa para dicho turno y se selecciona al personal respecto de la prioridad que tenga cada negocio y las condiciones climáticas que puedan afectar la producción de las faenas en el turno. Esto irá cambiando dependiendo del negocio, el retraso que tenga la nave asociada y el acuerdo al que se haya llegado con la naviera respectiva para dicha nave.

El Depósito se encarga de coordinar el almacenamiento de contenedores existentes en el recinto, esto implica coordinar las recepciones de contenedores vacíos y consolidados que son enviados por los clientes, junto con indicar a los conductores cuáles son los contenedores que deben ser cargados en su camión cuando los clientes solicitan que se le despachen los contenedores vacíos. Además, cuando se recibe una nave con contenedores y estos se desembarcan, los que están vacíos y serán almacenados deben ser revisados e inspeccionados para determinar su estado, con esta información posteriormente se puede determinar qué uso se les dará y cuál será la tarifa por almacenarlos. Dentro de las clasificaciones se tiene un rango que va desde A hasta D, donde contenedores de clase A son

únicamente utilizados para comida, B y C pueden ser utilizados para la consolidación de celulosa según se requiera y C y D son utilizados para las consolidaciones de madera, tanto verde como seca.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Metodología utilizada

La metodología bajo la cual se desarrolla el proyecto es un análisis estadístico de los datos recopilados en un enfoque de seis sigma. Esta metodología surge primitivamente en Japón, luego del término de la Segunda Guerra Mundial con el nombre de metodología Kaizen, la cual es una palabra japonesa que posee como significado literal “mejora”. Bajo este concepto se trata de mejorar procesos que están estandarizados eliminando del proceso desperdicios o procesos que sean redundantes, lo que posteriormente sería conocido como Lean manufacturing ^[6]. Luego de la aplicación más famosa de esta metodología en Japón, resultando en The Toyota Way ^[7], en Estados Unidos se comienza a popularizar una metodología de técnicas y herramientas para la mejora de procesos. Esta metodología es aplicada por primera vez en Motorola, en el año 1986 por Bill Smith ^[8] y pasa a ser posteriormente conocida como Six Sigma por su característica de mejora de procesos mediante la minimización de variabilidad de los procesos reduciendo causas asignables y defectos en este para que los datos se concentren dentro de un rango de seis desviaciones estándar del centro de la muestra. Logrando que la muestra posea 0.002 productos defectuosos por cada un millón de productos producidos. Esto es posible con los análisis empíricos y estadísticos que se utilizan como parte del proceso, el cual se lleva por nombre ciclo DMAIC ^[9] por sus siglas en inglés.

Este ciclo está compuesto por cinco etapas: (1) Definir, donde se debe especificar el problema, las oportunidades de mejora, los objetivos del proyecto y requerimientos internos y externos que se tenga. (2) Medir, el propósito de esta etapa es la de medir la especificación del problema, para lo que se debe recopilar la información necesaria, donde la calidad de los datos recopilados será fundamental. (3) Analizar, en esta etapa se identifica y selecciona las causas que deben eliminarse del proceso, se debe analizar el proceso hasta que se encuentren causas válidas. (4) Mejorar, en esta etapa se deben identificar, probar e implementar soluciones al problema. (5) Controlar, el propósito principal es mantener los cambios y asegurar que estos sean sustentables en el tiempo, se deben rastrear las mejoras, ganar la aprobación para la utilización de recursos y cerrar el proyecto. Esta metodología permite entender la capacidad actual del proceso, junto con las características de este que deben ser atendidas más urgentemente.

Esta metodología puede ser aplicada a diferentes sectores e industrias para la reducción de costos o mejorar la calidad del producto o servicio, lo que produce un aumento en los ingresos y beneficios de la empresa. Mediante esta metodología, Tamer C., Inal et al (2017) estudió los flujos de trabajo en laboratorios clínicos y logró la reducción de los tiempos de respuesta y la eficiencia en el análisis de muestras. En particular se logró la reducción de 3 horas 22 minutos y 30 segundos en el proceso pre-analítico de recepción de muestras y una reducción de 9 minutos en los tiempos de respuesta de muestras que deben ser atendidas inmediatamente (STAT). Ablowitz et al. (2008) estudiaron el análisis de sistemas de ingeniería complejos para el proceso de investigación en la Universidad de Virginia. En el análisis se desarrolló y utilizó un Índice de Desempeño de Investigación Traductora (Translational Resesarch Performance Index), esto en orden de cuantificar las medidas de desempeño traductorio de la investigación. Respecto de la aplicación de la metodología en otros sectores, en la industria textil se tiene un estudio en el que se identificaron 46 atributos necesarios para el proceso, determinando cuales son los más débiles y que deberá mejorar la organización, resultando ser que 20 de los atributos estudiados se encontraron como débiles. Siendo los más débiles los asociados con la administración de la empresa, quienes no se integraban al proceso manufacturero siendo que el estudio demostró que deberían ^[10]. W Timans, J Antony, K Ahaus & R van Solingen (2012) desarrollaron un estudio para determinar el impacto de la aplicación de la metodología Lean Seis Sigma en pequeñas y medianas empresas manufactureras (SMEs) en Países Bajos. En este estudio se determinó que el éxito futuro de este tipo de empresa está ligado con su capacidad de innovación y flexibilidad para adaptarse a los cambios. También, especifican que factores que obstaculizan el desarrollo de SMEs son la disponibilidad de recursos y la falta de liderazgo, esto respaldado según lo expuesto por Kumar (2007) y Antony et al (2008) en trabajos previos. Una aplicación más ligada a los inicios de esta metodología es expuesta por R. Ben Ruben, S. Vinodh & P. Asokan (2017), quienes aplican la metodología Lean Seis Sigma con consideraciones ambientales a una empresa de producción de repuestos automotores. En este estudio se logró reducir las unidades defectuosas resultantes del proceso en un 62.5%, pudiendo extenderse esto a 68.9% en caso de seguir mejorando las medidas propuestas. En cuanto al impacto ambiental, este es medido en Pt (Point) y fue reducido en un 21.4%, pasando de 42Pt a 33Pt. En particular, no se encontró registros de un estudio que aplicase la metodología a la optimización de embarques de madera en un puerto, por lo que no se tienen referencias específicas de estudios realizados previamente.

1.4.2 Estadísticos

Para la realización de este trabajo se utilizaron distintos tipos de indicadores para saber las condiciones actuales del proceso y cómo este podía mejorar en el tiempo.

En primera instancia se tiene el nivel sigma, este indicador corresponde a un cálculo estadístico que toma información de un corto plazo referente a los defectos producidos en una muestra, típicamente *Defectos Por Millón de Oportunidades de error (DPMO)* de un proceso. El nivel sigma es un indicador que entrega una medición cuantitativa de la capacidad de un proceso, asociándola también con su propio desempeño. También, toma en consideración qué tan probable es que el proceso sufra un cambio en el tiempo y entrega su valor representando este *DPMO* modificado en un intento por determinar la calidad que posee el proceso de coincidir con las expectativas del cliente a lo largo del tiempo. Es el cliente quien determina los límites dentro de los cuales debe desarrollarse el proceso, que en este caso sería la empresa con la que se está trabajando, y estos son conocidos como límites de especificación. En el proceso estudiado, estos corresponden a los tiempos máximos de demora para el proceso, los macro y sub-procesos, poseyendo solamente un límite de especificación superior, ya que no existe un tiempo mínimo (correspondiente al límite de especificación inferior) que debe ser cumplido.

Como segundo indicador se tiene el *índice de capacidad potencial del proceso (C_p)* el cual relaciona el ancho de las especificaciones (LES y LEI) con la amplitud que posee la variación real de este. Esto es representado por la Ecuación 1, donde se destaca que, para el cálculo de la desviación estándar del proceso, este debe encontrarse sin causas asignables para poder determinar su variación natural y no su variación por causas especiales. También, es necesario mencionar que, aunque no haya normalidad en la distribución, dentro del intervalo utilizado de $\mu \pm 3\sigma$ un gran porcentaje de la distribución se encontrará dentro de estos intervalos, por lo que sigue siendo útil el indicador especificado.

$$C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma} \quad (1)$$

De manera similar al *índice de capacidad potencial del proceso (C_p)* se tiene el *índice de capacidad real del proceso (C_{pk})*, en el cual se toma en consideración qué tan centrada se encuentra la distribución del proceso dentro de sus límites de especificación. Este indicador puede considerarse una versión corregida del C_p , y se calcula según lo especificado en la Ecuación 2. Con esta ecuación es posible darse cuenta que se refiere al índice unilateral más

pequeño, por lo que si este valor mínimo resulta ser satisfactorio indicará que el proceso en realidad es capaz de cumplir las especificaciones. En caso contrario, esto nos indicará que el proceso no cumple con al menos una de las dos especificaciones.

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - LEI}{3\sigma}, \frac{LES - \mu}{3\sigma} \right] \quad (2)$$

El *índice de centrado del proceso (K)* ilustra si la distribución de la característica de calidad está centrada en los límites de especificación propuestos, y es calculado según la Ecuación 3. Si el valor absoluto de este indicador es menor a 20%, entonces se considera un proceso centrado, en caso contrario estaría dando cuenta de que el proceso está muy descentrado y esto afectaría de manera significativa la capacidad del proceso para cumplir con las especificaciones propuestas.

$$K = \frac{\mu - N}{0.5 (LES - LEI)} \times 100 \quad (3)$$

Tomando en cuenta el centrado del proceso, se crea un índice similar a los ya vistos de C_p y C_{pk} , para determinar la capacidad del proceso, sin embargo, en este se añade una variación dependiendo de qué tan centrado sea este. Este corresponde al *índice de Taguchi (C_{pm})*, el cual es calculado según la Ecuación 4. En caso de que el proceso se encuentre centrado C_p , C_{pk} y C_{pm} tendrán el mismo valor.

$$C_{pm} = \frac{LES - LEI}{6\tau} \quad (4)$$

Donde

$$\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2} \quad (5)$$

Respecto del desempeño del proceso, se tienen dos indicadores, siendo estos el *índice de desempeño potencial del proceso (P_p)* y el *índice de desempeño real del proceso (P_{pk})*, ambos son similares a los índices de capacidad expuestos anteriormente, sin embargo, estos están enfocados en el desempeño del proceso en el largo plazo y no solo su capacidad. Esta diferencia se marca por la utilización de la desviación estándar de largo plazo σ_L , y la obtención de los índices está dada por las Ecuación 6 y Ecuación 7. Donde, análogamente a la obtención del C_{pk} , en el P_{pk} , se escoge el mínimo valor de los índices unilaterales para incorporar qué tan centrado está el proceso en el análisis.

$$P_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma_L} \quad (6)$$

$$P_{pk} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - LEI}{3\sigma_L}, \frac{LES - \mu}{3\sigma_L} \right] \quad (7)$$

2 Desarrollo

2.1 Definición

En el presente proyecto se estudia el proceso de embarque de maderas break bulk, el cual será especificado en detalle más adelante. Donde el principal requerimiento de la empresa es el aumento de la cantidad de vueltas de los camiones utilizados para la carga de los buques en el muelle, o, dicho de otra manera, la disminución del tiempo de demora en la carga de madera break bulk a las naves en el muelle.

Se estableció un nivel de tres sigmas como mínimo que debe cumplir el proceso estudiado para ser aceptable. Esto significa que más del 99.73% de las veces que se realice el proceso, este debe cumplir con las medidas impuestas por DP World Lirquén. Idealmente, se quiere lograr incrementar este nivel sigma lo más posible, sin embargo, esto puede ser una tarea más complicada, ya que podría depender de la ejecución de los demás procesos que se realizan en el puerto, haciendo más difícil alcanzar dichos niveles de ejecución para el embarque de maderas break bulk.

Para el análisis de los datos y la determinación de los niveles sigma del proceso se utilizó un software estadístico llamado Minitab ^[18]. Este software es un paquete estadístico desarrollado en la Universidad Estatal de Pensilvania por Barbara F. Ryan, Thomas A. Ryan Jr. Y Brian L. Joiner en conjunto con Triola Statistics Company en 1972. Permite la utilización de un extenso equipo estadístico y la obtención de gráficos simples, comúnmente es utilizado por las compañías para lograr análisis de datos sus operaciones y, basados en dicho análisis, poder mejorar los procesos estudiados.

2.1.1 Definición del proceso

El problema a solucionar corresponde al tiempo de demora de carga en los embarques de maderas break bulk. Esto se refiere al tiempo empleado por un camión en realizar una vuelta de carga, desde las bodegas de acopio donde se encuentra la carga hasta las bodegas de la nave donde esta debe ser colocada y luego volver a la bodega de acopio correspondiente.

Los grupos de trabajo para este proceso, y todos los procesos del puerto, se denominan cuadrillas y cada una está conformada de manera distinta según la tarea, faena, donde se vayan a desempeñar. En el caso de los embarques de madera break bulk se tiene el trabajo de dos cuadrillas de distinta conformación por cada turno que es trabajado.

(1) La cuadrilla de carga en bodega, está compuesta por dos personas: un supervisor, quien es el que se contacta con la nave para determinar las dimensiones, formatos y puerto de los paquetes que se deberán enviar en cada camión y además debe ingresar cada paquete enviado al sistema de registro utilizado en el puerto, esto con la ayuda de un equipo llamado Zebra; y un operador, que es el encargado de maniobrar una grúa horquilla utilizada para posicionar los paquetes sobre el camión. Los camiones pertenecen a una empresa externa, llamada Ramcolog, y son asignados a cada cuadrilla dependiendo de la disponibilidad que se tenga de estos al momento de iniciar el turno. Cabe destacar que el conductor del camión también participa en el proceso, pero no es parte de la cuadrilla de trabajo solicitada en el Container Freight Sale (CFS). Su participación se reduce a la colocación de amarras a la carga una vez que el operador ha terminado de cargarla arriba del camión, para evitar que esta se caiga durante el trayecto al muelle. En un mismo turno se pueden encontrar varias cuadrillas de carga en bodega trabajando de manera simultánea, ya sea en la misma bodega de acopio o en locaciones distintas.

(2) En cuanto a cuadrilla de descarga en la nave, esta está compuesta de doce personas: dos operadores de grúa de la nave, el cual está encargado de descargar los paquetes del camión y posicionarlos dentro de la bodega con la grúa Liebherr que posee asignada cada bodega, deben ser dos porque hay regulaciones que no permiten que trabajen más de 4 horas seguidas en las grúas; tres estibadores, quienes se encargan de que los paquetes queden ubicados de manera compacta dentro de la bodega y rellenan los espacios libres con maderas para que no se derrumben los paquetes en el trayecto al puerto de destino; un estibador líder, quien ayuda y coordina el trabajo de todos los estibadores y también se comunica con el jefe de cubierta para solicitar las dimensiones de la carga; un operador, quien deberá utilizar la grúa horquilla para posicionar los paquetes dentro de la bodega de la nave o también en el muelle en caso de ser necesario, esto estará determinado por el estibador líder; un motosierrista, el cual se encarga de cortar maderas según las dimensiones necesarias para cubrir los espacios que vayan quedando en la bodega de la nave; y finalmente, cuatro enganchadores, quienes se encargan de asegurar la carga a la grúa de la nave en el muelle, para que esta pueda levantarla y cargarla a la nave, cabe destacar que estos cuatro integrantes no entran en ningún momento a la bodega de la nave, solo se mantienen en el muelle. Además, cada nave posee un jefe de nave y un jefe de cubierta, los cuales no pertenecen a ninguna cuadrilla específica, sin embargo, deben encargarse de que todas las bodegas de la nave se estén cargando con la carga correcta y de buena manera.

El proceso depende vitalmente de la comunicación que se tiene entre los supervisores, presentes en las bodegas de acopio, y los jefes de nave. Esto debido a que será el jefe de nave en conjunto con el estibador líder quienes determinaran las diferentes dimensiones de la carga que se necesita e informar qué puerto se está cargando, esto debido a que debe ir toda esa carga junta en las bodegas para facilitar su descarga en destino y debe ser cargada de la forma más ordenada posible para asegurar su integridad durante el viaje. Con esta información el supervisor busca dentro del inventario de las bodegas de acopio para determinar en qué bodega trabajar durante el turno, siendo una situación común la de cambio de bodega de acopio durante el turno. Esta situación se produce debido a que se requiere otra dimensión de carga u otro puerto, que pueden no estar presentes en la bodega en que se encuentra la cuadrilla. Los jefes de nave y cubierta toman especial participación en la solicitud de materiales extra que se vaya a necesitar, como por ejemplo el reemplazo de algún equipo defectuoso o la reserva de materiales necesarios para los procesos que se realizarán en las bodegas durante el turno.

A bordo de la nave, se realizan diferentes maniobras para el ingreso de la carga, dentro de ellas se tiene el movimiento de planchas en bodega. Este proceso es necesario debido a la forma en la que están construidas las bodegas de los buques, ya que para lograr colocar carga en toda la bodega es necesario introducir una grúa horquilla en ella para acceder a los lugares donde la grúa Liebherr, que poseen las naves, no puede acceder. El movimiento de planchas consiste en cuatro etapas: (1) Se realiza el ingreso de alrededor de 5 manteletas de nylon a la bodega, que son posicionadas donde irán las planchas de hierro, para evitar que estas manchen la carga, y rollos de papel craft, para recubrir los espacios que queden al descubierto de las manteletas; (2) Se introducen a las bodegas de la nave planchas de fierro, con dimensiones de 1.5 metros de ancho, 12 metros de largo y un espesor de alrededor de 1 centímetro, llegando a tener un peso de 2,5 toneladas. Por las dimensiones de las bodegas de las naves, se introducen entre 8 a 10 de estas planchas de hierro para que la grúa horquilla pueda transitar sobre la carga, asegurando su buen funcionamiento y evitando que dañe la carga por su tránsito; (3) Luego de posicionar las planchas de hierro, se introducen las grúas horquilla, las cuales generalmente son dos, pero están sujetas a la disponibilidad de cada turno de trabajo. (4) Con las grúas horquilla en la nave, se introducen nuevamente planchas de hierro, sin embargo, en esta ocasión son más pequeñas ya que deben ser ubicadas con las grúas horquilla. Estas planchas tienen dimensiones de 1 metro de ancho, 3 metros de largo y aproximadamente 1

centímetro de espesor, y son ubicadas hacia los extremos de las bodegas por las grúas horquillas, siendo retiradas a medida que se vaya ubicando la carga en ellas.

Este proceso se debe realizar al menos 3 veces por cada bodega de la nave, ya que se van formando “pisos” a medida que se realiza la estiba del buque y en cada “piso” se debe rellenar los extremos de la bodega. Todo lo que fue introducido en un inicio debe ser retirado al terminar de colocar carga en los lugares a los que no puede acceder la grúa Liebherr, ya que es en ese punto donde se continúa el embarque únicamente utilizando la grúa, por su mayor rapidez en las maniobras, a esa etapa se le denomina “Pone y pone” porque es solamente ubicar la carga con la grúa Liebherr, es el proceso más rápido de carga de las bodegas de la nave. A la etapa de relleno de los extremos de la bodega con grúa horquilla se le denomina “Piscina” ya que se rellenan los extremos generando una especie de borde para posteriormente rellenar con la grúa Liebherr en el “Pone y pone”. La demora de este proceso, por lo general, varía desde una hora y treinta minutos hasta dos horas, presentándose situaciones en las que este tiempo se extiende por fallas de coordinación o factores externos que afecten la maniobra.

En las Figuras 2.1., 2.2. y 2.3. se ilustran algunas etapas del proceso descrito previamente, en la Figura 2.4 se muestra un esquema del proceso descrito.



Figura 2.1: Extensión de manteletas en bodega de la nave.



Figura 2.2: Ubicación de planchas de hierro en bodega de la nave.



Figura 2.3: Ubicación planchas de hierro cortas en la bodega de la nave.

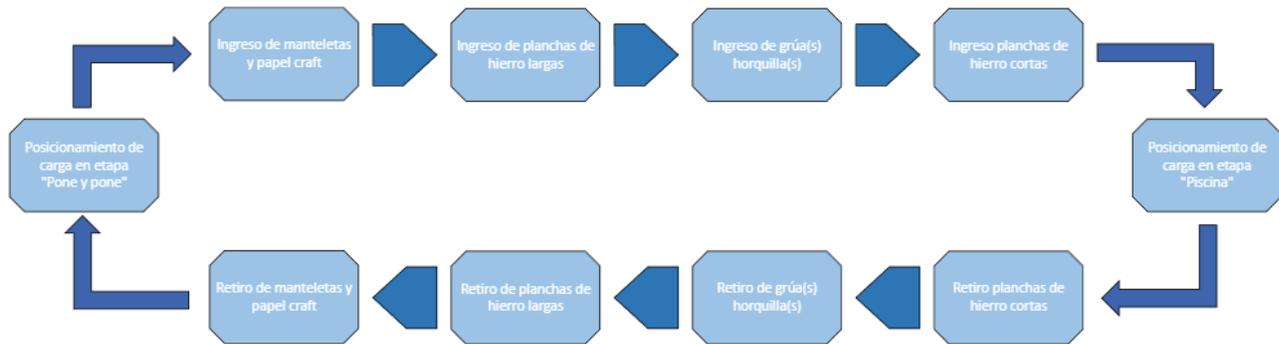


Figura 2.4: Diagrama proceso de movimiento de planchas en bodega.

Actualmente, DP World Lirquén envía carga break bulk a 4 mercados: Corea, Medio Oriente, Japón y Estados Unidos. Siendo los mercados de Corea y Medio Oriente menos complicados que el de Japón, ya que poseen una menor cantidad de puertos a los que se exportan los productos y, además, una menor cantidad de dimensiones en los paquetes de maderas break bulk. Al ser el mercado japonés el con mayor variedad de dimensiones en la madera exportada se debe aumentar los trabajos de carpintería en las naves de dicho mercado para mantener el nivel en cada “piso” formado en la bodega. Esto con la finalidad de poder enviar toda la carga que es requerida dentro de la nave y asegurar que esta quede embarcada de buena forma, para evitar su deterioro en el trayecto a destino, además, de poder permitir el ingreso de la grúa horquilla para continuar con la carga del siguiente bloque o “piso” de la bodega. Como se mencionó anteriormente, las bodegas son cargadas según los puertos por los que se transitará primero, es decir, que el primer puerto en el que se desembarcará será el último que se cargará, esto también es un motivo de demora en las naves enviadas a mercados japoneses.

El mercado de Estado Unidos es el último con el que se ha decidido trabajar. A este mercado se exporta casi exclusivamente maderas break bulk Plywood, las cuales corresponden a tableros de madera con un cierto nivel de procesamiento, lo que los hace más delicados de trabajar. Estos tableros son además empaquetados, desde la fábrica, en dimensiones distintas a las maderas break bulk de los demás mercados, esto debido a que están pensados para el consolidado de los mismos en container. Por este motivo, la carga de los camiones se vuelve más lenta, porque se deben cargar más paquetes y, también, porque se deben amarrar más paquetes antes de comenzar el traslado al muelle. También, esta carga no puede mojarse, por lo que los días con precipitación los trabajos en dichas naves se suspenden. En las bodegas del muelle, este es el tipo de carga que requiere mayores trabajos de carpintería ya que, debido a su empaquetamiento estándar, no es posible adaptarse para ocupar de buena forma la bodega, y todos los espacios que se encuentren entre las cargas deben ser asegurados con maderas para evitar que esta se mueva en exceso durante el trayecto.

2.1.2 Divisiones del proceso

Este proceso puede ser dividido fácilmente en dos macro-procesos por la locación en la que se realizan: (1) Carga de camiones en las bodegas de acopio y (2) Descarga de camiones en el muelle. A continuación, se detallará las actividades realizadas y los tiempos controlados en cada uno.

Primero, en la carga de camiones en las bodegas de acopio se identifican cuatro sub-procesos:

(1) Espera del camión en bodega, el cual es simplemente el tiempo desde que el camión ingresa en la bodega de acopio donde se encuentra la carga almacenada hasta que este está listo para ser cargado por la grúa horquilla. Este tiempo puede variar debido a: complicaciones con los equipos Zebra que registran los códigos de los paquetes que se envían; por órdenes desde la nave debido a los trabajos que se estén realizan en las bodegas de esta, generalmente correspondiente a los movimientos de planchas por cambios de etapa de “Piscina” a “Pone y pone” o viceversa; por no conocer dónde se encuentra la carga específicamente dentro de la bodega, lo que da paso a que el supervisor tenga que recorrerla a pie para identificar de manera visual los paquetes antes de que el operador pueda comenzar a cargarlo; por tener que cambiar de bodega de acopio, porque se agotó la carga que se estaba cargando desde la bodega de acopio o debido a que el jefe de nave requiere que se le envíen diferentes dimensiones de paquetes o un puerto distinto al que se estaba trabajando inicialmente; o porque hay una gran cantidad de camiones asignados a una cuadrilla y simplemente se genera una cola por la demora normal del proceso.

(2) Carga del camión, este sub-proceso corresponde al tiempo empleado en la carga completa del camión. Los camiones, dependiendo de las dimensiones de la madera que se solicite, pueden cargar entre 8 y 18 paquetes de madera, repartiendo estos de dos a tres filas y, también, de dos a tres columnas distribuidas en las rampas de los camiones que tienen una longitud de 12 metros de largo. Las complicaciones que se tiene en este sub-proceso corresponden a: la carga puede estar tapada y se deberán mover más paquetes para poder cargar un camión; el rompimiento de alguna de las amarras que tienen los paquetes, que deben ser reemplazadas antes de subir el paquete a la nave, y eso está a cargo de una cuadrilla aparte por lo que hay que esperar que se presenten en el lugar y arreglen la amarra; la carga errónea de un camión porque no era la dimensión o el puerto que se había solicitado; o porque el conductor al finalizar el turno se debe retirar y no puede quedar el camión cargado para el siguiente turno, por ende hay que descargarlo y se retrasa la operación de carga de los siguientes camiones.

(3) Amarre de la carga, el cual corresponde a la demora en el aseguramiento de la carga en el camión. Esto lo realiza el conductor del camión en una ubicación cercana al lugar de carga, pero lo suficientemente alejada como para no entorpecer la siguiente operación realizada por la grúa horquilla, y es realizado como medida de seguridad ante los movimientos que se pueden ocasionar en el camión en el trayecto hasta el muelle. Consta de la colocación de tres amarras perpendiculares a las filas de paquetes, de manera que estos no tengan un desplazamiento lateral. Sus complicaciones son que le falte alguna chicharra o amarra al camión, impidiendo que se pueda asegurar la carga y que tenga que buscar con otro camión un reemplazo.

(4) Vuelta del camión a la bodega de acopio, el cual es determinado con el tiempo empleado desde que el camión termina el amarre de la carga hasta que vuelve a ingresar a la bodega de acopio, esto como una medida para relacionar la demora en el muelle y, además, en el tránsito de la carga. Este tiempo dependerá de: el flujo de camiones que tenga el muelle donde se debe entregar la carga; la cantidad de camiones que tenga asignada cada cuadrilla; la bodega de acopio desde la cual se esté enviando carga hacia el muelle; y la etapa en la que se encuentre la bodega a la que es enviada la carga.

En las Figuras a continuación, se puede apreciar los procesos mencionados. La Figura 2.5 corresponde a la espera de los camiones en la bodega mientras el supervisor les autoriza a posicionarse para ser cargados. Las siguientes dos figuras, corresponden a el inicio y finalización de

carga del camión respectivamente. Por último, se tiene que la Figura 2.8 muestra el proceso de amarre de la carga que se realiza previo a ser transportado hasta el muelle.



Figura 2.5: Camión a la espera de ser cargado en patio central.



Figura 2.7: Fin de carga en bodegas de acopio.



Figura 2.6: Inicio de carga en bodegas de acopio.



Figura 2.8: Amarre de carga en bodegas de acopio..

La Figura 2.9 muestra un esquema del macro-proceso de carga de camiones en bodegas de acopio, con cada uno de sus sub-procesos.

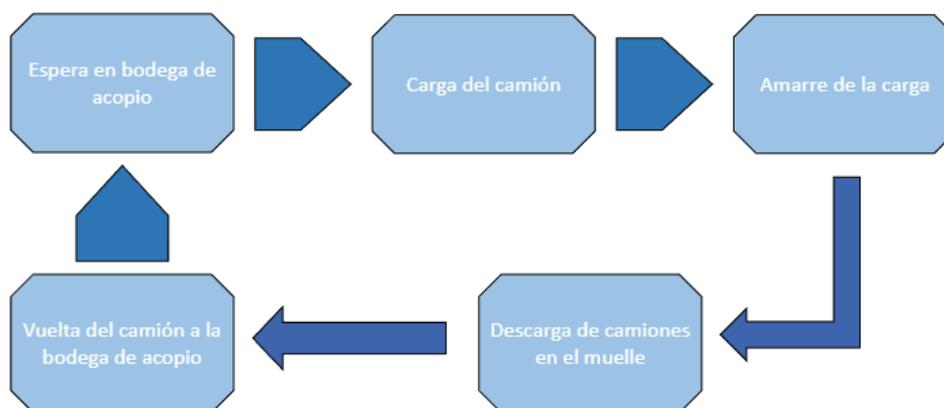


Figura 2.9: Diagrama macro-proceso de carga de camiones en bodegas de acopio.

El proceso de carga de camiones en bodegas de acopio puede ser realizado en 14 diferentes locaciones dentro del puerto. Entre ellas se tienen ocho bodegas, una carpa, un galpón y cuatro patios sin techo. En la Figura 2.10. se identifica cada bodega, la carpa y el galpón colindante. El patio exterior a las bodegas 5 y 6 corresponde al patio central, el exterior a las bodegas 8 y 1 corresponde al patio ex bodega 3, el que se encuentra entre la bodega 14 y la carpa se denomina patio exterior carpa, y el que se encuentra en la entrada de la bodega 14, cercano a la línea férrea, se denomina patio triángulo. En la Figura 2.11. se muestra la bodega más alejada del muelle, llamada bodega 10. Esta se encuentra en un recinto que también es propiedad del puerto, denominado Cerro Verde, sin embargo, requiere salir de las dependencias que originalmente constituían al puerto de Lirquén. Se encuentra separado debido a la imperante necesidad de expansión que tuvo la empresa en antaño por su crecimiento repentino.

Las bodegas poseen espacios de almacenamiento aproximados, ya que dependerá estrictamente del tipo de carga que se almacene, de donde se obtendrá un factor de acopio por metro cuadrado para poder determinar la capacidad de cada bodega. El almacenamiento de carga en el puerto va variando por nave, ya que la carga de cada nave no llega ordenada por puerto ni dimensión, y siempre se tiene bodegas con carga para las naves que vengan antes de la nave para la cual está recibiendo la carga. Por este motivo, se almacena la carga en cualquier bodega, separando la carga que está dentro de esta por dimensión y puerto al que van.



Figura 2.10: Diagrama ilustrativo de las bodegas de acopio y los patios exteriores en el recinto principal del puerto.

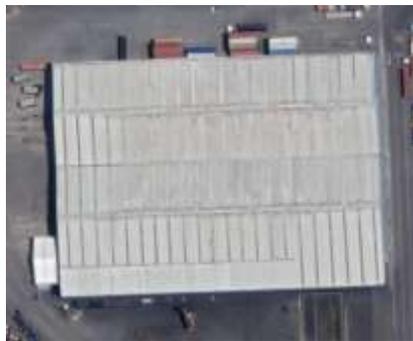


Figura 2.11: Bodega 10 del puerto.

Comenzando desde la bodega más grande, que se encuentra en Cerro Verde y corresponde a la Bodega 10, se tiene que esta posee una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 25.000 m³, esto no es debido a sus dimensiones, sino a que solo almacena tableros, donde la conversión del factor de acopio permite que sea la con mayor capacidad en el puerto. Las demás bodegas son acopiadas con madera verde dimensionada, por lo que si hay una relación directa entre la superficie útil y su capacidad. Así, se tiene la Bodega 8, la cual posee una capacidad aproximada de 11.000 m³. Poseyendo menos de la mitad de la capacidad de la Bodega 8, se encuentran todas las demás bodegas, correspondientes a las Bodegas 14, 9, 7, 6, 5 y 1, las cuales pueden almacenar 5.000 m³ aproximadamente. También se tiene la Carpa, la cual posee una capacidad de almacenamiento de 8.500 m³ aproximadamente. Además de las bodegas y la carpa, se tienen los patios, donde si bien se puede almacenar carga, estos tratan de no ser considerados ya que se deteriora más el producto al

quedar acopiado en lugares expuestos, por ende, no se tienen capacidades de almacenamiento aproximadas para estos sitios.

Segundo, en la descarga de camiones en el muelle se especificaron tres sub-procesos, estos corresponden a:

(1) Espera en el muelle, el cual corresponde al tiempo desde que el camión ingresa al muelle hasta que le es otorgada la autorización para poder ubicarse a un costado de la bodega de la nave para su descarga. Dentro de este intervalo de tiempo el conductor debe desamarrar la carga para que esta pueda ser descargada. Este tiempo puede aumentar dependiendo de: los trabajos que se estén realizando dentro de las bodegas de la nave; la cantidad de camiones que se tenga asignado a cada cuadrilla; y la cantidad de operaciones que se estén realizando en el muelle.

(2) Espera de autorización de entrada e inicio de descarga, esta variable corresponde a la demora que hay desde que el camión comienza a moverse desde la entrada del muelle hasta cuando los enganchadores se acercan para que comience a ser descargado. Esto depende de: la bodega de la nave con que trabaje; el tránsito que haya en el muelle por trabajos paralelos; los trabajos que se estén realizando dentro de las bodegas de la nave; si es que los paquetes no son los que se necesitan en ese momento, ante esto se procede a descargar los paquetes en el muelle con una grúa horquilla; o si es que el conductor tiene relevo para el turno siguiente, de no poseerlo se descarga con la grúa horquilla o se envía de vuelta a la bodega de acopio para que sea descargado allá.

(3) Descarga del camión, el cual es el tiempo de retiro desde el primer hasta el último paquete que trae consigo el camión. Esto varía según: la bodega en que se encuentren trabajando; los trabajos que se estén realizando dentro de la bodega de la nave; el spreader (marco amarillo que se aprecia en las figuras posteriores) que se utilice para la descarga; y, también, va a variar dependiendo de con qué máquina se descargue, o si es una mezcla entre las dos grúas presentes.

En las imágenes mostradas a continuación se aprecian los sub-procesos mencionados en el muelle, correspondiendo la Figura 2.12 a la espera de camiones en la entrada del muelle, la Figura 2.13 a la autorización de entrada y comienzo de descarga. La Figura 2.14 ilustra el momento de la descarga del camión y la Figura 2.15 muestra el posicionamiento que tienen los paquetes dentro de la bodega.



Figura 2.12: Camiones a la espera de poder ingresar al muelle.



Figura 2.14: Transporte de carga desde el camión a la bodega de la nave.



Figura 2.13: Enchance de carga a grúa Liebherr de la nave.



Figura 2.15: Ubicación de paquetes en la bodega de la nave.

La Figura 2.16 muestra un esquema del macro-proceso de descarga de camiones en el muelle.



Figura 2.16: Diagrama macro-proceso descarga de camiones en muelle.

A continuación, se presenta un diagrama del proceso completo para mayor entendimiento de este. En el costado izquierdo se tienen los sub-procesos correspondientes al macro-proceso de carga de camiones en bodega y en el costado derecho se tienen los sub-procesos correspondientes al macro-proceso de descarga de camiones en el muelle. La vuelta de camiones a bodegas de acopio se observa de manera central antes de la espera de camiones en bodega de acopio, ya que esta es controlada cuando el camión ingresa a la bodega luego de venir desde el muelle, descargado.

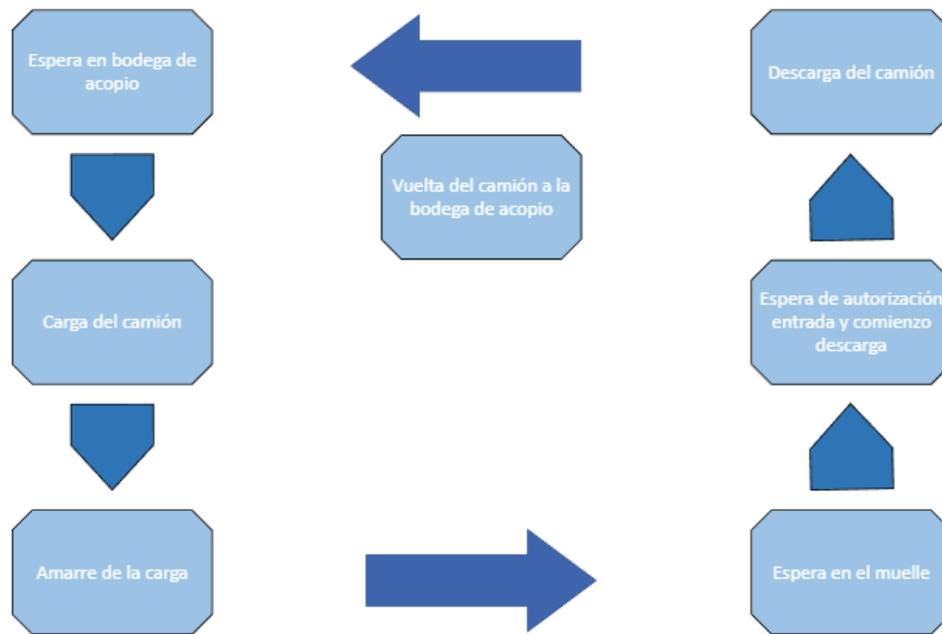


Figura 2.17: Diagrama del proceso completo.

2.2 Medición

La etapa de medición se desarrolló a lo largo de siete semanas, donde se tomó medidas del proceso en bodegas de acopio y en el muelle. Estas mediciones corresponden a los tiempos de demora de cada sub-proceso definido en la etapa de Definición del proceso DMAIC. La decisión del control de estos tiempos fue consensuada con el equipo a cargo del proyecto y los tiempos fueron registrados manualmente mediante la observación del proceso, anotando las horas de inicio y final de cada sub-proceso en cada macro-proceso. Con esta información, posteriormente se obtuvo el tiempo de demora para cada sub-proceso y macro-proceso, generando así la base de datos a trabajar.

Junto con la determinación de los tiempos que se deben controlar, también se establecieron algunas variables que podrían afectar el proceso. Estas variables, si bien comunes en su mayoría, no son las mismas para los dos macro-procesos definidos en un principio, para ambos macro-procesos se definió que se debe registrar: el turno en que se encuentran trabajando, relativo con la hora del día en que se registren los datos; la nave con la que se está trabajando; el mercado de la nave con la que se está trabajando; la bodega de la nave a la cual se carga, debido a que estas, si bien son estándar, tienen pequeñas variaciones en su estructura que dificulta el carguío en algunos casos; el número de cuadrillas que se posee trabajando en el turno, tanto en bodega como en el muelle; el tipo de carga que se está enviando, la cual es diferenciada según la cantidad de paquetes que quepan en cada camión. Para el caso del sub-proceso en bodega, se tomó además registro de las siguientes variables:

el puerto de destino de la carga enviada; el cliente del cual es embarcada la carga; el lugar de acopio desde el cual se está enviando la carga, los que corresponden a las distintas bodegas, patios y carpa mencionados anteriormente. Para el sub-proceso de descarga en el muelle, se tomó también registro de las siguientes variables: el número de grúas horquillas presentes en el muelle, el cual variará según la disponibilidad que se tenga con las demás faenas realizadas; la forma en la que se descarga el camión, la cual puede ser con la grúa Liebherr de la nave, con la grúa horquilla en el muelle o de manera mixta contribuyendo ambas grúas en el proceso; el estado en que se encuentra la bodega, esto debido a que dependiendo de eso se estará cargando dentro de la misma con grúa horquilla para llegar a los extremos o con grúa Liebherr si es que esto no es necesario.

El proceso obtuvo mediciones de las diferentes bodegas de acopio de madera, así como también diferentes turnos y mercados de las naves cargadas, llegando a obtener 202 datos acerca de las bodegas de acopio y 163 datos acerca de los trabajos en el muelle. Con esta información se confeccionó una base de datos de 365 entradas. Esto con el fin de poder determinar las variables más significativas para el proceso a través del análisis a realizar en el software estadístico Minitab.

Dentro de la medición de los tiempos, se eliminó el tiempo destinado a la colación de los trabajadores, este tiempo corresponde a 40 minutos en cada turno. Cuando corresponde ir a colación la faena queda totalmente detenida, por lo que de haberse incluido esto hubiera aumentado en demasía las demoras y disminuido el desempeño del mismo proceso. Algo análogo se produce con el inicio y fin de cada turno, ya que hay un tiempo determinado de 15 minutos para que los trabajadores entren, en el inicio de turno, y salgan, en el fin de turno, de la faena en la que les corresponde trabajar. Esto también hubiese empeorado los tiempos, principalmente de espera, que estaban siendo controlados.

A continuación, se aprecia un extracto de la base de datos introducida en el programa.

En la Tabla 2.1. se aprecia un extracto de los datos recopilados durante la etapa de medición. La base de datos completa puede ser revisada en el Anexo A, ya que por temas de formato se eliminaron algunas variables de esta. Se destaca la toma de tiempos, la cual es cronometrada en minutos y posteriormente, para el trabajo en el software se convirtió a minutos decimales, es decir, 7.5 correspondería a 7 minutos y 30 segundos.

<i>Nave</i>	<i>Mercado</i>	<i>Puerto</i>	<i>Carga</i>	<i>Fecha</i>	<i>Cliente</i>	<i>Lugar</i>	<i>N° Bodega</i>	<i>Turno</i>	<i>N° manos</i>	<i>Tiempo Espera</i>	<i>Tiempo Carga</i>	<i>Tiempo Amarre</i>	<i>Tiempo Total</i>	<i>Tiempo de Vuelta</i>
Magda	Korea	Busan	Sandwich	25-01-2022	Maderas Arauco	Ex bodega 3	3	1	1	0:06:08	0:13:06	0:03:48	0:23:02	0:19:08
Magda	Korea	Busan	Sandwich	25-01-2022	Maderas Arauco	Ex bodega 3	3	1	1	0:19:14	0:04:44	0:03:57	0:27:55	0:19:51
Magda	Korea	Busan	Sandwich	25-01-2022	Maderas Arauco	Ex bodega 3	3	1	1	0:22:30	0:04:27	0:02:40	0:29:37	0:17:30
Magda	Korea	Busan	Madera larga	25-01-2022	Maderas Arauco	Bodega 1	3	1	1	0:32:16	0:09:59	0:05:27	0:47:42	0:17:51
Magda	Korea	Busan	Madera larga	25-01-2022	Maderas Arauco	Bodega 1	3	1	1	0:07:04	0:11:49	0:03:06	0:21:59	0:41:58
Magda	Korea	Busan	Madera larga	25-01-2022	Maderas Arauco	Bodega 1	3	1	1	0:15:52	0:20:54	0:04:17	0:41:03	0:59:16
Magda	Korea	Busan	Madera larga	25-01-2022	Maderas Arauco	Bodega 1	3	1	1	0:22:35	0:09:02	0:03:45	0:35:22	0:20:18

Tabla 2.1: Extracto base de datos recopilada de tiempos en bodegas de acopio.

<i>Turno</i>	<i>Nave</i>	<i>Mercado</i>	<i>N° naves</i>	<i>N° manos</i>	<i>N° horquillas</i>	<i>N° cuadrilla</i>	<i>Tiempo Espera</i>	<i>Tiempo AE – CD</i>	<i>Tiempo Descarga</i>	<i>Tiempo Total</i>	<i>Descarga</i>	<i>Carga</i>	<i>N° Bodega</i>	<i>Estado</i>
2	Top Grace	Oriente Medio	1	4	2	3	0:03:35	0:01:24	0:04:43	00:09:42	Grúa	Madera larga	2	Piscina
2	Top Grace	Oriente Medio	1	4	2	2	0:04:40	0:01:30	0:03:20	00:09:30	Grúa	Madera larga	2	Piscina
2	Top Grace	Oriente Medio	1	4	2	4	0:03:37	0:01:19	0:02:50	00:07:46	Grúa + Horquilla	Madera larga	4	Pone y pone
2	Top Grace	Oriente Medio	1	4	2	3	0:03:15	0:03:25	0:04:34	00:11:14	Grúa	Madera larga	3	Piscina
2	Top Grace	Oriente Medio	1	4	2	2	0:04:17	0:01:49	0:03:42	00:09:48	Grúa	Madera larga	2	Piscina
2	Top Grace	Oriente Medio	1	4	2	4	0:03:15	0:01:50	0:01:59	00:07:04	Grúa + horquilla	Madera larga	4	Pone y pone

Tabla 2.2: Extracto base de datos recopilada de tiempos en muelles.

La Tabla 2.2. muestra un extracto de los datos recopilados en el muelle, donde Tiempo AE – CD corresponde al segundo sub-proceso definido, que es el tiempo de autorización de entrada y comienzo de descarga. Análogamente a la base de datos de las bodegas de acopio, para el análisis se transformó los tiempos a minutos decimales. La base de datos completa puede encontrarse en el Anexo A.

2.3 Análisis

Para la realización del análisis se trabajó con el software estadístico Minitab, donde fue introducida la base de datos generada en la etapa anterior del ciclo DMAIC. A partir de la utilización de este programa se obtuvo, en primera instancia, el nivel sigma de los macro-procesos definidos anteriormente, los cuales corresponden a la carga de camiones en las bodegas de acopio y la descarga de los mismos en el muelle.

Estos procesos fueron analizados de dos maneras distintas, tomando dos escenarios para los cuales se calculó los límites de demora que podía tener cada proceso. Los escenarios corresponden a: la realización mínima de cinco vueltas por camión en cada turno y la realización mínima de ocho vueltas por camión en cada turno. En cada escenario se determinó la demora máxima que puede tener cada macro-proceso y, a partir de ellos, la demora máxima que puede tener cada sub-proceso. Para los cálculos de ambos escenarios se asume un turno efectivo de cinco horas, esto es debido a que el turno en total posee siete horas y media, sin embargo, al no contabilizar el tiempo de colación ni los tiempos de inicio y finalización de turno, se toma un valor máximo de cinco horas trabajadas efectivas para efectos de no sobrestimar ningún tiempo.

Luego, a través de la base de datos recopilada, se determinó un tiempo promedio de demora de cada macro-proceso, y a cada uno de ellos se le determinó qué porcentaje de dicho tiempo era atribuido a cada sub-proceso en estudio. Con esta información fue posible la caracterización porcentual de cada macro-proceso respecto de sus sub-procesos respectivos, esto se ilustra en la Tabla 2.3. Cabe destacar que, en el caso de los macro-procesos, hay un diferencial que no se toma en cuenta en ninguno de ellos, el cual corresponde al transporte de la carga desde la bodega de acopio al muelle. En este caso se observó que el transporte es de alrededor de cinco minutos, por lo que el restante 9% se debe a este motivo.

En el caso de los sub-procesos, si se tiene que estos contienen el 100% del tiempo total del macro-proceso, ya que son procesos continuos y al terminar uno comienza el siguiente. Se destaca que los tiempos de espera son los más elevados, esto es debido a que se realizó una estimación proporcional de los datos recopilados. Esto no es el caso ideal, sin embargo, ayuda a comprender el comportamiento actual del proceso en estudio.

Macro-proceso	Proporción	Tiempo máximo de demora	Sub-proceso	Proporción	Tiempo máximo de demora
Carga de camiones en bodega	42,676%	0:25:36	Tiempo de Espera	44,278%	0:11:20
			Tiempo de Carga	35,972%	0:09:13
			Tiempo de Amarre	19,750%	0:05:03
Descarga de camiones en el muelle	47,944%	0:28:46	Tiempo de Espera	57,869%	0:16:39
			Tiempo de AE - CD	16,774%	0:04:50
			Tiempo de Descarga	25,357%	0:07:18

Tabla 2.3: Obtención de tiempo máximos demora para escenario con cinco vueltas mínimas.

Para cada proceso controlado, comprendiendo los dos macro-procesos y los seis sub-procesos, se analizó a qué distribución se asemejaba más según los datos recopilados. Se procedió a utilizar la función “Individual Distribution Identification” del software Minitab con cada proceso, determinando así las distribuciones más similares a las muestras de datos de cada uno. Estas distribuciones se muestran en la Tabla 2.4, donde además se muestran los registros de los valores mínimos y máximos para cada distribución. El tiempo es representado en minutos según lo explicado previamente para la base de datos, es decir, 35.5 corresponde a 35 minutos y 30 segundos. Cabe mencionar que los parámetros de las distribuciones son determinados por el programa automáticamente.

Macro-proceso	Distribución	Valores Extremos	Sub-proceso	Distribución	Valores Extremos
Carga de camiones en bodega	Loglogistic 3 parámetros	Mínimo: 6,9	Tiempo de Espera	Lognormal	Mínimo: 0,1667 Máximo: 44,85
			Tiempo de Carga	Gamma	Mínimo: 2,2667 Máximo: 25,0833
		Máximo: 35,367	Tiempo de Amarre	Loglogistic	Mínimo: 0,4 Máximo: 9,4
Descarga de camiones en el muelle	Lognormal	Mínimo: 5,333	Tiempo de Espera	Exponencial de 2 parámetros	Mínimo: 1,55 Máximo: 41,833
			Tiempo de AE - CD	Lognormal de 3 parámetros	Mínimo: 0,3833 Máximo: 22
		Máximo: 52,683	Tiempo de Descarga	Loglogistic	Mínimo: 1,1667 Máximo: 24,2833

Tabla 2.4: Distribución y valores extremos de cada proceso estudiado.

2.3.1 Macro-procesos

El primer análisis corresponde a la especificación mínima propuesta por la empresa, la cual corresponde a que cada camión alcance una cantidad de cinco vueltas por turno. Esto estaría condicionado por acuerdos sindicales con los conductores de camión, a los cuales el sueldo base les correspondería el haber realizado cinco vueltas en el turno, por lo que con este nivel de desempeño la empresa no perdería recursos, llegando a ser el nivel mínimo del proceso.

Bajo este escenario, se determinó el tiempo máximo que podía tardarse cada macro-proceso en estudio, siendo estos tiempos 25.6 y 28.8 minutos aproximadamente para las bodegas de acopio y descarga en el muelle respectivamente. De estos resultados, para el análisis del nivel mínimo especificado por la empresa, se tiene que los niveles sigma de los macro procesos son bajos, siendo 2.31 y 2.59 para las bodegas de acopio y muelle respectivamente. Los correspondientes rendimientos de los procesos son 79.1% y 86.1% para bodega y muelle respectivamente, esto indica que dicho porcentaje de las veces se ha cumplido con la especificación de que cada camión logre realizar al menos cinco vueltas en el turno, siendo un desempeño bastante bajo. Además de los niveles sigma y rendimientos, se pudo obtener los índices P_{pk} y C_{pk} para cada macro-proceso. En este escenario para el P_{pk} se obtuvieron valores de 0.270 y 0.360 para carga de camiones en bodegas de acopio y descarga de camiones en el muelle respectivamente, lo que indica que el proceso no es capaz de lograr el desempeño buscado, ya que comúnmente se dice que un proceso es capaz si su P_{pk} es mayor o igual a 1. Para el C_{pk} se obtuvieron valores de 0.162 y 0.340 respectivamente, considerándose como un proceso de clase 4, siendo este no apto para los requerimientos especificados. También, se decidió analizar el C_{pm} , para visualizar el impacto que tiene el desplazamiento de la distribución respecto de la capacidad que se refleja en el indicador anterior, dando como resultado valores de 0.324 y 0.448 respectivamente. Con esto se puede apreciar un gran aumento respecto del índice de capacidad real del proceso, sin embargo, aún sigue hallándose en la misma categoría siendo no adecuado para el trabajo requerido. Las Figuras 2.18 y 2.19 muestran los resultados obtenidos del análisis SixPack que ofrece el software, donde, además de lo mencionado anteriormente, puede observarse que ambos procesos se encuentran en control.

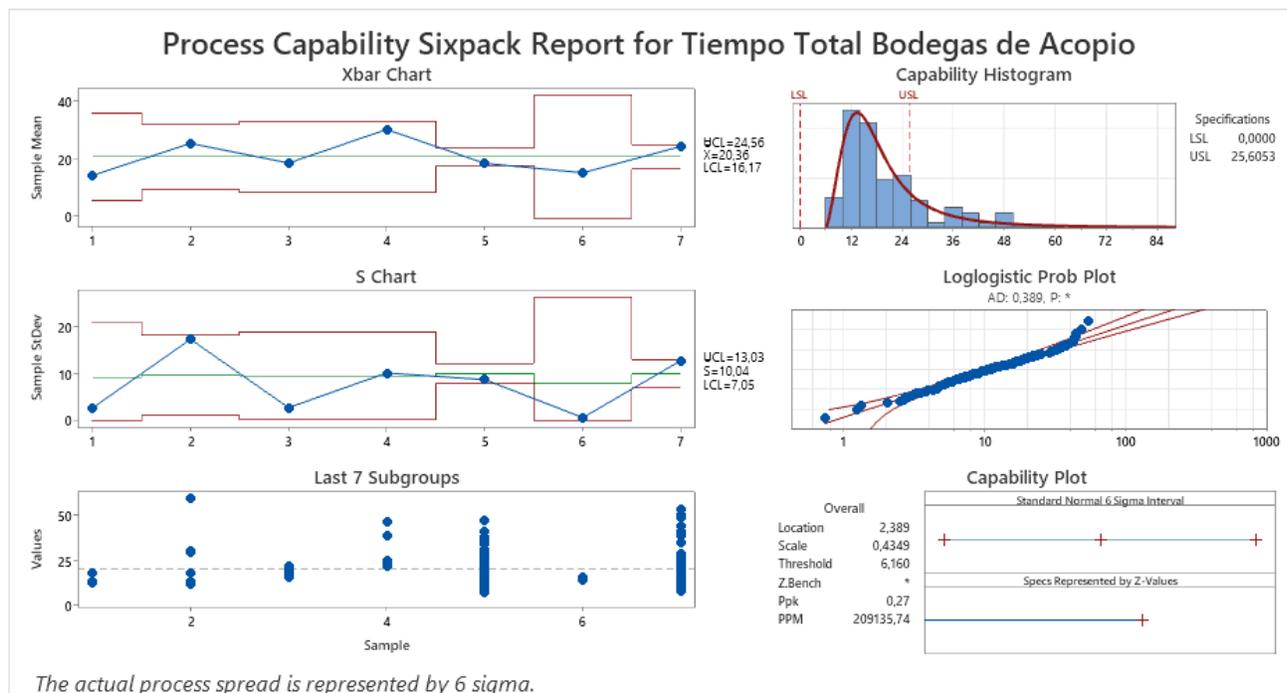


Figura 2.18: Análisis estadístico de tiempos totales en bodegas de acopio para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.

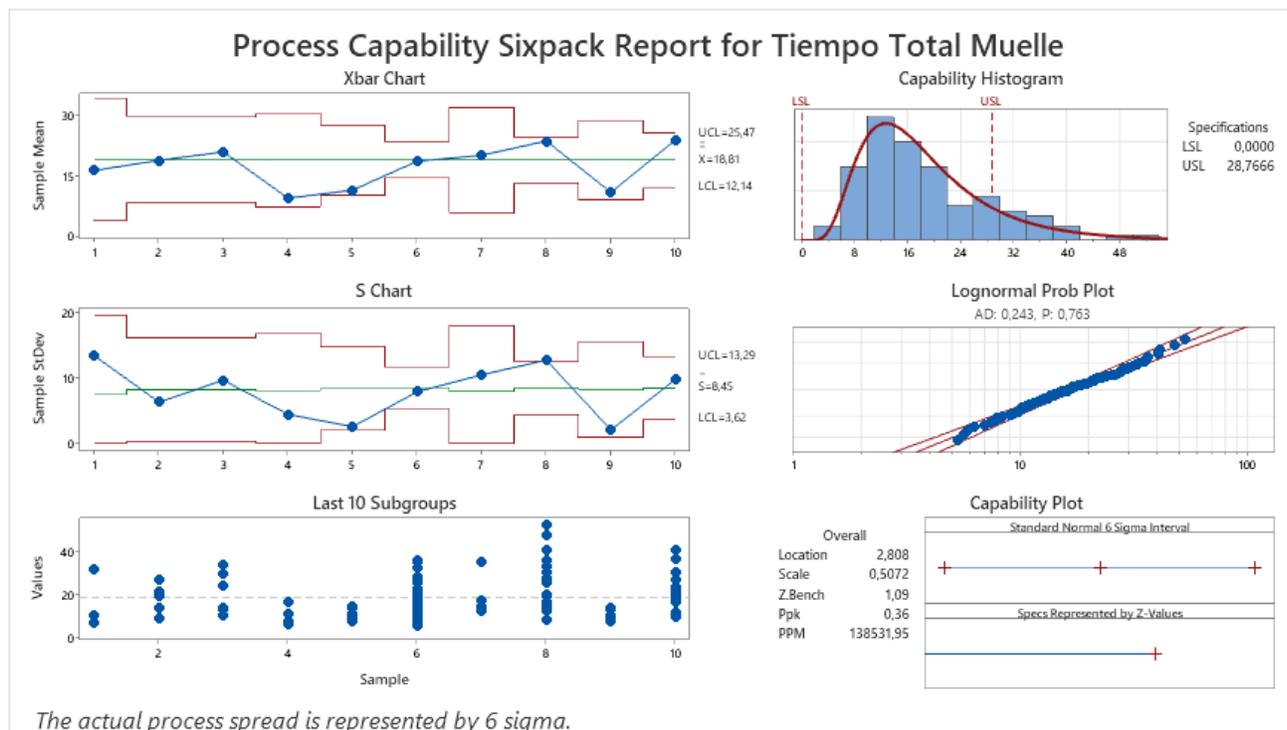


Figura 2.19: Análisis estadístico de tiempos totales en el muelle para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.

Cabe destacar que, como se está evaluando tiempo de demora, no se tiene un límite inferior de especificación por parte de la empresa. Es por este motivo que se decidió utilizar un límite de 0 ya que naturalmente al ser tiempos de demora estos no pueden ser negativos. Con este límite inferior

asumido, se puede apreciar que las distribuciones no se encuentran centradas dentro de los límites de especificación, lo que habla de la dispersión que tienen los procesos estudiados ya que al estar distribuidos de forma más normal deberían comenzar a centrarse y aumentar los niveles sigma percibidos de estos. Esto es corroborado por la obtención del indicador K para ambos procesos, con valores de 0.591 y 0.308 para la carga de camiones en bodega y descarga de camiones en el muelle respectivamente.

En la Tabla 2.5 se muestra un cuadro resumen con los indicadores obtenidos referentes al primer análisis realizado para los macro-procesos.

	Nivel Sigma	Rendimiento	P_{pk}	C_{pk}	C_{pm}	K
Carga en Bodegas de Acopio	2.31	79.1%	0.270	0.162	0.324	59.1%
Descarga en el Muelle	2.59	86.1%	0.360	0.340	0.448	30.8%

Tabla 2.5: Resumen indicadores obtenidos en análisis para escenario mínimo.

En el segundo análisis se tuvo en consideración un nivel más alto, el que pasaría a ser el ideal según las condiciones del proceso, ya que estaría incrementando la productividad en alrededor de un 40% respecto del rendimiento actual. Este nivel corresponde a que cada camión realice como mínimo ocho vueltas por turno, logrando así que el trabajo en el puerto sea una alternativa atractiva para los conductores, ya que el sueldo se equipararía al que obtienen haciendo traslados a empresas de transporte. En este escenario se tiene como máximo de demora 16 y 17.9 minutos para cada proceso respectivamente. A partir de estos resultados, para el análisis del caso más óptimo para la empresa, se tiene que los niveles sigma toman un valor de 1.35 y 1.66 para bodegas y muelle respectivamente, en este escenario se tiene niveles sigma muy bajos, lo que indica que el proceso no va a lograr cumplir con la condición propuesta en el estado actual. En cuanto a los rendimientos, se tiene un rendimiento de 44.1% y 56.3% para las bodegas y muelles respectivamente, dando claros indicios de que el problema está focalizado en el trabajo realizado en las bodegas de acopio del puerto al intentar agregar una mayor cantidad de vueltas por camión en cada turno. Finalmente, se obtuvo también el P_{pk} , C_{pk} y C_{pm} resultando valores de -0.05 y 0.05, -0.135 y -0.028 y 0.146 y 0.217 respectivamente. Siendo estos, como era de esperarse, menores a los obtenidos en el primer caso, indicando claramente que el proceso en las condiciones actuales no es capaz de cumplir con la realización de ocho vueltas por camión por turno en el largo plazo. Cabe destacar el valor negativo obtenido en algunos índices, esto indica una proyección muy deficiente del rendimiento general del

proceso al exigirle la realización de un mínimo de ocho vueltas por camión por turno. En este escenario no se calculó el índice de centrado del proceso, ya que gráficamente se puede apreciar un descentrado muy marcado en las distribuciones. Estos gráficos son muy similares a los mostrados en las Figuras 2.18 y 2.19, sin embargo, su diferencia radica en el límite de especificación superior, el cual se ha reducido al analizar el caso óptimo de funcionamiento del proceso.

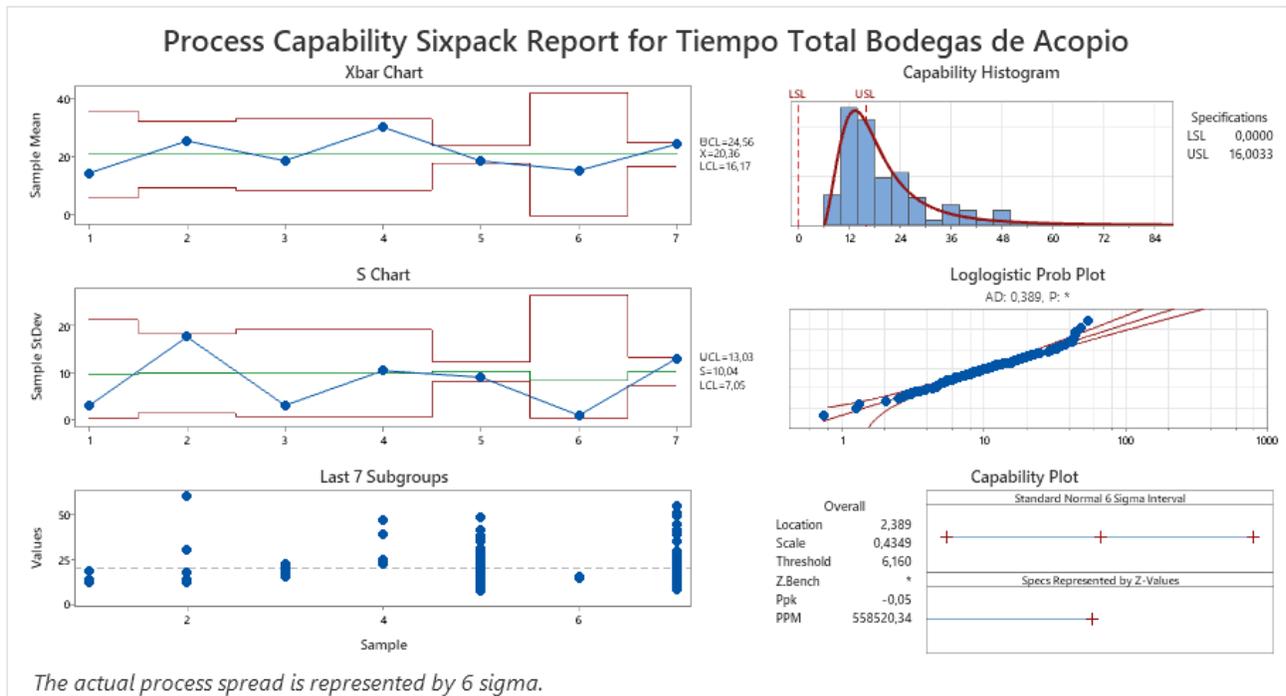


Figura 2.20: Análisis estadístico de tiempos totales en bodegas de acopio para el escenario con ocho vueltas por camión por turno.

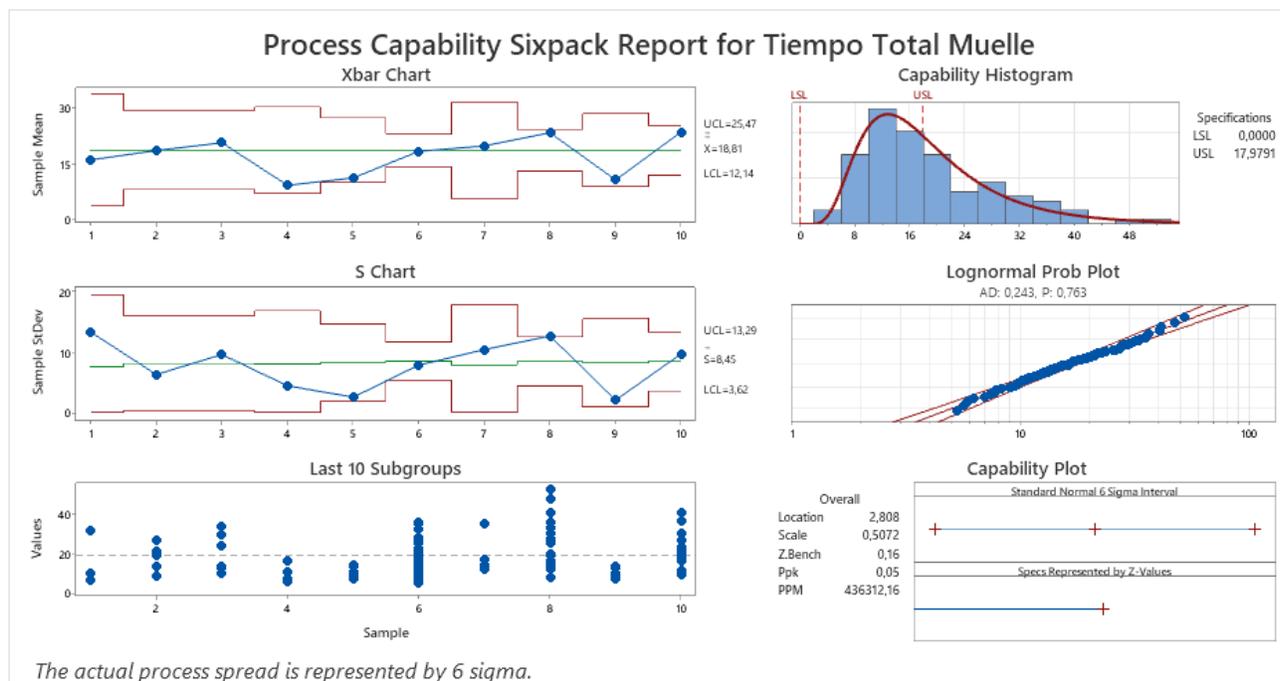


Figura 2.21: Análisis estadístico de tiempos totales en el muelle para el escenario con ocho vueltas por camión por turno.

Con esto es posible decir que ambos procesos no son adecuados para soportar un nivel mínimo de ocho vueltas por camión en cada turno, presentándose el mayor problema en la carga de camiones en bodegas de acopio, ya que este macro-proceso posee el peor nivel sigma para el segundo escenario analizado.

En la Tabla 2.6 se puede apreciar un cuadro resumen con los indicadores obtenidos para el escenario que contempla el alcance de ocho vueltas por turno por cada camión como mínimo.

	Nivel Sigma	Rendimiento	P_{pk}	C_{pk}	C_{pm}
Carga en Bodegas de Acopio	1.35	44.1%	-0.05	-0.135	0.146
Descarga en el Muelle	1.66	56.3%	0.05	-0.028	0.217

Tabla 2.6: Resumen indicadores obtenidos en análisis para escenario óptimo.

2.3.2 Sub-procesos

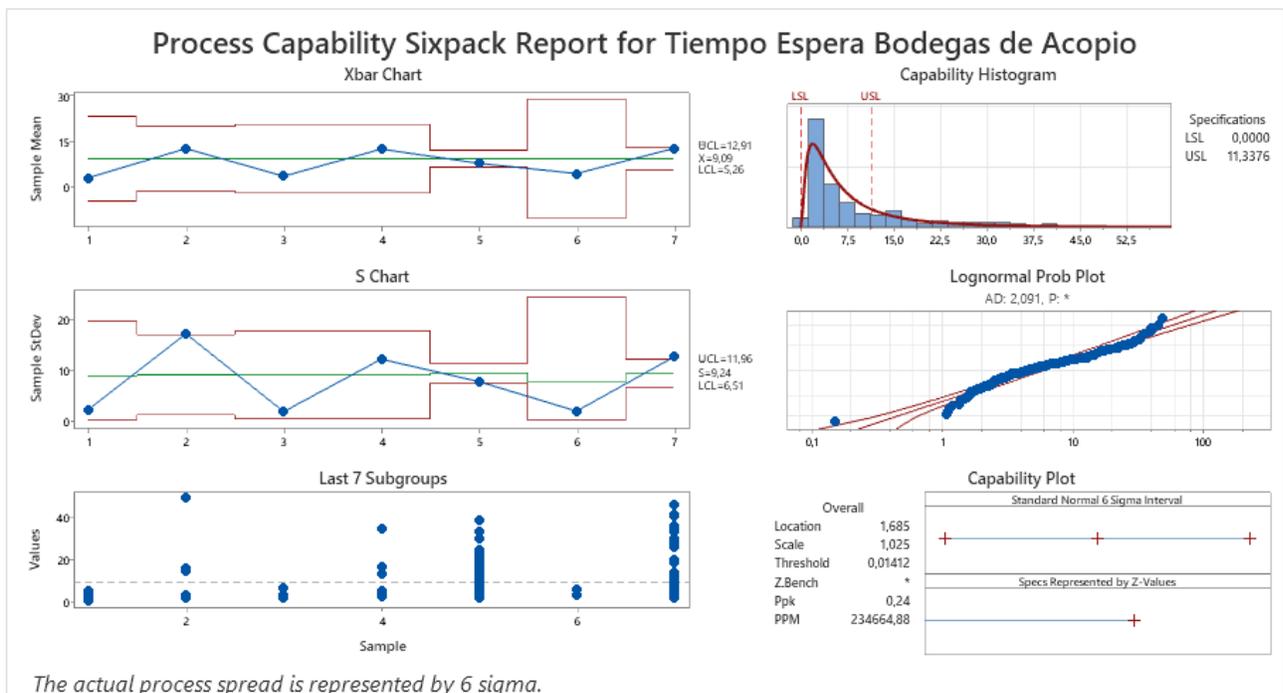
Luego del análisis de los dos macro-procesos, se procedió a analizar los sub-procesos que se habían determinado en la etapa de definición del proceso DMAIC.

Del análisis de los sub-procesos, correspondientes a la carga de camiones en las bodegas de acopio, se tiene que el sub-proceso con menor nivel sigma corresponde al de carga de camiones en bodega, con un nivel sigma de 2.09 y un rendimiento de 72.23%. El sub-proceso de tiempo de amarre de la carga posee un nivel sigma de 2.14 y un rendimiento de 74.1%, teniendo indicadores similares a los del proceso anteriormente mencionado. El último sub-proceso, correspondiente al tiempo de espera

en bodega, posee el mayor nivel sigma del macro-proceso de carga en bodegas de acopio con un nivel de 2.22 y un rendimiento del 76.53%. Con esto se puede apreciar claramente que ningún proceso se encuentra en el nivel mínimo deseado por la empresa. Siendo los tres sub-procesos necesarios de analizar en búsqueda de oportunidades de mejora, ya que sus niveles sigma y rendimientos son muy similares.

En las Figuras 2.22, 2.23 y 2.24 se muestran los resultados obtenidos del análisis SixPack de los sub-procesos de la carga de camiones en bodegas de acopio, donde el único proceso que no se encuentra en control corresponde al de amarre de la carga.

Respecto de la descarga de camiones en el muelle, se tiene que el sub-proceso de espera en el muelle posee un nivel sigma de 2.30 y un rendimiento del 78.71%. Sin embargo, los otros dos sub-procesos poseen un nivel muy similar, siendo este 2.09, con un rendimiento del 72.2% para la autorización de entrada y comienzo de descarga y un nivel sigma de 2.05 y un rendimiento del 71% para la descarga de los camiones.



The actual process spread is represented by 6 sigma.

Figura 2.22: Análisis estadístico de tiempos de espera en bodegas de acopio para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.

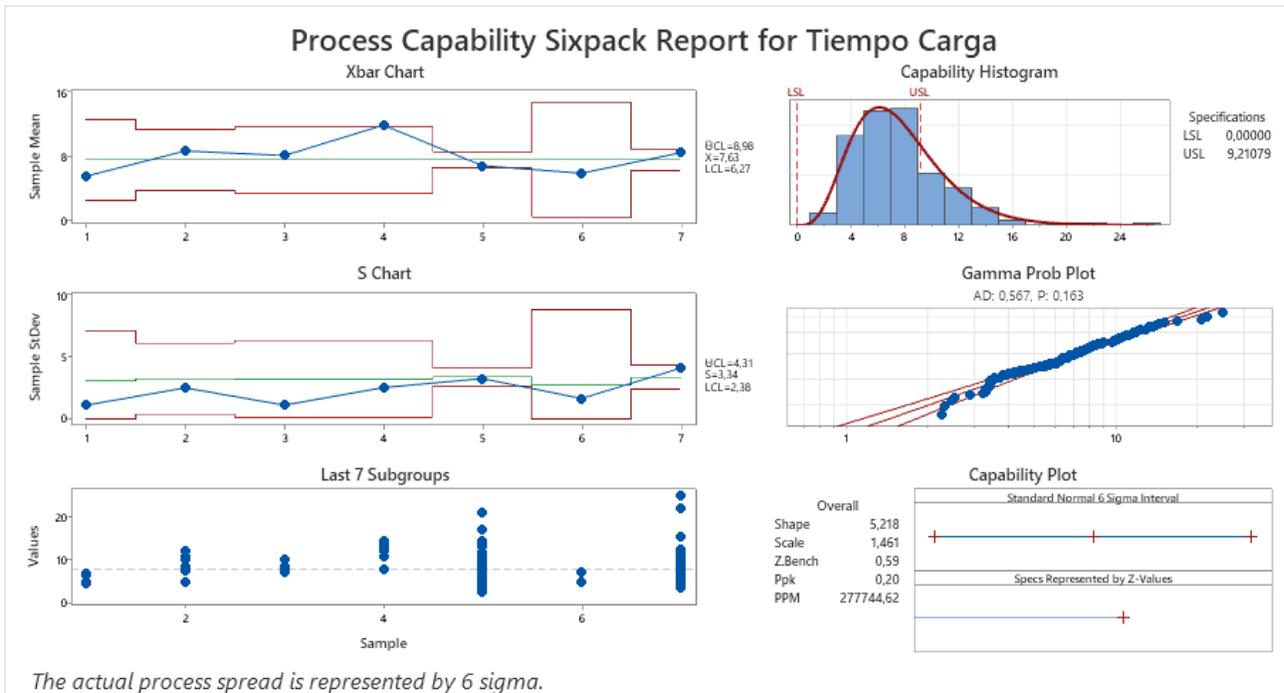


Figura 2.23: Análisis estadístico de tiempos de carga en bodegas de acopio para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.

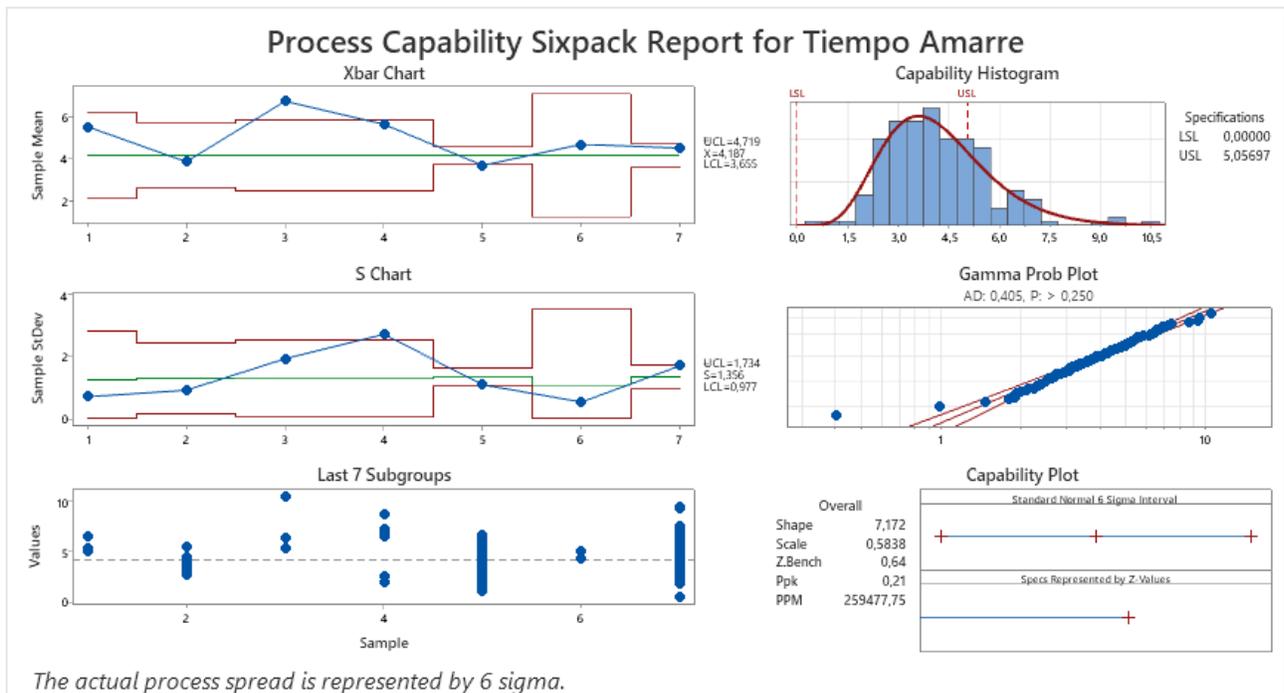


Figura 2.24: Análisis estadístico de tiempos de amarre en bodegas de acopio para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.

Por lo que aquí se tiene una tendencia clara a analizar más en profundidad los procesos de autorización de entrada y comienzo de descarga y el de descarga de camiones en el muelle. Aunque

también será necesario mejorar el proceso de espera de camiones en el muelle ya que también se encuentra bajo el nivel sigma buscado por la compañía.

En las Figuras 2.25, 2.26 y 2.27 se muestran los resultados obtenidos del análisis para los subprocesos de la descarga de camiones en el muelle, donde se destaca que la descarga de camiones en el muelle es el único proceso que se encuentra en control. Como solo se encuentran dos procesos en control, se procedió a buscar el control estadístico de estos para analizar la existencia de causas asignables a los procesos, luego de este análisis se efectuó el mismo análisis anterior para determinar si aumentaba los niveles percibidos del proceso. Esta información es mostrada en la Tabla 2.7, siendo esta tabla un cuadro comparativo de los resultados obtenidos en ambos análisis para apreciar de mejor manera las posibles diferencias. Los gráficos obtenidos pueden encontrarse en el Anexo B.

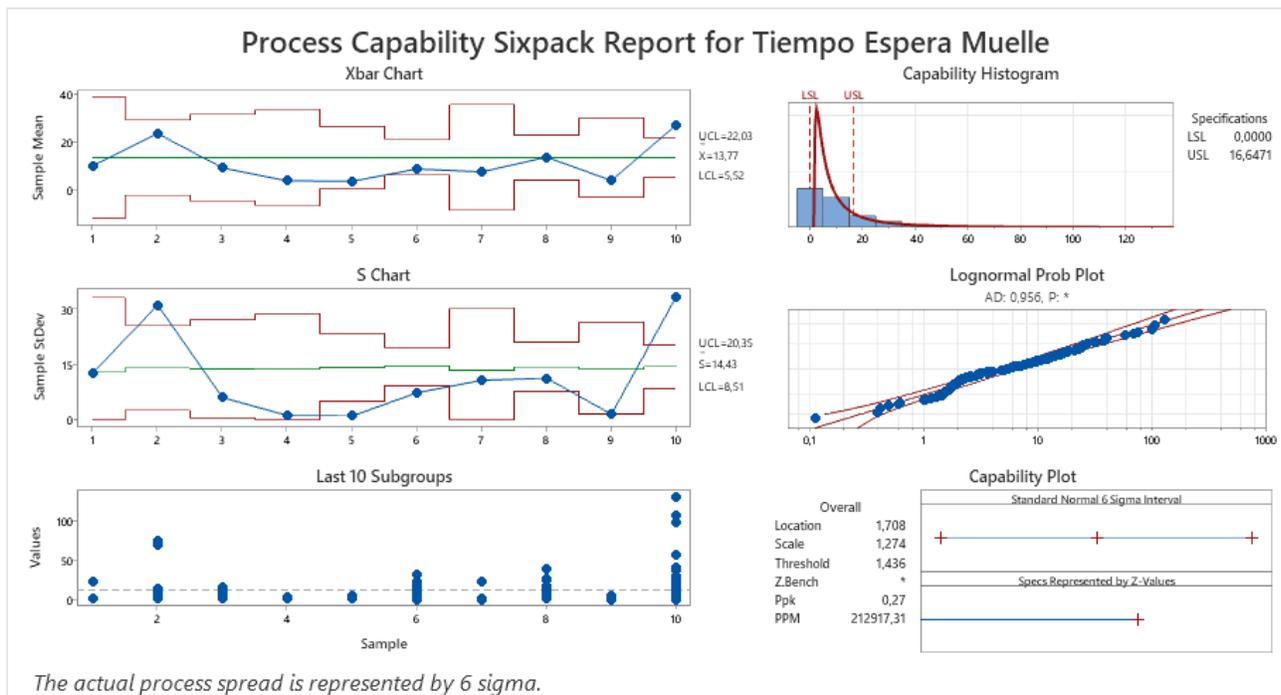


Figura 2.25: Análisis estadístico de tiempos de espera en el muelle para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.

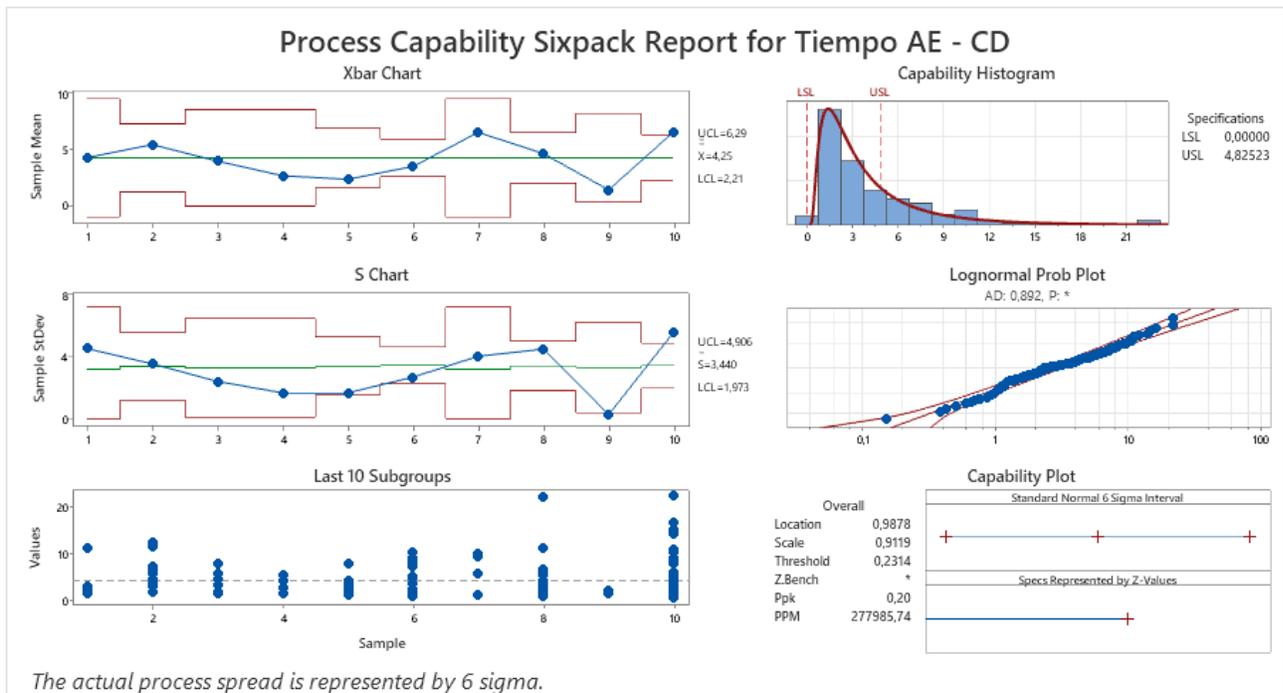


Figura 2.26: Análisis estadístico de tiempos de autorización entrada – comienzo descarga en el muelle para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.

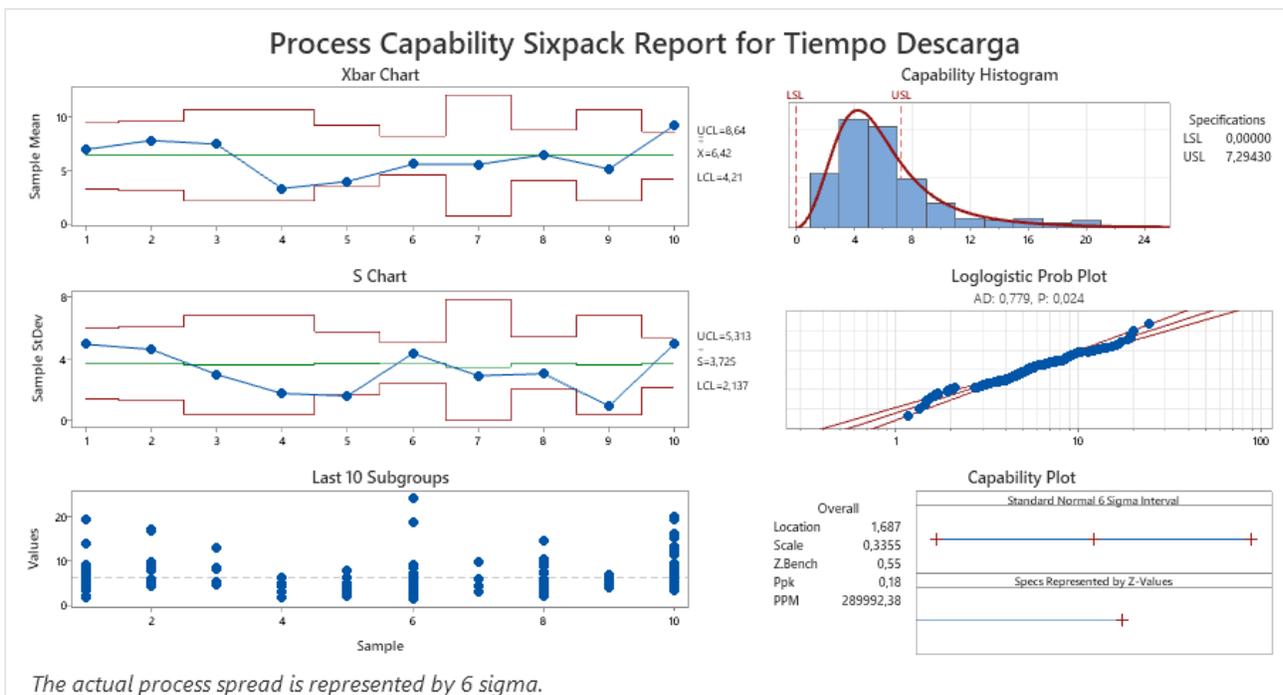


Figura 2.27: Análisis estadístico de tiempos de descarga en el muelle para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.

Sub-proceso	Fuera de Control			En Control		
	Nivel sigma	Rendimiento	P_{pk}	Nivel sigma	Rendimiento	P_{pk}
Tiempo Espera Bodegas Acopio	2,22	76,53%	0.24	2,31	79,14%	0.27
Tiempo Carga	2,09	72,23%	0.20	2,10	72,67%	0.20

Tiempo Amarre	2,14	74,05%	0.21	2,30	78,96%	0.27
Tiempo Espera Muelle	2,30	78,71%	0.27	2,24	77,09%	0.25
Tiempo AE - CD	2,09	72,20%	0.20	2,13	73,50%	0.21
Tiempo Descarga	2,05	71,00%	0.18	2,06	71,06%	0.19

Tabla 2.7: Tabla comparativa indicadores de desempeño con la muestra en control y fuera de control.

Con esto es posible apreciar que al tener la muestra en control se incrementa el nivel sigma percibido de los procesos, aunque las únicas diferencias significativas se muestran en los tiempos de amarre de la carga en las bodegas de acopio y los tiempos de autorización entrada y comienzo de descarga en el muelle. Donde las causas asignables detectadas corresponden a un exceso de camiones en cada cuadrilla o un déficit de grúas para la carga de estos y también a movimientos de planchas en las bodegas de la nave.

En la Tabla 2.8 se presenta un resumen de los indicadores analizados para cada sub-proceso en control. Puede apreciarse que, aun estando en control, estos indicadores no son satisfactorios para clasificar al proceso como capaz.

A partir del análisis anterior es posible identificar los sub-procesos de carga y descarga como los de peor desempeño en cada macro-proceso. En el caso de la carga de camiones en bodega, se tiene que este proceso es afectado por el tamaño de la bodega de acopio de la cual se está enviando carga, junto con la cantidad de carga que se dispone en dicha bodega ya que esta puede dificultar algunas maniobras tanto del camión como de la grúa horquilla. También depende directamente de la estiba que se esté realizando en la bodega de la nave, ya que de ello dependerá las dimensiones y el puerto de la carga que sea enviada. Otro factor importante es la uña que se utilice para la carga de los camiones, ya que dada las diferentes dimensiones de la carga hay paquetes que son más angostos y al utilizar en ellos la uña tradicional se disminuye la velocidad de la carga porque se debe maniobrar más para poder tomar los paquetes de buena forma. Para la descarga de camiones en el muelle se tiene que esto se ve afectado por la cantidad de camiones que haya en el muelle, ya que esto, al igual que en las bodegas de acopio, dificulta algunas maniobras de ingreso y eventualmente de descarga del camión (en los casos que este sea descargado con la grúa horquilla en el muelle). Esto también se ve afectado por la cantidad de cuadrillas que se encuentren trabajando en el muelle, tanto en la nave como en otras naves que pueda haber. Otro factor importante en el carguío de la nave es la interacción de enganchadores con la carga, ya que estas son las personas encargadas de asegurar que el spreader utilizado quede bien sujeto a la carga para poder tomarla e ingresarla a la bodega. Este

proceso es muy variable ya que depende completamente de la disposición de los enganchadores a realizar la acción de manera ágil.

	Nivel Sigma	Rendimiento	P_{pk}	C_{pk}	C_{pm}
Tiempo espera bodegas de acopio	2.31	79.14%	0.27	0.075	0.179
Tiempo carga	2.10	72.67%	0.20	0.149	0.330
Tiempo amarre	2.30	78.96%	0.27	0.187	0.371
Tiempo espera muelle	2.24	77.09%	0.25	0.048	0.134
Tiempo AE - CD	2.13	73.50%	0.21	0.049	0.186
Tiempo descarga	2.06	71.06%	0.19	-0.128	0.243

Tabla 2.8: Resumen indicadores obtenidos de sub-procesos en control.

2.3.3 Análisis posteriores

Posteriormente se realizó un análisis de las diferentes variables que afectan a los procesos con peores indicadores obtenidos en el análisis. Analizando, en total, dos factores distintos y la realización de un sub-proceso que, bajo ciertas condiciones, parece no agregar valor al proceso general.

Primero, debido a que el proceso de cambio de planchas afecta de manera significativa a cada uno de los sub-procesos con peor desempeño, se decidió realizar un análisis de sensibilidad para determinar el impacto que podría tener en el proceso general. De este análisis de sensibilidad fue posible cuantificar el aumento de rendimiento que debería tener el proceso al disminuir el tiempo del proceso de cambio de planchas en 6, 12 y 24 minutos. Esto es ilustrado en la Tabla 2.9.

	Disminución en 6 minutos	Disminución en 12 minutos	Disminución en 24 minutos
Disminución de Costos Promedio	\$3.217.653	\$4.728.768	\$7.572.908
Porcentaje Disminución Costos	4,353%	6,532%	10,888%
Ahorro Anual aproximado (CLP)	\$74.327.774	\$109.234.534	\$174.934.172
Ahorro Anual aproximado (USD)	\$90.643,63	\$133.212,85	\$213.334,36

Tabla 2.9: Impacto económico en la disminución del proceso en diferentes escenarios.

En dicha tabla es posible apreciar que se produce una disminución de más del 6% en los costos de cada buque atracado en el muelle con tan solo una reducción de 12 minutos en el proceso en cuestión. Por esto se decidió la búsqueda de alternativas para la reducción de los tiempos de movimiento de planchas en las bodegas de la nave.

Segundo, se identificó que la cantidad de camiones podría ser ajustado respecto de la estiba que se esté realizando en la bodega de la nave con la cual tendrá que trabajar cada cuadrilla. Por este motivo se realizó un análisis de varianzas, o ANOVA según sus siglas en inglés, con el que se determinó que la cantidad de camiones asignados si afecta las medias de las muestras. La cantidad de vueltas por camión por turno se ve afectada por variables como: el tamaño de la bodega desde donde se está embarcando; el número de cuadrillas que está trabajando de manera simultánea en el muelle; si es que hay más de tres cuadrillas trabajando en la misma nave; la cantidad de camiones que hayan sido asignados en el turno a la cuadrilla; y la bodega de acopio misma desde la que se embarque la carga. Con esta información se espera poder establecer parámetros que la empresa contratista tenga en consideración para la asignación de camiones y así poder maximizar la cantidad de vueltas que realizan en cada turno.

Tercero, también fue posible identificar que la medida de amarrar la carga antes de trasladarla al muelle, si bien es por seguridad, no se estaba implementando de manera correcta ya que el tonelaje de la carga es mucho mayor a la resistencia total de las amarras. Por este motivo se pensó en la posibilidad de eliminar las etapas de amarrado y desamarrado de camiones, las cuales son efectuadas por los mismos conductores. Esto bajo la premisa de que al no haberse estado implementando bien y no haber sufrido ningún volcamiento ni caída de la carga, este proceso podría no ser necesario en todas las bodegas de acopio. Sin embargo, se requerirá un estudio de seguridad antes de determinar si la medida es reemplazable. A pesar de esto, se realizó un nuevo análisis en el software con el proceso eliminando el sub-proceso de amarrado de carga en los trabajos en bodegas de acopio y determinando un tiempo promedio de demora de desamarre en los trabajos en el muelle, esto para proyectar el impacto que podría tener la implementación de la medida propuesta. En la determinación del tiempo de desamarre en el muelle, los tiempos de desamarre no se controlaron y están comprendidos en el tiempo de espera para entrar al muelle, por lo que se realizó una estimación respecto del tiempo de espera obtenido en la base de datos.

En el macro-proceso en bodega, se eliminó el tiempo de amarre de la carga, dando paso a el aumento en los tiempos máximos de demora de los demás sub-procesos, ya que se le sumó la mitad del tiempo de amarre a cada sub-proceso. En el caso del macro-proceso de descarga en el muelle, se estimó un tiempo de desamarre de 4.8 minutos, el cual corresponde a 33.3% del tiempo de espera para ingresar al muelle. Luego, a cada uno de los demás sub-procesos, se le sumó un tercio del tiempo estimado de desamarre, dando así un mayor tiempo máximo de demora en cada uno.

Escenario	Macro-proceso	Demora máxima	Sub-proceso	Demora máxima
5 vueltas por camión por turno sin amarre o desamarre	Tiempo total carga en bodegas de acopio	0:29:40	Tiempo de espera	0:09:52
			Tiempo de carga	0:15:58
	Tiempo total descarga en muelle	0:31:09	Tiempo de espera	0:07:39
			Tiempo de autorización entrada - comienzo descarga	0:07:03
			Tiempo de descarga	0:10:17
	8 vueltas por camión por turno sin amarre o desamarre	Tiempo total carga en bodegas de acopio	0:19:12	Tiempo de espera
Tiempo de carga				0:10:20
Tiempo total descarga en muelle		0:21:34	Tiempo de espera	0:05:18
			Tiempo de autorización entrada - comienzo descarga	0:04:53
			Tiempo de descarga	0:07:07

Tabla 2.10: Desglose de tiempos máximos para cada macro y sub-proceso sin procesos de amarre ni desamarre.

Los nuevos tiempos máximos de este proceso son mostrados en la Tabla 2.10. Luego de obtener los nuevos tiempos máximos para cada sub-proceso, se procedió a calcular el tiempo máximo que tendría cada macro-proceso, esto es ilustrado también en la Tabla 2.10. Una vez obtenidos los tiempos de los macro-procesos, estos fueron sometidos a un análisis similar al realizado en las secciones 2.4.1. y 2.4.2., donde se determinó sus niveles sigma y desempeños. De este análisis se obtuvo un nivel sigma de 4.15 para el proceso en las bodegas de acopio y un nivel sigma de 2.77 para el proceso en el muelle, con rendimientos de 99.60% y 89.88% respectivamente. Siendo esta la forma más prometedora para alcanzar el objetivo buscado, al menos en las bodegas de acopio.

En las Figuras 2.28 y 2.29 se aprecian los resultados del análisis sin los tiempos relacionados al amarre de las cargas. En el escenario con cinco vueltas mínimas por camión por turno, se logra obtener un P_{pk} de 0.88 y 0.42, un C_{pk} de 1.278 y 0.567, C_{pm} de 0.993 y 0.492 y un K de -0.209 y -0.139 para la carga de camiones en bodega y descarga de camiones en el muelle respectivamente. Marcando un gran aumento en la calidad de estos indicadores, dando indicios de que la medida podría aportar mucho al proceso, en caso de probarse que no aporta seguridad al proceso por su deficiente aplicación. En el caso del macro-proceso de carga de camiones en bodega, esta medida aparenta ser suficiente para elevar su nivel de desempeño al mínimo planeado por la empresa. Aunque podría seguirse mejorando ya que solo su C_{pk} resulta ser satisfactorio, siendo su P_{pk} y C_{pm}

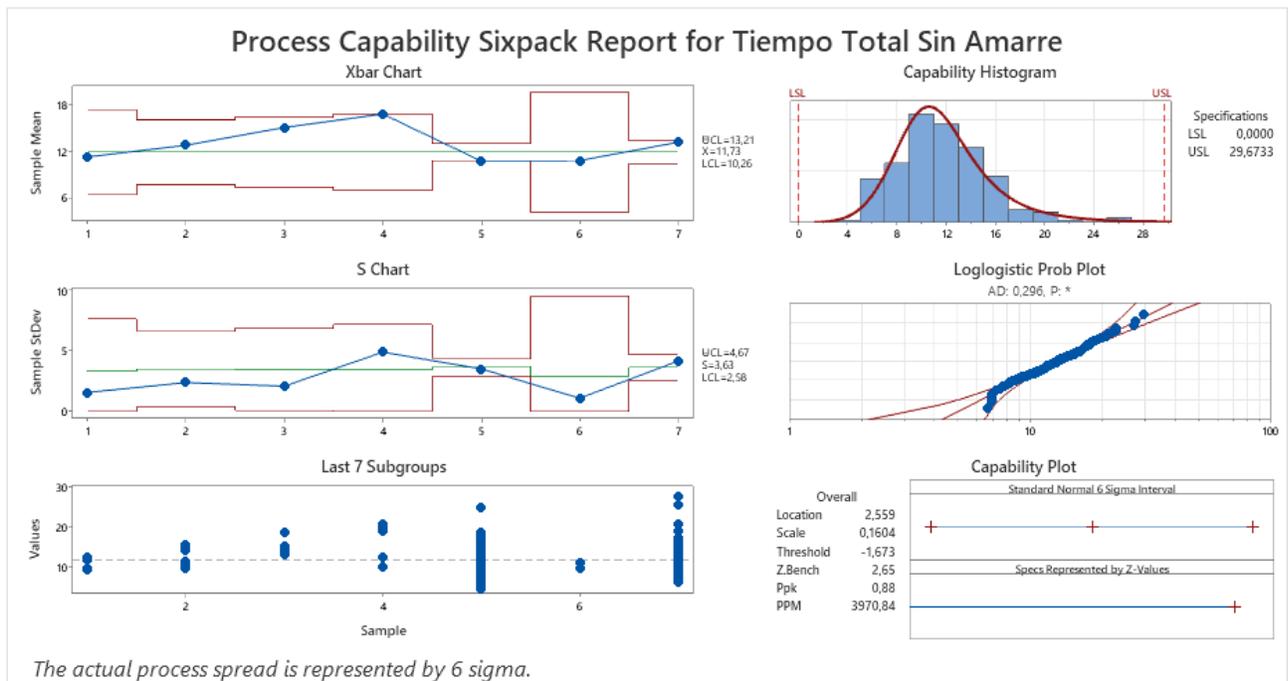


Figura 2.28: Análisis estadístico de tiempos totales en bodegas de acopio para el escenario con cinco vueltas por camión por turno y sin sub-proceso de amarre de carga.

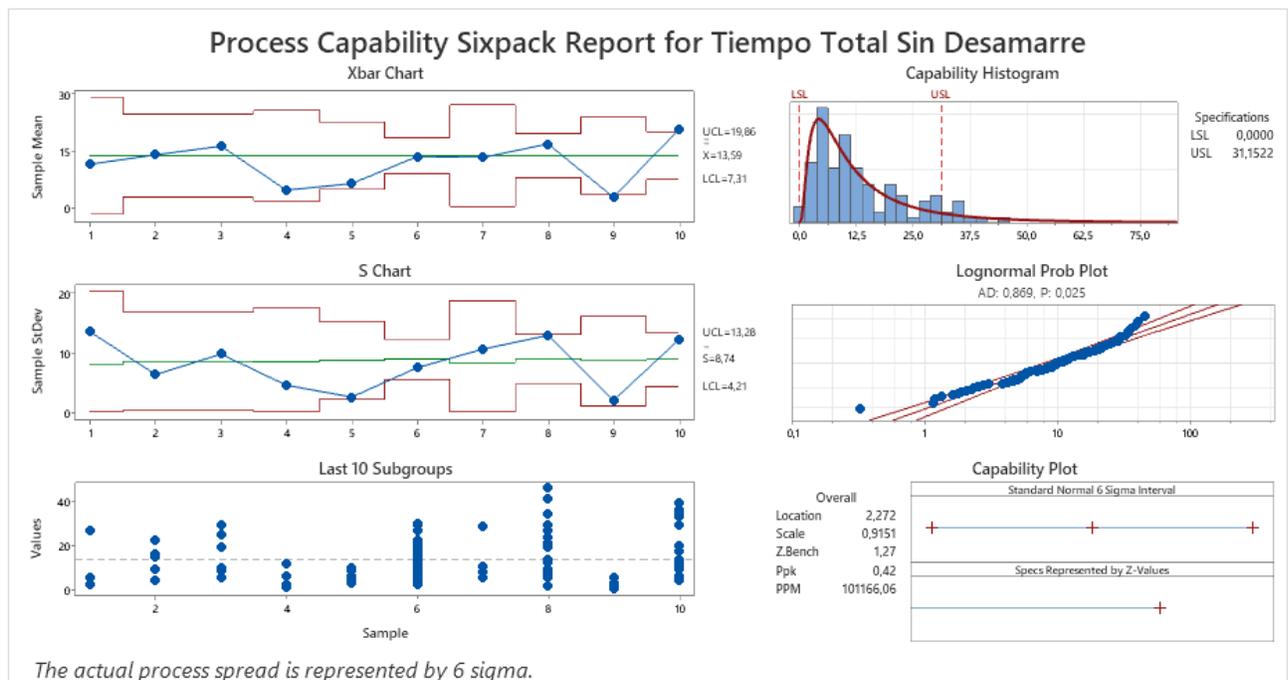


Figura 2.29: Análisis estadístico de tiempos totales en el muelle para el escenario con cinco vueltas por camión por turno y sin tiempo estimado de desamarre de carga.

muy cercanos a valores positivos para el proceso. En el caso análogo, como se mencionó anteriormente, se tiene que se estimó que una fracción del tiempo de espera para ingresar correspondía al desamarre. Esta estimación se trató de realizar lo más conservadora posible, sin embargo, dependiendo de la exactitud de esta los estadísticos obtenidos del análisis cambiarían,

pudiendo ser mayores de los obtenidos en el análisis realizado. También, cabe mencionar que las distribuciones en este escenario se encuentran centradas, demostrando que se reduciría la variabilidad y dispersión del proceso.

	Nivel Sigma	Rendimiento	P_{pk}	C_{pk}	C_{pm}	K
Carga en Bodegas de Acopio	4.15	99.6%	0.88	1.278	0.993	20.9%
Descarga en el Muelle	2.77	89.88%	0.42	0.567	0.492	13.9%

Tabla 2.11: Resumen indicadores obtenidos en simulación sin amarre de carga.

2.4 Mejora

De los análisis posteriores, sección 2.3.3., se tiene que hay tres oportunidades de mejora inmediata para el proceso estudiado. Primero, la reducción en los tiempos del proceso de cambio de planchas, esto implica analizarlo y determinar qué acciones aportan valor al mismo y cuáles pueden ser reemplazadas para aumentar su eficiencia. Segundo, la fijación de un criterio para la asignación de camiones que dependa de la estiba que se realice en bodega para adaptarse mejor a los tiempos de carga de las grúas horquilla. Tercero, la eliminación del proceso de amarre de la carga para las bodegas centrales, que son bodegas que se encuentran cercanas al muelle, y no poseen curvas pronunciadas en el recorrido hasta él.

Para la primera oportunidad de mejora se exploró la posibilidad de la implementación de imanes para poder tomar y colocar de manera más rápidas las planchas metálicas en cuestión, ya que, por el análisis realizado en la sección 2.3.3. se tiene una referencia del impacto al que podría llegar una pequeña mejora en este proceso. Como se eliminaría una etapa específica del proceso de cambio de planchas, el cual es el enganchado y desenganchado de las planchas, se cuantificó el tiempo del proceso que se emplea en estas etapas, para posteriormente poder obtener el impacto económico que esto significaría y poder evaluar la compra e implementación de los imanes.

Se confeccionó una muestra de los tiempos empleados por los enganchadores y desenganchadores, concluyéndose que estos demoran alrededor de 1.8 minutos por plancha. Esto quiere decir que, con la implementación de un spreader magnético como el mostrado en la Figura 2.30, reflejaría un ahorro de 14.35 minutos totales cada vez que se realice el proceso y una disminución de 6.99% en los costos operacionales, equivalentes a \$116.526.828 pesos anuales.



Figura 2.30: Imagen referencial de spreader magnético cotizado.

El valor que posee uno de estos equipos es cercano a los 31 millones de pesos chilenos. Por la cantidad de grúas Liebherr que poseen las naves habría que realizar la compra de cuatro de estos equipos, teniendo que realizarse una inversión de \$121.673.097 pesos. Según lo conversado con el equipo de trabajo, se debería realizar una inversión inicial correspondiente al total a pagar por los spreader, ya que por el periodo de tiempo escogido se comprenderían todas en el inicio de este. Además, se debe tomar en consideración la depreciación de los equipos que fue estimada en 15 años según lo especificado por el Servicio de Impuestos Internos (SII), y también el costo de las mantenciones de los equipos, el cual se estima en \$3.041.827 pesos anuales. De este modo se tiene un flujo de caja como el mostrado en la Tabla 2.12 donde se muestra el flujo neto que se tendría en el transcurso de cinco años de operación, con cada periodo correspondiente a un semestre.

Periodo	0	1	2	...	9	10
Ingreso	0	\$70.622.320	\$70.622.320	...	\$70.622.320	\$70.622.320
Costo	\$121.673.097	\$5.576.684	\$5.576.684	...	\$5.576.684	\$5.576.684
Flujo neto	-\$121.673.097	\$65.045.636	\$65.045.636	...	\$65.045.636	\$65.045.636

Tabla 2.12: Flujo de caja para proyecto de inversión en spreader magnético.

Con esta información se evaluaron algunos indicadores financieros para determinar si es realmente una opción viable la implementación de esta medida. Con esto la Tabla 2.13, donde se observa que tanto el VAN como la TIR calculados son positivos, lo que indica que la compra de los spreader es un proyecto atractivo de realizar por la empresa. Cabe destacar que se utilizó una tasa de descuento de 15% para el cálculo del VAN. En cuanto a los periodos de recuperación, se tiene que la inversión inicial sería totalmente recuperada a partir del segundo periodo proyectado.

Indicador	Valor obtenido
VAN	\$183.553.463,05
TIR	53.52%
Periodo de recuperación	1.87

Tabla 2.13: Indicadores financieros de evaluación de alternativa de compra de spreader.

En la segunda oportunidad de mejora, se indicó a la empresa transportista que se encarga de la asignación de camiones para las faenas en el puerto que se debía comenzar a asignar camiones dependiendo de varios factores, y no asignar la misma cantidad a todas las cuadrillas. Dentro de estos factores se tienen: la localización de la bodega de acopio, ya que afecta la cantidad de carga y cuadrillas que trabajen en ella en un turno; la bodega de la nave, ya que varían su forma dependiendo de qué bodega es; el tipo de carga que se deberá embarcar, ya que es determinante para el tipo de uña que se utilizará; la estiba que esté haciendo la bodega, referente a la etapa de “piscina” o “pone y pone” mencionadas anteriormente; la cantidad de cuadrillas que se hayan solicitado para la nave y muelle en el turno, ya que esto afectará la congestión de camiones que haya en el proceso. A pesar de la identificación de las variables que afectan el proceso, no se realizó un modelo que cuantifique el impacto de cada una, esto porque el trabajo fue centrado en las otras dos alternativas principalmente.

Respecto de la tercera oportunidad de mejora, se decidió iniciar pruebas de embarques de madera sin amarre para determinar si aumentará el riesgo de la operación. Hay un factor beneficioso que no se había mencionado antes respecto de la eliminación de esta medida, y es que con esto se evitaría la exposición de los conductores de camión que se bajan a amarrar y desamarrar la carga cada vez. En el pasado se han generado accidentes por despistes de conductores, por lo que podría ser una medida permanente en caso que la práctica demuestre que no hay mayor incidencia en el aseguramiento de la carga en el corto trayecto que recorre. De esta medida se espera aumentar la cantidad de vueltas por camión por cada turno a el mínimo de cinco por los resultados obtenidos en el análisis de los datos realizado anteriormente, esto deberá corroborarse una vez concluidas las pruebas y no será incluido en este informe porque aún se está buscando la posibilidad de iniciar las pruebas.

3 Discusión y conclusiones

A lo largo de este informe se ha detallado el trabajo con la empresa DP World Lirquén para el mejoramiento del proceso de embarque de maderas break bulk, esto bajo el trabajo con la metodología seis sigma y el ciclo propio de esta llamado DMAIC. En este ciclo solo hizo falta terminar la etapa de control, ya que por inconvenientes de tiempo no se ha podido corroborar si las mejoras identificadas tendrán el impacto esperado en el proceso. Sin embargo, a través de las demás etapas fue posible la definición de las variables a ser medidas, la recopilación de los datos junto con variables significativas para el proceso, la determinación del rendimiento actual del proceso y simulaciones de mejora en el mismo y la identificación de oportunidades de mejora junto con sus propuestas específicas para colaborar en la minimización de los tiempos de embarque de la empresa.

En la realización del ciclo DMAIC, se realizó primero la definición del proceso a estudiar y luego la recopilación de datos que se utilizarían en el análisis posterior, esta última etapa tuvo una extensión de siete semanas. Al llegar a la etapa de Análisis del ciclo DMAIC se encontró que actualmente el proceso se encuentra alejado de los estándares buscados por la empresa, a partir de esto se identificaron tres diferentes mejoras que podrían aplicarse al proceso. Además de la identificación del estado del proceso en general, también se identificó de manera individual el estado de los sub-procesos definidos en la primera etapa del ciclo DMAIC. Con esto es posible visualizar que ningún sub-proceso cumple con las especificaciones mínimas impuestas por la empresa, junto con que los sub-procesos con peores indicadores son los correspondientes a carga de camiones en bodegas de acopio y descarga de camiones en el muelle. Al analizar los sub-procesos en una muestra en control, se determinó algunas causas asignables a ambos procesos, que deben ser mejoradas para evaluar nuevamente su desempeño. Estas causas son el exceso de camiones por cuadrilla y la falta de grúas horquilla para la carga de camiones en bodega, mientras que respecto de la descarga de camiones en el muelle se atribuye principalmente a los movimientos de planchas en las bodegas de la nave.

En la cuarta etapa del proceso, se establecieron tres posibles mejoras al proceso: (1) Reducción de los tiempos de movimiento de planchas realizados en las bodegas de la nave, (2) Implementación de criterios dependientes de factores para la asignación de camiones por cuadrilla en cada turno y (3) Eliminación de los procesos de amarre y desamarre de carga en los camiones. En la primera mejora al proceso se evaluó financieramente la compra de spreader magnéticos para acelerar el proceso de ingreso y salida de las planchas metálicas que se utilizan en las bodegas de la nave. Se proyectó un

ahorro de alrededor de 14.35 minutos por cada movimiento de planchas según la muestra recopilada de tiempos de enganche y desenganche de las planchas, lo que significaría un ahorro de \$116.526.828 de pesos anuales. Al evaluar los ahorros obtenidos por la implementación de la medida con el costo de aplicación de la medida se obtuvo que el VAN del proyecto es positivo con una TIR de 57.42%, con un periodo de recuperación de la inversión de 2 meses. Por lo que es atractiva la opción de compra de los equipos. En la segunda mejora propuesta se propone establecer un sistema dependiente de factores para la asignación de camiones a las cuadrillas en cada turno. Los factores identificados son: la localización de la bodega de acopio, la bodega de la nave en la cual se trabajará, el tipo de carga que se deberá embarcar, la estiba que esté haciendo la bodega y la cantidad de cuadrillas que se hayan solicitado para la nave y muelle en el turno. Aunque no se profundiza en demasía respecto del modelo, porque se prefiere explorar de mejor forma la primera y tercera mejoras propuestas, este se hace llegar a la empresa contratista para que tomen conocimiento del efecto que tienen estas variables en el proceso. Respecto de la tercera mejora, se evaluó de manera estadística, bajo una simulación en el software, el rendimiento que tendría el proceso en caso de ser implementada. Dando un resultado muy positivo respecto de la carga de camiones en bodegas de acopio, ya que cumpliría con las especificaciones propuestas por la empresa, sin embargo, en el caso de la descarga de camiones en el muelle no se cumpliría dicho objetivo, por lo que se espera que en conjunto con la implementación de la primera mejora este macro-proceso pueda alcanzar el estándar buscado por la empresa. Luego de la implementación de estas medidas, es imperante la corroboración del impacto que estas tendrán en el proceso, realizando nuevamente una toma de datos para su posterior análisis y ver si efectivamente las propuestas tienen el efecto esperado.

En conclusión, se puede decir que actualmente el proceso tiene un nivel muy inferior al buscado, lo que está provocando pérdidas económicas a la empresa ya que remuneran a trabajadores por trabajo que se asume que han hecho y no el que efectivamente realizaron. Estos niveles corresponden a 2.31 y 2.59 sigmas para la carga de camiones en bodega y descarga de camiones en muelle respectivamente. Para la mejora de este proceso se plantearon tres alternativas, de las cuales dos fueron exploradas más profundamente. Con la eliminación de los procesos de amarre y desamarre de la carga se espera alcanzar un nivel sobre el estándar buscado por la empresa en el proceso de carga de camiones en las bodegas de acopio ya que poseería un nivel sigma de 4.15. Sin embargo, esto no demostró ser suficiente para incrementar lo a un nivel satisfactorio el nivel sigma de la descarga de camiones en muelle, ya que se obtuvo un valor de 2.77 para su nivel sigma. Por este motivo también

se explora la compra de un equipo que agilice el movimiento de planchas en las bodegas de la nave, disminuyendo así la causa asignable encontrada que afecta a este macro-proceso. Esta alternativa proyecta un ahorro de \$116.526.828 de pesos anuales, y luego de un análisis financiero se determina que el proyecto de compra de los equipos es económicamente atractivo para la empresa. Con esta mejora se espera poder elevar lo suficiente el rendimiento del proceso de descarga de camiones en muelle para alcanzar el nivel buscado de 3 sigmas ante la realización de, como mínimo, cinco vueltas por camión en cada turno. Para finalizar de manera óptima el proyecto, es necesaria la recopilación de datos una vez implementadas las medidas propuestas para así poder medir el impacto que estas tuvieron y evaluar si fueron o no efectivas para el proceso.

4 Referencias

1. Notteboom, T., Pallis, A. & Rodriguez, J.P. (2022). Port Economics, Management and Policy.
2. Hoover, G. (2021). Malcolm McLean: Unsung Innovator Who Changed the World. Adquirida: Marzo 16, 2022, desde: <https://americanbusinesshistory.org/malcolm-mclean-unsung-innovator-who-changed-the-world/>
3. (2021). Madera vuelve a ser enviada en modalidad break bulk en el Porto de Paranaguá. Adquirida: Marzo 17, 2022, desde: <https://portalportuario.cl/madera-vuelve-a-ser-enviada-en-modalidad-break-bulk-en-el-porto-de-paranagua/>
4. (1997). 866(20) Guidance to ships" crews and terminal personnel for bulk carrier inspections. Adquirida: Mayo 2, 2022, desde: https://puc.overheid.nl/doc/PUC_1460_14/1/#17568
5. (2022). Exportaciones forestales crecen un 30% durante el primer semestre de 2022. Adquirida: Agosto 7, 2022, desde: <https://wef.infor.cl/index.php/destacados/comercio-exterior/exportaciones/exportaciones-forestales-crecen-un-30-durante-el-primer-semestre-de-2022>
6. Gupta, Vikas. (2015). Lean manufacturing: A Review. International Journal of Science Technology & Management.
7. K. Liker, Jeffrey. (2004). The Toyota way.
8. Tennant, Geoff (2001). SIX SIGMA: SPC and TQM in Manufacturing and Services. Gower Publishing.
9. Montgomery, D. (2013). Introduction to statistical quality control, The DMAIC process (pp 48-62).
10. Tamer C., Inal et al. (2017). Lean six sigma methodologies improve clinical laboratory efficiency and reduce turnaround times
11. Ablowitz JL, Calhoun TD, Farmer MR, et al. (2008). A systems approach to the promotion and implementation of medical translational research at the University of Virginia.
12. Abbes, N et al. (2022). New Lean Six Sigma readiness assessment model using fuzzy logic: Case study within clothing industry.
13. W Timans, J Antony, K Ahaus & R van Solingen. (2012). Implementation of Lean Six Sigma in small- and medium-sized manufacturing enterprises in the Netherlands.

14. Kumar M (2007). Critical success factors and hurdles to Six Sigma implementation: The case of a UK manufacturing SME.
15. Antony J, Kumar M and Labib A (2008). Gearing Six Sigma into UK manufacturing SMEs: Results from a pilot study.
16. R. Ben Ruben, S. Vinodh & P. Asokan (2017) Implementation of Lean Six Sigma framework with environmental considerations in an Indian automotive component manufacturing firm: a case study.
17. Evans, M. (2009). MINITAB Manual.

5 Anexos

5.1 Anexo A

N°	Fecha	Turno	Nave	ID_Nave	Mercado	ID_Mercado	N° Naves	N° Manos	N° Horquilla	N° Camión	N° Cuadrilla
1	27-01-22	2	Magda	1	Corea	1	2	3	1	129	4
2	27-01-22	2	Magda	1	Corea	1	2	3	1	141	2
3	27-01-22	2	Magda	1	Corea	1	2	3	1	147	2
4	27-01-22	2	Magda	1	Corea	1	2	3	1	148	2
5	27-01-22	2	Magda	1	Corea	1	2	3	1	124	5
6	27-01-22	2	Magda	1	Corea	1	2	3	1	141	2
7	27-01-22	2	Magda	1	Corea	1	2	3	1	139	4
8	27-01-22	2	Magda	1	Corea	1	2	3	1	142	5
9	27-01-22	2	Magda	1	Corea	1	2	3	1	129	4
10	28-01-22	2	Magda	1	Corea	1	2	2	-	141	3
11	28-01-22	2	Magda	1	Corea	1	2	2	-	141	3
12	28-01-22	2	Magda	1	Corea	1	2	2	-	126	4
13	28-01-22	2	Magda	1	Corea	1	2	2	-	139	4
14	31-01-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	3	-	92	5
15	31-01-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	3	-	130	2
16	31-01-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	3	-	149	5
17	31-01-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	3	-	129	4
18	31-01-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	3	-	141	4
19	31-01-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	3	-	148	2
20	31-01-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	3	-	126	4
21	31-01-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	3	-	130	2
22	01-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	1	0	53	3
23	01-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	1	0	130	2
24	01-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	1	0	81	2
25	01-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	1	0	53	
26	02-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	1	-	148	3
27	02-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	1	-	130	3
28	02-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	1	-	81	3
29	02-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	1	-	148	3
30	02-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	1	-	130	3
31	02-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	1	-	81	3
32	02-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	1	-	148	3
33	03-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	2	66	3
34	03-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	2	130	3
35	03-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	2	56	4
36	03-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	2	117	3
37	03-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	2	129	4
38	03-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	2	56	4
39	03-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	2	130	3

40	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	92	4
41	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	141	2
42	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	130	3
43	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	91	2
44	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	129	4
45	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	60	3
46	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	137	2
47	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	115	4
48	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	86	3
49	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	92	4
50	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	130	3
51	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	141	2
52	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	91	2
53	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	60	3
54	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	129	4
55	03-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	4	2	86	3
56	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	135	1
57	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	129	5
58	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	141	5
59	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	137	1
60	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	126	5
61	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	130	1
62	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	129	5
63	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	135	1
64	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	141	5
65	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	137	1
66	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	130	1
67	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	126	5
68	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	129	5
69	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	135	1
70	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	137	1
71	04-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	130	1
72	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	130	2
73	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	126	5
74	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	141	5
75	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	148	2
76	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	138	2
77	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	126	5
78	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	130	2
79	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	141	5
80	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	148	2
81	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	138	2
82	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	130	2
83	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	126	5
84	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	141	5

85	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	148	2
86	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	129	5
87	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	138	2
88	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	126	5
89	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	130	2
90	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	148	2
91	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	138	2
92	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	141	5
93	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	129	5
94	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	130	2
95	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	148	2
96	07-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	2	138	2
97	07-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	131	5
98	07-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	96	5
99	07-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	86	4
100	07-02-22	2	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	130	4
101	08-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	126	5
102	08-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	130	5
103	08-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1		5
104	08-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	1	2	1	126	5
105	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	141	5
106	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	148	4
107	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	131	4
108	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	130	4
109	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	60	5
110	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	138	5
111	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	141	5
112	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	130	4
113	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	131	4
114	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	60	5
115	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	148	4
116	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	138	5
117	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	131	4
118	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	141	4
119	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	130	4
120	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	60	5
121	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	148	5
122	09-02-22	1	Top Grace	2	Oriente Medio	2	2	2	1	138	5
123	16-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	1	3	131	1
124	16-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	1	3	135	1
125	17-02-22	2	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	78	4
126	17-02-22	2	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	112	4
127	17-02-22	2	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	60	2
128	17-02-22	2	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	70	2
129	17-02-22	2	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	78	4

130	17-02-22	2	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	80	2
131	17-02-22	2	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	112	4
132	18-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	80	2
133	18-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	106	4
134	18-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	110	4
135	18-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	78	2
136	18-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	115	4
137	18-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	60	2
138	18-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	80	2
139	18-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	106	4
140	18-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	78	2
141	18-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	110	4
142	18-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	60	2
143	18-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	115	4
144	18-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	80	2
145	18-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	106	4
146	18-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	2	1	60	2
147	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	203	2
148	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	83	1
149	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	111	4
150	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	92	5
151	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	135	5
152	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	138	1
153	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	131	4
154	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	70	4
155	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	77	2
156	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	129	2
157	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	203	2
158	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	111	4
159	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	96	1
160	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	77	2
161	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	131	4
162	21-02-22	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	1	4	2	203	2

Tabla 5.1: Datos recopilados de macro-proceso en muelle, primera parte.

Tiempo Espera Muelle	Tiempo AE - CD	Tiempo Descarga	Tiempo Total Muelle	Tiempo Total Sin Desamarre	Descarga	ID_Descarga
		9,0230			Grúa	1
		3,1208			Grúa + horquilla	3
		4,7943			Grúa + horquilla	3
		5,4602			Grúa + horquilla	3
		6,5500			Horquilla	2
		19,2553			Grúa + horquilla	3
		8,5333			Horquilla	2
		13,7500			Horquilla	2
		7,5167			Horquilla	2

3,1667	1,8833	1,9167	6,9667	2,0798	Grúa + horquilla	3
	11,0167	1,5667			Horquilla	2
25,2500	1,3000	5,0000	31,5500	26,6339	Grúa + horquilla	3
3,1500	2,8500	4,1667	10,1667	5,2775	Grúa + horquilla	3
	4,5000	9,6333			Grúa	1
	2,9000	4,2167			Grúa + Horquilla	3
	12,2833	8,5833			Grúa	1
3,1333	3,3667	7,6333	14,1333	9,2144	Grúa	1
7,3000	6,6500	5,7333	19,6833	14,7342	Grúa	1
2,7333	1,6333	16,7833	21,1500	16,1810	Grúa + Horquilla	3
10,0000	6,2667	4,9000	21,1667	16,1655	Grúa	1
16,2500	5,5000	5,4167	27,1667	22,1521	Horquilla	2
	1,7000	17,0833			Grúa	1
70,1667	11,2500	4,6333			Grúa	1
76,8333	7,1667	5,1667			Grúa	1
3,2000	1,8000	4,0000	9,0000	4,3082	Grúa	1
		8,3667			Grúa	1
11,1667	5,5833	12,9500	29,7000	24,9782	Grúa	1
17,7833	7,5500	8,1833	33,5167	28,7866	Grúa	1
14,9167	4,4167	4,5500	23,8833	19,1633	Grúa	1
6,1667	3,2833	4,7167	14,1667	9,4488	Grúa	1
3,7167	1,2000	5,1833	10,1000	5,3594	Grúa	1
3,3500	1,6500	8,3500	13,3500	8,5792	Grúa	1
	4,0833	4,9000			Grúa	1
		4,1000			Grúa	1
2,9167	1,4167	1,6333	5,9667	1,1641	Grúa	1
5,0833	5,2833	6,1333	16,5000	11,6638	Grúa	1
4,4000	1,2667	1,7000	7,3667	2,5027	Grúa	1
2,9167	1,4167	1,9167	6,2500	1,3557	Grúa	1
5,5000	2,5000	2,9500	10,9500	6,0203	Grúa + horquilla	3
	1,0000	3,0000			Grúa + horquilla	3
	1,2333	3,1500			Grúa	1
3,5833	1,4000	4,7167	9,7000	4,7422	Grúa	1
4,6667	1,5000	3,3333	9,5000	4,5076	Grúa	1
3,6167	1,3167	2,8333	7,7667	2,7425	Grúa + horquilla	3
3,2500	3,4167	4,5667	11,2333	6,1735	Grúa	1
4,2833	1,8167	3,7000	9,8000	4,7026	Grúa	1
3,2500	1,8333	1,9833			Grúa + horquilla	3
	3,7000	4,5000			Grúa	1
3,1333	1,2833	1,9333			Grúa + horquilla	3
6,5167	2,1000	5,0000	13,6167	8,4053	Grúa	1
3,0500	3,9500	7,8667	14,8667	9,6255	Grúa	1
5,4000	7,6000	2,0833	15,0833	9,8004	Grúa + horquilla	3
3,7333	2,4333	4,9167	11,0833	5,7656	Grúa	1
3,2833	1,3833	4,0167			Horquilla	2

	1,6167	6,1833			-	3
6,8000	2,3667	4,7667	13,9333	8,5309	Grúa	1
	2,3500	4,0167			Grúa	1
10,8167	2,1500	5,0333	18,0000	12,5652	Grúa	1
2,4333	0,9833	4,3500	7,7667	2,3128	Grúa	1
13,9000	4,5833	4,2833	22,7667	17,2640	Grúa	1
1,8500	7,1000	4,3500	13,3000	7,7881	Grúa	1
13,5167	2,4833	5,6833	21,6833	16,1188	Grúa	1
9,0167	1,3833	5,0500	15,4500	9,8739	Grúa	1
8,2167	1,5167	2,9833	12,7167	7,1123	Grúa	1
4,5333	3,3167	3,6500	11,5000	5,8638	Grúa	1
3,4167					Horquilla	2
25,5000	1,1000	5,7167	32,3167	26,5825	Grúa	1
26,0333	2,5833	6,5833	35,2000	29,4976	Grúa	1
7,3667	4,8333	4,6667	16,8667	11,1989	Grúa + Horquilla	3
11,1667	6,9667	9,1167	27,2500	21,5444	Grúa	1
18,6167	2,3833	7,0000	28,0000	22,2708	Grúa + Horquilla	3
11,0333	10,0333	5,1833	26,2500	20,5266	Grúa	1
3,0500	0,6500	1,6333	5,3333		Grúa	1
2,0667	2,1333	1,4667	5,6667		Grúa	1
7,4167	2,5500	8,5500	18,5167	12,6459	Grúa	1
13,1667	2,0000	5,2000	20,3667	14,4529	Grúa	1
3,6500	1,4167	8,5167	13,5833	7,6500	Grúa	1
5,1833	6,9000	4,7833	16,8667	10,8721	Grúa	1
7,5500					Horquilla	2
2,8167	1,1667	5,1333	9,1167	3,0188	Grúa	1
	8,0667	5,2667			Grúa	1
	2,5167	2,1167			Grúa	1
	1,2000	6,2000			Grúa	1
	1,8000	6,5833			Grúa	1
16,0833	4,4500	1,4667	22,0000	15,8324	Grúa	1
2,4667	4,4667	18,5833	25,5167	19,3381	Grúa + Horquilla	3
4,3500	7,4833	1,7167	13,5500	7,2970	Grúa	1
11,7500	0,7333	8,7667	21,2500	14,9293	Grúa	1
3,1000	8,8500	4,3667	16,3167	9,9617	Grúa	1
6,2667	7,4500	1,4500	15,1667	8,7345	Grúa	1
8,9667	8,3167	1,3500	18,6333	12,1373	Grúa	1
3,5000	0,6167	24,2833	28,4000	21,8517	Grúa + Horquilla	3
33,3500	1,4000	1,1667	35,9167	29,2868	Horquilla	2
4,5667	1,3000	6,6333	12,5000	5,9391	Grúa	1
3,4000	2,3500	5,0667	10,8167	4,1771	Grúa	1
9,0000	2,1667	5,6000	16,7667	10,0397	Grúa	1
2,0333	9,9167	2,9167	14,8667	8,0796	Grúa + Horquilla	3
23,9167	5,6500	5,7667	35,3333	28,4461	Horquilla	2
1,5500	1,1167	9,5667	12,2333	5,3642	Grúa	1

4,0000	9,3167	4,0667	17,3833	10,4065	Horquilla	2
3,4000	1,8667	7,1500	12,4167	5,3425	Grúa + Horquilla	3
					Grúa	1
13,2167	6,5000	10,4000	30,1167	23,5879	Grúa	1
20,1000	2,3167	5,2667	27,6833	21,1160	Grúa	1
28,3667	5,3667	2,0167	35,7500	29,1851	Grúa + Horquilla	3
2,9167	2,3000	3,1000	8,3167	1,8063	Grúa + Horquilla	3
3,2167	1,4333	3,6167	8,2667	1,6498	Grúa + Horquilla	3
6,8333	2,5333	2,7167	12,0833	5,3577	Grúa + Horquilla	3
15,4500	22,0000	10,0500	47,5000	40,6854	Grúa	1
4,4000	2,4167	5,7667	12,5833	5,7348	Grúa	1
40,5833	4,1667	14,4167			Grúa	1
26,1833	4,3667	9,9833	40,5333	33,7124	Grúa	1
		5,4833			Grúa	1
40,8167	2,7833	9,0833	52,6833	45,9039	Grúa	1
12,5500	4,3500	8,6500	25,5500	18,9222	Grúa	1
17,1667	11,1000	4,7000	32,9667	26,2833	Grúa	1
15,5167	6,2000	5,9000	27,6167	20,9110	Grúa	1
11,9500	3,7167	4,5000	20,1667	13,4245	Grúa	1
9,7000	5,8500	3,5167	19,0667	12,2572	Horquilla	2
14,5167	0,8333	4,6167	19,9667	13,0678	Grúa	1
6,4167	4,1167	5,7667	16,3000	9,3483	Grúa	1
6,9500	4,3167	5,2500	16,5167	9,4383	Grúa	1
3,4167	1,3500	7,4667	12,2333	5,0263	Grúa	1
3,3833	1,6500	9,3500	14,3833	7,0077	Grúa	1
2,5833	1,4000	3,9000	7,8833	0,3292	Horquilla	2
5,0833	1,2500	6,6833	13,0167	5,2657	Horquilla	2
4,0000	1,3000	5,2333	10,5333	2,5988	Grúa	1
3,7833	1,3833	4,8500	10,0167	1,8759	Grúa	1
3,6167	1,1500	5,9000	10,6667	2,3039	Grúa	1
3,5500	1,9333	4,3167	9,8000	1,1987	Grúa	1
7,3667	1,4667	5,2500	14,0833	5,2262	Grúa	1
24,9333					Grúa + Horquilla	3
	10,7667	3,7833			Grúa + Horquilla	3
2,8833	1,8833	16,2833	21,0500	11,9356	Grúa + Horquilla	3
4,0000	5,1667	11,4167	20,5833	11,1553	Grúa	1
23,2000	7,6500	11,6500		32,7482	Grúa + Horquilla	3
10,5667	10,8167	5,8667	27,2500	17,4141	Horquilla	2
18,1667	16,5667	13,1667			Horquilla	2
32,2167					Horquilla	2
9,1667	2,2667	12,1333	23,5667	13,2931	Grúa	1
22,6000	14,9167	7,7833		34,6656	Horquilla	2
9,6333	5,7500	15,2500	30,6333	19,8357	Grúa + Horquilla	3
39,0833	0,3833	6,8667		35,1142	Horquilla	2
4,5667	3,0000	9,4000	16,9667	5,8539	Horquilla	2

Madera larga	1	Piscina proa	1
Madera larga	1	Piscina proa	1
Madera larga	1	Piscina proa	1
Madera larga	1	Piscina proa	1
Madera larga	1	Piscina proa	1
Madera larga	1	Piscina proa	1
Madera larga	1	Piscina proa	1
Madera larga	1	-	
Madera larga	1	-	
Sandwich	2	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Sandwich	2	Pone y pone	2
Sandwich	2	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	-	
Madera larga	1	-	
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	-	
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Sandwich	2	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Sandwich	2	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Sandwich	2	Pone y pone	2
Sandwich	2	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Sandwich	2	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Pone y pone	2

Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Sandwich	2	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	-	
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	-	
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1

Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Tallarines	3	Piscina	1
Tallarines	3	Piscina	1
Tallarines	3	-	
Tallarines	3	-	
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Tallarines	3	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Tallarines	3	Piscina	1
Tallarines	3	Pone y pone	2
Tallarines	3	Pone y pone	2
Tallarines	3	Pone y pone	2
Madera larga	1	Pone y pone	2
Tallarines	3	Pone y pone	2
Madera larga	1	Pone y pone	2
Tallarines	3	Pone y pone	2
Tallarines	3	Pone y pone	2
Madera larga	1	Pone y pone	2
Tallarines	3	Pone y pone	2
Tallarines	3	Pone y pone	2
Tallarines	3	Pone y pone	2
Tallarines	3	Pone y pone	2
Tallarines	3	Pone y pone	2
Tallarines	3	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Tallarines	3	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Tallarines	3	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1
Tallarines	3	Pone y pone	2
Madera larga	1	Piscina	1

Madera larga	1	Piscina	1
Madera larga	1	Piscina	1

Tabla 5.3: Datos recopilados de macro-proceso en muelle, tercera parte.

N° dato	Muelle	Nave	ID_Nave	Mercado	ID_Mercado	Puerto	ID_Puerto	Carga	ID_Carga
1	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
2	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
3	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
4	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
5	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
6	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
7	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
8	1	Magda	1	Korea	1	Inchon	2	Madera larga	1
9	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
10	1	Magda	1	Korea	1	Inchon	2	Madera larga	1
11	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
12	1	Magda	1	Korea	1	Inchon	2	Madera larga	1
13	1	Magda	1	Korea	1	Lazaro Cardenas	4	Plywood	4
14	1	Magda	1	Korea	1	Lazaro Cardenas	4	Plywood	4
15	1	Magda	1	Korea	1	Lazaro Cardenas	4	Plywood	4
16	1	Magda	1	Korea	1	Lazaro Cardenas	4	Plywood	4
17	1	Magda	1	Korea	1	Lazaro Cardenas	4	Plywood	4
18	1	Magda	1	Korea	1	Lazaro Cardenas	4	Plywood	4
19	1	Magda	1	Korea	1	Lazaro Cardenas	4	Plywood	4
20	1	Magda	1	Korea	1	Lazaro Cardenas	4	Plywood	4
21	1	Magda	1	Korea	1	Lazaro Cardenas	4	Plywood	4
22	1	Magda	1	Korea	1	Lazaro Cardenas	4	Plywood	4
23	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Sandwich	2
24	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Sandwich	2
25	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Sandwich	2
26	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Sandwich	2
27	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Sandwich	2
28	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Sandwich	2
29	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Sandwich	2
30	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Sandwich	2
31	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Sandwich	2
32	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
33	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
34	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
35	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
36	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
37	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
38	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
39	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
40	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1

41	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Sandwich	2
42	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Sandwich	2
43	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Sandwich	2
44	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Sandwich	2
45	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Sandwich	2
46	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Sandwich	2
47	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
48	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
49	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
50	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
51	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
52	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
53	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
54	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
55	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
56	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
57	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
58	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
59	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
60	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
61	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
62	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
63	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
64	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
65	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
66	1	Magda	1	Korea	1	Lazaro Cardenas	4	Madera larga	1
67	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
68	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
69	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
70	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
71	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
72	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
73	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
74	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
75	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
76	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
77	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
78	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
79	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
80	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
81	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
82	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
83	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
84	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1
85	1	Magda	1	Korea	1	Busan	1	Madera larga	1

131	1	Top Grace	2	Medio Oriente	2	Dammam	3	Madera larga	1
132	1	Top Grace	2	Medio Oriente	2	Dammam	3	Madera larga	1
133	1	Top Grace	2	Medio Oriente	2	Dammam	3	Madera larga	1
134	1	Top Grace	2	Medio Oriente	2	Dammam	3	Madera larga	1
135	1	Top Grace	2	Medio Oriente	2	Dammam	3	Madera larga	1
136	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
137	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
138	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
139	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
140	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
141	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
142	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
143	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
144	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
145	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
146	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
147	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
148	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
149	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
150	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
151	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Shimonoseki	8	Madera larga	1
152	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Shimonoseki	8	Madera larga	1
153	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
154	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
155	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Shimonoseki	8	Madera larga	1
156	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
157	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
158	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
159	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
160	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
161	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Shimonoseki	8	Madera larga	1
162	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Shimonoseki	8	Madera larga	1
163	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
164	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Shimonoseki	8	Tallarines	3
165	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Shimonoseki	8	Tallarines	3
166	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Shimonoseki	8	Tallarines	3
167	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
168	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
169	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
170	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
171	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
172	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
173	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
174	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Matsunaga	5	Tallarines	3
175	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3

176	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
177	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
178	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
179	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
180	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
181	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
182	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
183	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
184	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Tallarines	3
185	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Nagoya	6	Madera larga	1
186	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Nagoya	6	Madera larga	1
187	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Nagoya	6	Madera larga	1
188	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Nagoya	6	Tallarines	3
189	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Nagoya	6	Madera larga	1
190	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Madera larga	1
191	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Nagoya	6	Madera larga	1
192	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Madera larga	1
193	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Nagoya	6	Madera larga	1
194	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Madera larga	1
195	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Nagoya	6	Madera larga	1
196	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Nagoya	6	Madera larga	1
197	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Nagoya	6	Madera larga	1
198	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Osaka	7	Madera larga	1
199	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Nagoya	6	Madera larga	1
200	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Nagoya	6	Madera larga	1
201	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Nagoya	6	Madera larga	1
202	1	Lodestar Pacific	3	Japón	3	Nagoya	6	Madera larga	1

Tabla 5.4: Datos recopilados en macro-proceso en bodegas de acopio, primera parte.

Fecha	Cliente	ID_Cliente	Lugar acopio	Acopio	N° Bodega	Turno	N° Manos	ID	Patente	Tiempo Espera Bodegas de Acopio
17-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	2	1	3	142	ZN7558	5,166666667
17-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	2	1	3	89	RF4222	0,166666667
17-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	2	1	3	141	LJTX18	2,416666667
17-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	2	1	3	142	ZN7558	3,5
17-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	2	1	3	89	RF4222	
19-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	4	2	1	148	CTYY20	2
19-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	4	2	1	123	DLZK20	1,583333333
19-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	5	2	1	124	CRJD51	14,083333333
19-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	4	2	1	148	CTYY20	48,483333333
19-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	5	2	1	124	CRJD51	15,183333333
19-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	4	2	1	148	CTYY20	3,15
19-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	5	2	1	124	CRJD51	2,466666667
20-01-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	1	1	2	78	ZY2417	3,083333333
20-01-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	1	1	2	148	CTYY20	6,5
20-01-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	1	1	2	111	YX2811	1,883333333

20-01-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	1	1	2	78	ZY2417	1,883333333
20-01-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	1	1	2	148	CTYY20	3,416666667
20-01-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	1	1	2	111	YX2811	3,166666667
20-01-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	1	2	1	126	BVBP71	15,933333333
20-01-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	1	2	1	130	RT1869	3,316666667
20-01-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	1	2	1	149	CXSS45	2,433333333
20-01-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	1	2	1	149	CXSS46	4,783333333
24-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	3	2	1	129	BHFH15	33,91666667
24-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	3	2	1	129	BHFH15	13,083333333
24-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	3	2	1	129	BHFH15	
25-01-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	3	1	1	129	BHFH15	2,383333333
25-01-2022	Maderas Arauco	1	Ex bodega 3	3	3	1	1	149	CXSS46	8,2
25-01-2022	Maderas Arauco	1	Ex bodega 3	3	3	1	1	130	RT1869	13,96666667
25-01-2022	Maderas Arauco	1	Ex bodega 3	3	3	1	1	129	BHFH15	6,133333333
25-01-2022	Maderas Arauco	1	Ex bodega 3	3	3	1	1	149	CXSS46	19,233333333
25-01-2022	Maderas Arauco	1	Ex bodega 3	3	3	1	1	130	RT1869	22,5
25-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	3	1	1	149	CXSS46	32,26666667
25-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	3	1	1	129	BHFH15	7,066666667
25-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	3	1	1	130	RT1869	15,86666667
25-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	3	1	1	149	CXSS46	22,583333333
25-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	3	1	1	129	BHFH15	8,6
25-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	3	1	1	130	RT1869	9,233333333
25-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	3	1	1	149	CXSS46	17,5
25-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	3	1	1	129	BHFH15	24
25-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	3	1	1	130	RT1869	22,21666667
26-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	4	1	4	141	LJTX18	15,66666667
26-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	4	1	4	142	ZN7558	29,36666667
26-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	4	1	4	117	CGHF69	38
26-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	4	1	4	141	LJTX18	1,833333333
26-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	4	1	4	142	ZN7558	4,666666667
26-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	4	1	4	117	CGHF69	4,65
26-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1	1	4	1	4	141	LJTX18	10,76666667
26-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 14	14	4	1	4	142	ZN7558	16,783333333
26-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 14	14	4	1	4	117	CGHF69	4,033333333
26-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 14	14	4	1	4	141	LJTX18	2,766666667
26-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 14	14	4	1	4	142	ZN7558	12,51666667
26-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 14	14	4	1	4	117	CGHF69	3,283333333
26-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 14	14	4	1	4	141	LJTX18	4,616666667
26-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	4	1	4	142	ZN7558	4,166666667
26-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	4	1	4	117	CGHF69	18,4
26-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	4	1	4	141	LJTX18	21,56666667
26-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	4	1	4	142	ZN7558	17,21666667
26-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	4	1	4	117	CGHF69	13,11666667
26-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	4	1	4	141	LJTX18	10,783333333
26-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	4	1	4	142	ZN7558	2,233333333

26-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	4	1	4	117	CGHF69	1,65
26-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 9	9	4	1	4	141	LJTX18	2,133333333
26-01-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	4	1	4	142	ZN7558	15,65
26-01-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	4	1	4	117	CGHF69	
26-01-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	4	1	4	141	LJTX18	15,61666667
26-01-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	1	1	4	130	RT1869	7,55
27-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 8	8	5	1	3	130	RT1869	6,383333333
27-01-2022	Cmpc Maderas	2	Bodega 8	8	5	1	3	142	ZN7558	2,466666667
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	5	1	3	130	RT1869	2,833333333
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	5	1	3	142	ZN7558	3,216666667
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	5	1	3	130	RT1869	2,033333333
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	5	1	3	142	ZN7558	9,25
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	5	1	3	130	RT1869	2,083333333
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	5	1	3	142	ZN7558	2,733333333
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	5	1	3	130	RT1869	1,633333333
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	5	1	3	142	ZN7558	1,433333333
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	5	1	3	142	ZN7558	2,3
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	5	1	3	130	RT1869	1,65
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	5	1	3	142	ZN7558	1,633333333
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	5	1	3	130	RT1869	6,083333333
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	4	1	3	149	CXSS46	5,216666667
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	4	1	3	129	BHFH15	2,433333333
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	5	1	3	142	ZN7558	2,516666667
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	4	1	3	149	CXSS46	2,65
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	4	1	3	129	BHFH15	2,383333333
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	5	1	3	130	RT1869	3
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	4	1	3	129	BHFH15	15,8
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	4	1	3	129	BHFH15	4,85
27-01-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	4	1	3	149	CXSS46	1,833333333
1-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	2	1	1	130	RT1869	1,366666667
1-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	2	1	1	81	VJ6045	2,533333333
1-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	2	1	1	53	DSJR49	1,2
1-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	2	1	1	130	RT1869	1,166666667
1-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	2	1	1	81	VJ6045	1,4
1-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	2	1	1	53	DSJR49	1,116666667
1-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	2	1	1	130	RT1869	1,366666667
1-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	2	1	1	81	VJ6045	1,1
1-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	2	1	1	53	DSJR49	1,566666667
1-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	2	1	1	130	RT1869	1,666666667
1-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	2	1	1	81	VJ6045	5,116666667
1-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	2	1	1	53	DSJR49	3,2
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Patio triángulo	15	3	1	2	95	TP9620	
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Patio triángulo	15	3	1	2	130	RT1869	6,75
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Patio triángulo	15	3	1	2	79	ZJ2835	14,73333333
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Patio triángulo	15	3	1	2	95	TP9620	4,75

2-02-2022	Maderas Arauco	1	Patio triángulo	15	3	1	2	130	RT1869	11,53333333
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Patio triángulo	15	3	1	2	79	ZJ2835	9,8
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	1	2	95	TP9620	7,716666667
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	1	1	2	98	XN2940	4,883333333
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	1	2	130	RT1869	14,516666667
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	1	2	79	ZJ2835	6,233333333
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	1	1	2	98	XN2940	1,95
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	1	2	95	TP9620	8,133333333
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	3	1	2	129	BHFH15	1,666666667
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	1	2	130	RT1869	2,283333333
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	1	1	2	129	BHFH15	3,066666667
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	1	1	2	98	XN2940	1,65
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	1	1	2	129	BHFH15	3,2
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	1	1	2	129	BHFH15	3,383333333
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	1	1	2	117	CGHF69	3,25
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	1	2	79	ZJ2835	1,55
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	1	2	95	TP9620	6,25
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	1	2	95	TP9620	3,966666667
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	1	2	130	RT1869	6,366666667
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	1	2	79	ZJ2835	7,233333333
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	1	1	2	129	BHFH15	1,733333333
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	1	2	95	TP9620	2,466666667
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	1	2	130	RT1869	4,95
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	1	1	2	117	CGHF69	
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	1	2	95	TP9620	
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Exterior Carpa 6	61	1	1	2	129	BHFH15	
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	2	1	148	CTYY20	2,933333333
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	2	1	130	RT1869	5,466666667
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	2	1	148	CTYY20	
2-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	3	2	1	130	RT1869	
16-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	3	1	3	96	YZ5719	5,033333333
16-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	3	1	3	53	DSJR49	4,316666667
16-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60		1	3	79	ZJ2835	9,25
16-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	3	1	3	96	YZ5719	10,63333333
16-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	3	1	3	53	DSJR49	4,616666667
16-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60		1	3	79	ZJ2835	2,416666667
16-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	3	1	3	96	YZ5719	3,533333333
16-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	3	1	3	53	DSJR49	8,583333333
16-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60		1	3	79	ZJ2835	2,483333333
16-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	3	1	3	96	YZ5719	4,183333333
16-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	3	1	3	53	DSJR49	3,783333333
16-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60		1	3	79	ZJ2835	
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	2	1	3	135	YN3126	
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	2	1	3	65	ZN4089	29,43333333
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	2	1	3	90	XZ1202	44,85

17-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	4	1	3	78	ZY2417	11,78333333
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	4	1	3	203	CWSV57	1,383333333
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	2	1	3	65	ZN4089	2,316666667
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	2	1	3	135	YN3126	8,716666667
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	4	1	3	70	WG6472	4,366666667
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6 y Bodega 8	8	2	1	3	90	XZ1202	9,083333333
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8 y 1	1	2	1	3	65	ZN4089	26
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 1 y 8	8	2	1	3	135	YN3126	19,53333333
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8 y 6	6	2	1	3	90	XZ1202	13,4
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	2	1	3	65	ZN4089	32,85
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	3	78	ZY2417	12,85
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	3	70	WG6472	
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	2	1	3	135	YN3126	40,26666667
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	3	203	CWSV57	
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	3	70	WG6472	28,26666667
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	3	78	ZY2417	29,58333333
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	2	1	3	90	XZ1202	13,51666667
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	2	1	3	65	ZN4089	
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	3	203	CWSV57	
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	2	1	3	135	YN3126	
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	3	70	WG6472	
17-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	2	1	3	90	XZ1202	
18-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6	60	2	1	3	78	ZY2417	
18-02-2022	Maderas Arauco	1	Carpa 6 y Bodega 6	6	2	1	3	60	WH8713	39,53333333
18-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	2	1	3	80	RH9601	28,5
18-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	2	1	3	78	ZY2417	33,45
18-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	3	115	CGPY73	
18-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	3	106	VG3732	
18-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	2	1	3	60	WH8713	8,216666667
18-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	2	1	3	80	RH9601	2,866666667
18-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	2	1	3	78	ZY2417	6,4
18-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	2	1	3	60	WH8713	9,533333333
18-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	2	1	3	80	RH9601	2,816666667
18-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	3	78	ZY2417	
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	4	1	5	131	WR8272	
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	4	1	5	70	WG6472	18,35
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	4	1	5	111	YX2811	25,01666667
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 8	8	4	1	5	131	WR8272	1,766666667
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	5	70	WG6472	26,6
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	1	1	5	138	FSPJ47	1,5
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 5	5	4	1	5	131	WR8272	1,133333333
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	1	1	5	96	YZ5719	3,233333333
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	5	111	YX2811	4,016666667
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	5	1	5	86	BSRJ15	4,033333333
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	5	131	WR8272	2,4

21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	1	1	5	138	FSPJ47	35,18333333
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	2	1	5	129	BHFH15	5,566666667
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	1	1	5	138	FSPJ47	2,883333333
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	5	70	WG6472	2,05
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	1	1	5	96	YZ5719	2,433333333
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	5	111	YX2811	6,233333333
21-02-2022	Maderas Arauco	1	Bodega 6	60	4	1	5	131	WR8272	1,65

Tabla 5.5: Datos recopilados en macro-proceso en bodegas de acopio, segunda parte.

Tiempo Carga	Tiempo Amarre	Tiempo Total Bodegas de Acopio	Tiempo Vuelta	Tiempo Total Sin Amarre
6,25	2,56580072	18		12,8333
6,75	2,309401077	12,25		12,0833
4,833333333	2,254624876	12,33333333		9,9167
4,5	2,273030283	13,16666667	31,58333333	9,6667
			24,16666667	
7,333333333	1,779513042	12,5		10,5000
4,583333333	2,34520788	11,66666667		10,0833
12,1	1,936491673	29,93333333		15,8500
8,216666667	1,848422751	60,11666667		11,6333
10,65	2,053452378	30,05	15,93333333	14,8667
10,13333333	2,093641166	17,66666667	21,98333333	14,5167
8,133333333	1,658312395	13,35	23,6	10,8833
8,25	3,253203549	21,91666667		18,8333
8,083333333	2,516611478	20,91666667		14,4167
7,15	2,519920634	15,38333333	70,58333333	13,5000
7,15	2,519920634	15,38333333	56,25	13,5000
10,13333333	2,323790008	18,95	93,21666667	15,5333
8,183333333	2,323790008	16,75	50,16666667	13,5833
13,81666667	2,958039892	38,5		
14,4	2,559296778	24,26666667		20,9500
12,08333333	2,689485701	21,75		19,3167
13,15	2,617250466	24,78333333	90,78333333	20,0000
10,61666667	1,414213562	46,53333333		12,6167
7,65	1,586400538	23,25	16,51666667	10,1667
			18,86666667	
7,4	2,473189574	15,9		13,5167
8,216666667	1,888562063	19,98333333		11,7833
5,266666667	1,702938637	22,13333333		8,1667
13,1	1,949358869	23,03333333	19,13333333	16,9000
4,733333333	1,987460691	27,91666667	19,85	8,6833
4,45	1,632993162	29,61666667	17,5	7,1167
9,983333333	2,334523506	47,7	17,85	15,4333
11,81666667	1,760681686	21,98333333	41,96666667	14,9167
20,9	2,069621544	41,05	59,26666667	25,1833
9,033333333	1,936491673	35,36666667	20,3	12,7833

13,36666667	2,136976057	26,53333333	25,96666667	17,9333
14,16666667	1,678292783	26,21666667	19,98333333	16,9833
12,93333333	2,140872096	35,01666667	16,58333333	17,5167
6,716666667	1,970617501	34,6	21,3	10,6000
14,05	0,991631652	37,25	16,15	15,0333
11,26666667	2,020725942	31,01666667		15,3500
6,066666667	1,58113883	37,93333333		8,5667
7,05	1,643167673	47,75		9,7500
5,033333333	1,802775638	10,11666667	15,33333333	8,2833
3,433333333	1,591644852	10,63333333	21,36666667	5,9667
3,783333333	1,884144368	11,98333333	28,01666667	7,3333
7,333333333	2,041241452	22,26666667	32,95	11,5000
3,433333333	1,449137675	22,31666667	28,28333333	5,5333
3,383333333	2,053452378	11,63333333	30,4	7,6000
3,216666667	1,74642492	9,033333333	14,63333333	6,2667
3,95	1,211060142	17,93333333	12,23333333	5,4167
5	1,770122406	11,41666667	19,35	8,1333
3,383333333	1,575859554	10,48333333	16,41666667	5,8667
2,9	1,538397435	9,433333333	12,46666667	5,2667
6,633333333	1,38443731	26,95	34,23333333	8,5500
2,45	1,575859554	26,5	34,95	4,9333
16,93333333	1,390443574	36,08333333	33,15	18,8667
3,5	1,74642492	19,66666667	7,75	6,5500
4,1	1,554563176	17,3	12	6,5167
3,416666667	1,793506807	8,866666667	10,1	6,6333
2,333333333	1,707825128	6,9	15,16666667	5,2500
2,266666667	1,736855396	7,416666667	17,01666667	5,2833
6,95	1,755942292	25,68333333	14,63333333	10,0333
			11,56666667	
6,766666667	1,505545305	24,65	10,5	9,0333
6,266666667	1,617611408	16,43333333		8,8833
10,1	1,834847859	19,85		13,4667
9,85	2,217355783	17,23333333		14,7667
6,75	1,825741858	12,91666667	23,31666667	10,0833
10,71666667	2,330951165	19,36666667	32,91666667	16,1500
7,15	2,033060091	13,31666667	30,61666667	11,2833
7,65	2,144761059	21,5	71,63333333	12,2500
6,966666667	2,113448998	13,51666667	81,98333333	11,4333
7,05	2,198484326	14,61666667	19,76666667	11,8833
6,233333333	1,74642492	10,91666667	14,53333333	9,2833
3,783333333	1,852925615	8,65	5,15	7,2167
6,216666667	1,914854216	12,18333333	3,4	9,8833
6,266666667	1,811997057	11,2	22,9	9,5500
6,716666667	2,243509156	13,38333333	19,75	11,7500
11,43333333	1,653279569	20,25	19,55	14,1667

3,783333333	1,511070261	11,28333333	23,36666667	6,0667
3,433333333	1,834847859	9,233333333	42,4	6,8000
10,41666667	2,105548226	17,36666667	16,56666667	14,8500
6,166666667	1,638088317	11,5	12,71666667	8,8500
7,616666667	1,879716291	13,53333333	16,85	11,1500
8,916666667	1,527525232	14,25	16,26666667	11,2500
8,966666667	1,793506807	27,98333333		12,1833
4,183333333	1,774823935	12,18333333	16,08333333	7,3333
6,016666667	1,736855396	10,86666667	41,1	9,0333
6,366666667	1,811997057	11,01666667		9,6500
6,733333333	2,232338087	14,25		11,7167
5,633333333	1,962141687	10,68333333		9,4833
6,116666667	2,355843798	12,83333333	93,43333333	11,6667
6,25	2,077658939	11,96666667	95,45	10,5667
6,05	2,320201141	12,55	125,1166667	11,4333
6,183333333	1,940790217	11,31666667	61,01666667	9,9500
8,066666667	2,316606714	14,53333333	60,26666667	13,4333
6,05	2,236067977	12,61666667	22,16666667	11,0500
8,8	2,024845673	14,56666667	42,36666667	12,9000
7,866666667	2,069621544	17,26666667	35,63333333	12,1500
5,683333333	2,117388328	13,36666667	46,93333333	10,1667
8,55	1,940790217	15,51666667		12,3167
6,583333333	1,932183566	17,06666667		10,3167
6,466666667	2,598076211	27,95		13,2167
6,65	2,016597795	15,46666667	23,3	10,7167
8,466666667	1,949358869	23,8	17,53333333	12,2667
8,083333333	2,209826539	22,76666667	19,01666667	12,9667
11,03333333	2,089657069	23,11666667	30,91666667	15,4000
5,366666667	1,945079261	14,03333333		9,1500
7,033333333	1,940790217	25,31666667	28,11666667	10,8000
6,7	2,209826539	17,81666667	33,4	11,5833
3,816666667	2,065591118	10,03333333	19,61666667	8,0833
5,9	1,940790217	17,8	19,15	9,6667
2,533333333	1,811997057	7,483333333		5,8167
8,783333333	2,309401077	16,4	34,75	14,1167
4,35	1,617611408	10,03333333	16,96666667	6,9667
5,516666667	2,380476143	12,83333333	48,86666667	11,1833
11,26666667	1,653279569	17,2	18,13333333	14,0000
3,283333333	2,024845673	10,76666667	17,88333333	7,3833
5,633333333	2,302172887	14,18333333		10,9333
4,183333333	2,291287847	10,98333333	114,05	9,4333
5,216666667	2,024845673	15,56666667	99,1	9,3167
7,8	1,892969449	15,35	17,38333333	11,3833
5	1,957890021	15,2	76,56666667	8,8333
5,583333333	2,48663092	19	41,13333333	11,7667

3,316666667	2,053452378	9,266666667	65,31666667	7,5333
6,333333333	1,668332501	11,58333333	19,98333333	9,1167
6,833333333	1,460593487	13,91666667	19,38333333	8,9667
			83,65	
			20,76666667	
			32,93333333	
7,1	2,081665999	14,36666667		11,4333
4,8	2,254624876	15,35		9,8833
			32,25	
			15,05	
11	2,284002335	21,25		16,2167
7,666666667	2,496664441	18,21666667		13,9000
10,25	2,28035085	24,7		15,4500
8,866666667	2,411776662	25,31666667	17,83333333	14,6833
10,03333333	2,738612788	22,15	32,26666667	17,5333
7,666666667	2,198484326	14,91666667	33,55	12,5000
7,8	2,536401651	17,76666667	41,35	14,2333
7,433333333	1,888562063	19,58333333	31,9	11,0000
6,216666667	2,366431913	14,3	35,91666667	11,8167
9,083333333	2,077658939	17,58333333	19,63333333	13,4000
9,833333333	2,202271555	18,46666667	24,58333333	14,6833
	1,879716291	18,36666667	22,23333333	
	1,755942292	25,91666667		
10,46666667	2,028957039	44,01666667		14,5833
8,5	2,148642983			13,1167
7,866666667	1,732050808	22,65		10,8667
7,366666667	2,213594362	13,65		12,2667
8,516666667	2,179449472	15,58333333	15,8	13,2667
12,4	1,884144368	24,66666667	40,35	15,9500
4,266666667	2,661453237	15,71666667		11,3500
21,83333333	1,970617501	34,8	23,18333333	25,7167
8,916666667	2,160246899	39,58333333	14,28333333	13,5833
15,21666667	2,024845673	38,85	17,81666667	19,3167
25,08333333	1,658312395	41,23333333	16,75	27,8333
10,96666667	2,26200501	48,93333333	18,73333333	16,0833
7,15	1,554563176	22,41666667		9,5667
5,716666667	2,217355783			10,6333
9,716666667	0,632455532	50,38333333	16,08333333	10,1167
7,55	1,522060008			9,8667
11,48333333	3,084909507	49,26666667	16,08333333	21,0000
			19,63333333	
11,66666667	1,38443731	27,1	31,11666667	13,5833
			14,83333333	
			31,38333333	
			15,03333333	

			15,88333333	
			16,43333333	
	2,089657069			
11,9	1,602081979	54		14,4667
11,11666667	2,069621544	43,9		15,4000
10,71666667	2,380476143	49,83333333	12,76666667	16,3833
	3,065941943			
9,8	2,626785107			16,7000
12,06666667	1,811997057	23,56666667	24,75	15,3500
7,966666667	1,923538406	14,53333333	64,71666667	11,6667
5,466666667	2,133072901	16,41666667	58,75	10,0167
7	1,848422751	19,95	50	10,4167
9,733333333	1,884144368	16,1	18,81666667	13,2833
			14,6	
4,966666667	2,352303835	28,85		10,5000
10,16666667	2,243509156	40,21666667		15,2000
6,133333333	1,341640786	9,7	23,96666667	7,9333
3,4	2,19089023	34,8	25,75	8,2000
4	2,34520788	11		9,5000
7,983333333	1,830300522	12,46666667	19,55	11,3333
5,666666667	1,888562063	12,46666667		9,2333
3,416666667	2,01246118	11,48333333	61,63333333	7,4667
3,5	2,12916259	12,06666667		8,0333
3,516666667	1,722401424	8,883333333	31,96666667	6,4833
8,383333333	2,556038602		52,41666667	14,9167
7,666666667	1,707825128	16,15		10,5833
8,316666667	1,755942292	14,28333333		11,4000
3,316666667	2,338090389	10,83333333	48,18333333	8,7833
4,416666667	2,598076211	13,6	59,5	11,1667
3,566666667	2,552776266	16,31666667	32,66666667	10,0833
3,7	1,683250823	8,183333333	53,25	6,5333

Tabla 5.6: Datos recopilados en macro-proceso en bodegas de acopio, tercera parte.

5.2 Anexo B

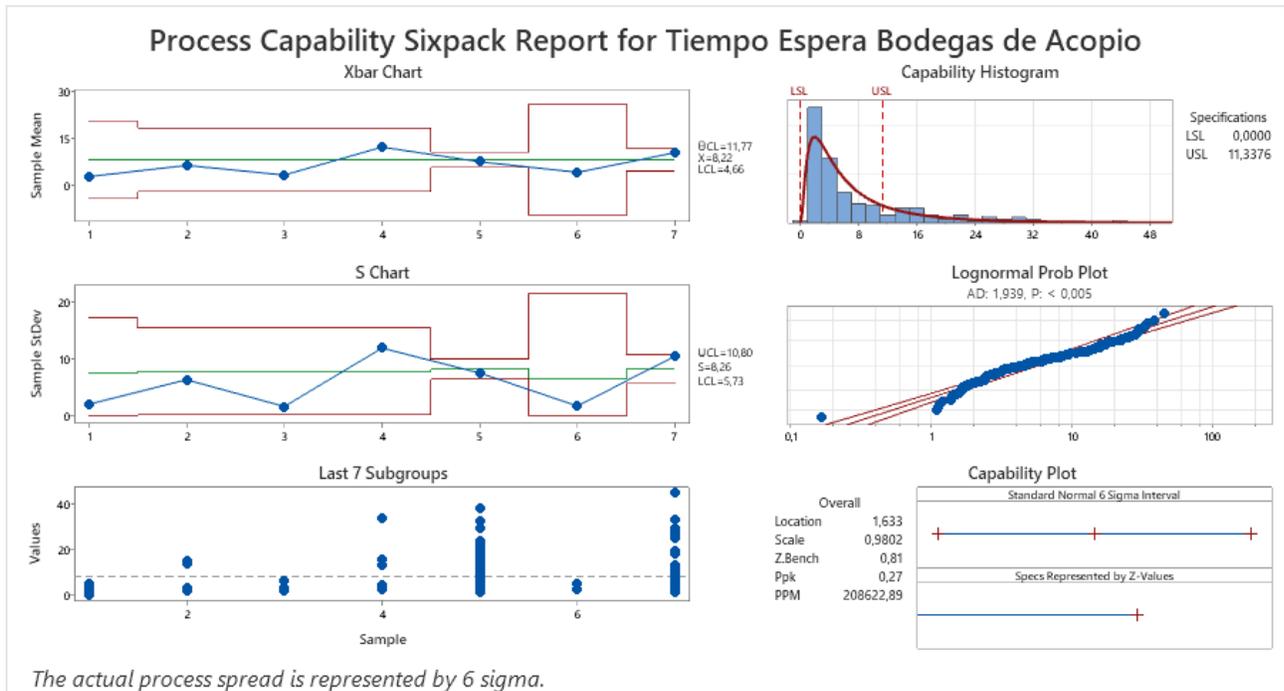


Figura 5.1: Análisis estadístico de tiempos de espera en bodegas de acopio en control para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.

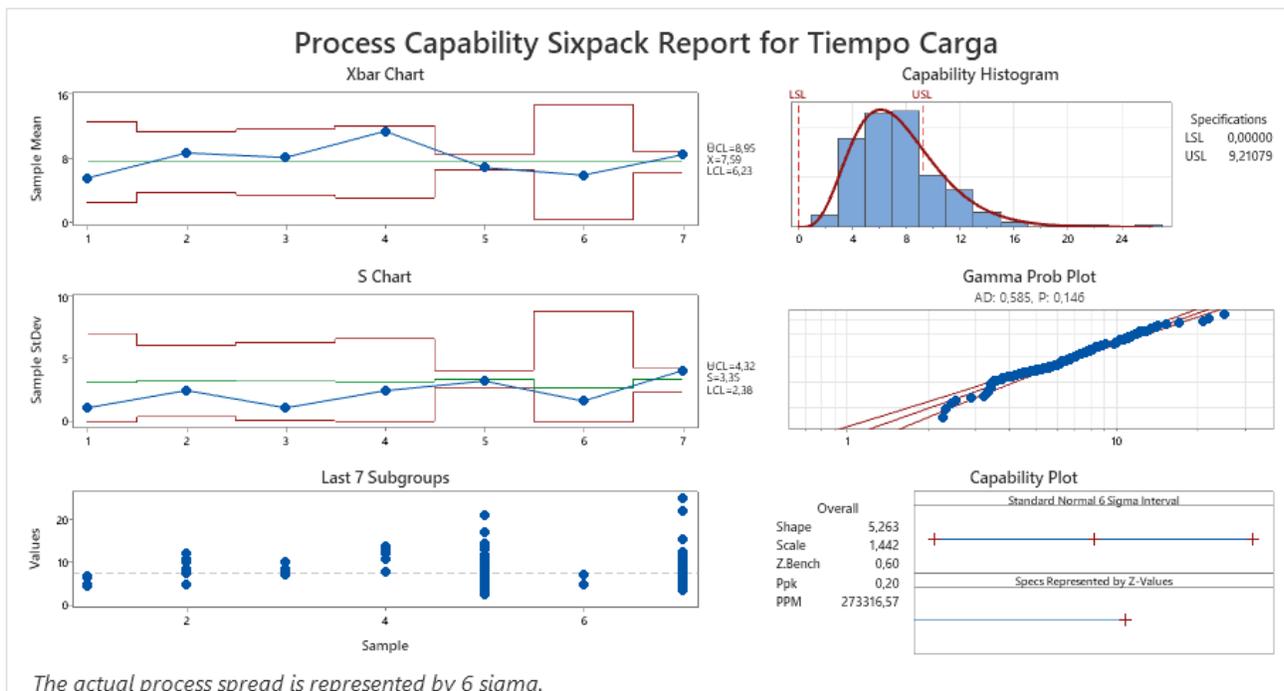
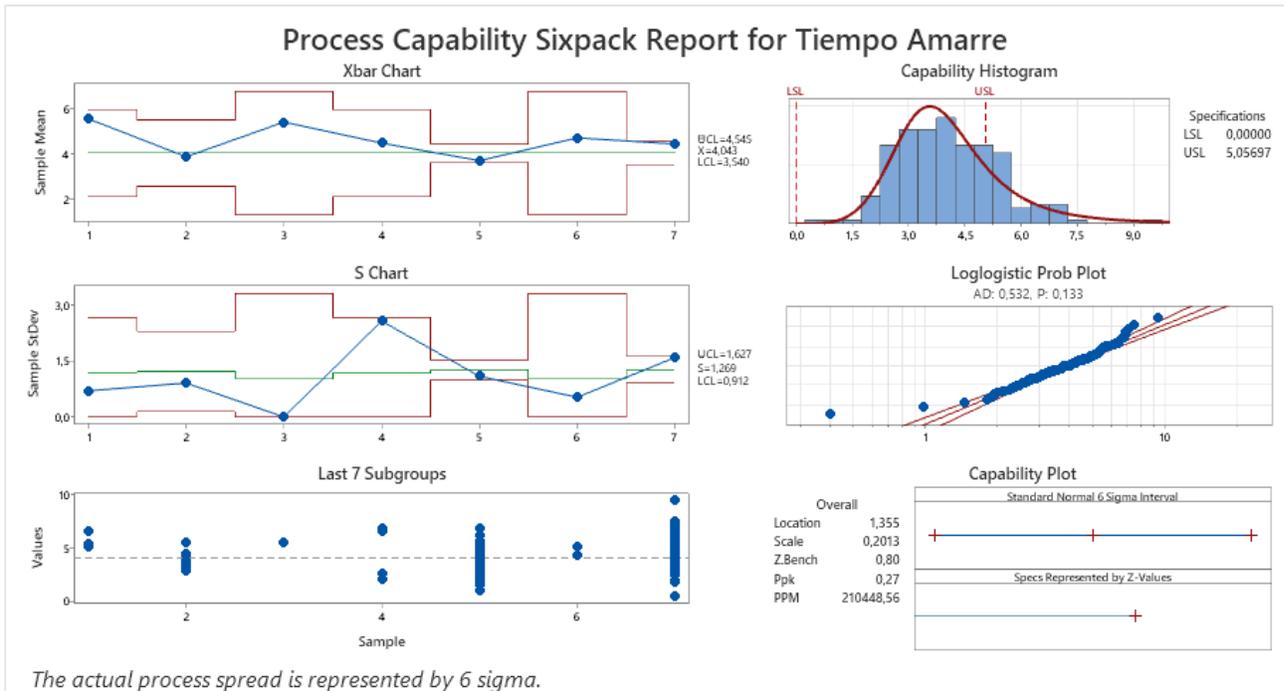
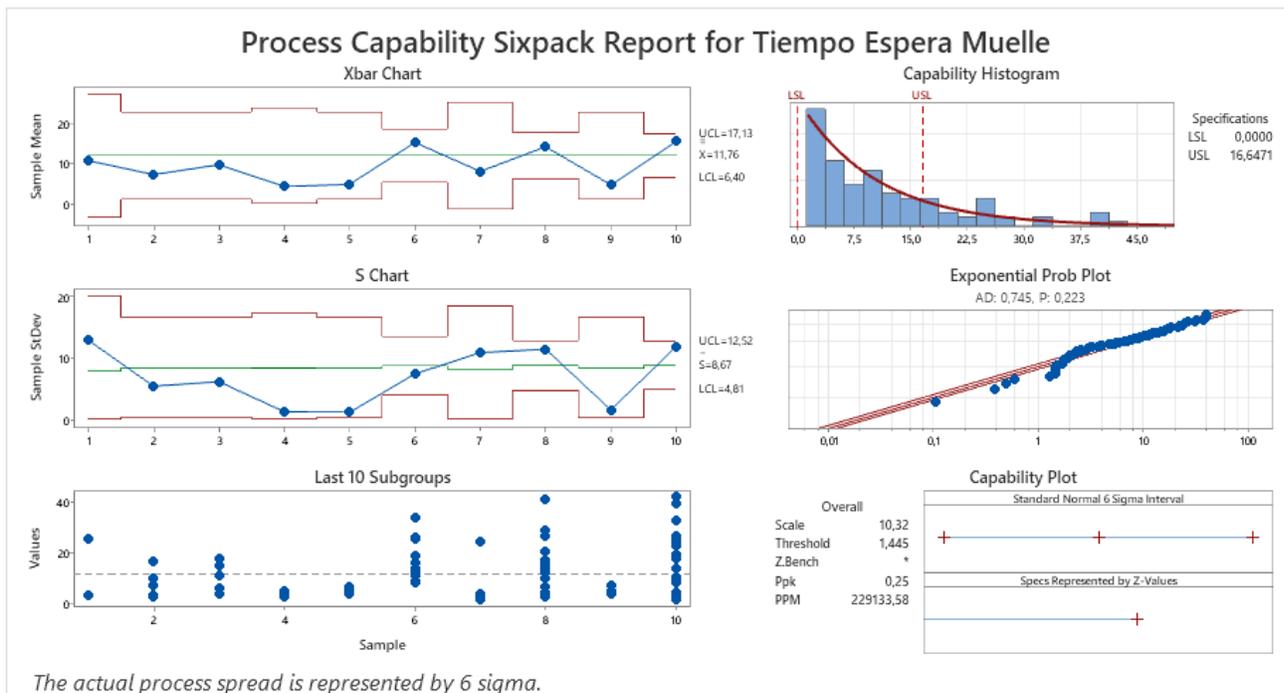


Figura 5.2: Análisis estadístico de tiempos de carga en control para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.



The actual process spread is represented by 6 sigma.

Figura 5.3: Análisis estadístico de tiempos de amarre en control para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.



The actual process spread is represented by 6 sigma.

Figura 5.4: Análisis estadístico de tiempos de espera en muelle en control para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.

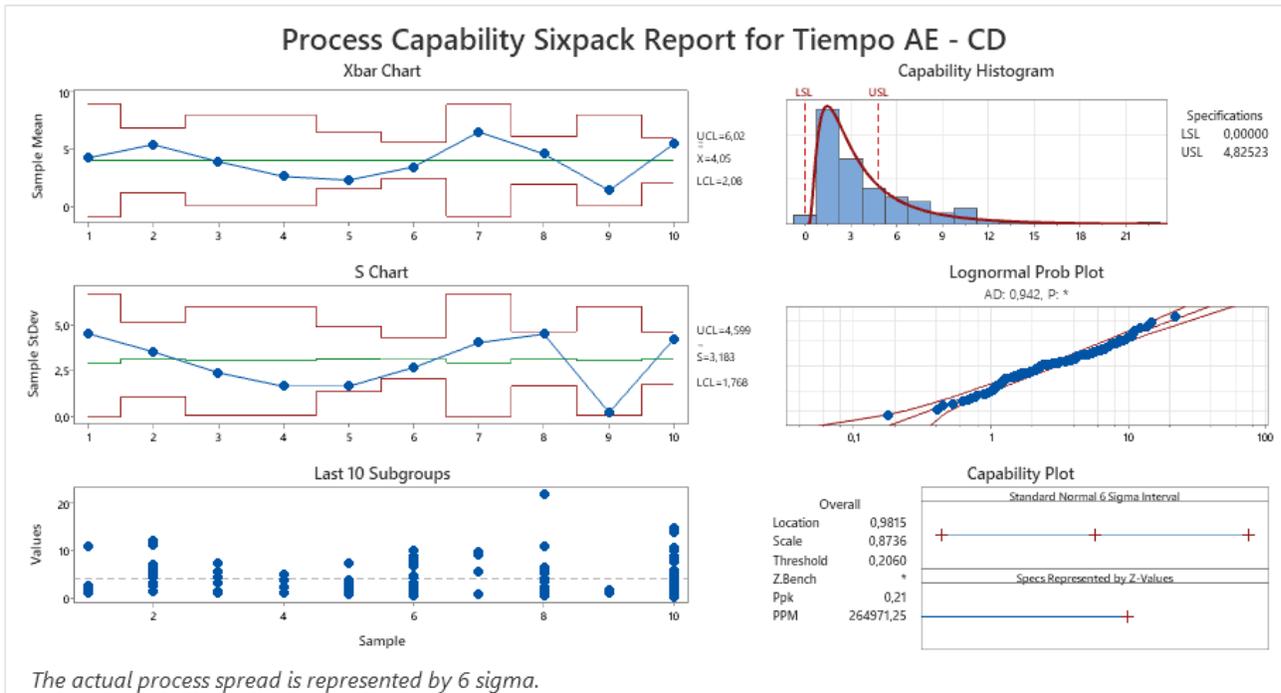


Figura 5.5: Análisis estadístico de tiempos de autorización entrada y comienzo de descarga en control para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.

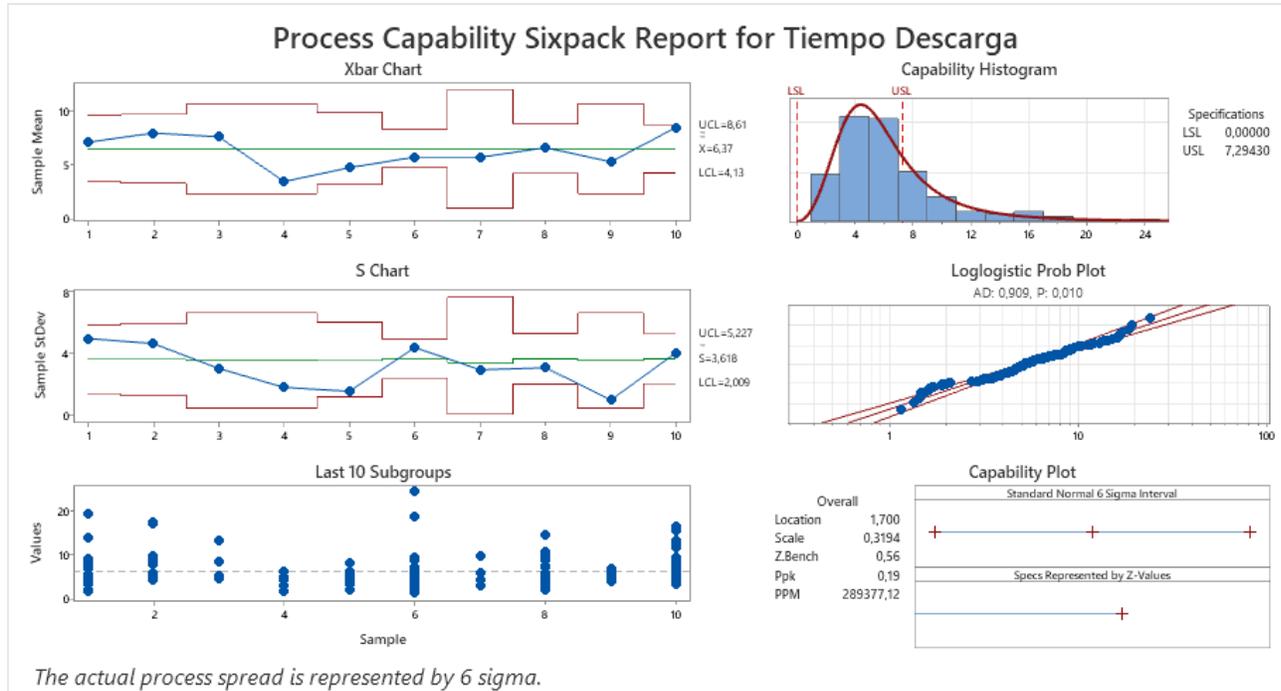


Figura 5.6: Análisis estadístico de tiempos de descarga en control para el escenario con cinco vueltas por camión por turno.

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION – FACULTAD DE INGENIERIA
RESUMEN DE MEMORIA DE TITULO**

Departamento : Departamento de Ingeniería

Carrera : Ingeniería Civil

Nombre del memorista :

Título de la memoria :

Fecha de la presentación oral :

Profesor(es) Guía :

Profesor(es) Revisor(es) :

Concepto :

Calificación :

Resumen (máximo 200 palabras)

--