

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS**

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE CON MENCIÓN EN
MODELOS DE OPTIMIZACIÓN”**

TEMA:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALENDARIZACIÓN PARA EL
MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE CONTENEDORES EN UN
DEPÓSITO INTERMODAL.

AUTOR:

ING. LÉRYDA JULISSA ESPÍN LUMBANO

Guayaquil - Ecuador

2018

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado principalmente a Dios, ya que sin la gracia de él nada de esto sería posible, y a mis padres que han guiado mi vida, me han apoyado siempre y han aportado a mi formación profesional.

Julissa Espín L.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, ya que, es el motor de mi Vida, a mis padres por apoyarme siempre y a toda mi familia por estar incondicionalmente Ayudándome en toda la etapa de mi carrera profesional.

Gracias

Julissa Espín L.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Postgrados** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Ing. Lúyda Julissa Espín Lumbano

Autor

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Kleber Barcia Villacrés, Ph.D.

Presidente



M.Sc. Pedro Ramos De Santis

Director



M.S.c Nadia Cárdenas Escobar

Vocal



M.Sc. Victor Vega Chica

Vocal

AUTOR DEL PROYECTO

A handwritten signature in black ink, reading "Julissa Espín", enclosed within a hand-drawn oval shape.

Ing. Léryda Julissa Espín Lumbano

Autor

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	1
1. OBJETIVOS Y GENERALIDADES	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.4 ALCANCE.....	6
1.5 OBJETIVOS.....	7
1.6 METODOLOGÍA	7
1.7 RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS.....	8
CAPÍTULO 2	9
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. PRINCIPALES SERVICIOS OFRECIDOS POR UN PATIO DE CONTENEDORES.....	10
2.1.1 MANIPULACIÓN DE CONTENEDORES PARA INSPECCIÓN EN ESTRUCTURA Y MÁQUINA.....	11
2.1.2 REPARACIÓN DE CONTENEDORES	12
2.1.3 MANTENIMIENTO DE CONTENEDORES.	13
2.1.4 POST REPAIR SURVEY	14
2.2. LAS COMPAÑÍAS NAVIERAS	14
2.2.1 MANEJO DE CONTENEDORES VACÍOS PARA UNA LÍNEA NAVIERA	15
2.3. TRANSPORTE TERRESTRE DE CONTENEDORES VACÍOS	16
2.4. TRABAJOS RELACIONADOS CON EL DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO	17
2.5. ESTADO DEL ARTE	17
CAPÍTULO 3	19
3. MODELO MATEMÁTICO	19
3.1. LA PROGRAMACIÓN LINEAL.....	19
3.2. DISEÑO Y APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO.....	20
3.2.1 ÍNDICES DEL MODELO	20
3.2.2 PARÁMETROS.....	21
3.2.3 VARIABLES.....	25
3.2.4 FUNCIÓN OBJETIVO.....	26
3.2.5 RESTRICCIONES	27
3.2.6 APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO.....	30
3.3. RESULTADOS OBTENIDOS	31
3.4. COMPARACIÓN DE ESTRATEGIAS DE SOLUCIÓN.....	34
3.4.1. PLANIFICACIÓN DE REPARACIONES	35
3.5. SISTEMA DE CALENDARIZACIÓN	35
3.5.1 OVERDUE O LONG-STAYING.....	37
3.6 ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL vs. CALENDARIO PROPUESTO	37
3.7. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS	40

3.7.1 TABULACIÓN DE ENCUESTA	40
3.7.2. ENTREVISTA.....	48
CAPÍTULO 4.....	52
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
4.1. CONCLUSIONES.....	52
4.2. RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	57

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL CICLO DE UN CONTENEDOR EN UN DEPÓSITO INTERMODAL.....	4
FIGURA 1.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN CONTENEDOR EN UN DEPÓSITO INTERMODAL	4
FIGURA 2.2.1 CICLO DE UN CONTENEDOR	16
FIGURA 3.2.6 ENTORNO GAMS	30
FIGURA 3.3 PROGRAMACIÓN DE REPARACIONES SEMANA1 OBTENIDA EN GAMS.....	31
FIGURA 3.4 COMPARACIÓN DE ESTRATEGIAS DE SOLUCION	34
FIGURA 3.6. 1 CALENDARIO PROPUESTO EN ESTE TRABAJO.....	38
FIGURA 3.6. 2 CALENDARIO ORIGINAL DE REPARACIONES-DATOS REALES	38
FIGURA 3.6. 3 CANTIDAD DE REPARACIONES GAMS VS. REAL	39
FIGURA 3.6. 4 STOCK DE CONTENEDORES DISPONIBLES GAMS VS. MODELO ACTUAL	40

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.2 - PRINCIPALES LÍNEAS NAVIERAS A NIVEL MUNDIAL.....	15
TABLA 3.4 COMPARACIÓN MODELO MIP-LP	35
TABLA 3.7. 1 SERVICIO DE TALLER EN EL DEPÓSITO	42
TABLA 3.7. 2 CANTIDAD CONTENEDORES EN MAL ESTADO.....	43
TABLA 3.7. 3 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RETRASO DE REPARACIONES	44
TABLA 3.7. 4 TIEMPO PROMEDIO EN REALIZAR REPACIONES SEMANALES	45
TABLA 3.7. 5 DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS EN STOCK	46
TABLA 3.7. 6 CREACIÓN DE UN SISTEMA DE CALENDARIZACIÓN SEMANAL	47

ABREVIATURAS O SIGLAS

I.I.C.L.= Institute of International Container Lessors (Instituto Internacional de Arrendadores de Contenedores).

M.C.E.: Ministerio de Comercio Exterior.

LÍNEA NAVIERA: Operador marítimo de carga internacional, generalmente propietario de los contenedores.

REEFERS: Unidad que puede ser utilizada para mantener cargas refrigeradas debido a que posee una maquinaria integrada.

STACKING: Apilamiento de contenedores dentro del depósito que representa una Condición de los mismos.

EIR: Equipment Interchange Receipt , documento que se emite en el Control Gate en donde se registra el traspaso de la responsabilidad de los contenedores.

PTI: Pre-Trip Inspection, es una inspección realizada en un contenedor refrigerado vacío antes de la liberación, para garantizar el correcto funcionamiento de la unidad de refrigeración. Es el chequeo de la maquinaria del contenedor por medio de un generador.

SET POINT: Fijar en el reefers la temperatura requerida por el cliente.

RESUMEN

En este trabajo se presenta una aplicación de las técnicas de Investigación de Operaciones, el cual consiste en el desarrollo de una aplicación para calendarizar los distintos tipos de reparaciones para contenedores en un depósito intermodal por medio de un modelo matemático, este documento presenta mucho interés personal en los Scheduling Problems, debido a que involucra gran relación con la programación lineal entera. Dentro del documento se presentan restricciones basadas en las características actuales de la necesidad del mantenimiento de contenedores, también se plantea la asignación de actividades de reparaciones en los tiempos que sean pertinentes para su desarrollo, adjuntando una asignación de mano de obra. Se utilizó como parte de las herramientas computacionales el software GAMS, el cual permite ejecutar el modelo matemático propuesto. Una vez obtenido los resultados, se procedió a revisarlos para luego comparar con el calendario original. La información obtenida sobre los tipos de reparaciones, fueron adquiridas por el personal de un Depósito Intermodal, los cuales son los encargados de registrar dicha información en el sistema de estas compañías, con el objetivo primordial de lograr una elaboración de una planificación semanal o calendario semanal de reparaciones.

Palabras clave: Programación Lineal, Programación de horarios, Patio de Contenedores, Reparaciones de Contenedores, Mantenimiento de Contenedores.

ABSTRACT

This project presents an application of Operations Research techniques, which consists of the development of an application to schedule the different types of repairs for containers in an intermodal Depot by means of a mathematical model, this document presents a lot of personal interest in Scheduling Problems, because it involves a great relationship with linear integer programming. In this document, there are restrictions based on the current characteristics of the need for container maintenance, it also considers the assignment of repair activities in the times that are relevant for their development, attaching a workforce allocation. The GAMS software was used as part of the computational tools, which allows executing the proposed mathematical model. Once the results were obtained, they were reviewed and compared with the original schedule. The information obtained about the types of repairs were acquired by the staff of an Intermodal Depot, which are in charge of enter this information in the system of these companies, with the primary objective is achieve a weekly planning or a weekly schedule of repairs.

KEYWORDS: Linear Programming, Scheduling, Container depot, Container Repairs, Container Maintenance.

CAPÍTULO 1

1. OBJETIVOS Y GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

El Tráfico Marítimo de mercancías en contenedor ha experimentado un constante crecimiento, debido a las ventajas que presenta su uso y facilidades de manipulación en el transporte, logrando un gran desarrollo a nivel mundial y ocasionando el aumento de la tasa de Contenedorización.

En la actualidad, la Contenedorización¹ está integrada a la red de transporte mundial, donde los talleres de servicio para los contenedores dentro de la estructura del sistema de carga internacional juegan un papel importante.

El uso del contenedor en los países desarrollados es muy útil para el transporte de mercancías hacia países en vías de desarrollo, el mismo que requiere una logística operativa de almacenaje, mantenimiento, reparación e inspección de contenedores dependiendo de la oferta y demanda de empresas navieras.

El servicio que brindan los depósitos de contenedores consiste en la recepción, inspección, mantenimiento operativo, reparación, almacenaje y despacho; sin embargo, el desbalance en la cantidad de contenedores de importación versus de exportación, provoca que los Depósitos Intermodales dispongan de enormes áreas de almacenamiento, generando gran acumulación de contenedores.

En Ecuador, por ejemplo, desde hace algunos años, se observa dicha acumulación, ocasionando el deterioro de contenedores, dificultades a la hora de realizar inspecciones y reparaciones pertinentes, perjudicando a las Líneas Navieras.

Al reubicar los contenedores vacíos, se puede conocer los puntos de mayor criticidad que producen la acumulación de los mismos, reduciendo los costos operativos actuales, mejorando el nivel de servicio en cadena logística, disminuyendo los tiempos logísticos y la optimización del entorno operativo.

¹ **Contenedorización:** Sistema que mediante el uso de contenedores permite transportar grandes volúmenes de carga y que facilita el trasbordo de un modo de transporte a otro de una manera rápida y segura.

El presente trabajo se centrará en la disminución de los tiempos mantenimiento y reparación de Contenedores, de gran aporte significativo a los depósitos de contenedores al implementar un calendario de servicios que ayudará a gestionar estos procesos de una manera ordenada, rápida y eficiente.

El entorno de desarrollo de este proyecto de investigación se centró en un Patio de Contenedores ubicado en la ciudad de Guayaquil, que almacena aproximadamente 1.500 contenedores vacíos al mes; los cuales se encuentran a la espera de mantenimiento y reparación.

Esta investigación nos ayuda a comprender de una mejor manera la Cadena Logística de exportación e importación, se trabajará con datos del año 2017.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años, los Depósitos Intermodales representan gran relevancia dentro de la cadena logística que impulsa el desarrollo del país.

Diariamente, miles de contenedores se mueven a nivel mundial para el ingreso y salida de mercadería, sin embargo, la manipulación de esta carga contenerizada depende de la disponibilidad de contenedores cuya seguridad esté garantizada, es decir, de la cantidad de contenedores disponibles y en buenas condiciones con el fin de satisfacer la demanda de los usuarios y las empresas navieras.

Allí radica la importancia de brindar reparación y mantenimiento a los contenedores con el fin de asegurar que el contenedor mantenga sus características de seguridad estructural siendo capaz de proteger la carga.

En vista al incremento de la demanda de servicios de reparación y mantenimiento de contenedores, las reparaciones comprenden desde trabajos menores hasta la recomposición estructural y el mantenimiento incluye el reemplazo de techos y puertas e inspecciones preventivas periódicas.

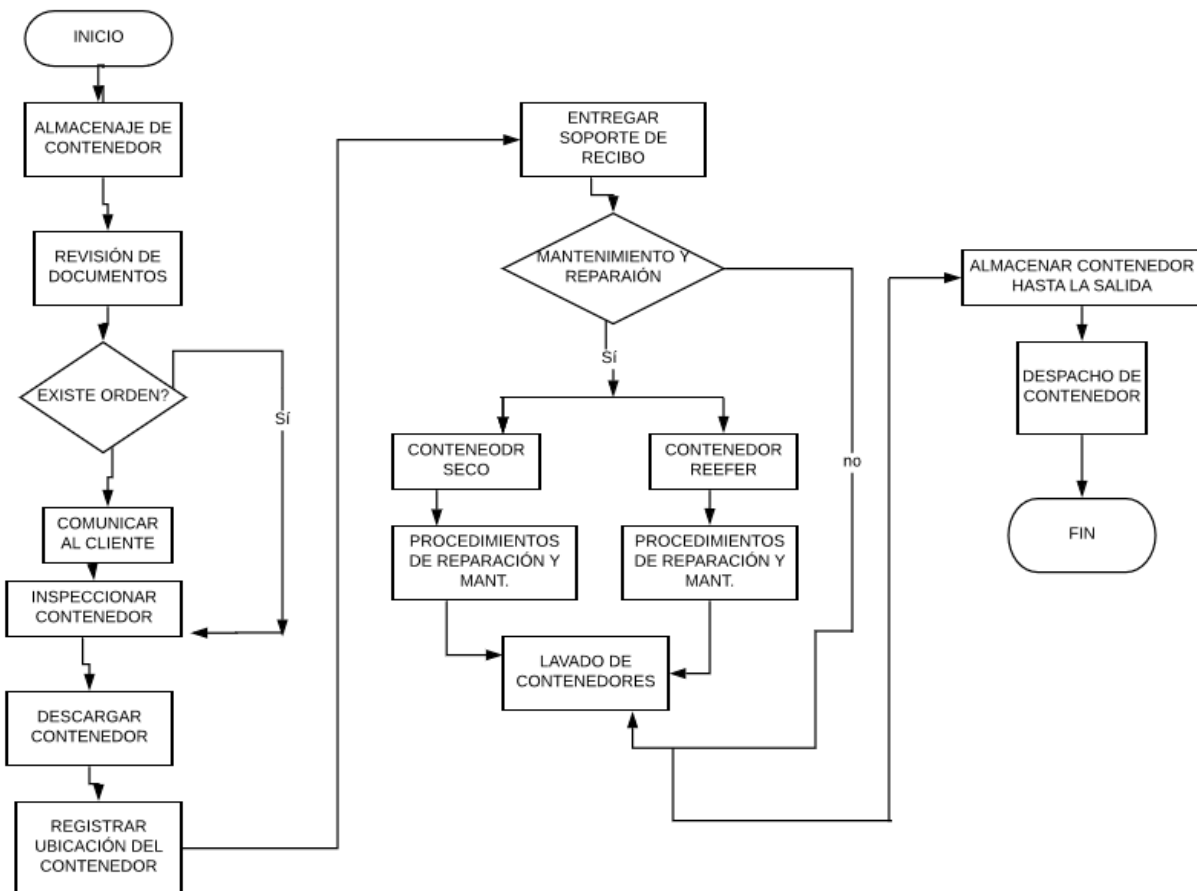
La reparación de contenedores se divide en dos etapas: la estructura del contenedor y, en caso de que sea refrigerado, la máquina del mismo.

En los procesos de mantenimiento y reparación de contenedores, se empieza con el ingreso del contenedor al depósito intermodal y finaliza con la reparación de éste, con el cumplimiento de otras fases que se detallan en las figuras 1.1 y 1.2.

Los talleres que brindan estos servicios aplican rigurosas normas de seguridad, inspecciones y verificaciones para que se hagan las reparaciones necesarias con el fin de que los contenedores no sufran daños.

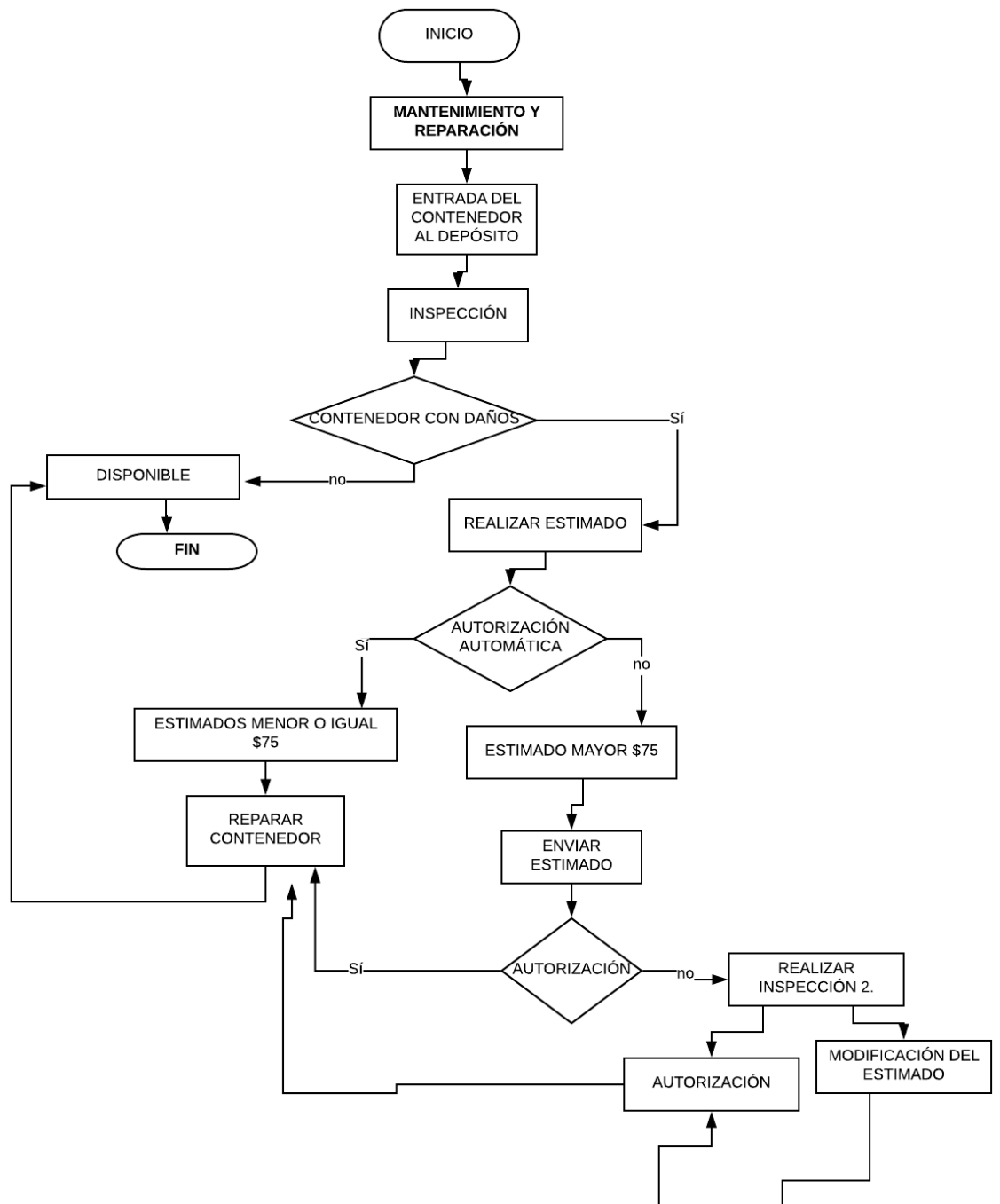
A lo anteriormente expuesto, la disponibilidad de repuestos constituye un factor de gran influencia, ya en su mayoría estos son difíciles de obtener, en especial cuando se trata de contenedores antiguos, lo que puede retrasar las reparaciones por largos períodos. Adicional, existe demora en la aprobación o autorización de reparaciones por parte de la Agencia Naviera; una vez realizadas las inspecciones correspondientes, el depósito procede a elaborar los respectivos estimados de reparación para que sean autorizados por la Naviera, por lo cual es necesaria canalizar eficientemente la importación de los repuestos para no incurrir en retrasos operativos y verificando que las Unidades sean reparadas de acuerdo con los estándares IICL.

FIGURA 1.1 Diagrama de flujo del ciclo de un Contenedor en un Depósito Intermodal



Fuente: Almacenes de Depósitos ALMAGRARIO S.A.

FIGURA 1.2 Diagrama de flujo del proceso de reparación y mantenimiento de un Contenedor en un Depósito Intermodal



Elaborado por: Julissa Espín

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Según cifras del Ministerio De Comercio Exterior (MCE), el 90% del comercio exterior ecuatoriano, se lleva a cabo vía marítima, es por este motivo que al sector portuario y naviero se lo considera como estratégico para el desarrollo de la economía de la nación.

Los patios de contenedores constituyen parte fundamental de la cadena logística de transporte, cuya actividad es la manipulación de cargue, descargue y posicionamiento de contenedores vacíos para su mantenimiento y adecuación antes de ser entregados a los clientes o líneas navieras, sin embargo, la falta de capacidad de dichos patios de contenedores está referida a las actividades de reparación y mantenimiento, en las que por su poca capacidad operativa, estos solo arreglan los contenedores bajo autorización de las navieras, lo que implica el almacenamiento de contenedores por reparar ocupando espacio requerido para los servicios prestados en la cadena de comercio exterior, debido a los procesos documentales de autorización que se requieren y a la comunicación con los clientes y Navieras.

Esta acumulación de contenedores puede suponer el deterioro de los mismos y, por consiguiente, un aumento de resultados desfavorables a la hora de realizar las inspecciones y ordenar las reparaciones pertinentes.

Este proyecto hará un aporte significativo a los depósitos de contenedores al implementar un calendario de servicios de mantenimiento y reparación, lo cual ayudará a la ubicación de contenedores de una manera ordenada y rápida y mejorando su nivel de stock.

1.4 ALCANCE

El entorno de desarrollo de este trabajo de investigación es un Patio de Contenedores ubicado en la ciudad de Guayaquil, que almacena aproximadamente 1.500 contenedores vacíos al mes, los cuales se encuentran a la espera de mantenimiento y reparación.

Esta investigación nos ayuda a comprender de una mejor manera la Cadena Logística de exportación e importación, se trabajará con datos del año en curso. (2017).

1.5 OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL.

Diseñar un sistema de calendarización para las actividades de mantenimiento y reparación de contenedores, con el fin de optimizar el tiempo de operación logístico y mejorar la calidad del servicio a las Navieras.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Evaluar los procesos actuales de reparación y mantenimiento de contenedores a través del análisis de los tiempos de aprobación por parte de la Naviera y de los tiempos de reparación.
- Formular estrategias que permitan el alcance de mejoras en cuanto a las reparaciones y mantenimiento de los contenedores.
- Analizar las bases teóricas que sirvan para la aplicación de un sistema de calendarización para mantenimientos y reparaciones de Contenedores en un depósito Intermodal.
- Elaborar la planificación de reparaciones, que conlleve a la reducción de costos, optimización del tiempo de mantenimiento, aumentando la disponibilidad de contenedores en un Depósito Intermodal.

1.6 METODOLOGÍA

Para efectos de este estudio, se incluirán conceptos de Sistema de calendarización, Overdue o Long-staying.

Se revisarán tesis anteriores de temas relacionados a la aplicación de este sistema. Se analizará el proceso actual de reparaciones de contenedores en el Depósito Intermodal y se identificarán sus principales debilidades, con el fin de llevar a cabo un agendamiento, para el correcto mantenimiento de contenedores, implementando un sistema adecuado para hacer más eficiente el proceso logístico y atender las solicitudes del servicio.

El método que se empleará es la investigación cuantitativa, ya que se realizarán encuestas a los miembros de la parte Operativa del Patio de Contenedores para lograr conocer sus opiniones sobre el tema propuesto.

El tipo de investigación a emplearse es descriptivo, debido a que se pretende describir sistemáticamente las características más relevantes respecto al sistema necesario para el correcto mantenimiento y reparaciones de contenedores vacíos.

1.7 RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

Para recopilar los datos, es necesario visitar un Patio de Contenedores y así poder obtener información precisa sobre los tiempos en los procesos de reparación y mantenimiento.

Se usa fuentes de datos internos y entrevistas con el personal del área operativa que brindan diariamente estos servicios para definir y sustentar adecuadamente la tesis propuesta.

Es necesario conocer la cantidad exacta de reparaciones por día y la distribución de los diferentes tiempos de este proceso.

Además, se requiere conocer la distribución de los siguientes tiempos:

- Tiempo de espera para obtener la aprobación de reparación por parte de la línea Naviera.
- Tiempo de espera en la obtención de los repuestos faltantes.
- Tiempo de demora en reparación y mantenimiento de contenedores por parte de los reparadores.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

La unitarización de la carga consiste en agrupar varios bultos pequeños y medianos de diferentes formas y tamaños en unidades homogéneas y más grandes, tales como son los pallets o contenedores, eliminando el riesgo de roturas, hurtos o pérdidas. Mientras que, la Contenedorización consiste en la acomodación eficiente de pallets en el contenedor (Castellanos Ramírez, 2015).

Los contenedores facilitan el transporte de las mercancías y su utilización ha tenido un aumento significativo en los últimos años, ya que la Contenedorización no sólo es una condición establecida del arte del transporte, sino que también es considerada como la principal unidad de transporte utilizada en los buques de servicio regular, permitiendo el transporte de bultos consolidados, disminuyendo el tiempo de tránsito global y aumentando la protección de la carga.

La demanda de contenedores de un país está relacionada directamente con el número de las exportaciones realizadas, puesto que dichas exportaciones se encuentran en función del volumen de la carga, es decir, a mayor volumen de carga, mayor será la necesidad de utilizar más contenedores, provocando un gran incremento del servicio de reparación y mantenimiento de contenedores.

Los patios de contenedores reparan la mayor cantidad de contenedores para cubrir la demanda semanal de envíos programados de los exportadores e importadores y para lograr cumplir con los pedidos de despachos solicitados por las Líneas Navieras, evitando la espera de los contenedores que arriban al puerto. Estos patios también deben organizar la operación de acuerdo con el volumen que se espera recibir para poder almacenar de manera correcta los contenedores; esto se logra con la totalidad de unidades que entran operativas, más las unidades que entran para reparación, logrando de esta manera, mantener una cantidad mínima para su consumo o stock.

Las unidades que ingresan operativas requieren un lavado o limpieza y sirven para ser despachadas por los operadores de las máquinas portacontenedores, sin embargo, las unidades que ingresen con daños requieren reparaciones y la

velocidad de la reparación dependerá del nivel de daño con el cual ingrese la unidad. Por lo general, los contenedores nuevos van a tener daños mínimos o daños leves tanto en máquina como en estructura, lo que permite una reparación más rápida.

El Instituto de arrendadoras internacionales de contenedores (IICL) ha establecido algunos manuales para la reparación de contenedores, en el cual se definen ciertos los daños leves, moderados, graves, aceptables e inaceptables y procedimientos recomendados para hacer las reparaciones. Estos manuales contribuyen de manera importante a la eficacia, a la normalización de las reparaciones y al mantenimiento del contenedor, brindando asesoramiento técnico sobre el proceso de inspección y reparación para garantizar la seguridad en el funcionamiento de los contenedores, destacando la importancia de los talleres de servicio para los contenedores dentro de la estructura del sistema de carga internacional contenerizada.

2.1. PRINCIPALES SERVICIOS OFRECIDOS POR UN PATIO DE CONTENEDORES

Los patios de contenedores surgen de la necesidad de desarrollar servicios logísticos especializados para actividades conexas al transporte de mercancías y representan un abastecimiento a las necesidades del comercio exterior.

Entre los principales servicios que brinda un depósito Intermodal son: recepción, almacenamiento, manipulación, inspección, mantenimiento operativo, reparación, limpieza y despacho de contenedores.

Entre los Patios de Contenedores más importantes de la ciudad de Guayaquil, se encuentran: Operadora Del Pacífico, Transmabo, Aretina, Multiconti, Depconsa, Tasesa, Repcontver y Tercon.

2.1.1 MANIPULACIÓN DE CONTENEDORES PARA INSPECCIÓN EN ESTRUCTURA Y MÁQUINA

La correcta manipulación de contenedores un aspecto fundamental para el ciclo logístico del contenedor.

La manipulación de unidades para inspección de estructura o caja comienza por el registro del ingreso del contenedor; una vez validada la documentación del transportista se procede a permitir el ingreso del contenedor, luego el camión ingresa al depósito hasta el área de inspección, el operador de grúas descarga el contenedor y el inspector recibe el EIR de ingreso para verificar los datos del contenedor y del chofer.

Después, el Inspector procede a realizar la revisión estructural de paneles en todo el contenedor, piso y subfloor (agujeros, cortes, huecos, delaminación, identificación componentes faltantes; detallando cada daño estructural, reparaciones impropias u olores que presente el contenedor en el documento EIR (*Equipment Interchange Receipt*). Los contenedores Dry son sometidos a prueba de filtración de luz, las cuales se realizan desde el interior con las puertas completamente cerradas y aseguradas.

Finalmente, el inspector coloca un sticker en el contenedor indicando si la unidad está operativa, con daños leves o daños fuertes, se procede a clasificar las unidades, ubicándolos en los stacking respectivos según el estado de la unidad y se entrega una copia del EIR al chofer firmado por el inspector y por el chofer.

El proceso de manipulación de contenedores reefers para inspección de máquina inicia con la inspección. Después, se procede a ubicar los contenedores en la torres de conexión para realización de PTI (PRE-TRIP INSPECTION), culminado esto, se retiran los cables de las tomas eléctricas y se procede a realizar la movilización de las unidades a las torres según corresponda, es decir, sí la unidad tiene condición operativa en estructura y pasa el PTI correctamente, se ubica en el stacking de unidades operativas, pero sí la unidad se encuentra dañada en máquina y también en estructura, los técnicos proceden a efectuar el estimado de daños de máquina, se recibe la aprobación a reparar por parte de la Naviera y teniendo disponibilidad de repuestos, se procede a la reparación, los técnicos realizan esta reparación con un máximo de dos contenedores de altura de apilado; luego de esto, se verifica si existe espacio disponible en talleres y se moviliza para la reparación en estructura;

caso contrario se ubica en otra torre hasta la espera del taller disponible. El PTI define si las unidades se encuentran aptas para ser entregadas a los clientes exportadores o se asignan al área de reparaciones.

Por último, se procede a colocar los stickers respectivos de acuerdo con la condición de la unidad. Una vez que las unidades de los talleres se encuentren reparadas en estructura, se movilizan a la torre de contenedores operativos para que puedan ser despachadas.

2.1.2 REPARACIÓN DE CONTENEDORES

El proceso de la reparación comienza con la entrada del contenedor al patio. Las reparaciones de las unidades refrigeradas o reefers son estrictamente controladas por los inspectores, utilizando los materiales adecuados para la caja y repuestos originales para la maquinaria, garantizando la efectividad de la reparación. Las reparaciones de las unidades Dry o secas son controladas por los supervisores utilizando materiales de resistencias marítimas para garantizar el estado físico de la reparación y la efectividad de la operación de carga que se pueda ingresar obteniendo resistencia y eficacia.

En la mayoría de los depósitos intermodales, las reparaciones con presupuesto o estimados de reparación menor o igual 75 dólares son aprobadas automáticamente por la naviera luego de la inspección; sin embargo, el tiempo de reparación de una unidad depende del tipo de daños, si estos son leves en máquina y en estructura en promedio será de seis horas y el presupuesto varía según el tipo de reparaciones a efectuar.

Los costos de reparación están ligados a los gastos de la mano de obra, precio de los materiales según tarifario establecido y precio de la limpieza de las unidades, es decir, se cobra una tarifa fija por hora trabajada en el contenedor.

Para cumplir con este proceso es necesario obtener la autorización de reparación por parte de la Línea Naviera, puesto que, la Naviera es la que define la cantidad semanal de unidades requeridas para sus clientes y la cantidad de unidades que ingresan con daños al patio de contenedores; luego de obtener la autorización correspondiente se coordinan los procesos posteriores y se establece el tiempo necesario para las reparaciones.

Una vez reparadas las unidades en máquina o con proceso PTI OK y en el caso de que existan daños en la estructura del contenedor se procede a movilizar las unidades a taller estructura de existir espacio, caso contrario, se ubican en stacking de espera hasta contar con el espacio requerido. Mientras que las unidades sin daños estructurales se movilizan directamente a stacking de operativos para posterior despacho. Para las unidades tipo Dry que requieran lavado, este deberá realizarse cuando se obtenga la autorización respectiva.

Para unidades tipo reefers, el lavado se realiza en el área respectiva a su despacho. Los procedimientos para las reparaciones más habituales son: enderezamiento, soldadura, inserto, parches, entre otros.

Por otro lado, los talleres de reparación deben contar con el personal capacitado y con conocimiento en manejo de equipo para el movimiento de contenedores. También es necesario que para este proceso se tenga en cuenta la disponibilidad de los repuestos a utilizar, debido a que la falta de repuestos puede retrasar las reparaciones por largos periodos, generando pérdidas monetarias y obteniendo un bajo nivel de servicio a clientes. Dicho proceso culmina una vez que es despachado el contenedor para su embarque en la planta del exportador.

2.1.3 MANTENIMIENTO DE CONTENEDORES.

El mantenimiento programado sirve para prolongar la vida económica y útil de los contenedores; su vida útil, debido a que se los puede reutilizar, es entre 6 y 15 años si se le da el cuidado y mantenimiento necesario.

Dicho mantenimiento incluye el reemplazo de techos, puertas, la reposición de todas las partes de la unidad inutilizadas por el óxido, lavado con materiales especiales, reparaciones necesarias, eliminación de pintura y de corrosión y aplicación de pintura. Este mantenimiento incluye a *“todas las reparaciones de aquellos daños que pueden hacer inseguro el contenedor, tanto para las personas, como para las mercancías transportadas”* (Sagarra & Martín, 2013).

Una de las reglas fundamentales de un taller de reparación de contenedores es hacer el trabajo por orden de llegada y es por esto por lo que es muy importante el registro de todas las novedades encontradas en las inspecciones físicas de las unidades y reportarlas en los tiempos establecidos por la Naviera.

Es primordial que se laven los contenedores una vez que han sido vaciados, en algunos casos se transportan productos químicos, pieles sin curtir u otros productos que dejan restos en el interior del contenedor, y es ahí donde el despachador determina si es necesario realizar un lavado simple o un lavado químico, con el fin de eliminar todo residuo y manchas que pudieran afectar la carga.

El set point es otro proceso que se debe efectuar en el mantenimiento preventivo y debe ser realizado por personal técnico, dejando la temperatura y ventilación indicada en la orden de retiro o carta de temperatura.

2.1.4 POST REPAIR SURVEY

La post-repair es aquella inspección efectuada después de una reparación, en este proceso el inspector designado por la naviera inspecciona la calidad y exhaustividad de los trabajos realizados en la reparación y con el cumplimiento de la normativa de inspección. Si el resultado de la inspección es negativo se tendrán que repetir las reparaciones.

Los depósitos de contenedores realizan la inspección de los equipos bajo los estándares IICL.

2.2. LAS COMPAÑÍAS NAVIERAS

Las agencias navieras son aquellas compañías que utilizando buques mercantes propios o ajenos, se dedican a la explotación de los mismos, aun cuando ello no constituya su actividad principal, bajo cualquier modalidad admitida por los usos internacionales. Las mismas, planifican con detalle sus itinerarios y planes de escala. Estas compañías buscan que las reparaciones de sus contenedores sean de buena calidad de trabajo y estén a un precio razonable. Ellas establecen las autorizaciones diarias de daños permitidos a reparar por el depósito.

El método de reparación seleccionado por estas agencias debe ser el más económico tanto en materiales como en mano de obra utilizada.

En Ecuador existen agencias navieras que pueden ingresar de cien a mil contenedores por semana dependiendo del volumen de carga que tengan para exportar y de la capacidad de sus barcos para transportar. Entre las principales Líneas Navieras están: Maersk Line, Mediterranean Shipping Company, CMA CGM, Evergreen Line, Cosco Shipping, Hapag-Lloyd.

TABLA 2. 2- Principales Líneas Navieras A Nivel Mundial.

RNK	OPERATOR	TEU's	% DEL MERCADO A NIVEL MUNDIAL.
1	APM-Maersk	3,320,547	15.9%
2	Mediterranean Shg Co	3,052,223	14.7%
3	CMA CGM Group	2,234,999	10.7%
4	COSCO Shipping Co Ltd.	1,726,355	8.3%
5	Hapag-Lloyd	1,059,749	5.1%
6	Evergreen Line	1,022,831	4.9%
7	OOCL	665,56	3.2%
8	NYK Line	608,478	2.9%
9	Yang Ming Marine Transport Corp.	581,854	2.8%
10	Hamburg Süd Group	561,005	2.7%

Fuente: EuropartnerGroup

2.2.1 MANEJO DE CONTENEDORES VACÍOS PARA UNA LÍNEA NAVIERA

El contenedor vacío hace referencia a las unidades que pasan gran parte de su vida útil sin transportar mercancía alguna.

La gestión de contenedores vacíos se encuentra ligada a las actividades de posicionamiento, alistamiento y almacenamiento, obteniendo un incremento en los costos operacionales de las líneas navieras.

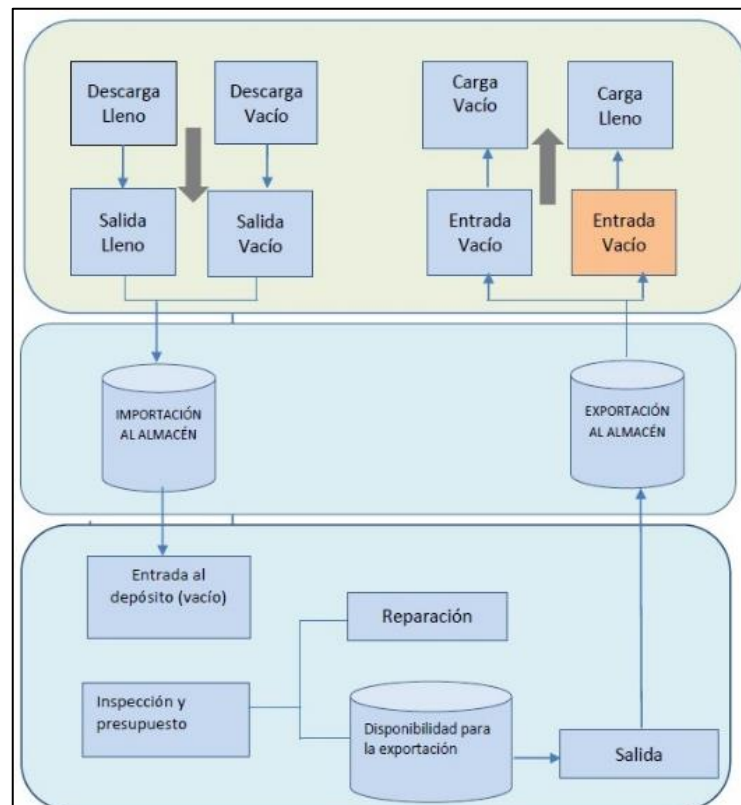
El desequilibrio entre la oferta y la demanda en el comercio internacional genera que las agencias navieras tengan costos relevantes en la logística del contenedor vacío. La descarga de contenedores vacíos provenientes de importación da inicio al proceso de despacho de contenedores para exportación.

Cuando la demanda de contenedores para exportación es mayor a la cantidad de los de importación, se debe importar contenedores vacíos, por lo tanto, las compañías navieras tienen que acumular un gran número de contenedores vacíos en varios puertos de importación que tienen que ser reposicionados a diferentes puertos de exportación donde son requeridos.

Es por este motivo que estas compañías buscan minimizar los movimientos o desplazamientos de contenedores vacíos, tomando decisiones correctas sobre los puntos de salida de contenedores vacíos para exportación y puntos de entrada de contenedores vacíos liberados para importación. También, pretenden minimizar el stock de contenedores vacíos en las terminales marítimas, puesto que tienen la limitación del número de días que puede estar un contenedor vacío en un terminal portuario.

A continuación, se presenta el ciclo de un contenedor vacío:

FIGURA 2.2.1 Ciclo de un Contenedor



Fuente: Analytical review of the Empty Container Cycle-2009

Tal como se puede observar en la figura 2.2.1, al descargarse vacío un contenedor, tiene las siguientes posibilidades: salir directamente a ser cargado por el cliente, ser enviado a depósito para ser reparado o volver a ser cargado vacío como reposicionamiento para cubrir las demandas en otro destino.

Y cuando el contenedor llega a terminal vacío, tiene dos opciones, puede ir al depósito para el proceso respectivo o puede ser reutilizado por un cliente y ser exportado lleno de mercancía.

2.3. TRANSPORTE TERRESTRE DE CONTENEDORES VACÍOS

Las empresas especializadas en la movilización de carga vía terrestre cuentan con flotas de vehículos para el traslado de contenedores vacíos.

El proceso de transporte de contenedores vacíos comienza con un tramo de transporte terrestre cuando el cargador recibe un contenedor vacío que proviene

de una terminal portuaria o de un depósito de contenedores, el contenedor se llena y se traslada a una terminal portuaria, donde es embarcado. En el puerto de destino, se descarga y otro transportista terrestre lo traslada al almacén del receptor. Una vez vaciado, el contenedor es trasladado de nuevo a un depósito o a una terminal portuaria y se procede a ordenarlos en dos grupos; una pila de contenedores llenos que esperan ser derivados a los locales de los importadores y en otra pila de contenedores vacíos que deben ser revisados y puestos a disposición de los exportadores que requieran una unidad para cargar sus productos.

Con el fin de satisfacer las demandas de contenedores vacíos dentro o fuera de un país, las agencias navieras deben obtener un adecuado posicionamiento o evacuación de contenedores, pactando tarifas por viaje independientemente si el contenedor es de 20 o 40 pies.

2.4. TRABAJOS RELACIONADOS CON EL DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO

El presente trabajo tiene afinidad con el desarrollado en el año 2013 por Jesús Martínez de la Universidad de Cantabria (España) donde analizó la optimización de la logística de contenedores vacíos.

El objetivo del trabajo fue plantear un modelo analítico basado en la simulación estadística, que permita, mejorar este rendimiento y reducir los costes, incluyendo conceptos como Overdue, el cual es cuando un contenedor lleno o vacío permanece un tiempo anormalmente largo sin sufrir movimiento alguno.

También, se analiza el trabajo realizado por Vladimir Carrillo y Ciro Paca sobre la aplicación de un modelo matemático de calendario de servicios de atención para despacho de unidades refrigeradas en un patio de contenedores, cuyo objetivo se basa en mejorar el sistema actual de asignación de turnos de recepción y despacho de unidades.

2.5. ESTADO DEL ARTE

En Ecuador, el almacenamiento de contenedores vacíos es un servicio de gran demanda, en el cual los contenedores son apilados hasta la altura que la maquinaria del Patio de Contenedores lo permita. “Cuando un contenedor está vacío, la avería se debe detectar en el depósito o en el momento de la

consolidación de la carga” (Marí & Martín, 2014). Es por este motivo que el mantenimiento o reparación de Contenedores vacíos constituye un factor fundamental en el proceso logístico de un Depósito Intermodal.

Estos patios de contenedores realizan la manipulación del contenedor, el descargue y posicionamiento de contenedores vacíos para su reparación y mantenimiento y luego poder ser entregados a los clientes tales como son: empresas navieras, consolidadoras de carga, entre otras.

Las reparaciones y el mantenimiento de este tipo de contenedores incurren en retrasos de aproximadamente una semana, lo cual se considera como elevado tiempo de operación, debido a los procesos operativos y a las autorizaciones que se requieren por parte de las Líneas Navieras, lo cual ocasiona demoras en las reparaciones de los mismos y reduce el espacio disponible para almacenamiento de otros tipos de contenedores, por lo que es necesario un agendamiento de turnos para la respectiva reparación o mantenimiento de contenedores implementando un sistema para hacer más eficiente estos procesos que intervienen en la cadena logística.

Por otra parte, estos servicios son fundamentales, ya que son necesarios dependiendo del estado del contenedor y sí el contenedor se encuentra en mal estado, éste no debería ser trasladado ni siquiera vacío, en el caso de que su estructura estuviera muy dañada y con partes desprendidas. Por lo tanto, el depósito almacena contenedores vacíos y los reparan para proceder a su posterior utilización.

En el caso de la Aplicación de un Sistema de calendarización para asistir decisiones en la reparación y mantenimiento de contenedores, no existe un estudio enfocado en este ámbito. Sin embargo, se pueden observar estudios sobre el establecimiento de Empresas de Reparación y Mantenimiento de Contenedores en América Latina y el Caribe, la aplicación de un Modelo Matemático de Calendario de servicios de atención para el Despacho de unidades refrigeradas en un Patio de Contenedores, la simulación de las tareas del patio de contenedores de una terminal portuaria, entre otros.

CAPÍTULO 3

3. MODELO MATEMÁTICO

3.1. LA PROGRAMACIÓN LINEAL

“La Programación Lineal es una de las técnicas de Investigación de Operaciones más usadas en la resolución de toma de decisiones en los negocios, la economía, la agricultura, la ingeniería, los sistemas de transporte y de salud y en el área de las ciencias sociales.” (Munguía & Protti, 2000).

Por otra parte, en la Programación Lineal se busca la asignación de los recursos escasos, capital de trabajo, mano de obra de forma óptima, bajo las condiciones en que se trabaja el modelo matemático, con el fin de obtener: el menor tiempo posible, mayor utilidad o menor costo.

La programación lineal es una de las técnicas cuantitativas de mayor aplicación en la investigación de operaciones, en la que los problemas de asignación de recursos son la base de su programación.

El término lineal es la base de todas las relaciones que se encuentran involucradas en el sistema y deben ser representadas por funciones lineales.

Este tipo de soluciones a problemas logísticos y de operaciones reside en programar un número determinado de actividades interdependientes, con la finalidad de llevar un sistema programado o funcional del presente a un sistema futuro optimizado.

Este tipo de soluciones define una asignación de recursos para encontrar la distribución de un conjunto de disponibles recursos entre varias actividades interdependientes que compiten entre sí por llegar a su objetivo.

Un problema de programación de actividades contiene: un conjunto de variables, una función objetivo que es la meta que se desea alcanzar y un conjunto de funciones lineales que representan las restricciones del sistema.

En conclusión, la programación lineal busca encontrar mediante funciones lineales, un programa óptimo de actividades a realizar, restringido por la necesidad de satisfacer un conjunto de ecuaciones lineales, llamadas restricciones.

3.2. DISEÑO Y APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Una vez que se ha entendido la problemática, empleando la programación matemática como herramienta, en la que se considerarán las variables necesarias de manera que se pueda dar cumplimiento al objetivo del modelo.

Se establece para este modelo encontrar el plan de reparación semanal optimizando la maximización de reparaciones considerando que existen recursos limitados como el costo y recursos de horas hombre.

Una vez diseñado el modelo, se establecerán los resultados para su posterior análisis y conclusión.

3.2.1 ÍNDICES DEL MODELO

Para establecer los índices del modelo, se establece el número de tipos de reparación (i), y los días de la semana (j).

Índice	Entidad
(i)	Índice de reparación
(j)	Días de la semana (lunes a sábado)

De donde:

- (i) = Índice de reparación: son los tipos de reparación existentes, lo cuales puede verse en las siguientes tablas de manera más detallada:

R1	AMARRAS
R2	EMPAQUE DE ALTA BRIDA

R3	BISAGRA
R4	SENSOR DE AMBIENTE
R5	PLUG
R6	INSULADOR
R7	FILTRO
R8	RELAY
R9	VALVULA TXV ECONOMIZADORA
R10	DPRV REMOVAL KIT
R11	CIRCUIT BREAKER 460VAC
R12	SOLENOIDE VALVE BODY
R13	CABLE 460VAC
R14	REFRIGERANTE
R15	LAVADO
R16	PTI
R19	ACEITE COMPRESOR
R20	DISPLAY

(j) = Días de la semana en los que se trabaja en la reparación de los contenedores.

3.2.2 PARÁMETROS

Los parámetros dentro del modelo, se los representará mediante las siguientes tablas, iniciando por el costo de reparación de cada contenedor.

CD(i,j): Costo del tipo de reparación i en el día j.

CD	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
R1	37,12	37,12	37,12	37,12	37,12	37,12
R2	41,06	41,06	41,06	41,06	41,06	41,06
R3	46,92	46,92	46,92	46,92	46,92	46,92

R4	52,65	52,65	52,65	52,65	52,65	52,65
R5	53,14	53,14	53,14	53,14	53,14	53,14
R6	72,11	72,11	72,11	72,11	72,11	72,11
R7	75,32	75,32	75,32	75,32	75,32	75,32
R8	106,72	106,72	106,72	106,72	106,72	106,72
R9	107,22	107,22	107,22	107,22	107,22	107,22
R10	127,6	127,6	127,6	127,6	127,6	127,6
R11	129,78	129,78	129,78	129,78	129,78	129,78
R12	131,9	131,9	131,9	131,9	131,9	131,9
R13	132,8	132,8	132,8	132,8	132,8	132,8
R14	144,55	144,55	144,55	144,55	144,55	144,55
R15	18	18	18	18	18	18
R16	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
R17	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89	165,89
R18	223,66	223,66	223,66	223,66	223,66	223,66
R19	415,55	415,55	415,55	415,55	415,55	415,55
R20	510,05	510,05	510,05	510,05	510,05	510,05

TD(i,j): Tiempo en horas que toma la reparación i en el día j.

TD	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
R1	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
R2	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
R3	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
R4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
R5	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
R6	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
R7	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
R8	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17
R9	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
R10	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67
R11	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83

R12	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17
R13	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
R14	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67	3,67
R15	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
R16	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
R17	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92
R18	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
R19	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17	4,17
R20	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50

Disp(j): Disponibilidad de empleados operativos por día.

Disponibilidad de empleados por día	
lunes	5
martes	5
miércoles	5
jueves	5
viernes	5
sábado	5

Costohora(j): Costo en dólares de la hora de mano de obra por día.

Costo de horas por día	
lunes	5
martes	5
miércoles	5
jueves	5
viernes	6
sábado	6

ing(j): Ingresos de contenedores buenos en el día j.

Ingresos de contenedores buenos en el día	
lunes	71
martes	94
miércoles	122
jueves	108
viernes	43
sábado	3

req(j): Despachos requerido de contenedores en el día j

Requerimiento de contenedores en el día	
lunes	172
martes	190
miércoles	212
jueves	203
viernes	65
sábado	75

Dem(i): Inventario o contenedores en larga estadía de contenedores con daños en el depósito.

Demanda	
R1	64
R2	164
R3	32
R4	2
R5	34
R6	42
R7	84
R8	48
R9	0

R10	12
R11	4
R12	6
R13	6
R14	6
R15	128
R16	108
R17	2
R18	2
R19	2
R20	12

3.2.3 VARIABLES

Los resultados del modelo se obtendrán utilizando las siguientes variables:

Variable	Descripción
$x(i,j)$	Cantidad de contenedores con tipo de reparación i en el día j
$mt(i,j)$	Acumulador de minutos consumidos por tipo de reparación en el día j
$op(j)$	Cantidad de operadores consumidos en el día j
$presup(j)$	Presupuesto consumido en el día j
$cs(i)$	cantidad semanal
$clib(j)$	Suma de la cantidad de contenedores liberados
z	Función objetivo
$sf(j)$	stock final día j
Ths	Total de horas semanales

Las variables positivas son las siguientes: x , mt , op , $presup$, sf .

3.2.4 FUNCIÓN OBJETIVO

Con la definición de estas variables, el objetivo principal del modelo es maximizar el tiempo de operación logística de mantenimiento y reparación de contenedores, obtenido de dos factores que son el valor total de reparaciones diarias por el costo incurrido y el factor de cantidad de reparaciones por el tiempo incurrido, tomando en cuenta un stock inicial. No se ha considerado el costo hombre dentro de esta función, puesto que, se pretende maximizar el número de reparaciones y al incluir el costo se estaría maximizando el gasto.

Cabe notar que $j1$ corresponde al domingo y que las reparaciones se realizan de lunes a sábado, por lo tanto, el modelo empieza con $j2$.

Es decir, que la función objetivo del modelo consiste en optimizar la mayor cantidad de reparaciones semanal controlando la mano de obra, presupuesto, y satisfaciendo la demanda.

Por ello se ha diseñado el modelo mediante un MIP que maximice la variable z a fin de que el resultado de las variables de decisión sea la cantidad de reparaciones por día y por tipo de desperfecto.

El modelo así mismo controla que no me quede desabastecido en el transcurso de la semana.

$$\text{Máx } Z = \sum_{i=1}^{20} \sum_{j=2}^7 CD_{ij} * x_{ij} + \sum_{i=j}^{20} \sum_{j=2}^7 TD_{ij} * x_{ij}$$

(3. 1)

3.2.5 RESTRICCIONES

Las restricciones para el modelo se muestran mediante las siguientes expresiones:

Capacidad mano de obra

Restringe que para cada día laborado, los técnicos cuentan con 8 horas diarias.

$$\sum_{i=1}^{20} x_{ij} * TD_{ij} < Disp_j * 8 ; \forall j = 1, 2, \dots, 7$$

(3. 2)

Coste de horas hombre

Indica que para cada día (j), el costo de hora hombre tiene definido su valor (lunes a jueves \$5 y \$6 viernes y sábado).

$$\sum_{i=1}^{20} x_{ij} * Costo\ hora_j = ths_j ; \forall j = 2, 3, \dots, 7$$

(3. 3)

Presupuesto

Se establece que el costo diario de las reparaciones más el costo de hora hombre no debe exceder de \$21,000 semanal.

$$\sum_{i=1}^{20} \sum_{j=2}^7 x_{ij} * CD_{ij} + \sum_{j=2}^7 ths_j \leq 21,000$$

(3. 4)

Acumulador horas de trabajo consumidos por día

$$\sum_{i=1}^{20} x_{ij} * TD_{ij} = mt_{ij}; \forall j = 2, \dots, 7$$

(3. 5)

Cantidad de trabajadores operativos por día

$$\frac{\sum_{i=1}^7 x_{ij} * TD_{ij}}{8} = op_j ; \forall j = 2, 3, \dots, 7$$

(3. 6)

Cumplimiento de la demanda

La suma de la cantidad a reparar diaria por tipo de desperfecto debe ser menor o igual a la cantidad de contenedores con daños almacenados en el depósito. $Dem(i)$.

$$\sum_{j=1}^7 x_{ij} \leq Dem_i ; \forall i = 1, 2, \dots, 20$$

(3. 7)

Reparación semanal

$$\sum_{j=1}^7 x_{ij} = cs_i ; \forall i = 1, 2, \dots, 20$$

(3. 8)

Contenedores liberados

$$\sum_{i=1}^{20} x_{ij} = clib_j ; \forall j = 1, 2, \dots, 7$$

(3. 9)

Stock inicial

Tomando datos reales, se analiza la operatividad con un stock inicial de 900 contenedores en estado operativos en el depósito intermodal y se empieza el domingo, ya que, la operación de actividades es de lunes a sábado.

(3. 10)
$$sf_{Domingo} = 900 ; \forall j = 'Domingo'$$

Cuadre

Se refiere a que la cantidad de contenedores en el stock final del día j corresponde al stock inicial o del día anterior más el ingreso de contenedores en buen estado del día j más la cantidad de contenedores liberados o reparados del día j menos la cantidad de contenedores requeridos o solicitados para ser despachados en el día j.

(3. 11)
$$sf_{j-1} + ing_j + clib_j - req_j = sf_j ; \forall j = 2,3, \dots,7$$

Detalle de las restricciones:

<u>Restricciones</u>	
R1capacidadop(j)	Capacidad operativa diaria - No exceder
R2presup	Presupuesto aprobado semanal - No exceder
suma1(i,j)	Acumular minutos consumidos por reparación por día
suma2(j)	Acumular operadores que laboran por día
suma3(j)	Acumular presupuesto consumido por día
suma4(j)	Acumulador de h.h.
demanda(i)	Cumplir demanda requerida diariamente

prodsemanal(i)	Cantidad de reparaciones semanales
contliberados(j)	Contenedores liberados
sinicial(j)	Stock Inicial
cuadre(j)	Flujo Operativo diario (Stock final del día)

3.2.6 APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Entorno GAMS

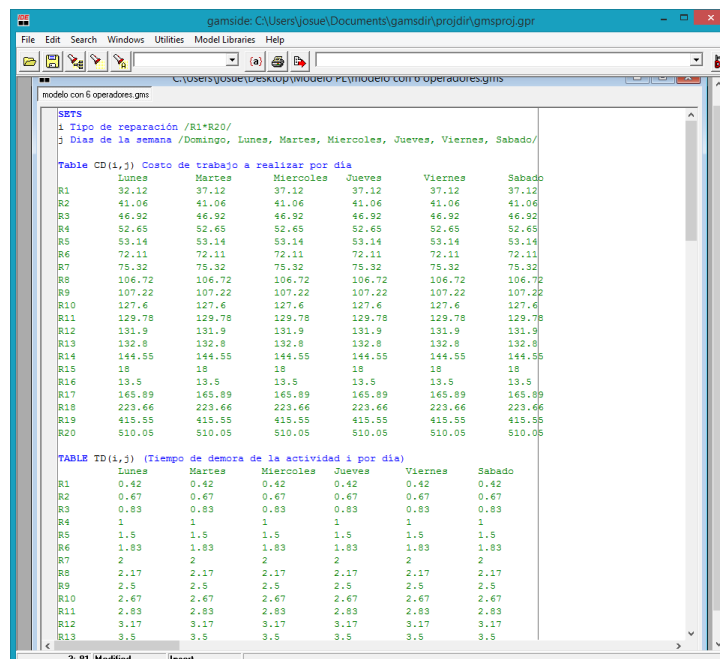
El Sistema General de Modelaje Algebraico (GAMS) está diseñado para modelar problemas de optimización lineales, no lineales o de enteros mezclados.

Su uso es específicamente para resolver problemas grandes y complejos.

GAMS está disponible para todas las versiones de computadores.

Se utilizó el software informático denominado “GAMS” para tal efecto y su programación fuente se puede apreciar en el Anexo # 3.

FIGURA 3.2.6 Entorno GAMS



Elaborado por: Julissa Espín

3.3. RESULTADOS OBTENIDOS

El modelo matemático fue ejecutado en el solver, mediante la programación lineal entera mixta (MIP), este modelo va a decidir de acuerdo con las restricciones ingresadas, cuál es el calendario semanal óptimo de mantenimiento y reparaciones de contenedores. Tal como se muestra en la figura 3.3.

FIGURA 3.3 Programación de reparaciones semana1 obtenida en GAMS

Tipo de Rep.	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total general
R1	64						64
R2	18	25	52	58	6	1	160
R3	1	1		1	2	1	6
R4					1	1	2
R5					1	1	2
R6						1	1
R7						1	1
R8						1	1
R10						1	1
R11						1	1
R15		100	28				128
R16		100	8				108
R19					1		1
R20					6	5	11
Total general	83	226	88	59	17	14	487

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Tiempo en Horas
R1	27	0	0	0	0	0	0.42
R2	12	17	35	39	4	1	0.67
R3	1	1	0	1	2	1	0.83
R4	0	0	0	0	1	1	1.00
R5	0	0	0	0	2	2	1.50
R6	0	0	0	0	0	2	1.83
R7	0	0	0	0	0	2	2.00
R8	0	0	0	0	0	2	2.17
R9	0	0	0	0	0	0	2.50
R10	0	0	0	0	0	3	2.67
R11	0	0	0	0	0	3	2.83
R12	0	0	0	0	0	0	3.17
R13	0	0	0	0	0	0	3.50
R14	0	0	0	0	0	0	3.67
R15	0	17	5	0	0	0	0.17
R16	0	5	0	0	0	0	0.05
R17	0	0	0	0	0	0	3.92
R18	0	0	0	0	0	0	4.00
R19	0	0	0	0	4	0	4.17
R20	0	0	0	0	27	23	4.50
HORAS TRABAJADAS POR 5 TÉCNICOS	40	40	40	40	39	38	

Elaborado por: Julissa Espín

Como resultado, podemos ver claramente que se cumplen todas las restricciones, como lo es el tiempo diario disponible para laborar de cada técnico, presupuesto y demanda semanal requerida.

Se obtiene una programación balanceada para el mantenimiento y reparación diaria y semanal, cumpliendo con las necesidades de demanda requerida por los clientes. Esta programación permitirá a la empresa una mejor coordinación de sus reparaciones de contenedores debido a que se logrará cubrir de manera planificada las diferentes clases de reparaciones, aprovechando al máximo las horas hombre de los técnicos.

La cantidad máxima de horas dedicadas a la reparación de contenedores es de 8 horas por cada técnico.

Se pueden identificar las siguientes ventajas de la implementación del modelo Matemático:

- Fácil interpretación de los resultados.
- Permite una mejor coordinación de las tareas de reparación y mantenimiento.
- Obtención de resultados rápidos, ya que el tiempo de corrida del software de optimización permite conocer los resultados en poco tiempo.

3.4. COMPARACIÓN DE ESTRATEGIAS DE SOLUCIÓN.

Comparación con el Modelo LP.

FIGURA 3.4 1COMPARACIÓN DE ESTRATEGIAS DE SOLUCION

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado		MIP
83	226	88	59	17	14		487
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado		LP
255	84	60	60	14	6		479

Z	
MIP	LP
19,974	20,030

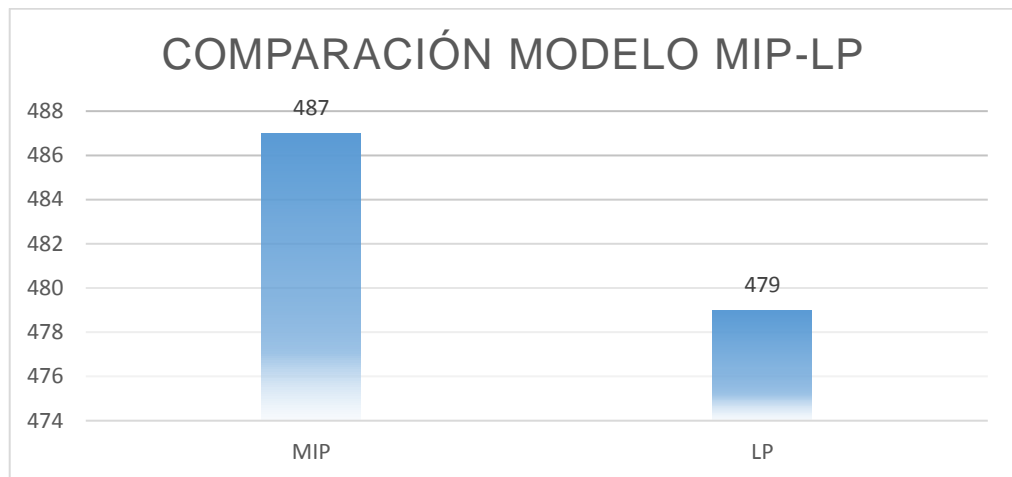
Elaborado por: Julissa Espín

Comparando los resultados de los modelos MIP vs. LP, se obtiene que el mejor resultado es el obtenido por el modelo MIP, ya que se tiene 487 reparaciones semanales, mientras que, con el modelo LP se obtuvieron 479, teniendo una diferencia de 8 reparaciones semanales.

También se puede observar que con el modelo MIP se obtiene mayor diversidad en los tipos de reparaciones que a diferencia del modelo Lineal.

La función objetivo del modelo MIP consume menor recurso que el modelo LP.

TABLA 3.4 COMPARACIÓN MODELO MIP-LP



Elaborado por: Julissa Espín

3.4.1. PLANIFICACIÓN DE REPARACIONES

Tal como se puede observar en la Figura 3.3, se obtiene la planificación de reparaciones semanal, considerando como recurso humano 5 técnicos diarios, con un presupuesto semanal aproximado de \$21,000, es decir \$84,000 anual y el valor pagado por hora hombre es \$5 de lunes a jueves de y de \$6 los días viernes y sábados.

3.5. SISTEMA DE CALENDARIZACIÓN

Un calendario es la cuenta programada de la sucesión del tiempo, utilizado para la disposición cronológica de actividades.

Al momento de elaborar un calendario, se busca ubicar diferentes tareas en días u horas específicas; tomando en cuenta algunas restricciones.

El sistema de Calendarización o Scheduling tiene como objetivo la planificación de procesos, actividades y secuencias la cual ofrece resultados que maximizan el rendimiento, ahorrando tiempo y dinero.

Los problemas de Scheduling se dividen en dos grupos: Problemas de Scheduling “Puros” y Problemas de asignación de recursos.

Es muy complejo calendarizar horarios de clases en colegios o universidades, ya que los estudiantes toman materias en distintos bloques o cursos y en distintos horarios, y por este motivo, se requiere la creación y planeación de horarios de la forma más eficiente posible en cuanto a la designación y organización del personal docente, horarios, salones y equipos para conseguir un mejor aprovechamiento del recurso.

Por otra parte, la calendarización para entidades educativas o Class contiene tres tipos de problemas:

- Programación de horarios de evaluaciones y exámenes (Examination Timetabling).
- Programación de horarios de clases para colegios (School Course Timetabling).
- Programación de horarios de clases para instituciones de educación superior universidades (University Course Timetabling).

También existen otras aplicaciones en áreas muy distintas, tales como programación de salidas de buses, Calendario de Programas de TV y programación de calendarios de juegos.

Sin embargo, la Calendarización de Trabajos o Job Shop Scheduling Problem es uno de los problemas con mayor relevancia en la industria de manufactura y de Optimización, siendo de gran importancia en las empresas porque está considerado como uno de los problemas más difíciles de resolver. (NP-Complejo)

Para este tipo de problemas la capacidad del recurso está definido por un tiempo definido; el problema consiste en satisfacer la demanda de recursos necesarios para realizar las tareas dentro de un rango tiempo sin consumir más recursos.

Finalmente, este tipo de problemas aparecen con frecuencia en la vida real en numerosos entornos productivos y de servicios, por lo que es necesario la aplicación de un sistema de calendarización adecuado para la organización cronológica de actividades.

3.5.1 OVERDUE O LONG-STAYING

Overdue o Larga Estadía es un proceso del ciclo del contenedor, en donde un contenedor lleno o vacío que permanece un tiempo anormalmente largo sin sufrir movimiento alguno. Dicho proceso también se puede dar por razones de Mantenimiento y/o Reparaciones en los distintos Depósitos de Contenedores.

Por otra parte, cuando un contenedor se encuentra generando overdue representa para la línea una disminución en su rentabilidad y por lo tanto es un perjuicio económico.

En este procedimiento el concepto se aplica únicamente a los vacíos.

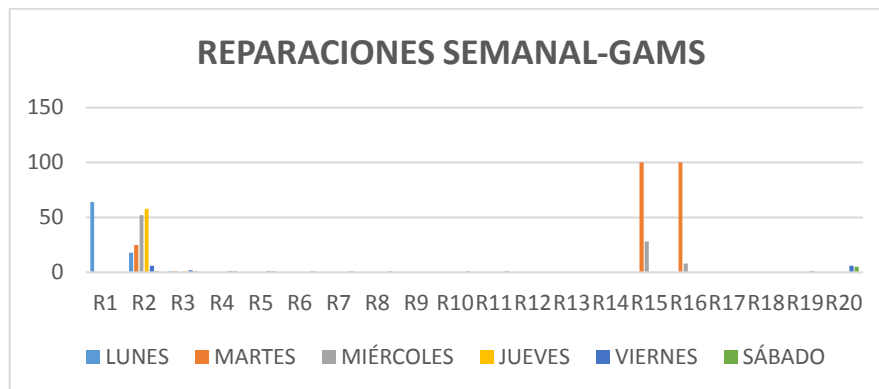
Por esta razón, es importante que las empresas Navieras lleven un control semanalmente de los contenedores que tienen más de 30 días sin tener movimiento alguno desde la descarga.

3.6 ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL vs. CALENDARIO PROPUESTO

En esta sección se compara la eficiencia de este trabajo en base al calendario que fue utilizado en la sem6 del año 2018 (05 al 10 de febrero).

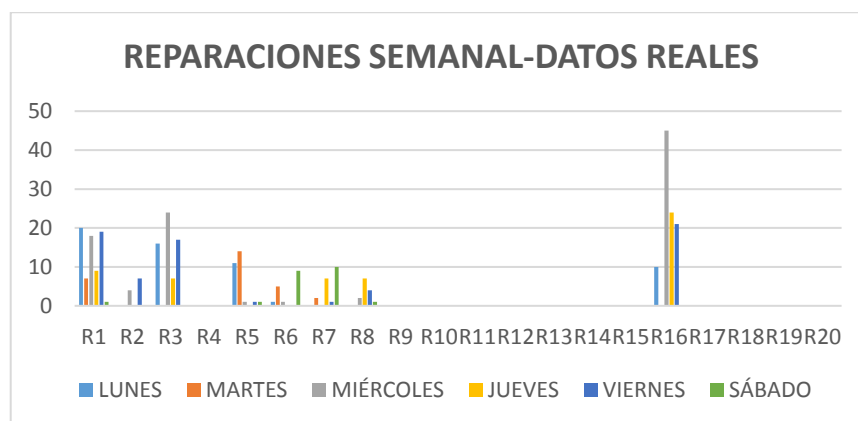
De antemano se presenta el Calendario Propuesto, bajo la metodología desarrollada en este trabajo (Ver Figura 3.6.1), junto al Calendario de Reparación Real (Ver Figura 3.6.2), correspondientes a semana 6.

FIGURA 3.6. 1 Calendario Propuesto en este trabajo



Elaborado por: Julissa Espín

FIGURA 3.6. 2 Calendario Original de Reparaciones-Datos Reales

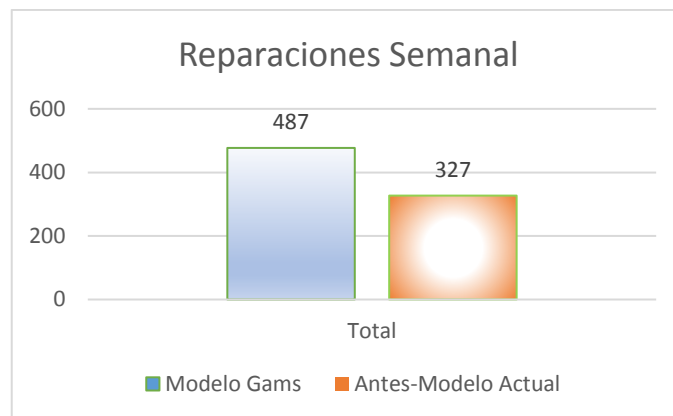


Elaborado por: Julissa Espín

En ambas figuras se detallan los tipos de reparaciones por día.

De esta manera, se puede comparar que con el modelo actual semanal se realizaron 327 reparaciones, mientras con el modelo propuesto en el software Gams se presentan 487 reparaciones, obteniendo un mayor número de reparaciones con el modelo propuesto cumpliendo las restricciones adecuadas al modelo matemático. (Figura 3.6.3)

FIGURA 3.6. 3 Cantidad de Reparaciones Gams vs. Real



Elaborado por: Julissa Espín

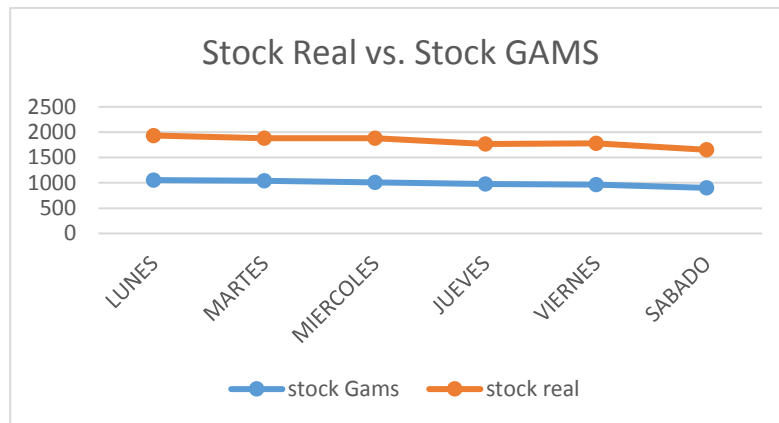
Con los datos actuales, se puede observar que, la asignación de la mano de obra y la prioridad para realizar las tareas de mantenimiento de contenedores no es el más adecuado, ya que no aprovechan al máximo las habilidades de los empleados, y el tiempo libre que estos puedan tener a lo largo del día.

Con la aplicación de un software para resolver el modelo matemático, se genera un mayor aprovechamiento de los recursos humanos, del tiempo disponible para realizar las diferentes tareas de reparación y mantenimiento, aprovechando sus habilidades y otorgando prioridad de desarrollo.

Con el modelo propuesto permite que cada empleado desarrolle sus actividades de manera planificada, logrando una secuenciación de trabajo en serie.

También, se puede apreciar un aumento en el stock de contenedores operativos, ya que al tener más contenedores listos para su despacho, reducirá el tiempo en la operación logística. (Figura 3.6.4)

FIGURA 3.6. 4 Stock de Contenedores Disponibles Gams vs. Modelo Actual



Elaborado por: Julissa Espín

3.7. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Se elaboraron encuestas como instrumento de investigación, las preguntas de esta encuesta estuvieron direccionadas a los miembros de la parte Operativa del Patio de Contenedores, para obtener la información correcta se plantearon interrogantes que permitieron conocer el ámbito de una forma más directa.

3.7.1 TABULACIÓN DE ENCUESTA

POBLACIÓN Y MUESTRA

La población que se tomó como referencia fue el personal del área operativa (técnicos) de los distintos depósitos Intermodales, siendo esta una cantidad finita se utilizará la siguiente fórmula.

Las encuestas se realizaron en la ciudad de Guayaquil debido a que más del 70% del comercio marítimo se moviliza en esta ciudad.

$$n = \frac{N p q}{\frac{(N-1) E^2}{Z^2} + p q}$$

Dónde

n: Tamaño de la muestra

N: Tamaño de la población = 57 personas

p: posibilidad de que ocurra un evento, p = 0,5

q: posibilidad de no ocurrencia de un evento, $q = 0,5$

E: error, se considera el 5%; $E = 0,05$

Z: nivel de confianza, que para el 95%, $Z = 1,96$

Z: nivel de confianza, que para el 95%, $Z = 1,96$

$$n = \frac{14.25}{0.28}$$

$$n = 50$$

ENCUESTAS REALIZADAS A LOS TÉCNICOS QUE BRINDAN SERVICIO DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CONTENEDORES EN UN DEPÓSITO INTERMODAL.

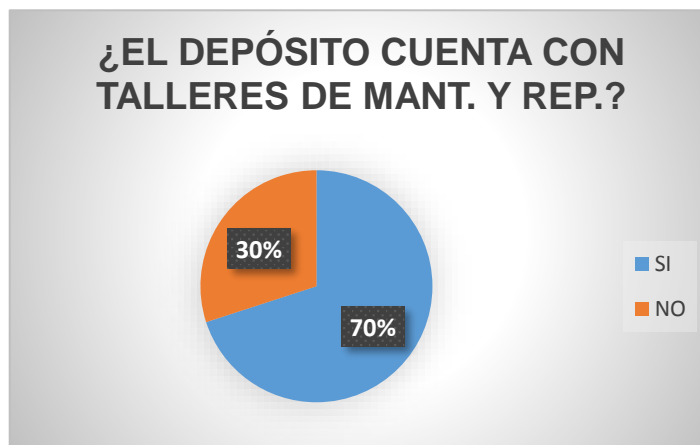
A continuación, se presentan los resultados obtenidos al momento de realizar las encuestas en la ciudad de Guayaquil.

1. ¿Su empresa cuenta con talleres de reparación de contenedores?

Según los resultados de las encuestas se obtuvieron que la mayoría de los encuestados (70%) respondieron que el depósito de Contenedores en el que laboran si cuenta con talleres de reparación y mantenimiento de unidades. Aunque el 30% restante de las personas encuestadas dijeron no cuentan con dichos talleres.

Tabla 3.7. 1 SERVICIO DE TALLER EN EL DEPÓSITO

RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
SI	35	70%
NO	15	30%
TOTAL	50	100%



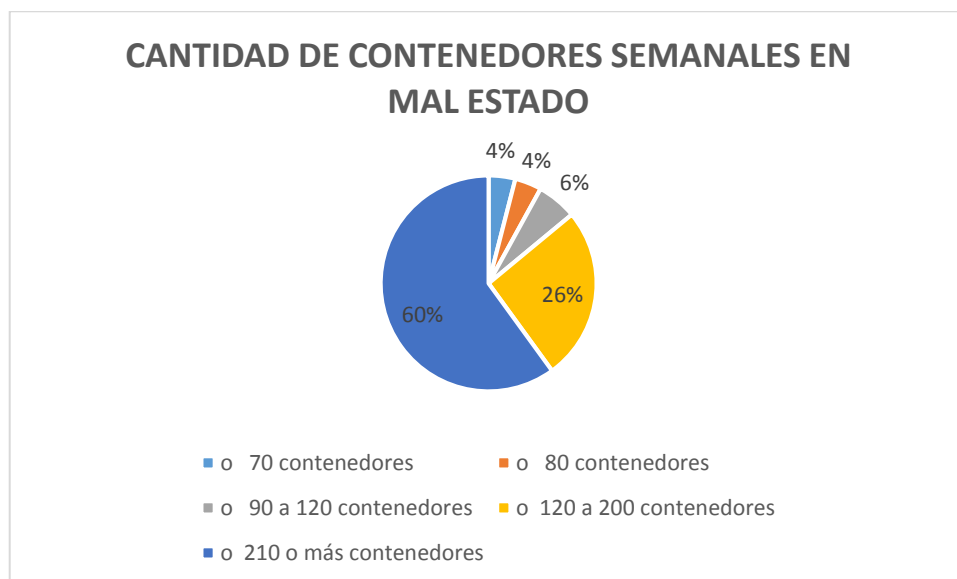
Elaborado por: Julissa Espín

2. ¿Cuál es el flujo semanal de contenedores en mal estado?

La siguiente tabla, representa el flujo aproximado semanal de contenedores en mal estado en los depósitos de la ciudad de Guayaquil, el 60% de los encuestado manifestaron que la cantidad promedio va de 210 o más contenedores semanales, el 26% dijo que la cantidad está entre 120 a 200 unidades, mientras que un 6% respondieron que va desde 90 a 120 contenedores, el 4% de los encuestados dijo que el promedio está entre 80 contenedores y un 4% también declaró que se encuentran en 70 contenedores.

Tabla 3.7. 2 CANTIDAD CONTENEDORES EN MAL ESTADO

RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
o 70 contenedores	2	4%
o 80 contenedores	2	4%
o 90 a 120 contenedores	3	6%
o 120 a 200 contenedores	13	26%
o 210 o más contenedores	30	60%
TOTAL	50	100%



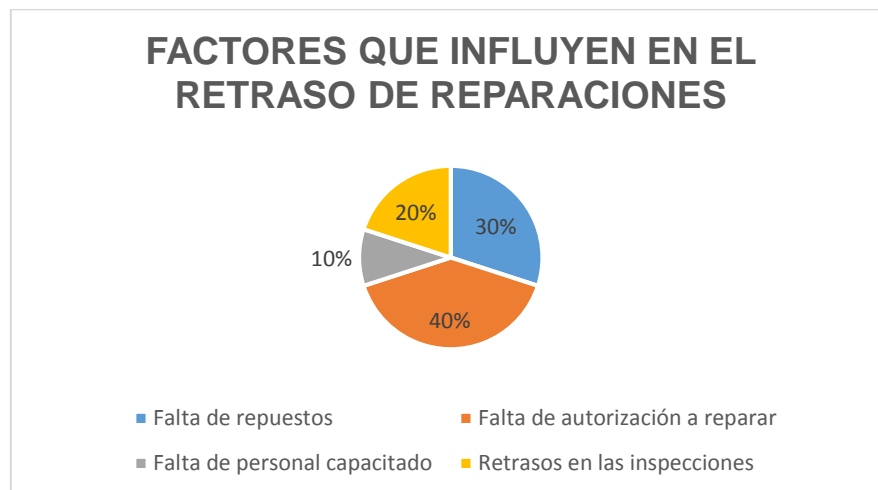
Elaborado por: Julissa Espín

3. ¿Qué factores influyen en el apilamiento de contenedores dañados que originan el retraso de las reparaciones?

En la representación gráfica se detalla que la falta de autorización a reparar por parte de las Líneas Navieras predomina como factor en el retraso del mantenimiento de contenedores, el 30% manifestaron que la falta de repuestos es un gran factor en este proceso, un 20% manifiesta que definitivamente los retrasos en inspecciones generan inconvenientes con los servicios de reparación y mantenimiento de contenedores, un 10% minoritario manifiesta que es por la falta de personal capacitado en los depósitos.

Tabla 3.7. 3 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RETRASO DE REPARACIONES

RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
Falta de repuestos	15	30%
Falta de autorización a reparar	20	40%
Falta de personal capacitado	5	10%
Retrasos en las inspecciones	10	20%
TOTAL	50	100%



Elaborado por: Julissa Espín

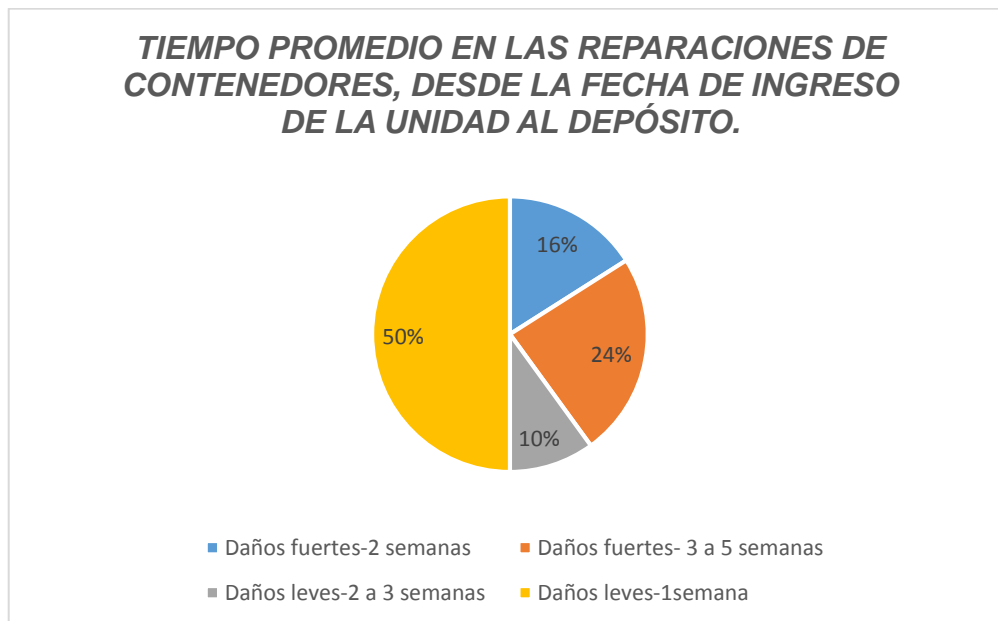
4. ¿Cuál es el tiempo promedio en las reparaciones de contenedores, desde la fecha de ingreso de la unidad al depósito?

El 50% de los encuestados realiza reparaciones con daños leves en una semana a partir del ingreso del contenedor al patio, el 24% de los encuestados respondió que

realizar daños fuertes en 3 a 5 semanas aproximadamente, un 16% de los encuestados realizan daños fuertes en 2 semanas, un 10% realizan daños leves en 2 a 3 semanas.

Tabla 3.7. 4 TIEMPO PROMEDIO EN REALIZAR REPARACIONES SEMANALES

RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
Daños fuertes-2 semanas	8	16%
Daños fuertes- 3 a 5 semanas	12	24%
Daños leves-2 a 3 semanas	5	10%
Daños leves-1semana	25	50%
TOTAL	50	100%



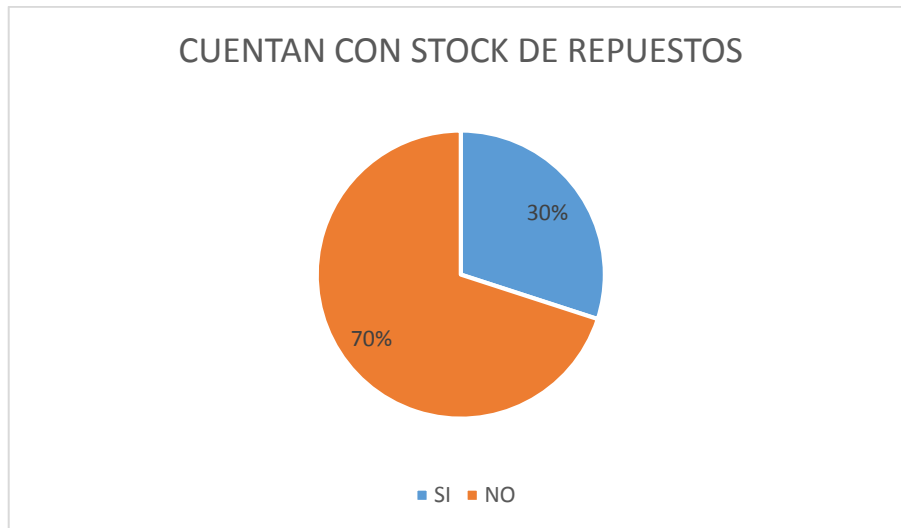
Elaborado por: Julissa Espín

5. ¿Cuentan con stock de repuestos, a fin de reducir el tiempo de reparación y mantenimiento?

Según los encuestados un 70% respondieron que actualmente no cuentan con repuestos en su stock con el fin de reducir el tiempo de demoras en la reparación y el 30% respondieron que si cuentan con repuestos de manera inmediata para optimizar el tiempo en el servicio brindado a sus clientes.

Tabla 3.7. 5 DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS EN STOCK

RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
SI	15	30%
NO	35	70%
TOTAL	50	100%



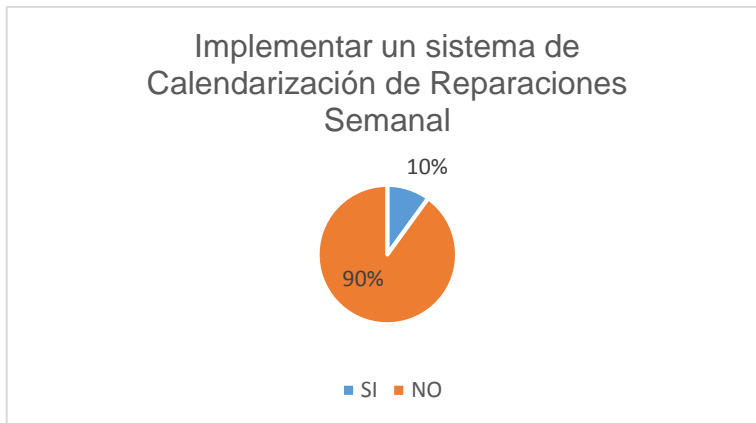
Elaborado por: Julissa Espín

6. ¿Le gustaría que exista un sistema de calendarización de reparaciones de contenedores, en la cual detalle el día y qué reparación ejecutar?

La mayor parte de los encuestados están de acuerdo con la existencia de un sistema de calendarización de reparaciones, teniendo un 90% de aceptación.

Tabla 3.7. 6 CREACIÓN DE UN SISTEMA DE CALENDARIZACIÓN SEMANAL

RESPUESTAS	FRECUENCIA	%
SI	5	10%
NO	45	90%
TOTAL	50	100%



Elaborado por: Julissa Espín

Finalmente, las conclusiones obtenidas en el estudio de mercado son:

- La mayor parte de Los Patios de Contenedores de la ciudad de Guayaquil cuenta con talleres de reparaciones.
- De acuerdo con el resultado de los encuestados, son pocos los Patios de contenedores que cuentan con repuestos en su stock.
- Existe respuestas positivas por los encuestados de que la mayoría tiene de 100 a 200 contenedores en mal estado semanal, por lo que es necesario una planificación de dichas reparaciones diarias.
- Con respecto a los factores que determina el retraso en las reparaciones, se puede decir que se debe a la falta de autorizaciones instantáneas por parte de la Naviera.
- Finalmente existe gran aceptación del sistema de calendarización de reparaciones semanales, debido a que se pretende generar una planificación de los distintos tipos de reparaciones y poder poner en práctica la continuidad de las actividades.

3.7.2. ENTREVISTA

Se entrevistó al señor Manoah Boyer, quien desempeña el cargo de Jefe de Mantenimiento y Reparación de contenedores de la naviera CMA CGM S.A. Se plantearon varias preguntas, cuyas respuestas son de gran importancia para el desarrollo de esta investigación.

Sr. Manoah Boyer

Jefe de Mantenimiento y Reparaciones Reefer

(Maintenance & Repair Supervisor CMA CGM S.A.)

Fecha: 27 de agosto del 2018

- **¿Qué cantidad de contenedores en mal estado almacena en su Naviera? ¿Qué daños son los más frecuentes?**

La naviera CMA CGM, almacena un promedio de 300 a 500 contenedores semanales en mal estado, entre los daños más recurrentes tenemos: daños leves como son por pequeños golpes, falta de pintura en los paneles, lavado químico especial, falta de PTI (prueba final de inspección) y daños fuertes como contenedores accidentados.

- **¿Con qué cantidad de contenedores en buen estado cuenta su flota?**

Aproximadamente un 70% de contenedores de la flota de CMA se encuentran operativos, lo que significa que se encuentran listos para poder despachar.

- **¿Qué cantidad de contenedores descargan por buque? ¿De los contenedores descargados, cuántos son nuevos y cuántos se encuentran dañados?**

Actualmente contamos con una flota de 445 barcos, sin embargo, Rodolphe es el buque portacontenedores con mayor capacidad de carga que ha atracado en puertos ecuatorianos, puede transportar hasta 1,800 contenedores, cuenta con 299,9 metros de largo y 48,2 m. de ancho. El buque llegó a Guayaquil el año pasado con 1.800 contenedores y zarpó con 1.500.

Sí se descargan 1.500 contenedores, 450 de esos son con daños y 1,050 son operativos y generalmente de la cantidad de operativos la mitad son nuevos. Todo depende de la operatividad de cada buque.

➤ **¿En qué tiempo le gustaría que su contenedor esté reparado (máquina y estructura)?**

Para CMA es muy importante este proceso, por lo tanto, nos gustaría que esto sea de manera inmediata con un máximo de uno o dos días de retraso a partir del ingreso del contenedor al depot, pero es evidente que, por temas de operaciones en los patios, no se puede llegar a una correcta planificación tanto por falta de repuestos o retrasos en inspecciones.

➤ **¿Cuál es el tiempo promedio de espera para obtener la aprobación de reparación de contenedores por parte de la línea Naviera?**

Generalmente, para autorizaciones de daños leves que son los daños menores a \$150, se aprueba de manera rápida es decir en horas luego de subir el estimado a la página de la Naviera, pero para daños mayores se necesita doble inspección y en ocasiones si existe un retraso de máximo una semana.

➤ **¿Cuál es el nivel de demanda de contenedores clase A, B y C.?**

Todos nuestros clientes nos solicitan unidades de clase A, sin embargo, como ya lo mencioné, nuestra flota cuenta con la mitad de los contenedores nuevos, por lo que se entrega a los clientes unidades de clase B y C, pero son unidades operativas solo que antiguas y no nuevas, aunque en ocasiones tenemos clientes especiales que no quieren aceptarnos contenedores antiguos, pero pienso que siempre hay que tratar de lidiar con nuestros clientes.

➤ **¿El precio que usted paga por la reparación de contenedores dependiendo el daño le parece caro, barato o justo? ¿Por qué?**

Me parece justo y todo engloba un proceso logístico desde el valor de la importación del repuesto a utilizar hasta la reparación del contenedor, sin embargo, cuando encontramos un repuesto muy caro, tratamos de hablar con los respectivos depósitos.

➤ **¿Qué factores intervienen en el tiempo de demora para proceder a la reparación de contenedores?**

Son factores como: falta de repuestos en stock por parte del depósito, en ocasiones son retrasos en aprobación por parte de las navieras, retrasos de parte de los inspectores, mala gestión y coordinación en colocar las unidades en las respectivas torres para proceder a la reparación.

➤ **¿Qué factores deberían intervenir para optimizar tiempo de reparación y mantenimiento de unidades, de manera que se incremente la disponibilidad de contenedores en el Depósito?**

Se debería tomar en cuenta una mejora en la coordinación de Bodega con las operaciones de los patios de contenedores, la preparación de cada técnico para realizar las actividades de reparación y el tiempo que conlleva el mantenimiento de estos; en general, se debería tomar en cuenta el proceso logístico de mantenimiento y reparación y realizarlo de manera eficiente en menor tiempo para poder tener mejor estándar en el despacho de mayor cantidad de unidades operativas diarias.

➤ **¿Qué recomendación haría a los técnicos, inspectores y reparadores en su proceso operativo con el fin de mejoras en las reparaciones y mantenimiento de los contenedores?**

Considero que la gestión que realizan las empresas de almacenaje de contenedores como son los depósitos intermodales es muy eficiente en capacitar al personal técnico, pero recomendaría que incentiven al personal a notificar hasta el menor detalle a las navieras, porque en ocasiones hay componentes faltantes que no son reportados a las navieras y en ocasiones genera retrasos en la aprobación para proceder a las reparaciones.

- **¿Considera que gran cantidad de los estimados de reparaciones se encuentra sobre presupuestados, por lo que generar nuevamente otro estimado, retrasa el proceso logístico del contenedor? ¿Qué recomendaría para reducir este tiempo de espera?**

En ocasiones si he encontrado estimados sobrevalorados. Actualmente, CMA trabaja con la empresa CMC SURVEYOR que son inspectores, entonces, ellos nos mantienen al tanto de los valores de los estimados y es en ese momento, cuando la naviera interviene en este proceso para poder llegar a un acuerdo por el valor justo a pagar por cada reparación.

Yo recomendaría, que cada inspector o técnico del patio trate de detallar en el estimado lo que más se pueda, es decir detallar todos los daños para de esta manera poder verificar si el valor está sobre presupuestado.

Cabe destacar, que nosotros como naviera cancelamos un valor "X" por reparación que contiene el valor del repuesto más el valor de hora hombre usado en la reparación, por lo que, el tiempo (hora o minutos) en reparar cada unidad, significa dinero para la empresa naviera.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Finalmente, se ha elaborado un cronograma en el cual se aumenta un 48.93% en la cantidad de reparaciones, ya que, con el modelo actual se reparaban semanalmente 327 unidades y con el modelo propuesto se logran reparar 487 unidades, teniendo una diferencia de 160 unidades. Este impacto genera que se utilicen 238 horas de reparación semanales, aprovechando el recurso humano de 5 técnicos con un máximo de 240 horas los 6 días de lunes a sábado con 8 horas diarias. También, se obtiene un beneficio de \$19,738 semanales en 487 reparaciones semanales, mientras con el modelo actual se obtenía una ganancia de \$13,193 en 327 unidades reparadas, por lo tanto, se obtiene mayor ganancia y optimizando los recursos disponibles para la empresa.
- En esta tesis se ha modelado el problema de horarios de diferentes tipos de trabajos de mantenimiento en un Depósito Intermodal y su resolución se ha realizado mediante la implementación de GAMS. En esta aplicación su objetivo principal fue diseñar un sistema de calendarización semanal para las actividades de mantenimiento y reparación de contenedores, con el fin de optimizar el tiempo de operación logístico y mejorar la calidad del servicio a las Navieras, esto conlleva a mejorar la eficiencia de la operación en las 40 horas semanales de que se dispone para laborar.
- Es importante recalcar que fue necesario la evaluación de los procesos actuales de reparación y mantenimiento a través del análisis de los tiempos de aprobación y reparación, por lo tanto, se logró un método organizado y confiable para la asignación de trabajos con las restricciones laborales y presupuestarias para una semana de seis días con turnos de ocho horas con una cantidad asignada de cinco técnicos diarios.

- Con respecto a las bases teóricas analizadas para la aplicación del sistema de calendarización, se concluye que este modelo puede ser aplicado en muchos problemas de asignación donde existen múltiples combinaciones entre técnicos y condicionantes de tareas o trabajos al realizar, ya que, la elaboración de los modelos matemáticos permite sistematizar y automatizar procesos para una empresa.
- Para el desarrollo de los trabajos semanales por realizar, se debe analizar y comparar los resultados obtenidos con el modelo Lineal(LP) y con el modelo entero mixto(MIP), el cual refleja mayor cantidad de reparaciones obtenidas con el modelo MIP; permitiendo a los técnicos desarrollar de manera más eficiente su operación diaria.
- Finalmente, se logró elaborar la planificación semanal de los diferentes tipos de reparaciones, que conlleva a la reducción de costos y optimización del tiempo de mantenimiento, se puede decir que el resultado es factible y se incrementa la disponibilidad de unidades operativas para el cumplimiento de la demanda diaria requerida.

4.2. RECOMENDACIONES

- En base al análisis realizado anteriormente, se recomienda evaluar los tiempos de demora en inspecciones de contenedores, puesto que, existen muchos reprocesos y movimientos innecesarios de unidades basándose en los requerimientos de rotación de las diferentes Líneas Navieras (FIFO) con el fin de lograr una mayor capacidad de almacenamiento de contenedores brindando un servicio de manera más eficiente y rápido, redundando en una disminución de los costos de operación y un incremento de la buena percepción del cliente.

- Se recomienda la capacitación continua del personal, ya que, se debe contar con un personal capacitado para poder realizar todos los tipos de reparaciones o trabajos que oferta la empresa.
- También, se debe tener en cuenta que la implementación de un sistema de planificación requiere de mucho compromiso e intervención de las diferentes áreas involucradas, por lo tanto, cada eslabón dentro de la cadena de suministros deberá cumplir con metas y tiempos establecidos para obtener resultados finales favorables.
- Es conveniente implementar esta metodología, inicialmente con los tipos de reparaciones de menor tiempo, ya que el tiempo de reparación va en función al costo y la aprobación de estos es inmediata, para así poder crear modelos de predicción de la demanda para cada Naviera.

BIBLIOGRAFÍA

- Barreno, L. (2015). "OPTIMIZACIÓN DE TRANSFERENCIA Y ALMACENAJE DE CONTENEDORES: UN DESAFÍO ANTE FLUJOS CRECIENTES DE TRÁFICO INTERNACIONAL DE CARGAS". Guayaquil, Ecuador, Ecuador: tesis.
- Castellanos Ramírez, A. (2015). Logística Comercial Internacional. Barranquilla: ECOE Ediciones.
- Carrillo, V., & Paca, C. (2014). "APLICACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO DE CALENDARIO DE SERVICIOS DE ATENCIÓN PARA EL DESPACHO DE UNIDADES REFRIGERADAS EN UN PATIO DE CONTENEDORES". Guayaquil: TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: "MAGISTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA" .
- DP World Callao (2015). DP World Callao. - Fecha de consulta: 14/08/2015. Disponible en: <www.dpworldcallao.com.pe>.
- Exterior, M. d. (28 de Marzo de 2014). Subsecretaría de Servicios al Comercio Exterior. Obtenido de http://logistica.comercioexterior.gob.ec/wp-content/uploads/2014/11/plan_estrategico_de_logistica_internacional.pdf
- Fernández, F. (2014). *Estiba y Trincaje de Mercancías en Contenedor*. España: Marge Books.
- Marí, R., & Martín, J. (2014). *Transporte en Contenedor*. México: Alfaomega Editorial.
- Marina Aragón, L. (Septiembre de 2016). Evaluación del control interno de operaciones logísticas en los patios de contenedores de la compañía intermodal s.a. Nueva Granada , Esp
- Munguía, L., & Protti, M. (2000). "Investigación de Operaciones.". Costa Rica: EUNED Editorial.
- Poquioma, A. (2016). "MEJORA DEL PROCESO DE DESPACHO PARA CONTENEDORES REFRIGERADOS VACÍOS EN LICSA" . *Trabajo de Investigación presentado para optar al Grado Académico de Magíster en Supply Chain Management* .Perú: Universidad del Pacífico.
- Purizaga, E., Rodriguez, N. y Poquioma, A. (2015). Entrevista a Del Castillo, G. Enfoque metodológico del Plan de Operaciones. Junio del 2015.
- Sagarra, R., & Martín, J. (2013). *Transporte en Conteneodr*. Valencia: MargeBooks.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1. Formato de la Encuesta

ENCUESTAS A LOS TÉCNICOS QUE BRINDAN SERVICIO DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CONTENEDORES EN UN DEPÓSITO INTERMODAL.

OBJETIVO: Estimado técnico, se está realizando una investigación sobre el proceso de reparación y mantenimiento de contenedores con la propuesta de diseñar un sistema de calendarización, en relación con el desarrollo de una tesis. Se han diseñado las siguientes preguntas con el fin de llegar a un análisis del tema en referencia.

INSTRUCCIONES: Señale con una X la respuesta que considere de su elección

1. ¿Su empresa cuenta con talleres de reparación de contenedores?

- Si__ No __

2. ¿Cuál es el flujo semanal de contenedores en mal estado?

- 70 contenedores__ 120 a 200 contenedores __
 80 contenedores __ 210 o más contenedores __
 90 a 120 contenedores __

3. ¿Qué factores influyen en el apilamiento de contenedores dañados que originan el retraso de las reparaciones?

- Falta de repuestos __ Retrasos en las inspecciones__
 Falta de autorización a reparar __
 Falta de personal capacitado__

4. ¿Cuál es el tiempo promedio en las reparaciones de contenedores, desde la fecha de ingreso de la unidad al depósito?

- Daños fuertes-2 semanas__ Daños fuertes- 3 a 5 semanas__

- Daños leves-2 a 3 semanas____
- Daños leves-1semana_

5. ¿Cuentan con stock de repuestos, a fin de reducir el tiempo de reparación y mantenimiento?

- Si__
- No __

6. ¿Le gustaría que exista un sistema de calendarización de reparaciones de contenedores, en la cual detalle el día y qué reparación ejecutar?

- Si__
- No __



ANEXO 2. ENTREVISTA

PREGUNTAS DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CONTENEDORES

Nombre: Manoah Boyer

Cargo: Maintenance & Repair Supervisor CMA CGM S.A.

- ***¿Qué cantidad de contenedores en mal estado almacena en su Naviera? ¿Por qué?***
- ***¿Con qué cantidad de contenedores en buen estado cuenta su flota?***
- ***¿Qué cantidad de contenedores descargan por buque? ¿De los contenedores descargados, cuántos son nuevos y cuántos se encuentran dañados?***
- ***¿En qué tiempo le gustaría que su contenedor este reparado (máquina y estructura)?***
- ***¿Cuál es el tiempo promedio de espera para obtener la aprobación de reparación de contenedores por parte de la línea Naviera?***
- ***¿Cuál es el nivel de demanda de contenedores clase A, B y C.?***
- ***¿El precio que usted paga por la reparación de contenedores dependiendo el daño le parece caro barato o regular? ¿Por qué?***
- ***¿Qué factores intervienen en el tiempo de demora para proceder a la reparación de contenedores?***
- ***¿Qué factores deberían intervenir para optimizar tiempo de reparación y mantenimiento de unidades, de manera que se aumente la disponibilidad de contenedores en el Depósito?***
- ***¿Qué recomendación haría a los técnicos, inspectores y reparadores en su proceso operativo con el fin de mejoras en las reparaciones y mantenimiento de los contenedores?***
- ***¿Considera que gran cantidad de los estimados de reparaciones se encuentra sobre presupuestados, por lo que generar nuevamente otro estimado, retrasa el proceso logístico del contenedor? ¿Qué recomendaría para reducir este tiempo de espera?***

Anexo 3

SETS

i Tipo de reparación /R1*R20/

j Días de la semana /domingo, lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado/

Table CD(i,j) Costo de trabajo a realizar por día

	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
R1	32.12	37.12	37.12	37.12	37.12	37.12
R2	41.06	41.06	41.06	41.06	41.06	41.06
R3	46.92	46.92	46.92	46.92	46.92	46.92
R4	52.65	52.65	52.65	52.65	52.65	52.65
R5	53.14	53.14	53.14	53.14	53.14	53.14
R6	72.11	72.11	72.11	72.11	72.11	72.11
R7	75.32	75.32	75.32	75.32	75.32	75.32
R8	106.72	106.72	106.72	106.72	106.72	106.72
R9	107.22	107.22	107.22	107.22	107.22	107.22
R10	127.6	127.6	127.6	127.6	127.6	127.6
R11	129.78	129.78	129.78	129.78	129.78	129.78
R12	131.9	131.9	131.9	131.9	131.9	131.9
R13	132.8	132.8	132.8	132.8	132.8	132.8
R14	144.55	144.55	144.55	144.55	144.55	144.55
R15	18	18	18	18	18	18
R16	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
R17	165.89	165.89	165.89	165.89	165.89	165.89
R18	223.66	223.66	223.66	223.66	223.66	223.66
R19	415.55	415.55	415.55	415.55	415.55	415.55
R20	510.05	510.05	510.05	510.05	510.05	510.05

TABLE TD(i,j) (Tiempo de demora de la actividad i por día)

	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
R1	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
R2	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
R3	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
R4	1	1	1	1	1	1
R5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
R6	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83
R7	2	2	2	2	2	2
R8	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17
R9	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
R10	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67	2.67
R11	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83	2.83
R12	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17	3.17
R13	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
R14	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67
R15	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
R16	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

R17	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92
R18	4	4	4	4	4	4
R19	4.17	4.17	4.17	4.17	4.17	4.17
R20	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5

Parameter

Disp(j) Disponibilidad de empleados por día

/

lunes	5
martes	5
miércoles	5
jueves	5
viernes	5
sábado	5

/

Costohora(j) Costo de horas por día

/

lunes	5
martes	5
miércoles	5
jueves	5
viernes	6
sábado	6

/

Parameter

ing(j) Ingresos de contenedores buenos en el día j

/

lunes	71
martes	94
miércoles	122
jueves	108
viernes	43
sábado	3

/

Parameter

req(j) Requerimiento de contenedores en el día j

/

lunes	172
martes	190
miércoles	212
jueves	203
viernes	65
sábado	75

/

Parameters

Dem(i) Inventari

R8 48

R9 0

R10 12

R11 4

R12 6

R13 6

R14 6

R15 128

R16 108

R17 2

R18 2

R19 2

R20 12

/

VARIABLES

x(i,j) Cantidad de contenedores con tipo de reparación i en el día j

mt(i,j) Acumulador de minutos consumidos por tipo de reparación en el día j

op(j) Cantidad de operadores consumidos en el día j

presup(j) Presupuesto consumido en el día j

cs(i) Cantidad semanal

clib(j) Suma de la cantidad de contenedores liberados

z Función objetivo

sf(j) Stock final día j

ths Total horas semanales

positive variable x,mt,op,presup,sf;

EQUATIONS

objetivo función objetivo

R1capacidadop(j) Capacidad operativa diaria - No exceder

R2presup Presupuesto aprobado semanal - No exceder

suma1(i,j) Acumular minutos consumidos por reparación por día

suma2(j) Acumular operadores que laboran por día

suma3(j) Acumular presupuesto consumido por día

suma4(j) Acumular Tiempo de Demora consumido por día

demanda(i) Cumplir demanda

prodsemanal(i) Cantidad de reparaciones semanales

contliberados(j) Contenedores liberados

sinicial(j) Stock Inicial

cuadre(j) Cuadre

;

Objetivo.. $z = e = \sum((i,j), CD(i,j) * x(i,j)) + \sum((i,j), x(i,j) * TD(i,j));$

R1 capacidad op(j).. $\sum((i), x(i,j) * TD(i,j)) = l = (Disp(j) * 8);$

suma4(j)\$(ord(j) gt 1).. $(\sum(i, x(i,j) * TD(i,j))) * Costohora(j) = e = ths(j);$

R2presup.. $\sum((i,j)$(ord(j) gt 1), x(i,j) * CD(i,j)) + \sum(j$(ord(j) gt 1), ths(j)) = l = 21000;$

suma1(i,j)\$(ord(j) gt 1).. $x(i,j) * TD(i,j) = e = mt(i,j);$

suma2(j)\$(ord(j) gt 1).. $(\sum((i), x(i,j) * TD(i,j)) / 8) = e = op(j);$

suma3(j)\$(ord(j) gt 1).. $\sum((i), x(i,j) * CD(i,j)) = e = presup(j);$

demanda(i).. $(\sum((j), x(i,j))) = l = Dem(i);$

prodsemanal(i).. $\sum((j), x(i,j)) = e = cs(i);$

contliberados(j)\$(ord(j) gt 1).. $\sum((i), x(i,j)) = e = clib(j);$

sinicial(j).. $sf('domingo') = e = 900;$
cuadre(j)\$(ord(j) gt 1).. $sf(j-1) + ing(j) + clib(j) - req(j) = e = sf(j);$

MODEL planificacion /all/ ;
SOLVE planificacion max z using lp;
DISPLAY x.l,z.l, mt.l, op.l,cs.l,clib.l, presup.l, ths.l, sf.l;
execute_unload 'resul111.gdx' x.l,z.l, mt.l, op.l, cs.l, clib.l, presup.l, sf.l;

Resolución del modelo con 5 empleados

REPORT SUMMARY :

0 NONOPT
 0 INFEASIBLE
 0 UNBOUNDED

GAMS 24.9.2 r64480 Released Nov 14, 2017 LEX-LEG x86 64bit/Linux 07/21/18

13:27:45 Page 4

General Algebraic Modeling System

Execution

---- 164 VARIABLE x.L Cantidad de contenedores con tipo de reparación i en el día j

	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
R1	64.000					
R2	18.000	25.000	52.000	58.000	6.000	1.000
R3	1.000	1.000		1.000	2.000	1.000
R4					1.000	1.000
R5					1.000	1.000
R6						1.000
R7						1.000
R8						1.000
R10						1.000
R11						1.000
R15		100.000	28.000			
R16		100.000	8.000			
R19					1.000	
R20					6.000	5.000

---- 164 VARIABLE z.L = 19974.400 Función objetivo

---- 164 VARIABLE mt.L Acumulador de minutos consumidos por tipo de reparación en el día j

	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
R1	26.880					
R2	12.060	16.750	34.840	38.860	4.020	0.670
R3	0.830	0.830		0.830	1.660	0.830
R4					1.000	1.000
R5					1.500	1.500
R6						1.830
R7						2.000
R8						2.170
R10						2.670
R11						2.830
R15		17.000	4.760			
R16		5.000	0.400			
R19					4.170	
R20					27.000	22.500

---- 164 VARIABLE op.L Cantidad de operadores consumidos en el día j

lunes 4.971, martes 4.947, miércoles 5.000, jueves 4.961
viernes 4.919, sábado 4.750

---- 164 VARIABLE cs.L cantidad semanal

R1 64.000, R2 160.000, R3 6.000, R4 2.000, R5 2.000
R6 1.000, R7 1.000, R8 1.000, R10 1.000, R11 1.000
R15 128.000, R16 108.000, R19 1.000, R20 11.000

---- 164 VARIABLE clib.L Suma de la cantidad de contenedores liberados

lunes 83.000, martes 226.000, miércoles 88.000
jueves 59.000, viernes 17.000, sábado 14.000

---- 164 VARIABLE presup.L Presupuesto consumido en el día j

lunes 3161.680, martes 4223.420, miércoles 2747.120
jueves 2428.400, viernes 3921.840, sábado 3255.550

---- 164 VARIABLE ths.L Acumulador de h.h.

lunes 198.850, martes 197.900, miércoles 200.000
jueves 198.450, viernes 236.100, sábado 228.000

---- 164 VARIABLE sf.L stock final día j

Domingo 900.000, lunes 882.000, martes 1012.000
miércoles 1010.000, jueves 974.000, viernes 969.000
sábado 911.000

Anexo 4.

CONTENEDORES

Tipos de Contenedores y sus gráficas.

Contenedor Estándar de 20 pies



Fuente: www.zarca.es

Contenedor Estándar de 40 pies



Fuente: www.zarca.es

Contenedor FR o FH (40').



Fuente: www.zarca.es

**CONTENEDOR DE TECHO ABIERTO
(OPEN TOP CONTAINER)**



Fuente: *Intermodal Solutions.*

Contenedor Reefer o Refrigerado (40').



Fuente: Autor

Contenedor Reefer- Atmósfera Controlada. (40').



Fuente: Autor

Contenedor Tanque



Fuente: www.zarca.es

CONTENEDOR SECO DE APERTURA LATERAL (DOOR SIDE CONTAINER)



Fuente: *Container Inc.*

Diseño de un sistema de calendarización para el mantenimiento y reparación de contenedores en un depósito intermodal.

Maestría en Logística y transporte con Mención en Modelos de Optimización

Tipos de Maquinarias Reefers

STAR*COOL



CARRIER



THERMO KING



DAIKIN



Fuente: Autor

EIR (Equipment Interchange Receipt)

 A detailed Equipment Interchange Receipt (EIR) form. The form includes fields for 'RECEIVED BY', 'ISSUED BY', 'DATE', and 'TIME'. It contains a table for recording equipment details, including 'EQUIPO', 'SERIAL', 'CONDICIÓN', and 'OBSERVACIONES'. The form is filled out with handwritten information, including the number '9601023' and the name 'José Díaz'. A signature is present at the bottom.

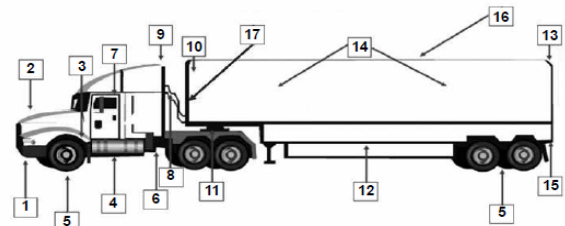
Fuente: Autor

Torres de Reparación de Contenedores



Fuente: Autor

Inspección de Contenedores



- | | |
|----------------------|---------------------------------|
| 1. Defensa | 10. Refrigeración |
| 2. Motor | 11. Quinta rueda |
| 3. Piso | 12. Parte inferior del vehículo |
| 4. Tanque de gas | 13. Puertas |
| 5. Llantas | 14. Paredes |
| 6. Flecha | 15. Defensa |
| 7. Cabina/Camarote | 16. Techo |
| 8. Compresor de aire | 17. Pared frontal |
| 9. Escape | |

Fuente: Autor

Equipos de manipulación de Contenedores



Fuente: Kalmr Industries

Reparaciones Varias de Contenedores Dañados



Fuente: Autor

Formato de Estimados Reparaciones de Contenedores

CONTENEDOR	MACHINE	MAN. YEAR	SERIAL	COMPRESOR	SERIAL NO.	MICRO	DATA CORDER	REPARACION	OBSERVACION
528345-3 SUDU	MAG-532	01/2008	ED0681837	0731704AD	0417-0566		07858	✓	Reparación cable. refrigerante.
503319-8 SUDU	MAG-532	10/2003	A001105894	0793848B	0521-0099		07857	X	Reparación de sensor de temperatura. Reemplazo de cable de sensor de temperatura. Reemplazo de cable de sensor de temperatura. Reemplazo de cable de sensor de temperatura.
526196-3 SUDU	MAG-532	11/2007	ED0106375B	0744969AD	0736-2089		A175793 A175392	✓	Reparación de sensor de temperatura. Reemplazo de cable de sensor de temperatura. Reemplazo de cable de sensor de temperatura. Reemplazo de cable de sensor de temperatura.
806573-0 SUDU				ME7800KT	2264-0003		07977 07975	✓	Reparación.
800816-2 SUDU	561-300	12/2013	PSU 6052228	APX0145DT	0425-5600		07879 07840 07841	✓	Reparación de sensor de temperatura. Reemplazo de cable de sensor de temperatura. Reemplazo de cable de sensor de temperatura. Reemplazo de cable de sensor de temperatura.
514042-6 SUDU	561-050	06/2005	KSH 6005838D	5200700016	0454-955B		07869	✓	Reparación de sensor de temperatura. Reemplazo de cable de sensor de temperatura. Reemplazo de cable de sensor de temperatura. Reemplazo de cable de sensor de temperatura.
515761-9 SUDU	A318	11/2005	A000233	1802950	Decos III d		07972 07973	✓	Reparación.
619448-0 SUDU	SE1-012	12/2010	NSC 60268987	20K09943T	0444-4302		07966 07967 07968	✓	Reparación eléctrica.
508352-1 SUDU	551-003	08/2004	JST 600173800	50416R0015B	0451-0291		07970 07971	✓	Reparación de sensor de temperatura. Reemplazo de cable de sensor de temperatura. Reemplazo de cable de sensor de temperatura. Reemplazo de cable de sensor de temperatura.

Fuente: Autor

