



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PARA MONTACARGAS ELÉCTRICOS DE BATERÍA DE PLACA PLANA, DE BATERÍA DE
LITIO Y MONTACARGAS DE COMBUSTIÓN**

Wendy Azucena Aguilar Chávez

Asesorado por M.A. Ing. Jaime Rodolfo Chocoy Cachín

Guatemala, octubre 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PARA MONTACARGAS ELÉCTRICOS DE BATERÍA DE PLACA PLANA, DE BATERÍA DE
LITIO Y MONTACARGAS DE COMBUSTIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WENDY AZUCENA AGUILAR CHÁVEZ

ASESORADA POR M.A. ING. JAIME RODOLFO CHOCOY CACHÍN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford Estrada
EXAMINADORA	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PARA MONTACARGAS ELÉCTRICOS DE BATERÍA DE PLACA PLANA, DE BATERÍA DE
LITIO Y MONTACARGAS DE COMBUSTIÓN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 7 de agosto de 2021.

Wendy Azucena Aguilar Chávez



EEPFI-PP-0133-2022

Guatemala, 12 de enero de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú


Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **GESTIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MONTACARGAS ELÉCTRICOS DE BATERÍA DE PLACA PLANA, DE BATERÍA DE LITIO Y MONTACARGAS DE COMBUSTIÓN**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión del Mantenimiento - Control de efectividad de mantenimiento basado en indicadores (disponibilidad, tiempo entre fallas, criticidad, tiempo medio entre fallas, entre otros)**, presentado por la estudiante **Wendy Azucena Aguilar Chávez** carné número **200117219**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ingeniería De Mantenimiento.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,


"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Jaime Rodolfo Chocoy Cachin
Asesor(a)

Jaime Rodolfo Chocoy Cachin
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado No. 17,073


Mtra. Rocío Carolina Medina Galindo
Coordinador(a) de Maestría




Mtro. Edgar Darío Alvaréz Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIMI-0133-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **GESTIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MONTACARGAS ELÉCTRICOS DE BATERÍA DE PLACA PLANA, DE BATERÍA DE LITIO Y MONTACARGAS DE COMBUSTIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Wendy Azucena Aguilar Chávez**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

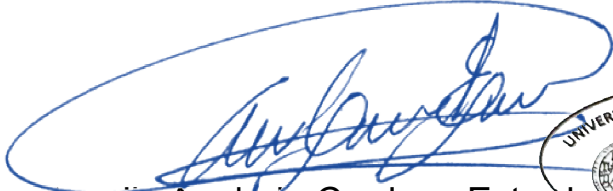
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2022

LNG.DECANATO.OI.717.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA MONTACARGAS ELÉCTRICOS DE BATERÍA DE PLACA PLANA, DE BATERÍA DE LITIO Y MONTACARGAS DE COMBUSTIÓN**, presentado por: **Wendy Azucena Aguilar Chávez**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabeia Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2022

AACE/gaac

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Dios de mis padres, por ser mi guía y fortaleza en todo momento, por su gracia y bondad para conmigo, porque nada podría realizar sin Él, todo es por Él y para Él; a ti oh Dios, te doy gracias y te alabo.

Mis padres

Carlos Enrique Aguilar Tovar y Rosa Lidia Chávez Lima de Aguilar, por ser mi más grande ejemplo en la vida y mi inspiración para seguir en los estudios y en la vida entera; el tiempo que Dios les permitió guiarme fue el tiempo en el que más aprendí y ahora lo que aprenda, está en una base sólida que ustedes forjaron con su amor, esfuerzo y ejemplo. Hasta el cielo todo mi amor papitos, les presento un pequeño fruto de todo su esfuerzo, los amo y doy gracias a Dios por darme el privilegio de tenerlos como padres.

Mis hermanas

Silvia y Karla Aguilar Chávez, porque siempre creyeron en mí, por darme siempre ánimos y ser esas hermanas que me hacen amar cada día más a mi familia. Porque estuvieron conmigo para colocar cada letra de mi profesión, gracias por todo mis bellas hermanitas, las amo con todo mi corazón.

Mis sobrinitos

Mis bellos pequeñitos, los que ya están acá y los que han de venir, recuerden siempre que primero es la sabiduría y que la inteligencia es útil si estamos tomados de la mano de nuestro Señor Jesucristo, que en Él todo tiene sentido y sin Él, nada es posible.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por la oportunidad que me dio de ser mi casa de estudios, para adquirir los conocimientos profesionales y de vida que solo en esta bella universidad pude obtener.

Facultad de Ingeniería

Por los conocimientos que me dieron, cada uno de sus catedráticos, cada compañero de clases, sin cada una de esas piezas esenciales, no podría hoy desarrollarme como profesional.

Mi familia

Porque en el papel que cada uno tiene, son una bendición a mi vida y me ayudan a crecer día a día; a mis tíos y tías, por sus consejos, siempre me hicieron crecer.

Mis amigos

Porque este viaje no lo hubiera disfrutado tanto sin cada uno de ustedes, sin su apoyo y ánimo, consejos, risas y anécdotas, por alentarme cuando las cosas se tornaban difíciles, los que están e incluso, aquellos que ya no veo, pero fueron puestos por Dios para poder llegar hasta aquí hoy.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3.1. Descripción y delimitación del problema.....	5
3.2. Pregunta central de investigación.....	6
3.3. Preguntas orientadoras	6
4. JUSTIFICACIÓN	7
5. OBJETIVOS	9
5.1. General.....	9
5.2. Específicos	9
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	11
7. MARCO TEÓRICO.....	13
7.1. Montacargas, equipos elevadores de carga	13
7.2. Estructura del montacargas.....	16

7.2.1.	Mástil	16
7.2.2.	Delantal o parrilla	16
7.2.3.	Horquillas	17
7.2.4.	Sistema de rodamiento	18
7.2.4.1.	Llantas sólidas.....	18
7.2.4.2.	Llantas neumáticas	18
7.2.4.3.	Rueda caster	19
7.2.4.4.	Rodos de carga	19
7.2.4.5.	Rueda de tracción y ruedas.....	19
7.2.5.	Cabina de seguridad	20
7.2.6.	Sistema de dirección montacargas OP	20
7.2.6.1.	Freno de mano	20
7.2.6.2.	Interruptor de luces	21
7.2.6.3.	Palanca de control de dirección	21
7.2.6.4.	Timón o manubrio	21
7.2.6.5.	Señalización de luces.....	21
7.2.6.6.	Columna de dirección inclinable.....	22
7.2.6.7.	Switch de ignición.....	23
7.2.6.8.	Horómetro	23
7.2.6.9.	Control de temperatura	24
7.2.6.10.	Indicador de combustible o batería	24
7.2.6.11.	Indicador de arranque en frío	24
7.2.6.12.	Palanca de elevación / descenso	25
7.2.6.13.	Palanca de inclinación.....	25
7.2.6.14.	Pedal de acelerador y pedal de dirección	25
7.2.6.15.	Pedal de freno	25
7.3.	Clasificación de los montacargas.....	26
7.4.	Dimensiones básicas	29

7.5.	Capacidades de carga.....	32
7.6.	Alturas de trabajo	32
7.7.	Capacidad nominal del centro de carga	33
7.8.	Datos importantes del almacén	34
7.9.	Tipos de mástil que existen	35
7.9.1.	Mástil simple	35
7.9.2.	Mástil de dos etapas.....	35
7.9.3.	Mástil de tres etapas.....	36
7.9.4.	Mástil de cuatro etapas.....	36
7.10.	Tipo de empresa a considerar	36
7.11.	Tipos de carga a considerar	39
7.12.	Procedimiento de operación	41
7.13.	Planificación del mantenimiento	43
7.13.1.	Mantenimiento y lubricación	44
7.14.	Seguridad en los montacargas	45
7.15.	Servicio técnico	45
8.	METODOLOGÍA.....	47
8.1.	Diseño de investigación.....	47
8.2.	Tipo de estudio	47
8.3.	Alcance de investigación	47
8.4.	Variables e indicadores	48
8.5.	Fases de investigación	48
8.6.	Muestreo.....	49
9.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	51
10.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO Y RECURSOS NECESARIOS	53

11.	CRONOGRAMA	55
12.	REFERENCIAS	57
13.	APÉNDICES	61
14.	ANEXOS	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de Solución	11
2.	Placa informativa.....	14
3.	Estructura frontal.....	17
4.	Controles sistema de dirección	22
5.	Clasificación de los montacargas parte 1	26
6.	Clasificación de los montacargas parte 2.....	27
7.	Dimensiones de montacargas	31
8.	Centro de carga.....	33
9.	Centro de gravedad.....	41
10.	Cronograma.....	55

TABLAS

I.	Dimensiones básicas a considerar.....	30
II.	Almacén vs. Montacargas	34
III.	Período de mantenimiento	44
IV.	Variable e indicadores.....	48
V.	Presupuesto de la investigación.....	53

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
°C	Grados Celsius
h	Horas
=	Igual que
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
Lb	Libra
m	Metro
OP	Operador parado
OS	Operador sentado
in	Pulgada
Ton	Tonelada

GLOSARIO

Axial	En dirección al eje.
Estibar	Distribución de la carga de manera vertical y horizontal.
PVC	Policloruro de Vinilo.
Rack	Estantería industrial que sirve para el almacenamiento de productos.
Side shifter	Movimiento lateral de carga.

RESUMEN

Un mantenimiento adecuado en los montacargas, es una buena forma de aumentar la eficiencia en los diferentes procesos, evitando paros innecesarios, reprocesos e incidentes que puedan poner en riesgo la vida del operador y de los que están alrededor así como también los activos de la empresa; para verificar un buen mantenimiento, es necesario conocer qué tipo de montacargas estamos utilizando, el área donde se va a utilizar y las jornadas de trabajo, para poder establecer los tiempos de trabajo, los paros necesarios y las limitaciones que se presentan en el área.

Estableciendo un plan de mantenimiento, se podrán tomar decisiones claves para la vida útil del equipo, la tasa interna de retorno y los paros necesarios que se deben de realizar, sin que estos, afecten la producción de la empresa; se determinará también los inventarios necesarios de acuerdo al equipo que se tiene y se podrá trabajar una producción más limpia con una menor inversión.

Determinando nuestra área de trabajo, podremos conocer qué tipo de equipo vamos a utilizar y como aprovechar todo el espacio de nuestra bodega y/o lugar de trabajo, así como realizar las operaciones en un menor tiempo.

1. INTRODUCCIÓN

Los diferentes tipos de montacargas que existen son generalmente utilizados en la industria sin aprovechar al máximo sus cualidades y por lo mismo se descuida el mantenimiento según su uso y ambiente de trabajo, por lo que es necesario conocer las características y los tipos de mantenimientos existentes para aplicarlo al área en la que se está trabajando.

La industria de los montacargas es muy grande en cuanto a diseño y funcionalidad, sin embargo, en cuanto a marcas y fabricación es reducida, actualmente en el mundo, existen solamente 5 marcas líderes en el mercado latinoamericano y europeo y 2 marcas líderes en el mercado asiático, lo que hace en cuanto a funcionamiento, una ventaja para las empresas de mantenimiento, ya que los diseños de los montacargas no varían mucho entre líneas.

Para esta investigación, en el capítulo I se desarrollará el marco teórico, en donde se dará a conocer generalidades de los montacargas, conceptos básicos para conocer los equipos y poder diferenciar cada uno de los equipos en estudio. En el capítulo II se hará el desarrollo de la investigación. En el capítulo III se hará la presentación de resultados. En el capítulo IV se hará la discusión de resultados.

2. ANTECEDENTES

Calvimontes Delgadillo, Walter (2011) realizó un estudio científico acerca del mantenimiento y desgaste de los motores a gasolina, lo cual nos ayuda a fortalecer el tema de los montacargas de combustión.

Castillo Chávez, José Antonio (2019) desarrolló un plan de mantenimiento basado en el modelo de gestión de calidad TPM, lo que ayuda a desarrollar un plan de mantenimiento para los montacargas, ya que no solamente es necesario un plan, sino también un plan de mantenimiento actualizado y que nos ayude a tener llevar un proceso de mejora continua.

Martínez Tamez, Miguel Santiago (2013) habla sobre la importancia de la capacitación de operadores de montacargas en la industria y así, mejorar la calidad en el servicio, lo cual es necesario aplicar también al momento del mantenimiento de estos equipos.

Salguero Morales, Haroldo René (2007) realizó un proceso en gestión de calidad en mantenimiento preventivo, el cual aporta a este trabajo diferentes características importantes de un mantenimiento.

Sánchez Alania, Sono La Rosa, Uipan Gilio (2016) realizaron un trabajo para utilizar montacargas en la industria siderúrgica, lo cual es necesario conocer para determinar el tipo de montacargas que se utiliza en cada industria y poder determinar el tipo de mantenimiento que se realizarán a estos equipos.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción y delimitación del problema

Actualmente la forma más práctica de determinar el mantenimiento es por el horómetro, ya que según los fabricantes, los mantenimientos recomendados ya cuando los equipos tienen tiempo de trabajo, son mantenimientos de 200 ó 300 horas y 1.200 horas lo cual muchas veces se ha vuelto una ley y no se toman en cuenta varias características importantes del ambiente de trabajo.

Para trabajos en áreas frías, el mantenimiento de los equipos puede variar diariamente dependiendo de la temperatura de la cámara y del tipo de montacargas que se utiliza, sin embargo, muchas veces se trabajan de la misma forma, lo que provoca que componentes importantes se solidifiquen y su tiempo de vida se reduzca hasta en un 60 %, por lo que es necesario conocer los equipos y los ambientes de trabajo para un buen funcionamiento.

Se trabajará un plan de mantenimiento de clase mundial para montacargas eléctricos de batería de placa plana (batería convencional), así como para los montacargas eléctricos con batería de litio y los montacargas de combustión, para poder maximizar la vida útil de estos equipos.

3.2. Pregunta central de investigación

¿Cuáles son los planes de mantenimiento adecuados para los montacargas eléctricos de batería de placa plana, de batería de litio y montacargas de combustión?

3.3. Preguntas orientadoras

- ¿Qué características se deben de tomar en cuenta para desarrollar mantenimientos de los montacargas eléctricos de batería de placa plana?
- ¿Qué características se deben de tomar en cuenta para desarrollar los mantenimientos de los montacargas eléctricos de batería de litio?
- ¿Qué características se deben de tomar en cuenta para desarrollar los mantenimientos de los montacargas de combustión?

4. JUSTIFICACIÓN

Una programación adecuada permite que los procesos productivos no se vean afectados por paros inesperados, teniendo una buena gestión de mantenimiento es importante para que los equipos fallen, por lo que es necesario conocer las funciones y características de los equipos; este trabajo beneficiará a todas aquellas empresas que tengan estos equipos de carga; muchas veces se desconocen o se toman como generales las características de los montacargas, sin embargo éstas varían y para el buen funcionamiento es necesario conocerlas y aplicar el mantenimiento adecuado en el tiempo indicado.

Un plan adecuado de mantenimiento aplicado a los montacargas ayudará a tener los equipos en óptimas condiciones sin altos presupuestos, así como evitar paros innecesarios o bien, paros no programados a causa de fallas no detectadas a tiempo, maximizando el tiempo de vida de las baterías, el cilindro o tanque (en el caso de los de combustión) y cada uno de los componentes de los equipos a utilizar.

Como parte del aseguramiento del cumplimiento del programa de mantenimiento, que se encuentra en la línea de investigación de la gestión de mantenimiento, este trabajo abarcará los tipos de mantenimiento para los montacargas eléctricos de batería plana, de batería de litio y los montacargas de combustión.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar diferentes planes de mantenimiento general para montacargas eléctricos de batería de placa plana, de batería de litio y montacargas de combustión.

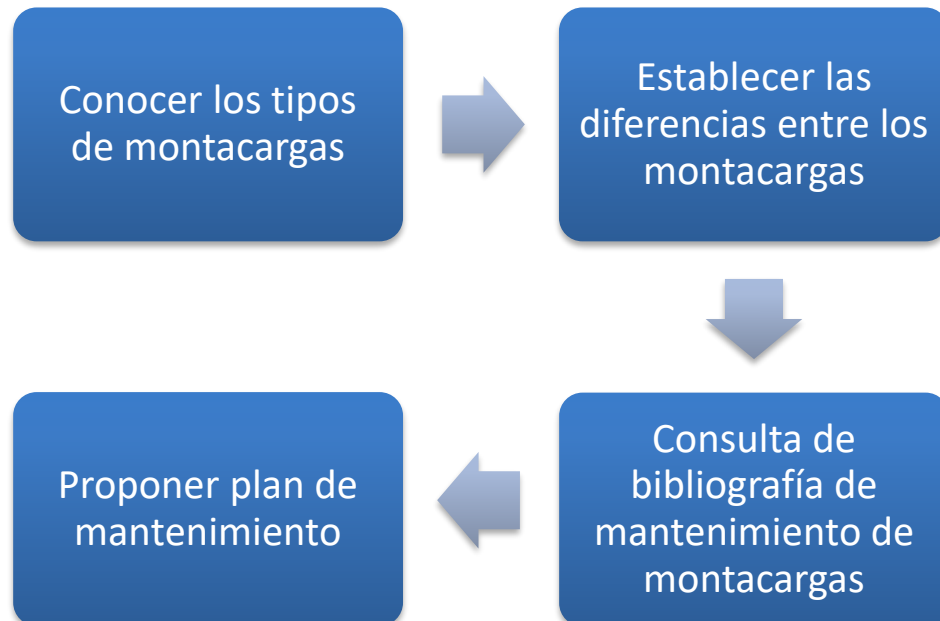
5.2. Específicos

- Determinar los tipos de mantenimientos para los montacargas eléctricos de batería de placa plana, de acuerdo con sus diferentes características.
- Establecer los tipos de mantenimientos para los montacargas eléctricos de batería de litio, de acuerdo con sus diferentes características.
- Describir los tipos de mantenimientos para los montacargas eléctricos de batería de litio, de acuerdo con sus diferentes características.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

En el área de mantenimiento para montacargas, es necesario reducir los paros por falta de mantenimiento, determinar el tipo de mantenimiento adecuado, establecer los períodos de tiempo por servicio para evitar largos paros (tiempo de indisponibilidad), estructurar los pasos a seguir por mantenimiento, para evitar tareas repetitivas, innecesarias o no aplicables según el tipo de montacargas, tener disponibilidad de los equipos el mayor tiempo posible, la confiabilidad de los equipos y estandarizar los tipos de mantenimiento por tipo de montacargas.

Figura 1. **Esquema de Solución**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Existe una variedad amplia de montacargas, las cuales se diferencian desde su tipo de funcionamiento, sus pesos y alturas, hasta los detalles más específicos de acuerdo con su línea, por lo que es importante conocer cuál es el adecuado en el área de trabajo. Si no se conocen estas diferencias, podríamos estar forzando los equipos a trabajos para los cuales no fueron diseñados o bien, exponiendo nuestros procesos a paros constantes, contaminación o falta de seguridad.

Si conocemos los diferentes tipos de montacargas y las características individuales, podremos trabajar de mejor manera y optimizar los tiempos de trabajo para la carga y descarga del almacén. Las distancias por recorrer, las alturas para aprovechar y los tiempos de reparación, así como los costos de mantenimiento, se van a determinar con las características especiales de cada equipo.

Cuando ya sabemos qué tipo de montacargas utilizar, las características que debe de tener y los procesos que vamos a realizar, es importante el consultar todos los manuales del equipo, para conocer sus características individuales por modelo, también las recomendaciones del fabricante para el mantenimiento, cambio de piezas y códigos de bloqueo y de seguridad que el equipo trae.

Una vez se conoce todo esto, se procede a elaborar el plan de mantenimiento del montacargas, específico para el tipo de industria para la cual se está trabajando, contemplando los tiempos por paro, los períodos de trabajo y disponibilidad de insumos y repuestos, así como determinar los períodos y clases de mantenimientos que se realizará a los equipos.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Montacargas, equipos elevadores de carga

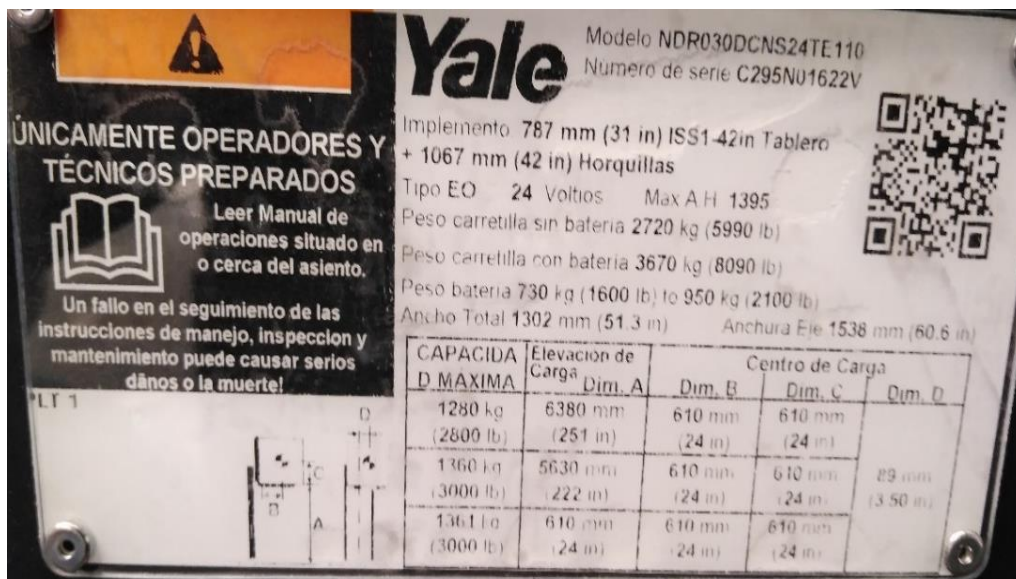
Un montacargas es un equipo industrial motorizado, manejado por un operador, que se utiliza para transportar cargas balanceadas por centro de gravedad a distancias tanto horizontales como verticales en una bodega, se utiliza también para realizar descargas de contenedores y camiones en el menor tiempo posible, de manera que ya no se tengan que realizar estos movimientos manualmente, protegiendo así tanto al trabajador como a la carga que se está movilizandoo.

Existen diferentes tipos de montacargas y se utilizan de acuerdo con la necesidad de la industria, el espacio horizontal y vertical disponible, el peso y forma de la carga y factores ambientales y económicos que el usuario debe de considerar según su actividad productiva. La clasificación primaria utilizada en los montacargas es la de eléctricos y de combustión, sin embargo, existen otras características importantes a considerar, las cuales se detallan más adelante.

Para la elaboración de un plan de mantenimiento son importantes varios factores y uno de los de mayor importancia, es conocer las características del equipo al que se aplicará el mantenimiento; podemos definir mantenimiento como un conjunto de actividades que se realizan para detectar y reparar fallas en un equipo y que se realizan para mantener el equipo en óptimas condiciones el mayor tiempo posible. (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015)

Para llevar un control adecuado del equipo y poder coordinar con el fabricante las piezas adecuadas, es importante siempre conocer la marca, modelo y serie del equipo, los cuales se encuentran detallados en una placa informativa que se encuentra normalmente instalada en el tablero frontal del montacargas, o en la parte frontal de la cabina, en ella podremos determinar también, la capacidad del montacargas, alturas y otras características importantes, así como en los montacargas de modelo más recientes, un código QR que servirá para contactarnos directamente con fábrica (si el equipo se adquirió directamente con ellos) o bien con nuestro distribuidor para que ellos conozcan todos los detalles de nuestro equipo. (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015)

Figura 2. **Placa informativa**



Fuente: [Fotografía de Wendy Aguilar] (Guatemala, Guatemala 2021)

Colección particular. Guatemala.

Como se ha descrito previamente, de la placa anterior, podemos identificar datos importantes que se debe tener a la mano, tales como:

- Modelo del montacargas es el primer dato descriptivo que aparece en la placa, y se refiere a la línea que pertenece, es muy importante este número, ya que determinará en fábrica las medidas de diferentes componentes, códigos de seguridad para activar o desactivar el montacargas. También es necesario saber que el modelo del montacargas no es igual al año de fabricación y que el tiempo de uso del montacargas no se fija por el año de fabricación, sino que lo que define el tiempo de uso del montacargas es el horómetro. (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015)
- Número de serie, se encuentra ubicado abajo del modelo e identificará la individualidad del montacargas; también se encuentra escrito en el panel derecho frontal de la cabina del operador. (Yale Corporation, 2010)
- Las etiquetas de seguridad son instaladas para proveer información acerca de posibles incidentes que puedan ocurrir durante la operación. (Yale Corporation, 2008). Es importante mantener siempre en buen estado estas etiquetas para que quien utilice el montacargas pueda ser informado de los riesgos a los que se enfrenta y las precauciones que debe de tomar.
- La capacidad máxima de carga con la que el montacargas puede ser operado está especificada en kilogramos (kg) y libras (lb) y también se muestra en la placa informativa. (Yale Corporation, 2010). Es importante no sobrepasar esta capacidad para no desestabilizar el montacargas.

7.2. Estructura del montacargas

Para poder determinar esta clasificación, es importante conocer las partes básica de todo montacargas, el triángulo de estabilidad que se aplica para estos equipos y los diversos accesorios principales. (Caterpillar Corporation, 2020)

7.2.1. Mástil

Es el soporte vertical (también llamado torre) que permite la elevación y descanso de la carga. Tiene a su vez, la función de soporte y dirección del delantal o parrilla. El mástil funciona a base de cadenas, mangueras y poleas que son las piezas permiten, por acción mecánica o hidráulica, el movimiento de la carga; el mástil también está compuesto de cilindros que permiten la elevación e inclinación para adelante o para atrás de la carga. (Yale Corporation, 2015)

7.2.2. Delantal o parrilla

Es el que sostiene las horquillas y respaldo inicial de la carga, también si el montacargas está equipado con *side shifter*, el delantal realiza esta función de movimiento lateral de la carga. Dependiendo del tamaño del montacargas así es también el tamaño del delantal, y es importante que, si el delantal es sustituido por uno de mayor tamaño al original, para manejo de cargas de mayor volumen, se realicen los cálculos adecuados para tener la referencia de la nueva capacidad que quedará permitida en el montacargas. (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

7.2.3. Horquillas

Son las dos cuchillas que van colocadas en el delantal del montacargas y tienen la función de asegurar las tarimas para poder levantar la carga; también pueden utilizarse extensiones de horquillas cuando se quiera movilizar carga de gran volumen; las horquillas pueden ser sustituidas por diferentes aditamentos según la naturaleza del trabajo (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

Figura 3. Estructura frontal



Fuente: [Fotografía de Wendy Aguilar] (Guatemala, Guatemala 2021)
Colección particular. Guatemala

7.2.4. Sistema de rodamiento

Para dar dirección, las llantas y ruedas de la parte trasera son las que permiten realizar estas maniobras y son las que se utilizan para movilidad en las curvas y al manejar en reversa. Para una buena tracción, se debe de tener mucho cuidado en la selección de las llantas delanteras, tomando en cuenta que estas llantas permanecen en posición fija siempre (Yale Corporation, 2018). Dependiendo de variables como peso, terreno a trabajar y tipo de montacargas, variará el sistema de rodamiento en cada montacargas, así como si es de combustión o eléctrico (Mitsubishi Company, 2017).

7.2.4.1. Llantas sólidas

Utilizadas únicamente en montacargas de combustión o en eléctricos de operador sentado, estas llantas son de mucha ayuda cuando la operación es continua y no se deba parar el montacargas ya sea por pinchaduras o desgastes menores, así también cuando la capacidad de carga del montacargas supera las 5 Ton es recomendable utilizar este tipo de llantas, ya que está diseñada para trabajar en terrenos hostiles y jornadas continuas y soportan mayor peso. Una de las ventajas de este tipo de llantas es que no pierden la presión y el desgaste que sufren es muy lento. Esta llanta es ideal para trabajar en pisos lisos y muy bien cuidados. (Yale Corporation, 2018).

7.2.4.2. Llantas neumáticas

Al igual que las llantas sólidas, las neumáticas se utilizan en los montacargas de combustión o en eléctricos de operador sentado, mas no en los eléctricos de operador parado. Estas llantas en su estructura tienen tubo y protector y el tiempo de vida es menor al de una llanta sólida, sin embargo, su

precio es mucho más económico y debido a que son más flexibles, pueden trabajar en varios tipos de terreno. En estas llantas, su presión varía según la operación y la carga a estibar (Yale Corporation, 2015).

7.2.4.3. Rueda *caster*

Estas ruedas son utilizadas en los montacargas eléctricos de operador parado y sirven para mejorar la tracción al girar y en superficies irregulares como los suelos mojados, desnivelados o con grietas (Yale Corporation, 2008).

7.2.4.4. Rodos de carga

Los rodos de carga se encuentran en las patas frontales del montacargas eléctrico de operador parado, estos son fabricados de poliuretano (Yale Corporation, 2010).

7.2.4.5. Rueda de tracción y ruedas

Las ruedas de tracción son las que le proporcionan la potencia necesaria al montacargas para que se desplace y son las que tienen la responsabilidad de llevar gran cantidad de masa durante la operación (Zowell Corporation, 2020). Las ruedas o ruedas de dirección están instaladas en la parte de atrás del montacargas para facilitar la dirección y controlar con mayor facilidad el movimiento del montacargas (Yale Corporation, 2010).

7.2.5. Cabina de seguridad

La cabina de seguridad es la que provee seguridad al operador en caso de que una carga se suelte al momento de estar realizando la estiba, tiene un soporte de impacto de al menos la mitad de la capacidad de carga del montacargas, esto varía dependiendo del modelo, marca y requerimientos específicos. Debe proveer visibilidad máxima para que el operador pueda realizar su trabajo sin complicaciones; por lo general, estas cabinas son abiertas, fabricadas en acero y tipo rejilla, aunque en algunos montacargas y por la naturaleza del trabajo, por ejemplo, en áreas donde el viento y la tierra no permiten una visión segura, se utiliza una cabina de PVC transparente cerrada y con ventilación interna. (Crown Corporation, 2012).

7.2.6. Sistema de dirección montacargas OP

Es uno de los sistemas más importantes en los montacargas, ya que permite que se mueva o gire en la dirección deseada. Es importante el conocer cada uno de sus controles e instrumentos y al momento de realizar los mantenimientos, no tener contratiempos (Zowell Corporation, 2020).

7.2.6.1. Freno de mano

Todo montacargas de operador sentado se encuentra equipado con un freno de manos, que se encuentra instalado en la parte izquierda del volante y que tiene un botón en la parte superior de la palanca para moverla hacia adelante y así soltar el freno de mano. Parte 1 de la Figura 4. (Yale Corporation, 2010). Existe un switch en el asiento y cuando el operador se levanta y no deja activado el freno de manos, este switch se activa a los diez segundos de manera audible.

7.2.6.2. Interruptor de luces

Este switch se encuentra en la base del volante para controlar las luces frontales y traseras. Cuando se encuentra al centro, se encuentra en modo apagado y se activa en las posiciones extremas del switch. Parte 2 de la Figura 4 (Yale Corporation, 2010).

7.2.6.3. Palanca de control de dirección

Ubicada dependiendo del diseño del montacargas, puede ser al lado izquierdo o derecho e incluso en algunos modelos, en ambos lados, cuenta con tres posiciones: Frente (F), neutro (N) y retroceso (R). Es muy importante saber que cuando el montacargas no esté en movimiento, siempre se debe de asegurar que la palanca quede en modo neutro. Parte 3 de la Figura 4 (Yale Corporation, 2010).

7.2.6.4. Timón o manubrio

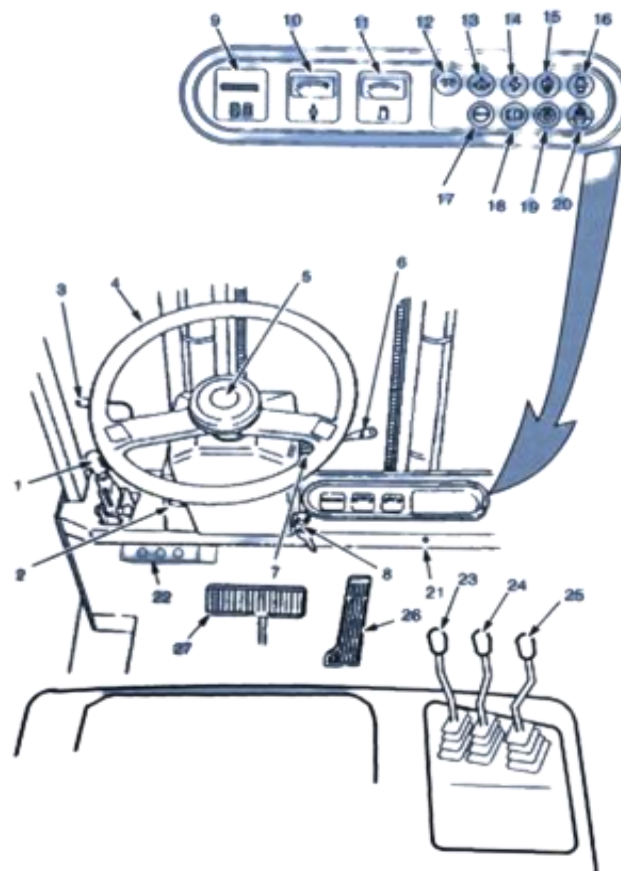
El manubrio del montacargas es el encargado de controlar la posición de las llantas. Su forma y posición varía dependiendo del tipo del montacargas. Parte 4 de la Figura 4 (Yale Corporation, 2010).

7.2.6.5. Señalización de luces

Localizadas en la parte derecha de la base del manubrio, con un leve movimiento hacia arriba o hacia abajo, se activan. En algunos modelos, sobre todo en modelos antiguos, esta palanca no está habilitada, sin embargo, por seguridad es necesario el tener luces tanto delanteras como traseras y si el montacargas circulará al menos una vez en la vía pública o en lugares fuera de

la bodega, es recomendable que tenga pide vías. Parte 6 de la Figura 4 (Yale Corporation, 2010).

Figura 4. **Controles sistema de dirección**



Fuente: Yale Corporation (2010). *Quality parts for quality lift trucks*

7.2.6.6. **Columna de dirección inclinable**

Ubicado en el lado superior derecho de la columna se encuentra una manecilla pequeña que permitirá al operador solamente levantando la manecilla,

el seleccionar las posiciones en las que se desea el manubrio y al soltarla, fijar la posición deseada. Parte 7 de la Figura 4 (Yale Corporation, 2010).

7.2.6.7. Switch de ignición

Ubicado a la derecha en la columna de dirección, cuenta con tres posiciones, la primera es de apagado, y desenergiza todos los circuitos eléctricos excepto la bocina; la segunda posición es de encendido, la cual energiza todos los circuitos exceptuando el circuito de arranque, esta posición se encontrará activa durante una operación normal del equipo; la tercera posición, es la de arranque, la cual energiza el motor de arranque para encender el motor, una vez encendido, se debe de regresar a la posición 2 cuando se inicia en la operación normal del equipo. Parte 8 de la Figura 4 (Yale Corporation, 2010).

7.2.6.8. Horómetro

El horómetro es muy importante para controlar las jornadas de trabajo de su equipo. Cuando la llave se encuentra en encendido, el conteo inicia su función y estas horas son un parámetro importante para el mantenimiento recomendado de fábrica. Sin importar la marca que sea, los fabricantes de montacargas recomiendan un servicio inicial de 50 horas, y luego uno de 150 horas, para poder ajustar cualquier parte que durante el movimiento de fábrica hasta el cliente se haya desajustado; luego de estos mantenimientos, de acuerdo a la naturaleza del trabajo, los períodos recomendados para el mantenimiento son de 200 o 300 horas de trabajo y luego, un servicio con cambio ya en algunos repuestos de 1,500 horas. Parte 9 de la Figura 4 (Yale Corporation, 2015).

7.2.6.9. Control de temperatura

Este control indica la temperatura del refrigerante del motor; se activa cuando la llave está en el interruptor en posición de encendido. Se debe de tener cuidado siempre de que la aguja esté en el área verde del medidor. Parte 10 de la Figura 4 (Yale Corporation, 2015).

7.2.6.10. Indicador de combustible o batería

En los montacargas de combustión, esta parte le indicará el sistema del tanque, mientras que en los montacargas eléctricos indica el nivel de carga que tiene la batería (Yale Corporation, 2010). En los montacargas de combustible es importante controlar el mínimo de combustible por la operación y para evitar que el equipo se fuerce o quede parado en un área donde no sea seguro o interrumpa otras actividades, los daños al equipo serán mínimos y requerirán ajustes menores, mientras que en los montacargas eléctricos, el dejar descargar la batería al 100 % no se recomienda, ya que no solamente quedará parado el equipo en el lugar, sino que la vida útil de la batería se reduce significativamente, por lo que se recomienda que al tener un 10 % mínimo de batería se dirija al área de carga y se realice el procedimiento de carga adecuado y así cuidar tanto el equipo, la batería, se evita obstaculizar el paso y también se resguarda la ergonomía de los trabajadores, ya que el cambio de batería si no se tiene un extractor adecuado, requiere mucho esfuerzo físico. Parte 11 de la Figura 4 (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

7.2.6.11. Indicador de arranque en frío

Este indicador solamente es para montacargas de combustión diésel. Cuando el switch está en encendido y las bujías incandescentes están activadas,

la luz estará encendida y el tiempo que esté encendida está determinado por la temperatura del motor. Parte 12 de la Figura 4 (Yale Corporation, 2010).

7.2.6.12. Palanca de elevación / descenso

Esta es la primera palanca que se encuentra a la derecha del asiento del operador; su manipulación es muy sencilla, ya que al tirar hacia atrás la palanca (en dirección al operador), se levantan el delantal con las horquillas, mientras que, si empujamos hacia el frente, se realizará el proceso de descenso del delantal con las horquillas. Parte 23 de la Figura 4 (Yale Corporation, 2008).

7.2.6.13. Palanca de inclinación

Siguiendo a la palanca de elevación se encuentra instalada esta palanca, que es la encargada de inclinar hacia adelante y hacia atrás el mástil. Parte 24 de la Figura 4 (Yale Corporation, 2010).

7.2.6.14. Pedal de acelerador y pedal de dirección

Controla la velocidad del motor y se manipula con el pie derecho del operador, se debe de controlar en forma pareja, ya que al manipular solamente por el lado derecho lo que se controla es la dirección del montacargas, función conocida como pedal de dirección, que es el que permite que el montacargas se mueva hacia atrás. Parte 26 de la Figura 4 (Yale Corporation, 2010).

7.2.6.15. Pedal de freno

Este pedal tiene dos funciones específicas, la primera es que al momento que el montacargas esté estibando alguna carga, pueda movilizarse lentamente

para ajustar la misma en el rack, mientras que la segunda opción, es para que, al momento de pisar completamente el pedal, la transmisión se desactiva y se aplican los frenos; cuando esto ocurre, las luces de freno se encienden. Es importante el mantenimiento del mismo, para evitar incidentes que pongan en peligro la vida del operador, los transeúntes, así como la estructura y la carga que se coloca. Parte 27 de la Figura 4 (Yale Corporation, 2010).

7.3. Clasificación de los montacargas

La clasificación de los montacargas es muy importante, de acuerdo a la naturaleza de nuestro trabajo, podremos determinar también qué tipo de montacargas debemos utilizar.

Figura 5. **Clasificación de los montacargas parte 1**



Fuente: Yale Corporation (2018). *LX2 Series Cushion Tire Trucks*

Figura 6. **Clasificación de los montacargas parte 2**



Fuente: Yale Corporation (2018). *LX2 Series Cushion Tire Trucks*

Esta clasificación se determina de la siguiente manera:

Clase I. Montacargas de motor eléctrico: Estos montacargas son los que utilizan como fuente de energía una batería, si los comparamos con un montacargas de combustión interna, son más silenciosos y amigables con el medio ambiente. Dado lo anterior, se puede decir que se recomiendan para trabajos en interiores, así como en lugares donde la generación de gases de combustión puede perjudicar tanto al proceso dentro de la empresa, como para la salud de los trabajadores. Estos equipos pueden ser tanto de operador parado como de operador sentado. (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

Clase II. Montacargas de motor eléctrico de pasillo angosto: Al igual que los montacargas anteriormente descritos, estos montacargas utilizan una batería como fuente de energía, pero son más angostos y solamente son de operador parado, ya que esto permite que la cabina tenga un menor espacio, haciendo que su radio de giro sea menor, ya que el contrapeso lo lleva directamente en la batería. (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

Clase III. *Pallet Trucks* manuales o eléctricas: Estas a diferencia de un montacargas de elevación, solamente se utilizan para trasladar carga de manera horizontal. Toda su operación está en un solo manubrio y el operador puede ir caminando o bien ir a bordo de la misma, dependiendo de su modelo. (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

Clase IV. Montacargas de combustión interna con llantas sólidas: Estos montacargas utilizan gasolina, Diesel o gas LPG como fuente de energía; ya que sus llantas son sólidas, pueden trabajar en terrenos donde pueden existir partes sueltas de materiales, terrenos con áreas no muy lisas y terracería. (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

Clase V. Montacargas de motor de combustión interna (llantas neumáticas): Estos montacargas funcionan con gasolina, diésel o LPG al igual que los de la clase IV, pero con sistema de rodamiento diferente; utiliza llantas neumáticas, lo que permite el trabajo en terrenos irregulares y esas llantas favorecen la amortiguación del vehículo (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

Clase VI. Tractores: En esta clasificación se toman todos los tractores eléctricos o de combustión interna; son los equipos que se utilizan para el movimiento de materiales muy pesados, pero estos no tienen movimiento vertical, (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

Clase VII. Montacargas para terrenos difíciles: En esta clasificación se encuentran aquellos equipos que son diseñados para sectores con movilización horizontal de carga no uniforme y pesada; estos se utilizan en terrenos complicados, generalmente en el sector agrícola. (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

Con esta clasificación se determina entonces que para los estudios que en este trabajo se realizarán, serán tomadas en cuenta los montacargas clase I, clase II (ambas clases con batería convencional y de litio) y los montacargas de clase IV y clase V.

7.4. Dimensiones básicas

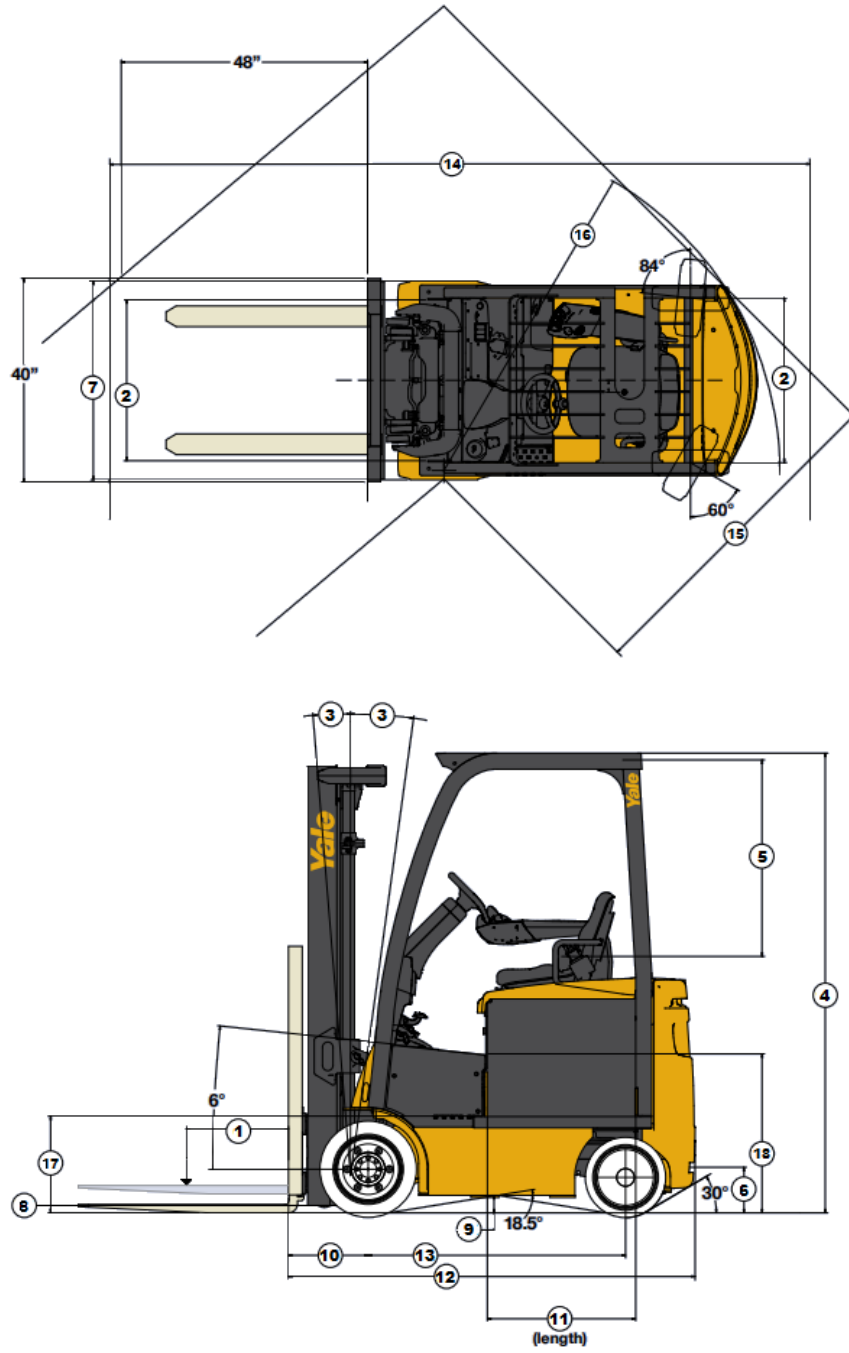
Dependiendo del equipo de trabajo a utilizar, podemos considerar sus dimensiones, las cuales nos permitirán definir el espacio de trabajo, el radio de giro y otras características importantes.

Tabla I. **Dimensiones básicas a considerar**

Número	Nombre
1	Centro de carga
2	Sistema de rodamiento
3	Inclinación del mástil
4	Altura hasta el techo de la cabina
5	Altura del asiento al techo de la cabina
6	Altura del pasador de remolque
7	Ancho total
8	Espacio libre al suelo (Punto más bajo)
9	Espacio libre al suelo (En el centro del montacargas)
10	Distancia de carga
11	Compartimiento de batería (para montacargas eléctricos)
12	Longitud del montacargas sin horquillas
13	Distancia entre ejes
14	Distancia necesaria para apilar en ángulo recto
15	Pasillo de intersección a 90°
16	Radio de giro exterior
17	Altura del escalón de cabina
18	Altura del piso (Para montacargas de operador sentado)

Fuente: Yale Corporation (2013). *ERC030-040VA Electric Powered Cushion Tire Trucks*

Figura 7. Dimensiones de montacargas



Fuente: Yale Corporation (2013). ERC030-040VA Electric Powered Cushion Tire Trucks

7.5. Capacidades de carga

En la placa informativa de cada montacargas se encuentra descrita la capacidad máxima que puede levantar el montacargas, todo esto en términos de peso y centro de carga. Generalmente, el peso se especifica en kilogramos y en libras (Aguilar, Seguridad en montacargas, 2019).

7.6. Alturas de trabajo

Las alturas de trabajo son importantes para considerar el tipo de montacargas que se va a utilizar, tanto la altura máxima a estibar, como la altura de los puentes, puertas y pasos del montacargas. Los montacargas de combustión son ideales para cargas pesadas, mientras que los eléctricos, son de mucha utilidad cuando se desea estibar a grandes alturas; es importante tomar en cuenta que, a mayor altura, se maniobrará una menor capacidad de carga (Aguilar, Seguridad en montacargas, 2019).

Como datos generales sabemos que la altura máxima en equipos de operador parado es de 10.300 mm y una capacidad de 3.000 lb, mientras que, para un montacargas de combustión, la altura máxima es de 5.500 mm de altura para estibar, y capacidades de hasta 8 Ton para la carga en la clasificación (Yale Corporation, 2008).

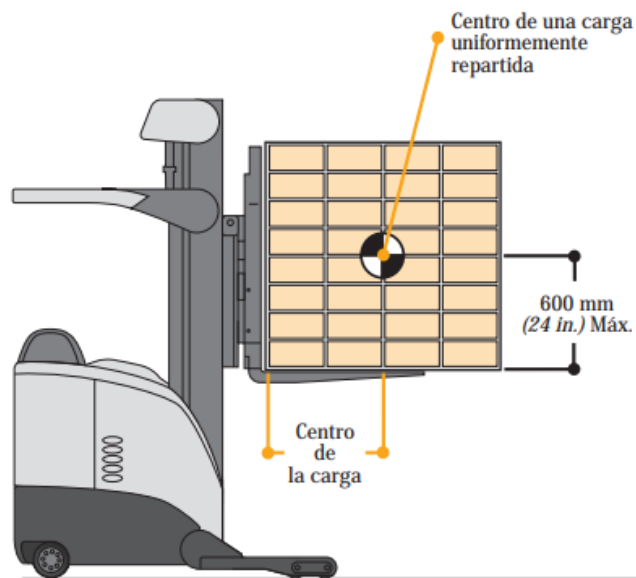
Al momento de estibar en estantería, la altura máxima del montacargas no es la altura máxima a la que se coloca la última carga, sino que, en relación a la altura de rack, se debe de considerar de 10 centímetros a 15 centímetros de más altura para que cuando se esté colocando la carga, la tarima pueda desplazarse primero, sin golpear la estructura, luego para minimizar los tiempos de estiba y poder maniobrar y centrar adecuadamente la carga en su posición.

Todo esto nos permitirá trabajar de manera segura tanto para la estructura (porque se evitarán golpes que puedan dañar el larguero o el marco, para la carga porque se evitan golpes a la tarima o bien colocar mal la carga y que esta se voltee o quede colocada en dos posiciones, lo que nos llevaría a un reproceso de almacenaje y también para el operador, ya que al no tener esa distancia, pueden suceder incidentes de volteo de tarimas y caer sobre la cabina, golpear a un peatón tanto durante la instalación como después de la instalación (Aguilar, Seguridad en montacargas, 2019).

7.7. Capacidad nominal del centro de carga

Cuando medimos la distancia desde el delantal hasta el centro de una carga que esté distribuida uniformemente, tenemos esta distancia (Yale Corporation, 2020).

Figura 8. Centro de carga



Fuente: Crown Corporation (2012). *5200S Series Manual*

Para definir el centro de carga, se toma en cuenta el contrapeso instalado en el montacargas, ya que este ayuda a compensar el peso a levantar por las horquillas y así mantener estable el montacargas durante la operación de carga y descarga. En los montacargas de combustión interna, el contrapeso se localiza en la parte trasera del montacargas, mientras que, en los montacargas eléctricos, la batería actúa como contrapeso. (Mitsubishi Company, 2017).

7.8. Datos importantes del almacén

Para poder definir la altura que debemos de emplear en nuestro montacargas, es importante conocer los datos que se presentan en la tabla 1 según su característica.

Tabla II. **Almacén vs. Montacargas**

No.	Característica de almacén	Característica del montacargas
1	Altura de la estantería	Altura de levante del montacargas
2	Altura de las puertas y pasillos	Altura del mástil
3	Ancho de los pasillos	Radio de giro del montacargas
4	Profundidad doble, siempre debe tener larguero en el nivel 0	Accesorio de pantógrafo
5	Capacidad de soporte por posición	Capacidad de carga del montacargas
6	Temperatura de trabajo	Componentes y lubricantes adecuados
7	Pendientes	Tipo de montacargas y capacidad de levante

Fuente: Aguilar (2015). Capacitación de montacargas

Si el montacargas será utilizado para carga y descarga de contenedores, es necesario considerar la altura contraída de la torre para poder operar sin ningún problema. Mientras que, si el montacargas se va a utilizar en el exterior, se debe de considerar adicional el tener el sistema de rodamiento correcto (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

7.9. Tipos de mástil que existen

El mástil se asocia con el conjunto hidráulico del montacargas y dado que los fabricantes no definen una única altura de trabajo, es importante conocer diferentes características de nuestro almacén para poder determinar la altura que se va a requerir y los diferentes retos que se presentarán de acuerdo a la altura requerida (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

7.9.1. Mástil Simple

Estos montacargas se utilizan generalmente para transporte de carga y elevación no mayor a 3.000 mm, son montacargas de no más de 2 toneladas de capacidad (Caterpillar Corporation, 2020); desde hace aproximadamente cinco años se dejaron de fabricar (a excepción si se fabrican bajo pedido), ya que su precio es muy elevado y ya existen montacargas de clase III que realizan este trabajo a un costo menor. (Yale Corporation, 2020)

7.9.2. Mástil de dos etapas

También conocido como dúplex vertical, los montacargas con este tipo de torre son los que por lo general se utilizan para carga y descarga de contenedores, así como para apilar en bodegas a dos alturas (Mitsubishi Company, 2017).

7.9.3. Mástil de tres etapas

Este tipo de mástil tiene tres rieles, dos de ellos son deslizantes y el otro es estacionario. Permiten estibar carga a una mayor altura, pero no siempre pueden ser utilizados para descargar furgones. También es conocido como mástil FSV o de triple etapa vertical (Crown Corporation, 2012).

7.9.4. Mástil de cuatro etapas

Siendo el más complejo de los cuatro tipos de torre, este mástil tiene cuatro juegos de rieles y cadenas para movilizar las cargas. Para este tipo de mástil requieren por lo general que los operadores estén capacitados, así como accesorios especiales para poder tener una mejor visibilidad, ya que por la altura que alcanzan, la visión es restringida. También se conoce como mástil QFV (Crown Corporation, 2012).

7.10. Tipo de empresa a considerar

No toda actividad industrial requiere el mismo tipo de montacargas, existen varios factores que influyen al momento de seleccionar el equipo adecuado para trabajar, por lo que es importante considerarlos.

Cimientos del área donde se va a utilizar: Se debe de tener en cuenta que, a mayor capacidad del montacargas, mayor deberá ser el cimiento de la bodega, de lo contrario se producirá un hundimiento en el piso. El mínimo de espesor para una bodega con un montacargas pequeño (hasta 3 Ton) es de 15 cm de fundición de piso y así se debe de realizar el cálculo de la cimentación considerando todos los aspectos posibles. (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

Si el área donde se utilizará el montacargas es terracería, se debe de considerar que no sea un área pantanosa ni se desborone fácilmente para que no quede atascado el equipo. (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

Piso en el área de trabajo: Si el área a trabajar es en el interior de una bodega y el montacargas a utilizar debe de ser eléctrico, es importante considerar que el piso debe de estar en excelente estado, sin grietas, hundimientos o zanjas, ya que esto reduce en un 60 % el tiempo de vida de los rodos, ruedas *caster* y rueda de tracción; si se considera utilizar este tipo de montacargas en un área exterior, se debe de considerar que no puede haber túmulos en el camino tanto en la puerta como en el área exterior. Si se utilizará un montacargas en un área de terracería, lo más recomendable es un equipo con llantas neumáticas, ya que una llanta neumática se acomodará al terreno, mientras que una llanta sólida no podrá absorber el impacto del golpe y la vibración será mucha para el operador (Aguilar, Seguridad en montacargas, 2019).

Exterior o interior: Si el montacargas se utilizará en el exterior, se recomienda un montacargas de combustión, ya que un montacargas eléctrico no puede estar a la intemperie por la lluvia, sus componentes se arruinarían inmediatamente entren en contacto con el agua (BHS Global LTD, 2014).

Rampas de trabajo: Si la bodega tiene muchas rampas de trabajo, es importante no exceder el 5 % de inclinación si se va a utilizar un montacargas eléctrico, ya que estos por su altura a nivel del piso, no pueden subir o bajar pendientes muy pronunciadas. (Aguilar, Seguridad en montacargas, 2019).

Si se desea tener un montacargas eléctrico, se deberá de considerar que las rampas de trabajo tendrán que ser extensas para no superar el porcentaje de inclinación; si se deben de tener rampas con mayor inclinación, se deberá considerar utilizar entonces, un montacargas de combustión, ya que estos por su centro de masa, tienen una mayor estabilidad en este tipo de área de trabajo (Aguilar, Seguridad en montacargas, 2019).

Según el tipo de producto: Si el producto a movilizar es alimenticio, se debe de considerar que un montacargas de combustión no es una opción ideal, ya que la emisión de gases puede provocar contaminación, al igual que en una industria farmacéutica, por lo que será mejor utilizar un montacargas eléctrico, mientras que si la carga es de mucho volumen, peso o no uniforme es recomendable utilizar un montacargas de combustión, porque su contrapeso permitirá una mejor estabilidad al momento de estar estibando (Crown Corporation, 2012).

Temperatura de trabajo: Cuando se utiliza un montacargas en un área húmeda (cuarto congelado), se debe de tener en cuenta que los componentes eléctricos del montacargas deberán estar protegidos, así como el lubricante a utilizar deberá ser sintético y las grasas que se utilicen en el mantenimiento, también tienen que tener la característica de trabajo a temperaturas bajas. (Aguilar, Temperatura de trabajo con montacargas, 2010).

Como parte del mantenimiento de un equipo que trabaja en estas condiciones, considerar que luego de 4 horas de trabajo, hacer una pausa de media hora bajo el sol o en un área seca con por lo menos una temperatura de 20 °C, esto evitará que se peguen los componentes y se vuelvan frágiles, especialmente en la torre, que las mangueras se cristalizan y se agrietan con mayor facilidad (Aguilar, Temperatura de trabajo con montacargas, 2010).

Área abierta o cerrada: Si el área donde se utilizará es un sótano, se recomienda un montacargas eléctrico, ya que el montacargas de gas propano por la emisión de gases, creará un ambiente contaminado y nunca se debe de considerar, trabajar en un sótano con un montacargas de diésel, por el contrario, si es un área abierta, puede considerarse el uso de un montacargas de gas propano, de diésel se recomienda solamente para uso en exterior. Si es al aire libre, como se ha dicho anteriormente, un montacargas eléctrico no es la mejor opción (Mitsubishi Company, 2017).

7.11. Tipos de carga a considerar

De acuerdo a la capacidad del montacargas, la cual podemos verificar en la placa informativa, el peso se describe en libras o kilogramos, mientras que el centro de carga se da en pulgadas o milímetros, el operador debe saber determinar el centro de gravedad de la carga para saber si es igual al centro de carga del montacargas y determinar si tiene la capacidad de mover la carga (Yale Corporation, 2020).

Cuando la carga es mayor a la capacidad de carga, el equipo se desequilibra, las ruedas de dirección se despegan del piso y la carga se va hacia adelante, aunque la carga esté dentro de los límites de capacidad de carga, si está colocada demasiado adelante del punto de apoyo las ruedas se levantan y la carga se inclina hacia adelante (Zowell Corporation, 2020). Entonces, debemos de tener en cuenta que no solamente el peso, sino también el volumen de una carga es importante para la maniobra con el montacargas.

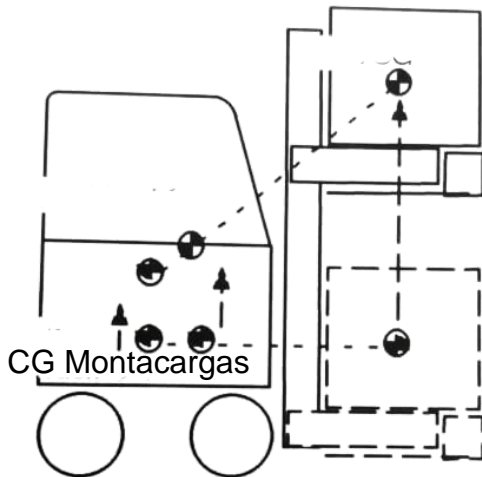
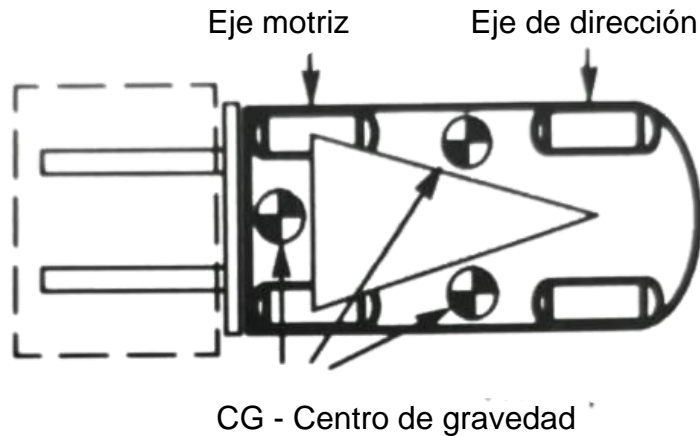
No importando si la carga no es mayor en peso a la capacidad del montacargas, puede haber desequilibrio si no es cargada adecuadamente, por lo que hay que ver que la parte más pesada este lo más cercano posible al respaldo.

Triángulo de estabilidad: Los triángulos de estabilidad del montacargas se forman calculando desde el centro de cada rueda delantera y de la parte de atrás, el centro del eje. Se traza una línea vertical dentro del triángulo de estabilidad que se irá desde el centro de gravedad del equipo-carga para evitar que el montacargas se vaya hacia adelante, se caiga de lado o bien la carga se pueda caer (Yale Corporation, 2008).

El centro de gravedad montacargas-carga, puede desplazarse fuera del triángulo de estabilidad si:

- La carga se levanta con las puntas de las horquillas,
- La carga se inclina para adelante,
- Se inclina demasiado para atrás cuando se levanta la carga,
- La carga es muy grande y sus dimensiones hacen que el montacargas cambie su centro de gravedad.

Figura 9. **Centro de gravedad**



Fuente: Yale Corporation (2010). *Quality parts for quality lift trucks*

7.12. Procedimiento de operación

La operación de montacargas se basa en 5 principios que usted debe conocer para evitar situaciones peligrosas. Conocer estos principios le ayudara a reconocer la capacidad y las limitaciones de su equipo (Aguilar, Seguridad en montacargas, 2019).

- Punto de apoyo
- Centro de carga
- Capacidad de carga
- Centro de gravedad
- Triángulo de estabilidad

- Inspección básica:
 - Sistemas de Seguridad
 - Sistemas de Operación
 - Alarmas
 - Frenos
 - Sistema Hidráulico
 - Batería
 - Controles de movimiento
 - Llantas
 - Fugas
 - Nivel de aceite motor e hidráulico

Regla de los 20 cm: Cuando lleve carga, las horquillas siempre deben de ir a 20 cm del nivel del suelo e inclinada levemente para atrás.

¿Cómo recoger una carga? Para recoger una carga, colocar el montacargas a unos 30 cm de distancia de la carga, el mástil y las horquillas deben de formar un ángulo de 90° porque si las horquillas entran con inclinadas hacia atrás dañarán la carga, una vez que las horquillas entran a la carga, debe de levantarla e inclinar el mástil hacia atrás levemente, esto mueve el centro de carga hacia el equipo y provee mayor estabilidad (Yale Corporation, 2020).

¿Cómo descargar? Estacionarse enfrente del lugar en donde se va a descargar, mover el mástil hasta ponerlo en ángulo recto 90° de modo que la carga quede paralela al piso, bajar la carga, luego retroceder si es seguro hacerlo. No se debe de arrastrar en el suelo las horquillas (Yale Corporation, 2010).

¿Cómo desestibar una carga?: Acercarse alineado con la carga y detenerse unos 30 cm antes de tocar el rack y/o la carga, elevar el mástil hasta que las cuchillas lleguen a la altura deseada, nivelar las cuchillas a 90° y avanzar hasta que tope la carga con el respaldo, después levantar la carga hasta que despegue, asegurarse de que no hay nadie y retroceder lentamente, inclinar la carga ligeramente hacia atrás y bajar la carga (Aguilar, Seguridad en montacargas, 2019).

Tanto para recoger como para descargar, es importante tener en cuenta que, cuando la carga obstruya su visión, debe de manejarse en reversa y tener presente que, si la carga es muy ancha, el mover las cuchillas para que estén más abiertas se tendrá mayor estabilidad; si se maneja sin carga subir en reversa y bajar con las horquillas hacia adelante, observando el centro de gravedad; si se está manejando con carga se debe subir con la horquillas para adelante y bajar de retroceso (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

7.13. Planificación del mantenimiento

Como se ha indicado en la descripción de las partes del montacargas, el horómetro es importante para determinar los intervalos de mantenimiento, sin embargo, no solamente este factor se debe de tomar en cuenta, sino también los días calendario, las jornadas de trabajo si son de ocho horas o de mayor tiempo y el medio ambiente al cual está expuesto el montacargas (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

Para establecer períodos de tiempo en un equipo que trabaja en un ambiente no contaminado, una jornada de ocho horas diarias, podríamos tomar como base la siguiente tabla de mantenimientos:

Tabla III. **Período de mantenimiento**

Por horómetro (en horas)	Por tiempo
250	6 semanas
500	3 meses
1000	6 meses
2000	1 año

Fuente: Yale Corporation. (2010). *Quality parts for quality lift trucks*.

Una inspección diaria también es importante, para determinar el estado del equipo y poder laborar de manera segura, es responsabilidad tanto del operador, como del departamento de mantenimiento el buen estado diario del montacargas, ya que, con una inspección visual, se puede prevenir un paro correctivo.

7.13.1. Mantenimiento y lubricación

Como se dijo en el punto anterior, es responsabilidad del operador la inspección diaria y una inspección visual puede prevenir un mantenimiento correctivo. La inspección de llantas, niveles de aceite y condición de las piezas en el mástil que se deben lubricar, son notas que el operador debe reportar inmediatamente al departamento de mantenimiento para el buen funcionamiento del equipo (Tailift Group, 2017).

7.14. Seguridad en los montacargas

En Guatemala los accidentes ocasionados por un montacargas son poco mencionados, pero según datos obtenidos por historiales en varias empresas, al menos un accidente diario es reportado por montacargas, la mayoría es por un descuido del operador o bien por un mal mantenimiento, por lo tanto, es importante tener en cuenta lo siguiente:

- Un buen operador debe
 - Ser responsable y sereno
 - Estar Atento y consciente
 - Respetuoso y precavido

- Responsabilidades del operador
 - Usar el equipo necesario para protegerse
 - Revisar y reportar cualquier falla
 - Realizar una inspección del equipo al inicio del turno
 - Seguir las normas establecidas en la empresa
 - Definir rutas de trabajo
 - Respetar las intersecciones, pasillos y peatones.

7.15. Servicio técnico

El departamento de mantenimiento es el indicado para realizar cualquier mantenimiento que necesite el montacargas, es importante conocer que cuando se requieran mantenimientos a determinadas piezas, se debe de considerar el colocar piezas que sean de acuerdo a la línea, modelo y serie del montacargas, para evitar que el equipo se altere y su operación sea peligrosa (Aguilar, Capacitación de montacargas, 2015).

La capacitación constante del personal de mantenimiento es importante el considerarla, ya que día a día los equipos van renovándose, algunos se discontinúan y las partes de estos ya no son tan fáciles de encontrar, por lo que un buen mantenimiento ayudará a alargar la vida del equipo.

8. METODOLOGÍA

8.1. Diseño de investigación

Mediante la observación de los procesos y funciones, se realizará un estudio de tipo no experimental y de acuerdo a las características de cada equipo y las posibles áreas de trabajo se establecerá una propuesta de mantenimiento, teniendo en cuenta características, medio ambiente y tipo de carga, entre otras especificaciones según recomendaciones de los fabricantes.

8.2. Tipo de estudio

Teniendo en cuenta los diferentes procedimientos de medición y de operación, se realizará un estudio cuantitativo de acuerdo a las variables y procedimientos para establecer parámetros de operación, registrando los datos obtenidos y analizando los parámetros para cada tipo de montacargas.

8.3. Alcance de investigación

Teniendo en cuenta la descripción de los procesos y observación de los mismos, el alcance de la investigación es de carácter descriptivo, realizando el plan de mantenimiento de acuerdo a los parámetros observados y las características de cada tipo de montacargas, tomando en cuenta las normativas generales que se aplican durante la fabricación, operación y mantenimiento de cada uno de los equipos.

8.4. Variables e indicadores

En la siguiente tabla se muestran las variables e indicadores que se utilizarán:

Tabla IV. Variable e indicadores

Variables	Indicadores	Tipo
Tiempo de carga	Carga de batería o tanque	Cuantitativo
Tiempos de descanso		Cuantitativo
Variables de duración		Cuantitativo
Conexión de batería	Condición de cargador, cilindro y batería	Cualitativo
Conexión de cargador		Cualitativo
Estado de accesorios		Cualitativo
Aceite hidráulico	Sistema hidráulico	Cuantitativo
Filtros		Cualitativo
Mangueras hidráulicas		Cualitativo
Abrazaderas y acoples		Cualitativo

Fuente: elaboración propia, realizado con *Microsoft Word*

8.5. Fases de investigación

Fase 1: Elaboración y revisión documental. Para la gestión del plan de mantenimiento para cada equipo, es necesario primero realizar una investigación documental sobre características y funciones de cada clase de montacargas, cursos, entrevistas, elaboración de tablas, investigación de documentos y manuales de procedimientos que se han implementado y que servirán para enriquecer la información que se necesita de los equipos, enfocándonos en los montacargas de clase I y clase II, ambos con batería convencional y con batería de litio, así como los clase IV y clase V para que con esto, se establezcan los factores necesarios para la realización de un plan de mantenimiento adecuado.

Fase 2: Análisis de la información. Con la información teórica recopilada, se procederá a recabar información en el área práctica, para poder determinar lo esencial al momento de iniciar un mantenimiento en estos equipos, características de los mismos y diseños especiales, así como los accesorios que son necesarios para cada clase de montacargas en estudio.

Fase 3: Trabajo en planta. Para esta fase se realizará trabajo de conocer las características de los equipos en base a la práctica, se procederá a desarmar, trabajar con un equipo de cada tipo y poder detallar partes importantes a considerar, tanto en la práctica como bajo las normativas establecidas, los procedimientos e insumos a utilizar.

Fase 4: Creación del plan de mantenimiento. Una vez recopilada la información anterior, se procede a trabajar el plan de mantenimiento para cada equipo, de acuerdo a su clasificación, y para la clase I y clase II, de acuerdo también a su tipo de batería, se describen los pasos, las recomendaciones de trabajo y recomendaciones de insumos necesarios.

8.6. Muestreo

Los equipos a utilizar serán uno por cada clase de montacargas y tipo de batería, para poder de forma general realizar el plan de mantenimiento.

9. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Como parte de las técnicas de análisis de información, se tomarán en cuenta los manuales y características de los distintos modelos de montacargas, en base a esto, se enlistarán las diferencias que existen entre cada uno de ellos; adicional se tomarán en cuenta las experiencias del operador, normativas, medio ambiente, tiempo o frecuencia de uso, distancias y los ciclos de carga y descarga para establecer las variables a considerar para plantear el plan de mantenimiento.

Considerando entrevistas con operadores, manuales de fabricantes, historiales de trabajo, recomendaciones de normativas, estimación de vida útil de los componentes, probabilidades de falla en jornadas de trabajo cuando los equipos trabajan en ambientes extremos, se elaborarán tablas para establecer de manera ordenada las tareas de mantenimiento según los criterios antes mencionados. Mediante un muestreo estratificado, se realizarán estudios a cada tipo de montacargas para determinar el mantenimiento que se aplicaría.

Dichas tablas en conjunto con la información del fabricante y la experiencia del operador del montacargas serán importantes para establecer la periodicidad del mantenimiento de los equipos, con dicha información, se establecerán en las tablas, referencias con las que se analizará el mantenimiento propuesto para estos equipos.

10. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

En este estudio de investigación, se considerará como recurso humano a utilizar el asesor técnico que impartió el curso de mantenimiento general de montacargas, para tener un mejor panorama de los pasos a considerar para gestionar bien el plan de mantenimiento, así como los técnicos que estarán trabajando los procesos para desarrollar dicho plan. Para financiar los recursos materiales, se considerarán los montacargas tanto de combustión como eléctricos necesarios con sus baterías y cargadores correspondientes.

Tabla V. **Presupuesto de la investigación**

Recurso Material, Físico y Tecnológico				
No.	Descripción	Unidad	Costo (Q)	
1	Equipo de computo	Global	6.000,00	
2	Montacargas	2	3.600,00	
Subtotal			9.600,00	
Recurso Humano				
No.	Descripción	Horas	Unidad	Costo (Q)
1	Asesor Técnico	36	100	3.600,00
2	Asesor del proyecto	20	125	2.500,00
3	Mecánicos	10	50	500,00
Subtotal				6.600,00
Resumen				
No.	Descripción			Costo (Q)
1	Recurso Material, Físico y Tecnológico			9.600,00
2	Recurso Humano			6.600,00
Total				16.200,00

Fuente: elaboración propia, realizado con *Microsoft Excel*.

11. CRONOGRAMA

Figura 10. Cronograma

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesor	2021											
						nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct
1	Aprobación del protocolo	45 días	lun 1/11/21	mar 4/01/22		[Barra de progreso]											
2	Desarrollo del trabajo de graduación	70 días	mar 2/11/21	mié 9/02/22		[Barra de progreso]											
3	Elaboración y revisión documental	10 días	mar 2/11/21	lun 15/11/21		[Barra de progreso]											
4	Enriquecer marco teórico	3 días	mar 2/11/21	jue 4/11/21		[Barra de progreso]											
5	Recopilación de entrevistas	2 días	vie 5/11/21	lun 8/11/21	4	[Barra de progreso]											
6	Recopilación de normativas	2 días	mar 9/11/21	mié 10/11/21	5	[Barra de progreso]											
7	Orden de documentación recopilada	3 días	jue 11/11/21	lun 15/11/21	6	[Barra de progreso]											
8	Análisis de la información	7 días	jue 11/11/21	vie 19/11/21	7	[Barra de progreso]											
9	Recopilación de manuales	3 días	jue 11/11/21	lun 15/11/21		[Barra de progreso]											
10	Comparación con normativas	4 días	mar 16/11/21	vie 19/11/21	9	[Barra de progreso]											
11	Trabajo de planta	7 días	mié 1/12/21	jue 9/12/21	10	[Barra de progreso]											
12	Trabajo en montacargas eléctrico	2 días	mié 1/12/21	jue 2/12/21		[Barra de progreso]											
13	Trabajo en montacargas de combustión	3 días	vie 3/12/21	mar 7/12/21	12	[Barra de progreso]											
14	Trabajo en baterías	2 días	mié 8/12/21	jue 9/12/21	13	[Barra de progreso]											
15	Creación del plan de mantenimiento	42 días	vie 10/12/21	mié 9/02/22	14	[Barra de progreso]											
16	Determinar actividades	10 días	vie 10/12/21	jue 23/12/21		[Barra de progreso]											
17	Comparativo con normas	10 días	lun 27/12/21	lun 10/01/22	16	[Barra de progreso]											
18	Determinar tiempos de trabajo	10 días	mar 11/01/22	lun 24/01/22	17	[Barra de progreso]											
19	Listado de materiales a utilizar	2 días	mar 25/01/22	mié 26/01/22	18	[Barra de progreso]											
20	Determinar procedimientos	10 días	jue 27/01/22	mié 9/02/22	19	[Barra de progreso]											
21	Presentación de resultados	10 días	lun 22/08/22	vie 2/09/22		[Barra de progreso]											
22	Discusión de los resultados	10 días	mar 6/09/22	lun 19/09/22	21	[Barra de progreso]											
23	Redacción de conclusiones	10 días	mar 20/09/22	lun 3/10/22	22	[Barra de progreso]											
24	Redacción de recomendaciones	10 días	mar 4/10/22	lun 17/10/22	23	[Barra de progreso]											
25	Redacción de informe final	15 días	mar 18/10/22	lun 7/11/22	24	[Barra de progreso]											

**Cronograma
PLAN DE MANTENIMIENTO
MONTACARGAS**

Tarea		Informe de resumen manual	
División		Resumen manual	
Hito		solo el comienzo	
Resumen		solo fin	
Resumen del proyecto		Tareas externas	
Tarea inactiva		Hito externo	
Hito inactivo		Fecha límite	
Resumen inactivo		Progreso	
Tarea manual		Progreso manual	
solo duración			

Fuente: elaboración propia, realizado con *Microsoft Project*

12. REFERENCIAS

1. Aguilar, L. (2010). Temperatura de trabajo con montacargas. Guatemala, Guatemala.
2. Aguilar, L. (2015). Capacitación de montacargas. Guatemala, Guatemala.
3. Aguilar, L. (2019). Seguridad en montacargas. Guatemala, Guatemala.
4. BHS Global LTD. (2014). Total Battery Room Solutions. St. Louis, Estados Unidos.
5. Calvimontes, W. (Octubre de 2011). Desgaste del motor a gasolina por uso y mantenimiento y cuantificación de emisión de HC y CO. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
6. Castillo, J. (julio de 2019). Desarrollo de un plan de mantenimiento, basado en el modelo de gestión de calidad TPM, con enfoque sistemático para equipos críticos dentro de una edificación y sus instalaciones. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
7. Caterpillar Corporation. (2020). Caterpillar Lift Truck parts. Estados Unidos.

8. Chávez, L. (2021). Montacargas NDR y sus baterías. Guatemala, Guatemala.
9. Clark Material handling Company. (2007). Mseries Internal Combustion. Bucheon, Korea.
10. Clark Material handling Company. (2011). C25C Gen2 Motors. Lexington, Estados Unidos.
11. Crown Corporation. (2012). 5200S Series Manual.
12. GNB Industrial Power. (2004). Technical Data Deep Cycle Batteries. Illinois, Estados Unidos.
13. GNB Industrial Power. (2007). Motive Power Design Batteries. Illinois, Estados Unidos.
14. Martínez, M. (Abril de 2013). Calidad en el servicio en capacitación a operadores de montacargas. Monterrey, Nuevo León, México: Universidad autónoma de Nuevo León.
15. Mitsubishi Company. (2017). Lift Truck Life.
16. Salguero, H. (mayo de 2007). Proceso de gestión de calidad en mantenimiento preventivo. Guatemala, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

17. Sánchez, S., Sono, N., & Uipan, M. (2016). Mejora de la gestión de montacargas en corporación Aceros Arequipa. Perú: Universidad del Pacífico.
18. Tailift Group. (2017). I.C Forklift Trucks. Shein Lin, Taiwan.
19. Yale Corporation. (2008). Manual Warehouse solutions Yale.
20. Yale Corporation. (2010). Quality parts for quality lift trucks.
21. Yale Corporation. (2013). ERC030-040VA. Electric Powered Cushion Tire Trucks. Greenville, North Carolina.
22. Yale Corporation. (2015). NR-NDR 030-045EA. Narrow Aisle Trucks.
23. Yale Corporation. (2018). LX2 Series Cushion Tire Trucks.
24. Yale Corporation. (2020). Yale Industrial Trucks. North Carolina, Estados Unidos .
25. Zowell Corporation. (2020). Electric Industrial Truck Leader Corporation. Jiangsu, China.

13. APÉNDICE

Apéndice 1. Matriz de coherencia

Diseño de investigación gestión de un plan de mantenimiento para montacargas eléctricos de batería de placa plana, de batería de litio y montacargas de combustión			
Objetivo general			
Diseñar diferentes planes de mantenimiento general para montacargas eléctricos de batería de placa plana, de batería de litio y montacargas de combustión.			
¿Cuáles son los planes de mantenimiento adecuados para los montacargas eléctricos de batería de placa plana, de batería de litio y montacargas de combustión?			
Objetivo específico	Pregunta de investigación	Indicadores	
1	Determinar los tipos de mantenimiento para los montacargas eléctricos de batería de placa plana, de acuerdo a sus diferentes características.	¿Qué características se deben tomar en cuenta para desarrollar los mantenimientos de montacargas eléctricos de batería de placa plana?	Tiempo de disponibilidad en reparación, tiempos de carga, períodos de trabajo.
2	Establecer los tipos de mantenimiento para los montacargas eléctricos de batería de litio, de acuerdo a sus diferentes características.	¿Qué características se deben tomar en cuenta para desarrollar los mantenimientos de los montacargas eléctricos de batería de litio?	Tiempo de carga, períodos de trabajo, tiempos de disponibilidad de información.
3	Describir los tipos de mantenimiento para los montacargas eléctricos de batería de litio, de acuerdo a sus diferentes características.	¿Qué características se deben tomar en cuenta para desarrollar los mantenimientos de los montacargas de combustión?	Tiempos de reparación, disponibilidad de repuestos.

Fuente: elaboración propia, realizado con *Microsoft Excel*

14. ANEXO

Anexo 1. Lista de verificación diaria antes de manipular un equipo

LISTA DE VERIFICACIÓN DE SEGURIDAD DEL MONTACARGAS			
<i>NOTA: El montacargas debe ser inspeccionado antes del inicio de las actividades</i>			
Tema: Capacitación de montacargas - Expositor: Lidia de Aguilar			
Fecha/turno	Número de equipo	Operador	
CÓDIGO:			
X = Satisfactorio		O = Necesita Atención	
U = Inseguro			
MONTACARGAS ELÉCTRICO		MONTACARGAS A GASOLINA, DIÉSEL O LPG	
	Bocina		Bocina
	Dirección		Dirección
	Frenos		Frenos
	Freno de estacionamiento		Freno de estacionamiento
	Freno del asiento		Controles hidráulicos
	Controles hidráulicos		Contador de horas
	Contador de horas		Horquillas, cadenas, cables, interruptores limitadores
	Horquillas, cadenas, cables, interruptores limitadores		Nivel de aceite del motor
	Daños o fugas evidentes		Radiador/sistema de enfriamiento
	Condición de neumáticos		Nivel de combustible
	Faros delanteros y luces de cola		Daños o fugas evidentes
	Luces de advertencia		Condición de neumáticos
	Conexión de enchufe de batería		Faros delanteros y luces de cola
	Indicador de descarga de la batería		Luces de advertencia
	Cinturón de seguridad		Cinturón de seguridad
	Indicadores e instrumentos		Indicadores e instrumentos
Comentarios:			

Fuente: Aguilar, L. (2015). *Capacitación de montacargas*.