



## TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO

Desarrollo de un sistema de elevación y transporte de carga para movilización y desplazamiento de mercancías en espacios reducidos mediante la herramienta de software solidworks e implementación de prototipo a escala.

**Modalidad:** Proyecto de Investigación

## AUTORES

Yordan Eduardo Gómez Castillo  
Cc.1098769446  
Jorge Armando Cadena Pineda  
Cc.1096223495

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA**  
**PROGRAMA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**  
**BARRANCABERMEJA**

FECHA DE PRESENTACIÓN:13-09-2020



### **TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO**

Desarrollo de un sistema de elevación y transporte de carga para movilización y desplazamiento de mercancías en espacios reducidos mediante la herramienta de software solidworks e implementación de prototipo a escala.

**Modalidad:** Proyecto de Investigación

### **AUTORES**

Yordan Eduardo Gómez Castillo

Cc.1098769446

Jorge Armando Cadena Pineda

Cc.1096223495

**Trabajo de Grado para optar al título de  
INGENIERO ELECTROMECHANICO**

### **DIRECTOR**

Fredy Alberto Rojas Espinoza

### **CODIRECTOR**

Luis Omar Sarmiento Álvarez

Grupo de Investigación en Ingeniería y Ciencias Sociales-**DIANOIA**

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA**

**PROGRAMA INGENIERÍA ELECTROMECHANICA  
BARRANCABERMEJA**

**FECHA DE PRESENTACIÓN: 13-09-2020**

Nota de Aceptación

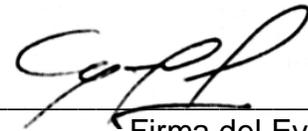
APROBADO

---

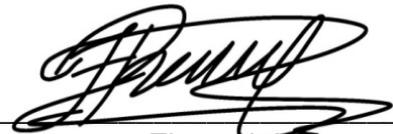
---

---

---



Firma del Evaluador



Firma del Director

## DEDICATORIA

En primer lugar, darle las gracias a Dios por sus innumerables bendiciones, también agradezco a mis padres y demás familiares que siempre me apoyaron, para que siguiera este proyecto y no me diera por vencido, estoy muy agradecido con la institución por darme la oportunidad de alcanzar este proyecto que tanto había anhelado e igualmente a mis amigos y compañeros quienes han estado en todo momento, por sus consejos y apoyo incondicional.

**YORDAN EDUARDO GOMEZ CASTILLO**

Quiero darle las gracias a Dios por acompañarme en el trayecto de mi carrera e igualmente, a mi familia que siempre supieron como aconsejarme y darme los Ánimos que necesitaba para seguir afrontando cada obstáculo que encontraba en El camino, agradezco de igual forma a la institución por abrirme las puertas y Alcanzar este logro tan importante.

**JORGE ARMANDO CADENA PINEDA**

## AGRADECIMIENTOS

Ante todo, queremos agradecer a Dios por estar en todo momento a nuestro lado acompañándonos y brindarnos las fuerzas necesarias para afrontar cada momento de debilidad que tuvimos a lo largo de nuestra carrera, con cada una de sus bendiciones nos dio el impulso necesario para estar cada vez más cerca de alcanzar este logro en nuestras vidas.

En este largo camino para cumplir con éxitos, este proyecto no hubiese sido posible sin la ayuda de nuestras familias y amigos, que con su granito de arena aportaron para lograr alcanzar esta meta, siempre orientándonos con cada consejo y experiencias que nos compartieron, que fueron vitales para afrontar los retos que se presentaban a lo largo de nuestra carrera.

Damos las gracias a las Unidades Tecnológicas de Santander regional Barrancabermeja por brindarnos la oportunidad de formarnos como profesionales y darnos las herramientas necesarias para afrontar las exigencias que se nos presentaran en el campo laboral, por último, agradecer al Ingeniero Fredy Alberto Rojas Espinoza por ser un gran docente quien supo guiarnos ante cualquier situación de dificultad que se nos presentó en el transcurso en nuestra carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

<b><u>RESUMEN EJECUTIVO .....</u></b>	<b><u>10</u></b>
<b><u>INTRODUCCIÓN .....</u></b>	<b><u>11</u></b>
<b><u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</u></b>	<b><u>12</u></b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	13
1.3. OBJETIVOS .....	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES .....	15
<b><u>2. MARCOS REFERENCIALES .....</u></b>	<b><u>18</u></b>
2.1. MARCO HISTÓRICO .....	18
2.2. MARCO TEÓRICO .....	20
2.2.1. SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA. ....	20
2.2.2. TORNILLO SIN FÍN CORONA .....	20
2.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS TORNILLOS SIN FIN CORONA .....	20
2.2.4. SISTEMAS DE ELEVACIÓN .....	21
2.3. MARCO CONCEPTUAL .....	24
2.3.1. PARÁMETROS GENERALES DE LOS ELEVADORES .....	24
2.4. MARCO LEGAL .....	28
2.4.1. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, 2769-4. CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE ELEVACIÓN VERTICAL PARA EL TRANSPORTE DE CARGA. ....	28
2.4.2. NORMA UNE-ISO, 13857. SEGURIDAD DE LAS MAQUINAS. DISTANCIA DE SEGURIDAD PARA IMPEDIR QUE SE ALCANCEN ZONAS PELIGROSAS. ....	29
2.4.3. NORMA UNE-1037. SEGURIDAD DE LAS MAQUINAS EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN MECÁNICA. ....	29
2.4.4. NORMA UNE-349. DISTANCIAS MÍNIMAS PARA EVITAR EL APLASTAMIENTO DE PARTES DEL TRABAJADOR. ....	30
<b><u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....</u></b>	<b><u>30</u></b>
<b><u>3.1. FASE METODOLÓGICA .....</u></b>	<b><u>30</u></b>
<b><u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....</u></b>	<b><u>32</u></b>

<b>4.1. DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE ELEVACIÓN Y TRANSPORTE DE CARGA. ....</b>	<b>32</b>
<b>4.2. CÁLCULOS DE DISEÑO PARA EL MODELADO DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN Y TRANSPORTE DE CARGA. ....</b>	<b>38</b>
<b>4.3. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO A ESCALA DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN.....</b>	<b>47</b>
<b>4.4. ACUERDO DE CONSULTORÍA CON LA PAPELERÍA AZTECA. ....</b>	<b>50</b>
<b><u>5. RESULTADOS.....</u></b>	<b><u>53</u></b>
<b><u>6. CONCLUSIONES.....</u></b>	<b><u>60</u></b>
<b><u>7. RECOMENDACIONES .....</u></b>	<b><u>61</u></b>
<b><u>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u></b>	<b><u>62</u></b>
<b><u>9. ANEXOS .....</u></b>	<b><u>64</u></b>
<b>A. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>64</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Elevador móvil, tijera simple, hidráulica .....	22
Figura 2. elevador fijo de tijera simple e hidráulica.....	22
Figura 3. Elevador Fijo, doble tijera, hidráulico.....	23
Figura 4: Abrazaderas en cables.....	25
Figura 5: Componentes de los cables .....	26
Figura 6: Elevador móvil de columna .....	26
Figura 7. Base del Elevador .....	32
Figura 8. Columna Guía .....	33
Figura 9. Canasta sistema de elevación.....	34
Figura 10. Polea .....	34
Figura 11. Brazo Estabilizador .....	35
Figura 12: sistema de elevación en posición móvil .....	36
Figura 13: sistema de elevación.....	37
Figura 14. Placa de canasta.....	39
Figura 15: placa canasta vista frontal.....	39
Figura 16: diagrama de carga .....	39
Figura 17: Diagrama de Cuerpo libre .....	40
Figura 18: diagrama Fuerza cortante .....	41
Figura 19: diagrama flector.....	41
Figura 20: propiedades físicas de la canasta .....	44
Figura 21: propiedades físicas de columnas guías.....	45
Figura 22: vista lateral prototipo .....	47
Figura 23: Base del prototipo .....	48
Figura 24: Vista frontal prototipo .....	49
Figura 25: Posición elevada del prototipo.....	49
Figura 26: Punto crítico placa.....	57
Figura 27. Prototipo en vista Isométrica .....	58

### LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Selección de cables.....	43
Tabla 2: Planos Base del sistema de elevación .....	53
Tabla 3: Planos canasta Sistema de elevación .....	54
Tabla 4: Planos Viga Deslizante.....	55
Tabla 5: planos del sistema de elevación.....	56

## RESUMEN EJECUTIVO

El foco principal del presente trabajo de investigación es realizar un estudio técnico que involucra el diseño y simulación de un sistema de elevación móvil que cubra las necesidades de levantamiento y movilidad de cargas, dicho estudio se realiza inicialmente con la identificación de las características necesarias para suplir las necesidades en termino de movilidad y levantamiento de cargas.

Posteriormente se analiza los tipos de sistemas de elevación que puedan ser usados para el problema planteado, identificando ventajas y desventajas que puedan contribuir a la selección de un esquema combinado, tomando lo mejor de cada uno de los sistemas estudiados.

Los cálculos realizados para determinar la capacidad del sistema van enfocados hacia la parte estructural en relación a la identificación de esfuerzos y deformaciones a las cuales pueda estar sometido el sistema de elevación e identificar puntos críticos o puntos de falla, esto con el objetivo de seleccionar materiales y dimensiones de los componentes requeridos para la construcción del sistema de elevación.

Una vez realizados los cálculos se procede a la elaboración del sistema de elevación a través del software de diseño solidworks, con el cual se termina de ajustar parámetros dimensionales establecidos en la ingeniería básica.

Finalmente se construye un prototipo a escala con el cual se logra maquetar el diseño seleccionado para la presentación frente a los jurados calificadores.

**Palabras Claves:** Sistema de elevación, modelamiento, prototipo, Solidworks

## INTRODUCCIÓN

Con la proyección que hoy día tienen las pequeñas y medianas empresas, se busca de manera acelerada la mejora continua de sus procesos, para ello es imperativo realizar inversiones en equipos o sistemas que permitan facilitar sus labores logísticas dentro de sus instalaciones y de esa forma aumentar su competitividad. En esa búsqueda de mejorar las tareas logísticas de las empresas que poseen almacenes y bodegas, se plantea el desarrollo de sistemas más versátiles que se adapten a las condiciones específicas del lugar. Es por esta razón que los ingenieros de diseño se enfocan en el desarrollo de sistemas multi-tareas, como es el caso de los sistemas de elevación móviles, los cuales cumplen la función de transportar y elevar tanto cargas como personas en espacios limitados.

Para poder diseñar sistemas de elevación móviles se debe tener en cuenta aspectos de seguridad, operatividad y mantenibilidad, ya que el objetivo principal es establecer un criterio de costo beneficio para que en un análisis de inversión por parte de las compañías que deseen adquirirlo, sea factible la adquisición de unos sistemas con dichas características.

Basado en la necesidad de diseñar un sistema de elevación móvil que permita un mejor rendimiento en las tareas logísticas en talleres y bodegas se desarrolla el presente trabajo de investigación, el cual se basa en el desarrollo de un diseño en solidworks el cual logre agrupar las ventajas de sistemas de elevación previamente estudiados.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria de comercialización de artículos de papelería y oficina hoy día atraviesa un proceso de optimización en su infraestructura física, en dicho proceso de optimización se requiere el uso de elevadores que permitan además de la elevación de carga su movilización en espacios reducidos debido a que en sus bodegas no cuentan con mucho espacio, además el uso de estos sistemas le brindara seguridad a los operarios y evitara accidentes de tipo ergonómicos, al evitar que el operario exceda el peso máximo de levantamiento de manual, por estas razones se busca implementar sistemas que permitan estos levantamientos a un costo de instalación y mantenimiento razonables, que se encuentren bajo unas especificaciones de seguridad y técnicas que garanticen la confiabilidad de estos sistemas, algunos fabricantes y diseñadores de elevadores de carga han llegado a la conclusión de que bajo ciertas condiciones de operación y de capacidad el sistema sin fin corona, como sistema de trasmisión de potencia es una alternativa viable, que permitirá mejorar los sistemas de elevación y transporte de mercancía.

¿Cómo desarrollar un sistema de elevación y transporte de carga para la movilización y desplazamiento de mercancías en espacios reducidos mediante la herramienta de software solidworks e implementación de prototipo a escala?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con los antecedentes, la realización de este proyecto de grado de la carrera ingeniería electromecánica tiene como finalidad la implementación de un sistema de elevación y transporte de carga, permitiéndole al ingeniero de las Unidades Tecnológicas de Santander, seleccionar el sistema adecuado para la empresa Papelería Azteca, ya que esta no cuenta con herramientas óptimas que permita a los empleados del almacén mejorar los tiempos en el despacho y surtido de mercancía brindando mayor confort al empleador, quien se sentirá seguro sabiendo que los empleados podrán manipular y transportar la mercancía gracias a que el sistema de elevación le permitirá movilizar la mercancía sin tener que realizar esfuerzos que sobre pasen su capacidad evitando así posibles accidentes o lesiones lumbares en los operarios, además que la mercancía se mantendrá en perfecto estado debido a que la manipulación de la mercancía será por medio del sistema que permitirá que la manipulación y transporte de carga en espacios reducidos que encontramos en las bodegas y en pisos superiores se realice con mayor confianza ya que la mercancía ira protegida en la canasta evitando golpes o rozas con el resto de la mercancía evitando que la misma se dañe.

Como miembros del semillero de investigaciones de las UTS regional Barrancabermeja, surgen interrogantes acerca de cuáles serían los aspectos más relevantes dentro del diseño de un sistema de transmisión de potencia, accionada por un sinfín-corona bajo criterios establecidos por autores como Hamrock y Ledo Ovies, con los cuales podemos obtener una metodología confiable para el diseño de este tipo de sistemas.

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de elevación y transporte de carga para la movilización y desplazamiento de mercancías en espacios reducidos mediante la herramienta de software solidworks e implementación de prototipo a escala.

#### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un prototipo de elevación y transporte de carga que permita resolver el problema de distribución de mercancías en plantas de múltiples niveles por medio de una herramienta de software.
- Realizar los respectivos cálculos de diseño para el modelado de un sistema de elevación y transporte de carga real con el fin de establecer parámetros de simulación mediante la herramienta de software solidworks.
- Implementar un prototipo de sistema de elevación de carga a escala con el fin de demostrar los principios de funcionalidad basados en los diseños previos.
- Elaborar un informe ejecutivo con los resultados obtenidos en el proceso de la investigación, con el fin de lograr un acuerdo para la ejecución de una consultoría con la empresa Papelería Azteca mediante el análisis del desarrollo del prototipo de elevación.

#### 1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

A nivel internacional se encontraron la siguiente tesis de grado, “Sistemas mecánicos móviles de elevación de carga para descongestionar el área de embarque y desembarque del mercado mayorista de Ambato” La presente investigación consiste en el análisis de sistemas mecánicos móviles de elevación de carga para el Mercado Mayorista de Ambato (EP-EMA), para reducir los tiempos de embarque y desembarque de productos en los camiones para su posterior traslado hacia varios lugares expendio y consumo del país. Para ello se realizaron investigaciones de campo previas, como son la observación directa y toma de datos, necesarios para los análisis en esta investigación. Con la ayuda del Método de Factores Ponderados se pudo determinar el mejor sistema de elevación de carga, que en este caso es la banda transportadora, para posteriormente realizar los cálculos adecuados. (Robayo, 2016).

A nivel internacional también se encontró la siguiente tesis de grado, “Diseño y construcción de un elevador para la facultad de mecánica” El objetivo principal de esta tesis es diseñar y construir un elevador para la accesibilidad a la segunda planta del edificio central de la facultad de mecánica. Su diseño se basa en la norma técnica INEN 2 299, la norma española UNEEN 81-1, las que establecen los requisitos que deben cumplir los ascensores en los edificios. Teniendo en cuenta tres lineamientos o alternativas para el sistema de elevación las cuales son: sistema por adherencia, sistema de tracción por cable y sistema hidráulico. Teniendo en cuenta el rendimiento se escoge el sistema de tracción por cable, con un 80% de rendimiento y su fácil instalación para los elevadores de mediana y grandes cargas. Gracias a que emplea un sistema de enrollamiento que se compone básicamente de un grupo tractor acoplado a un tambor, alrededor del cual se enrolla un cable de acero que desplaza directamente la cabina hacia arriba o hacia abajo, enrollando o desenrollando el cable (Guamán & Vega, 2014).

A nivel internacional también se encontró la siguiente tesis. “Diseño y construcción de un elevador dúplex con capacidad de 25 kg para la biblioteca del campus el girón de la universidad politécnica salesiana, sede quito.” El proyecto se inicia en el marco teórico que busca principalmente en conceptos básicos de los componentes de los elevadores, realizando un comparativo y ponderación de criterios se busca la selección de alternativas que mejor satisfagan los requerimientos planteados para el izaje, sistema de puertas y sistema de seguridad. Además se busca elaborar un protocolo de pruebas para los equipos, seleccionando materiales, realizando cálculos de estructuras y diseño de diferentes componentes en función de la carga que debe elevar y los esfuerzos a los que se verán sometidos en el funcionamiento normal, para caracterizar los componentes que se requieren para su ensamble y adecuado funcionamiento (Jiménez y Pérez, 2012)

A nivel nacional se encontraron los siguientes trabajos, “Sistema mecatrónico automatizado de levantamiento y transporte de canastillas” El documento detalla el proceso investigativo que conllevó al problema del transporte de carga en las ciudades como Bogotá ya que este proceso está asociado a una alta incidencia de alteraciones que afectan directamente la salud, ya que esta actividad del levantamiento y transporte de carga en Colombia ha sido de manera artesanal, empleando personas para la realización de dichas tareas, generando en estos empleados problemas frecuentes como los espasmos y dolores lumbares. La elaboración del prototipo partió del hecho de tener que levantar el peso que promedia una canastilla plástica, tomando las dimensiones de la misma y partiendo de allí, se realizó el diseño de un chasis que cumple las características de levantar y transportar el peso determinado de la canastilla, para ello se usaron motores y llantas como medio de tracción y tomando como base las partes de un montacargas de gasolina el diseño del mecanismo de levantamiento de carga; y

para facilitar el proceso de transporte, se diseñó un circuito de control electrónico por radio frecuencia que ejerce control sobre todo el dispositivo, usando como interacción con el usuario un control remoto en forma de joystick. (Orjuela, 2018).

A nivel nacional también se encontró la siguiente tesis de grado, “Diseño y desarrollo de un elevador industrial de carga para la empresa Codimec”. Este proyecto busca diseñar una estructura que permita crear diferentes configuraciones de elevadores de carga teniendo en cuenta las diferentes aplicaciones. Creando una nueva línea de elevadores que la empresa CODIMEC LTDA, esta es una empresa antioqueña que está incursionando en la construcción de elevadores de carga, este proyecto creo un catálogo de elevadores de carga, el cual por medio de la empresa se ofrecerán los elevadores. Basados en la metodología propuesta por la universidad EAFIT, en la materia diseño metódico se realiza una estructura que permite la flexibilidad exigida por el proyecto, presentando varias propuestas donde se observa una disminución en los perfiles de tubería los cuales facilitarían la manufactura de la estructura y por ende mejorarían los tiempos de producción y entrega de la misma.

(García Y Uribe, 2006).

A nivel nacional asimismo se encontró la siguiente tesis de grado, “Diseño de un sistema elevador de carga para el almacén “Abastos la popa” El almacén “abastos la popa” es una empresa dedicada a la compra y venta de víveres y abarrotes en general, en esta actividad requiere del transporte y almacenamiento de la mercancía comercializada. Con fin de dar solución a esta problemática la empresa comercializadora solicito la presentación de alternativas de diseño para el transporte de su mercancía desde el punto de recepción hasta las bodegas ubicadas en niveles superiores y ser redistribuidas a los estantes. Para dar solución satisfactoria a dicha problemática, se realiza la investigación teniendo en

cuenta los siguientes pasos: reconocimiento de la necesidad, definición del problema, análisis del problema investigación y evaluación. En este proceso de diseño primero se analizan los elementos del elevador, tales como son la cabina con los elementos que la conforman y las guías verticales (Contreras y Pineda, 2002).

A nivel local, en la ciudad de Barrancabermeja y a nivel de la región del magdalena medio, no se han generado investigaciones sobre el tema.

## 2. MARCOS REFERENCIALES

### 2.1. MARCO HISTÓRICO

(Antonio Miravete, 2002) señala que a partir de este periodo (siglo V d.C. a XVII d.C.) se conocen instalaciones de elevación que apenas se diferencian de las antiguas. El desarrollo del comercio, la navegación y la industria en los siglos XI y XII contribuyó a perfeccionar las máquinas de elevación y a ampliar los sectores de aplicación. La catedral de Sofía en Novgorod (Rusia) en el siglo XI puede citarse como ejemplo de aplicación de sistemas de aparejos complejos.

Leonardo da Vinci parte de problemas agudos, buscando para ellos soluciones de tipo técnico. De este modo, crea una grúa móvil para facilitar las labores de construcción en las que hay que elevar cargas pesadas(Miravete, 2002). Dicha grúa está montada sobre un vehículo y se gobierna desde arriba mediante un cable tensado. El guinche del cable puede accionarse con una manivela dotada de transmisión por ruedas dentadas. Gracias a ello es posible elevar una carga. El gancho que sujeta la carga dispone un dispositivo automático accionado a distancia para soltarla.

Leonardo no propone este tipo de construcciones sólo como conceptos sin elaborar sino que soluciona todos los detalles relacionados con ellas e inventa así una serie de nuevos elementos para las máquinas (Miravete, 2002). Tornillos sin fin, engranajes helicoidales, una cadena articulada y diversos cojinetes de rodillos y bolas así como rodamientos axiales.

Arquímedes quien determinó el tornillo llamado como su nombre lo indica. Este tornillo está en el interior de un tubo, y puede elevar agua desde un lugar más bajo a otros más altos. Cuando el tornillo gira, hace que el agua suba por el tubo impulsándola a lo largo de su superficie en espiral como el tornillo sin fin y una hélice es también un tipo de tornillo (Mezzanotte, 2007). Las hélices hacen que el aire pase a través de ellas, accionando o impulsando el avión hacia adelante.

(Mezzanotte, 2007) afirma que el inventor del tornillo fue el griego Arquitas de Tarento (430-360 a.C.), al él se debe también el invento de la polea. Arquímedes (287-212 a.C.) perfeccionó el tornillo y lo llegó a utilizar para elevar agua. También fue Arquímedes el que inventó el tornillo sin fin, comúnmente llamado sin fin dado que no tiene fin, da vueltas y vueltas, se lo utiliza en tolvas y sin fines (tubos con uno adentro) para llevar granos y afines.

Pero no fue hasta la revolución industrial un elemento muy usado, principalmente porque debían ser producidos artesanalmente y nunca dos eran iguales, mucho menos la cavidad, agujero o tuerca en la que debía enroscar (Mezzanotte, 2007). Llegado el despertar de las máquinas este problema fue solucionado con la producción masiva con los mismos patrones. Igualmente había un problema, los fabricantes producían medidas diferentes y era un caos el conseguir las mismas. Por ello en 1841 el inglés Joseph Whitworth (1803-1887) sugirió un paso de rosca universal para todos los tornillos fabricados en cualquier parte.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

En el presente capítulo se mostrarán las teorías que cubren los sistemas de elevación y de los componentes que lo conforman.

### **2.2.1. *Sistemas de transmisión de potencia.***

Los sistemas de transmisión de potencia sin lugar a dudas son los componentes más sensibles dentro de cualquier sistema que involucre potencia, ya que es el encargado de transformar el movimiento con base en las necesidades puntuales del sistema, a continuación se mostrará uno de los más utilizados:

### **2.2.2. *Tornillo sinfín corona***

(Rojas, 2015) Establece en sus postulados que este tipo de engrane tiene lugar entre los ejes que no se intersecan ni son paralelos, por lo común forman un ángulo recto, y que a su vez uno de los engranajes posee rosca que hace las veces de tornillo sin fin. En ese mecanismo tanto el sinfín como la corona, tienen el mismo sentido de la hélice que los engranes helicoidales que se cruzan, de manera que es posible crear relaciones tan grandes como el número de dientes de la rueda respectiva, por consiguiente se emplean cuando se necesitan disminuciones muy grandes de velocidad.

### **2.2.3. *Características de los tornillos sin fin corona***

Este tipo de tornillo presenta un gran variedad de ventajas, ya que trabaja con una mayor superficie de contacto entre tornillo y rueda considerablemente mayor, lo cual hace que la capacidad de carga aumente y en esa medida también la potencia, ofreciendo además mejor rendimiento a bajas velocidades, dentro de toda esa variedad el tornillo tangente es el más utilizado debido a su fácil fabricación. “Este mecanismo se considera como transmisor del movimiento, el

tornillo es generalmente el elemento conductor. Como conducida puede utilizarse una simple rueda helicoidal”(Palacio, 2000, pág. 37).

#### **2.2.4. Sistemas de elevación**

Según (Miravete, 2002) Existe una gran variedad de elevadores que se utilizan en bodegas y talleres, sin embargo dentro de los más utilizados se encuentran los articulados y de columnas que se muestran a continuación.

##### ➤ **Elevadores articulados.**

Este tipo de elevadores conocidos como articulados se utilizan comúnmente para elevar una carga de una altura baja a una altura media y dentro de las aplicaciones más usadas es en talleres de automotriz, en los cuales se realizan cambios de llantas, alineaciones, mantenimiento de frenos etc.

Algo característico en estos elevadores es que utilizan dos formas en sus elementos estructurales, las cuales son las tijeras y el paralelogramo, que a su vez se pueden mover a través de sistemas de potencia electro-hidráulica o neumática.

Dentro de los modelos más usados de elevadores articulados se encuentran:

- Elevador de paralelogramo de baja elevación que se muestra en la figura 1.
- Elevador de paralelogramo con plataforma figura 2.
- Elevador de tijera doble o simple figura 3.

Figura 1. Elevador móvil, tijera simple, hidráulica



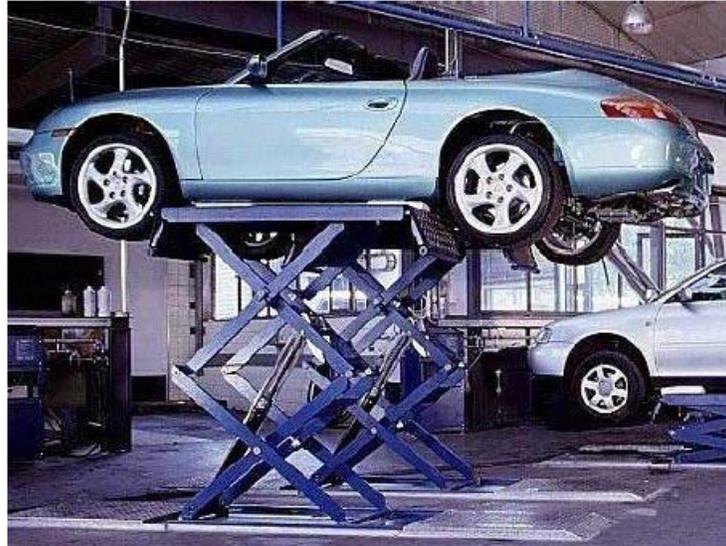
**Fuente:** tomado de, Plata, J. (2014). *Diseño de elevador móvil para vehículos livianos y construcción de un modelos a escala*. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander

Figura 2. elevador fijo de tijera simple e hidráulica



**Fuente:** tomado de, Plata, J. (2014). *Diseño de elevador móvil para vehículos livianos y construcción de un modelos a escala*. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander

Figura 3. Elevador Fijo, doble tijera, hidráulico



**Fuente:** tomado de, Plata, J. (2014). *Diseño de elevador móvil para vehículos livianos y construcción de un modelos a escala*. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander.

### **Elevadores de columna**

Los elevadores de columnas son los modelos de elevadores más comunes y ello se debe a su sencillez y aplicabilidad. En la industria existen 3 modelos que son los más usados:

**Elevadores de cuatro columnas.** Como se logra apreciar en la **figura** estos elevadores poseen una plataforma que consta de dos carriles sobre los que se monta el vehículo. Se utiliza básicamente para realizar cambios de aceites, alineaciones y reparación de cajas de transmisión.

**Elevadores de dos columnas.** Este tipo de elevadores se caracterizan por poseer una mejor relación de costo beneficio y a que su costo de adquisición es relativamente bajo y también poseen una gran variedad de aplicaciones, dentro de las cuales se pueden destacar las siguientes; cambio de llantas, cambio de aceites y reparaciones mecánicas generales.

## 2.3. MARCO CONCEPTUAL

### 2.3.1. *Parámetros generales de los elevadores*

En el proceso de diseño de elevadores es conveniente estandarizar variables tales como; velocidad, dimensiones, materiales y elementos básicos de construcción establecidos con base en las condiciones requeridas de trabajo del sistema de elevación(Palacio, 2000).

#### ➤ **Ascensor**

Se conoce como ascensor a un tecnofactoelevador instalado permanentemente, el cual tiene unas paradas en niveles definidos con el uso de una cabina, en la que las dimensiones son diseñadas para el acceso de personas, generalmente se desplaza a través de guías instaladas verticalmente

#### ➤ **Cabina**

La cabina es esencialmente un elemento del ascensor cuyo propósito es recibir personas y/o carga a transportar. Generalmente en el diseño de una cabina se debe tener en cuenta el tipo de carga a trasportar y la forma en la cual se va a introducir dicha carga, ya que de esto depende el tipo de piso y paredes que debe tener el recinto.

#### ➤ **Cables**

Para los elevadores generalmente se utiliza un cable de acero, el cual se encuentra conformado por un conjunto de alambres envueltos helicoidalmente, que unidos ellos constituyen una cuerda de metal apta para resistir esfuerzos de tracción con adecuadas propiedades mecánicas.

Algunas de las consideraciones que se deben tener en cuenta cuando se selecciona un cable son las siguientes:

- 1) Diámetro nominal de los cables debe ser mínimo 8 mm.
- 2) El número mínimo de cables debe ser de dos y deben ser independientes.
- 3) El factor de seguridad de los cables debe encontrarse en los siguientes rangos.
  - a) Doce en el caso de tracción por adherencia con tres cables o más.
  - b) Dieciséis en el caso de tracción por adherencia con dos cables.
  - c) Doce en el caso de tracción por tambor de arrollamiento.
- 4) Cuando se fijan los cables a la cabina, se deben instalar al menos 3 abrazaderas o grapas acordes para el tipo de cable instalado.

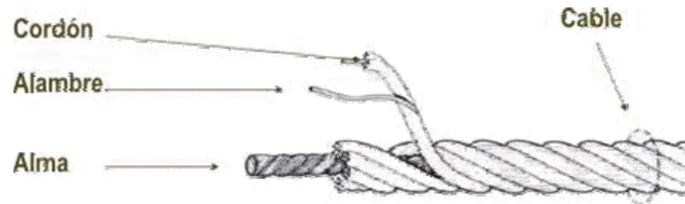
Figura 4: Abrazaderas en cables



**Fuente:** tomado de, Bartels, H. (2015). *Diseño, fabricación y montaje de un elevador de carga para el frigorífico metropolitano*. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander.

El cable de acero está formado por tres componentes básicos, los cuales son alma, alambre y cordón, tal como se muestra en la figura.

Figura 5: Componentes de los cables



Fuente: tomado de, [www.iph.com.ar/cables\\_de\\_acero\\_condor\\_fini.htm](http://www.iph.com.ar/cables_de_acero_condor_fini.htm)

### Elevadores móviles

Los elevadores móviles son sistemas electromecánicos que no solo cumplen la función de mover una carga verticalmente, sino que también desplazarla horizontalmente según la necesidad, convirtiéndose en una opción muy versátil al momento del transporte de carga en bodegas.

Figura 6: Elevador móvil de columna



Fuente: tomado de <https://iberiasl.com/columnas-moviles/>

**Características:**

- Posibilidad de configuración a 4,6,8 y 10 columnas
- Elevación electromecánica mediante sistema tornillo-tuerca.
- Autonivelación electrónica de las columnas
- Conexión de las columnas en secuencia
- Visualización del funcionamiento mediante un display LSD.
- Circuito auxiliar de baja tensión

**Capacidad de carga de los levadores móviles**

- Se recomienda nunca sobrepasar la carga permitida del elevador la cual se encuentra inscrita en una placa adherida al equipo. En caso tal que no se encuentre la placa o que este borrosa es necesario consultar con el fabricante.
- El elevador debe ser descendido completamente antes de realizar algún movimiento horizontal, asegurando con ello que evitar pandeos en la estructura que puedan causar algún tipo de afectación a la integridad del operario.

## **2.4. MARCO LEGAL**

### **2.4.1. Norma técnica colombiana, 2769-4. Construcción e instalación de sistemas de elevación vertical para el transporte de carga.**

#### **Objeto**

Esta norma trata de los requisitos de seguridad para la construcción, fabricación, instalación y mantenimiento de plataformas en sistemas de elevación mecánicas como eléctricas en posiciones verticales (NTC-2769-4, 2012), fijadas a una estructura de una edificación y destinadas para el uso de personas con movilidad reducida:

#### **2.4.1.1 Características**

El trayecto vertical entre los niveles predefinidos a lo largo de un recorrido guiado cuya inclinación respecto de la vertical no excede de los 15°, al respecto de la elevación de la carga, por la cual la componen estos elementos: "soportadas o sostenidas por piñón y cremallera, engranes, cables metálicos, cadenas, tornillo y tuerca, fricción/tracción entre las ruedas y la guía, cadena guiada, mecanismo de (directo o indirecto)" (NTC-2769-4, 2012, pág. 3).

#### **2.4.1.2 Sistemas de seguridad**

Esta norma trata sobre todos los peligros significativos correspondientes a las plataformas de elevación, cuando se usan adecuadamente y bajo las condiciones del fabricante que son: las plataformas elevadoras verticales cuya función primaria es el transporte de personas (NTC-2769-4, 2012), los sistemas de elevación

verticales cuyo habitáculo es completamente cerrado y pueden estar expuestas a la mala fabricación del fabricante.

#### **2.4.2. Norma UNE-ISO, 13857. Seguridad de las máquinas. Distancia de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas.**

La norma UNE-13857(2004) señala que los valores de las distancias de seguridad con el fin de impedir que se alcancen zonas peligrosas de las máquinas. Las distancias de seguridad en esta norma se han determinado a partir de las siguientes hipótesis:

#### **2.4.3. Norma UNE-1037. Seguridad de las maquinas en sistemas de transmisión mecánica.**

Esta norma especifica las medidas de seguridad integrada destinadas a impedir la puesta en marcha intempestiva de una máquina de transmisión mecánica(Norma UNE-1037, 2008), con el fin de que las intervenciones humanas en zonas peligrosas se puedan realizar con seguridad.

Esta norma es el de consignación. “Se entiende por consignación el procedimiento compuesto por el conjunto de las cuatro acciones siguientes: Separación de la máquina de todas las fuentes de energía. Si es necesario, bloqueo de todos los aparatos de separación”(Norma UNE-1037, 2008, pág. 8). Disipación o retención de cualquier energía acumulada que pueda dar lugar a un peligro. Verificación, mediante un procedimiento de trabajo seguro, de las acciones realizadas según los apartados anteriores han producido el efecto deseado.

#### **2.4.4. Norma UNE-349. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del trabajador.**

##### **Objeto**

El objeto de esta norma europea es permitir a quien la utilice (por ejemplo, redactores de normas, diseñadores de máquinas), evitar los peligros generados por las zonas de aplastamiento(Norma.UNE-349, 2008). Establece los espacios mínimos con relación a partes del cuerpo humano y es aplicable cuando se puede conseguir un nivel de seguridad adecuado por este método.

Esta norma también cubre las prensas, sistemas mecánicos, cuyo principal uso previsto es el trabajo de metales en frío, que vayan a utilizarse de la misma forma para trabajar otro tipo de materiales en láminas.

### **3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION**

#### **3.1. FASE METODOLÓGICA**

Durante el proceso de diseño de la investigación se siguieron una serie de fases que se mostraran a continuación:

##### **Fase 1.** Identificación de la necesidad.

**Actividad 1:** identificación de los aspectos requeridos para el sistema de elevación, como lo es; la capacidad de carga, altura máxima, velocidad de elevación, volumen de la canasta

**Actividad 2:** Análisis de espacio de la bodega para el dimensionamiento del sistema de elevación.

**Fase 2.** Conceptualización.

**Actividad 1:** Análisis de prototipos utilizados para aplicaciones similares.

**Actividad 2:** selección del diseño del sistema de elevación.

**Fase 3.** Ingeniería de detalle.

Durante la fase 3 se realizan todos los cálculos estructurales contemplados para la operación segura y confiable del sistema de elevación.

**Actividad 1:** Realización de cálculos estructurales del sistema de elevación.

**Actividad 2:** Estandarización de los componentes del sistema.

**Fase 4.** Simulación de movimiento

**Actividad 1:** Análisis de relación de posición entre componentes del sistema de elevación.

**Actividad 2:** Identificación de grados de libertad y restricciones de movimiento del sistema.

**Fase 5.** Prototipo

**Actividad 1:** Construcción de un modelo a escala que contiene todos los componentes que lo conforman.

**Actividad 2:** Exposición del proyecto a la empresa y a la comunidad académica.

## 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

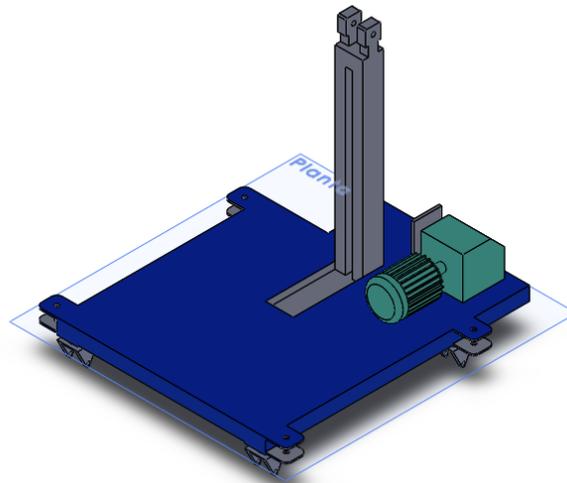
### 4.1. Diseño de un prototipo de elevación y transporte de carga.

Para la elaboración del proyecto fue necesario el uso de un software CAD (ComputerAidedDesign) llamado Solidworks. Para el modelado del diseño, se realizó una revisión de todas las alternativas disponibles en el mercado y se combinaron las ideas con el propósito de suplir las necesidades planteadas por la papelería azteca en relación con el manejo de las cargas al interior de la bodega.

A continuación se mostraran los componentes del sistema de elevación que presentan mayor relevancia por su función.

En la figura 7 se la base del sistema de elevación, el cual se encarga de soportar los componentes secundarios requeridos para la operación del sistema.

Figura 7. Base del Elevador

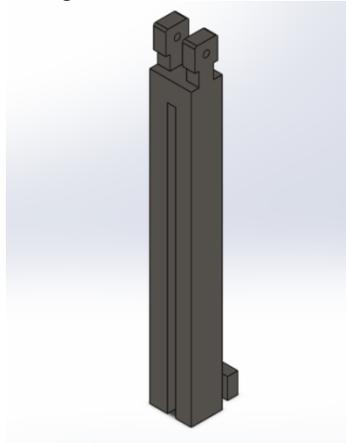


Fuente: Autor

Como se logra apreciar en la figura 7, la cual corresponde a la base del sistema de elevación, es el componente sobre el cual se van a instalar los componentes de tracción, como lo es el motor, sistema de transmisión y tambor, entre los

elementos que lo conforman también se logra ver que es movable por ende tiene las cuatro soportes de rueda, también posee una columna deslizante sobre la cual se desplaza otra columna de similares características.

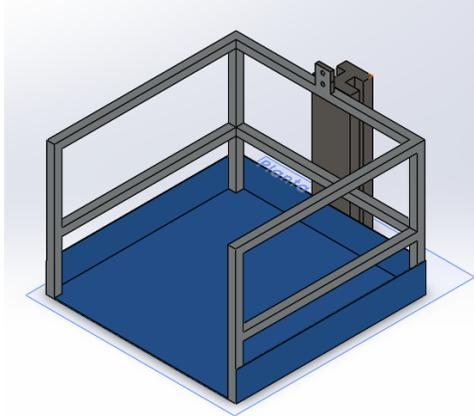
Figura 8. Columna Guía



Fuente: Autor

El componente que se muestra en la figura 8 corresponde a una de las dos columnas guías, la cual tiene la función de deslizarse a través de un mecanismo de guías ranuradas incorporadas en ella misma y así alcanzar la altura deseada.

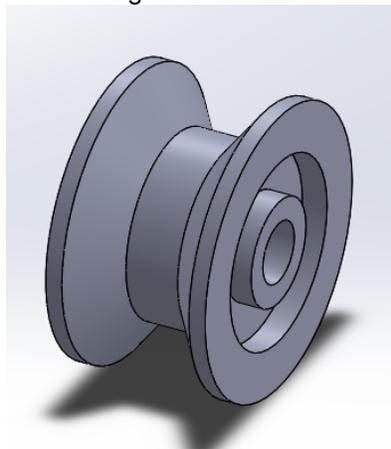
Figura 9. Canasta sistema de elevación



Fuente: Autor

En la figura 9 se muestra la canasta del sistema de elevación, cuya función es la de albergar la carga a transportar.

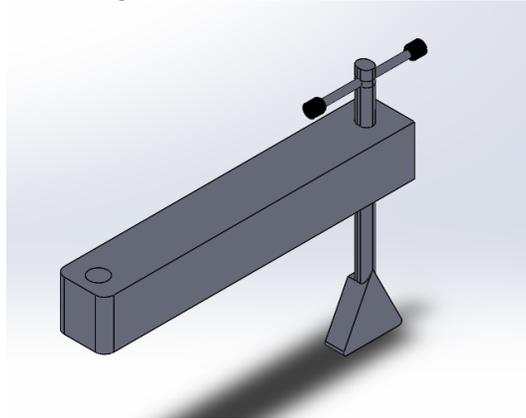
Figura 10. Polea



Fuente: Autor

En la figura 10 se muestra una de las poleas que se encarga de guiar el cable encargado de elevar la canasta del sistema de elevación.

Figura 11. Brazo Estabilizador

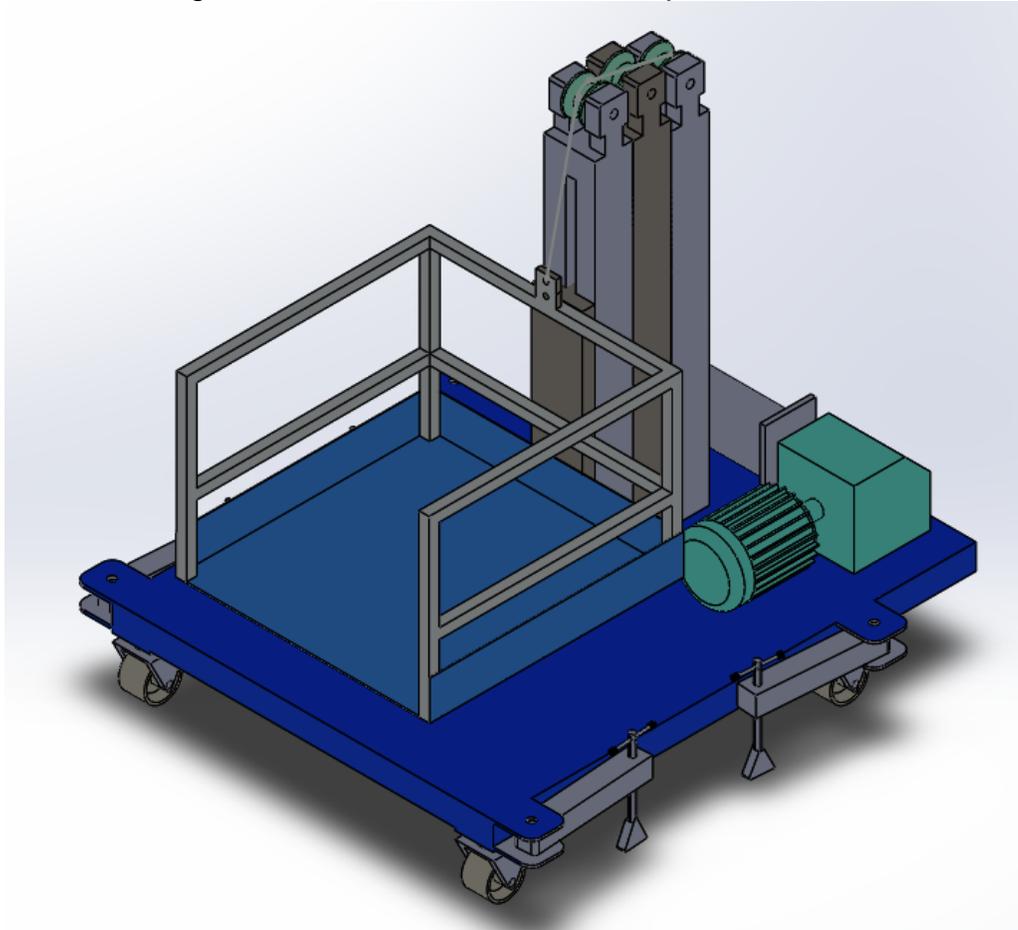


Fuente: Autor

El brazo estabilizador que se muestra en la figura 11, cumple con la función de aumentar la estabilidad de sistema de elevación cuando se encuentra en el transporte vertical de cargas.

En la figura 12 se logra apreciar el ensamble de las piezas previamente construidas, también se logra apreciar la posición compacta la cual se usa para realizar el transporte horizontal del sistema de elevación, en dicha posición se recogen los brazos estabilizadores.

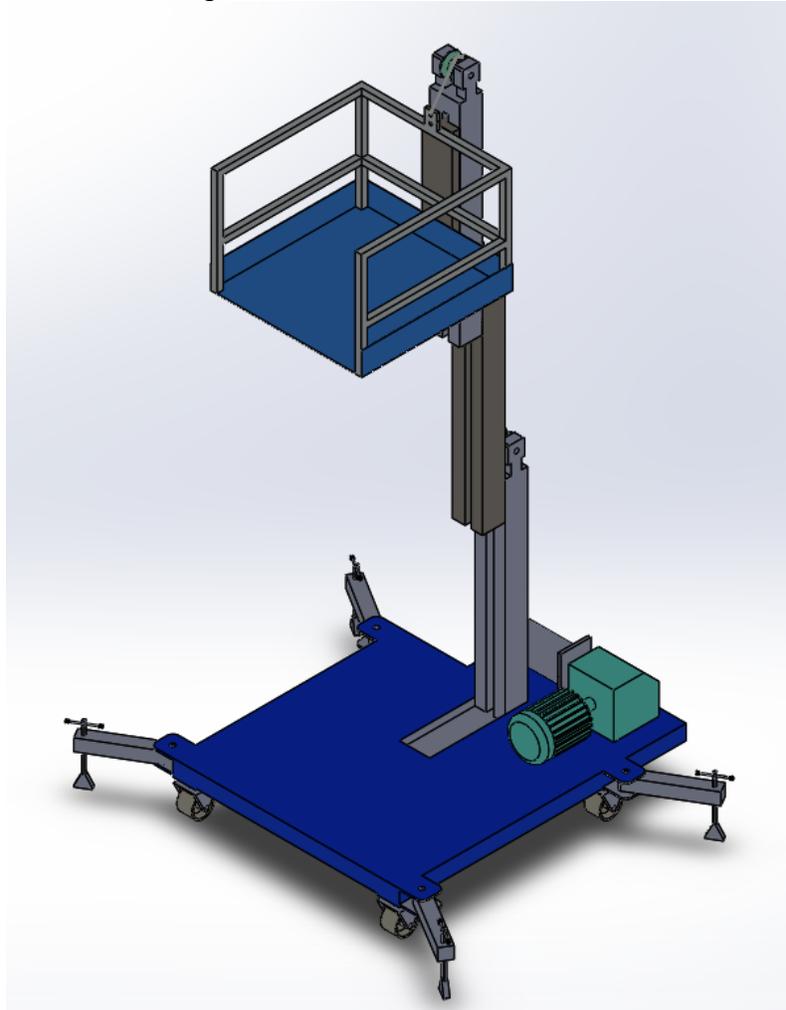
Figura 12: sistema de elevación en posición móvil



Fuente: Autor

Posteriormente en la figura 13 se logra apreciar el sistema de elevación en su punto de mayor altura, el cual se usa obviamente para el transporte de carga verticalmente.

Figura 13: sistema de elevación



Fuente: Autor

En la posición mostrada en la figura 13, la cual corresponde al sistema de elevación en su máxima altura, se extienden los brazos estabilizadores como se logra apreciar con el fin de aumentar la seguridad del sistema en términos de volcamientos y también es importante resaltar la funcionalidad de las columnas deslizantes.

#### **4.2. Cálculos de diseño para el modelado del sistema de elevación y transporte de carga.**

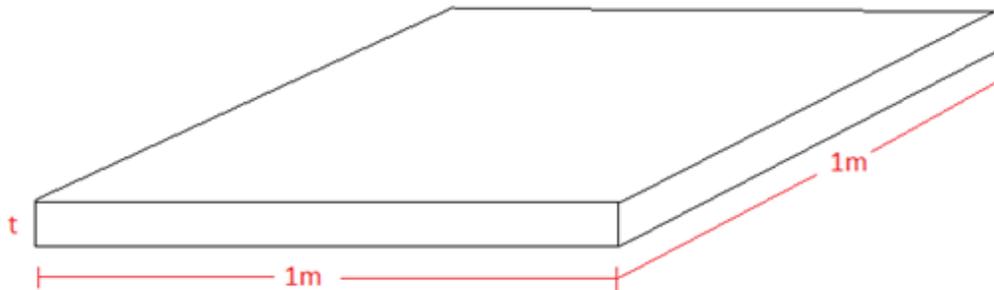
Para el desarrollo de los cálculos de selección, se requiere establecer algunas constantes de operación que definan la capacidad del sistema de elevación, para ello se toman velocidades y aceleraciones promedios utilizados en elevadores convencionales.

- Carga máxima a elevar 250 Kg (carga + persona).
- Elevación de 3.5 m
- Velocidad de 0.4 m/s
- Aceleración y desaceleración de  $0.5\text{m/s}^2$

Para la construcción de la estructura utilizamos un acero A-36 con un  $S_y=248\text{Mpa}$  y un  $S_u=400\text{Mpa}$ , ya que este tipo de acero es el más utilizado en estas estructuras por su gran resistencia y su bajo costo en comparación a otros tipos de acero.

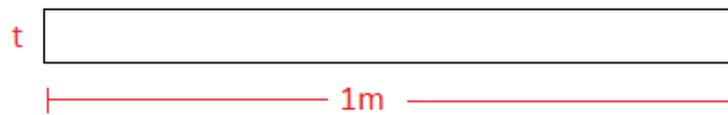
A través del presente análisis se realiza el cálculo de espesor de la lámina de la cabina del elevador.

Figura 14. Placa de canasta



Fuente: Autor

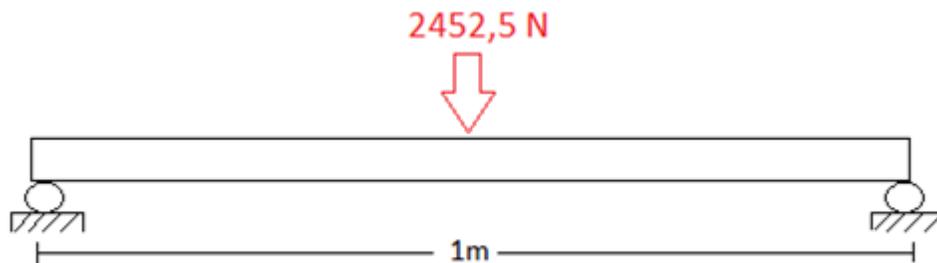
Figura 15: placa canasta vista frontal



Fuente: Autor

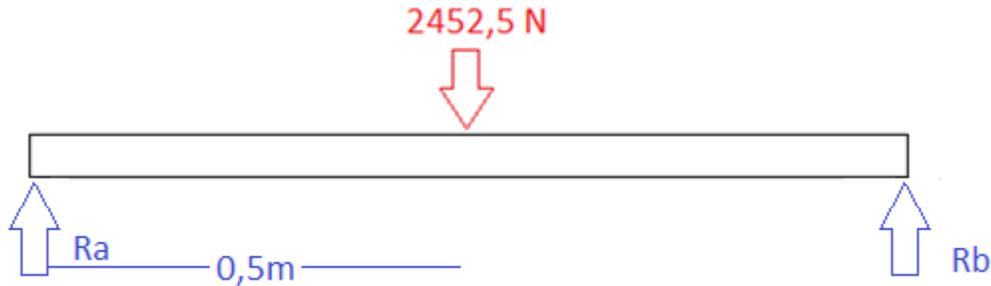
Cuando se aplica la carga de 250 kg a la placa de la canasta convertidos a newton se obtiene el diagrama mostrado en la figura 9.

Figura 16: diagrama de carga



Fuente: Autor

Figura 17: Diagrama de Cuerpo libre



Fuente: Autor

Una vez realizado el diagrama de cuerpo libre mostrado en la figura 10, se procede al cálculo de las reacciones las cuales están identificadas como  $R_a$  y  $R_b$ .

$$\sum F_y = 0$$

$$R_a + R_b - 2452,5 = 0 \quad \text{EC 1}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$-2452,5 * 0,5 + R_b * 1 = 0 \quad \text{EC 2}$$

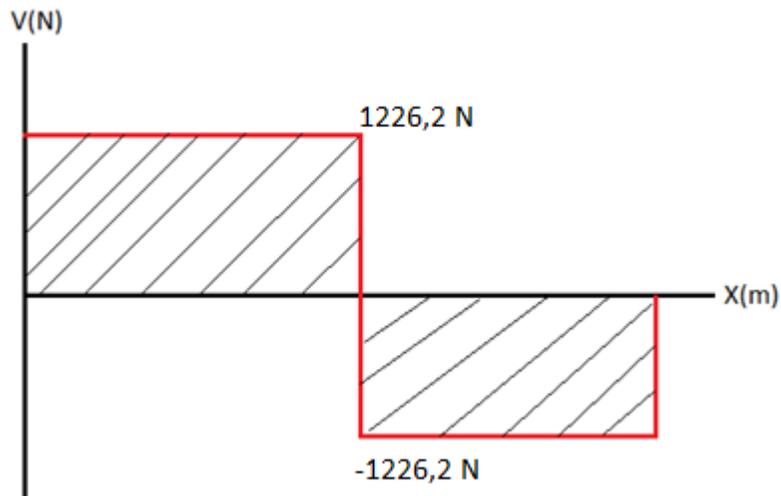
$$R_b = 1226,2N$$

Reemplazando el valor  $R_b$  en la ecuación 1 se obtienen el valor de  $R_a$ .

$$R_a = 1226,2N$$

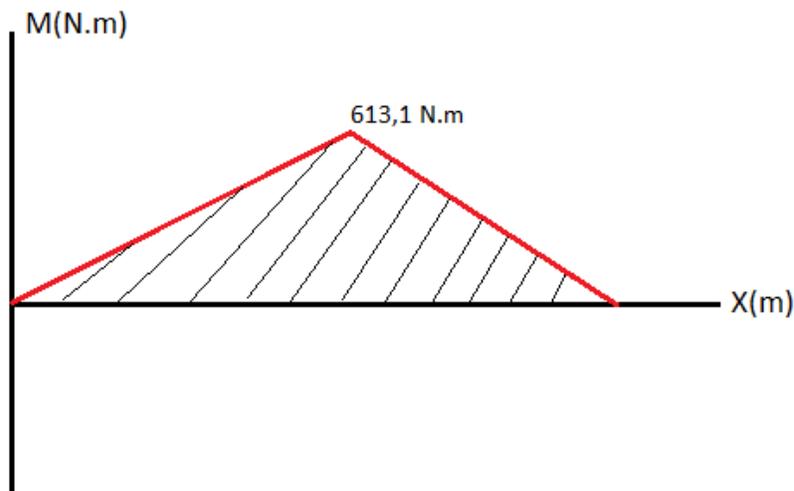
Una vez calculadas las reacciones se procede a realizar los diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores mostrados en las figuras 18 y 19.

Figura 18: diagrama Fuerza cortante



Fuente: Autor

Figura 19: diagrama flector



Fuente: Autor

Una vez hallados los diagramas de fuerza cortante y momento flector se procede al cálculo del esfuerzo la cual va a estar sometida la placa en su punto crítico con la ecuación 3.

$$\sigma = \frac{MC}{I} \quad \text{EC 3}$$

Donde

$\sigma$ : *esfuerzo*

$M$ : *momento*

$C$ : *distancia a eje neutro*

$I$ : *momento de Inercia*

$$I = \frac{1 * t^3}{12}$$

$$C = \frac{t}{2}$$

$$M = 613,1 \text{ Nm}$$

Donde  $t$  hace referencia al espesor de la placa de la canasta

Se reemplaza todo en la ecuación de diseño y se obtiene:

$$\sigma = \frac{6M}{t^2}$$

Para poder garantizar la resistencia del componente estructural se debe garantizar la siguiente relación:

$$\sigma \leq \sigma_{\text{Diseño}}$$

Para poder conocer el esfuerzo de diseño ( $\sigma_{\text{Diseño}}$ ) es necesario seleccionar un material y con ello las propiedades físicas de las cuales está conformado. Para tal caso se selecciona una aleación de aluminio de alta resistencia.

Aleación de aluminio: 7178-T6

Esfuerzo de diseño: 607Mpa

$$6,07 \times 10^8 \leq \frac{6 * 613,1}{t^2}$$

Despejando el valor de t en la desigualdad planteada se tiene lo siguiente:

$$t \geq 2,5 \text{ mm}$$

Lo cual quiere decir, que es espesor de la placa de la canasta debe ser mayor a 2,5 mm para tener un elemento más confiable.

### Selección del cable

Teniendo como base de cálculo el peso de la cabina se establecen variables que permiten la correcta selección del cable, dentro de los cuales se puede encontrar el nmero de hilos arrollados y la resistencia necesaria para el cumplimiento optimo del proceso de elevación.

Tabla 1: Selección de cables

	Diámetros (mm)	Resistencia (MPa)
	0,5 a 1,5	1800
	1,5 a 2	1600
	2 a 3	1500
	3 a 4	1400
	Más de 4	1200

**Fuente:** tomado de, MIRAVETE, Antonio, LARRODÉ, Emilio, CASTEJON Luis, y CUARTERO Jesús. Los transportes en la ingeniería industrial. España: Editorial Reverte, 2002. 96 p.

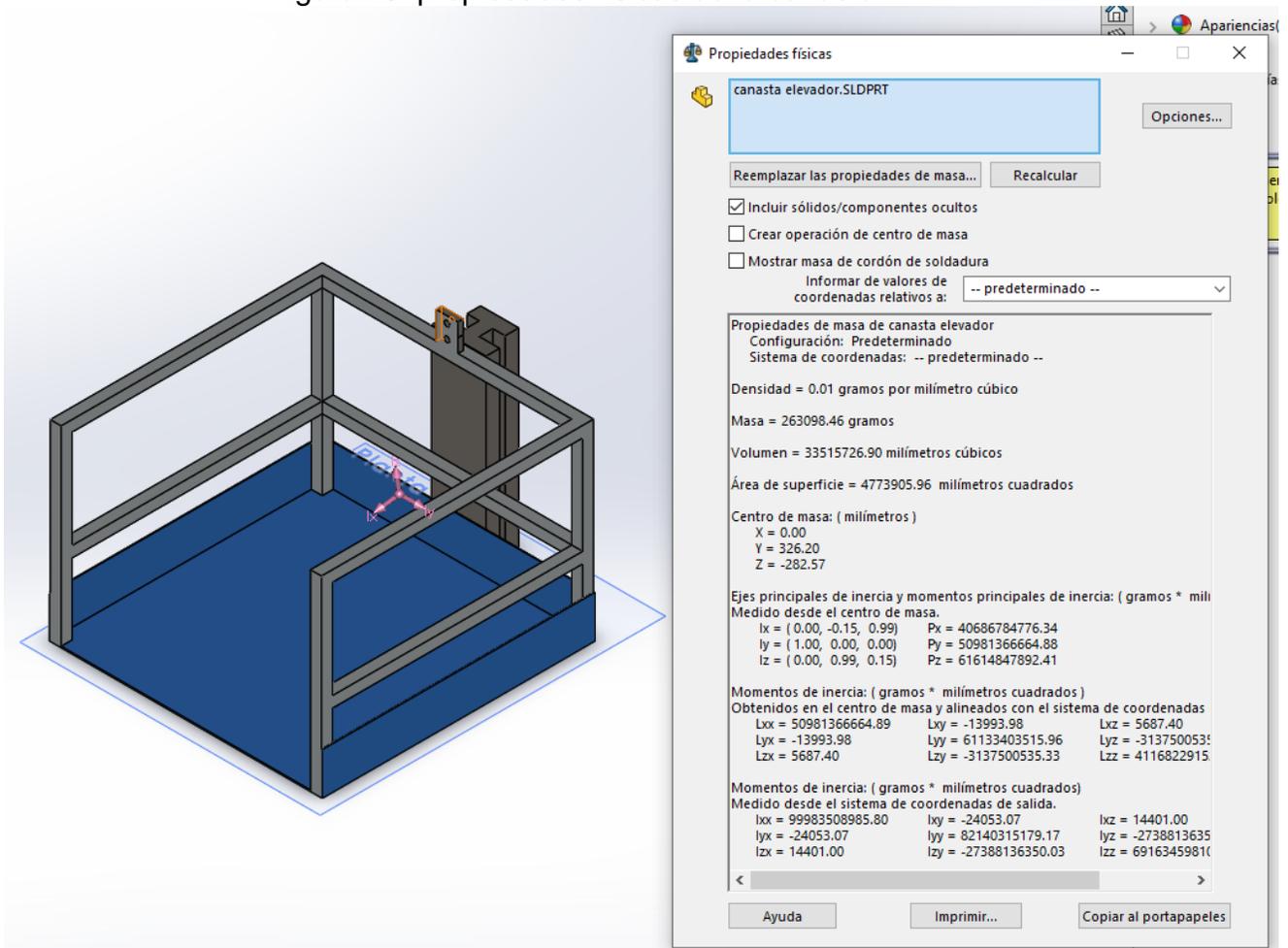
En la tabla 1 se logra observar las propiedades del acero empleado en función del diámetro del cable, lo cual nos sirve para establecer criterios de selección del cable con base en la carga soportada por el cable.

## Carga soportada por el cable

Las cargas arrastradas por el cables son; la canasta, las dos columnas, carga y el pasajero.

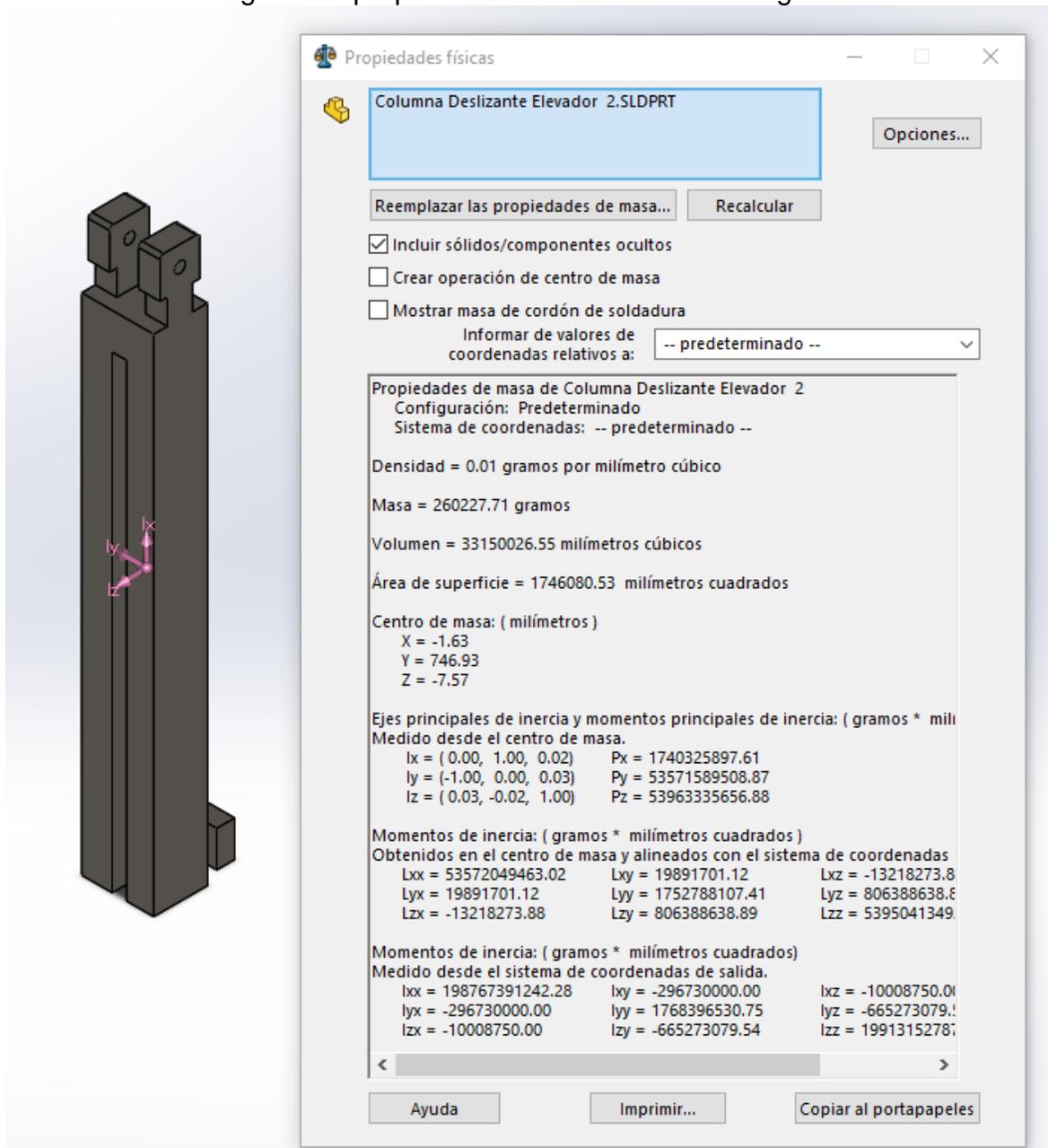
A continuación se muestra las propiedades físicas de la canasta y de las columnas guías obtenidas del software solidworks con el que se pretende seleccionar el tipo de cable utilizado.

Figura 20: propiedades físicas de la canasta



Fuente: Autor

Figura 21: propiedades físicas de columnas guías



Fuente: Autor

Para determinar la carga a la cual va a ser sometido el cable se debe realizar la sumatoria del peso de la canasta, las dos columnas y el peso máximo contemplado de la carga.

$$a = 0.5m/s^2$$

$$mg = (250 \text{ kg} + 263 \text{ kg} + 320 \text{ kg}) * \left(\frac{9.81m}{s^2}\right) = 8142,3Kgf$$

$$w = \frac{\text{peso del cable}}{\text{metro del cable}} (Kgf/m)$$

$$L = 4 \text{ m}$$

$$ma = (830kg) * \left(\frac{0.5m}{s^2}\right) = 415 \text{ N } (42,31Kgf)$$

$$\Sigma F = ma$$

$$S - mg - wL = ma$$

$$S = ma + mg + wL$$

$$S = 8302 + 42,3 + 4w$$

Recalculando S:

Tomamos un cable B 6x37 con d=16 mm con w= 0.93 Kgf/m; reemplazando

$$S=8348,02Kgf$$

Calculamos el diámetro del cable:

$$d = k\sqrt{S}$$

Si tomamos un cable de calidad de 160 kg/mm<sup>2</sup>

$$k= 0.34$$

$$d=31 \text{ mm}$$

Como este valor es diferente del supuesto de 16mm recalculamos el diámetro del cable, tomando el  $w$  correspondiente a un cable B 6x37 con un  $d=12$  mm, que se obtiene:  $w= 0,5$

### 4.3. Implementación del prototipo a escala del sistema de elevación

En el presente capítulo se mostrará el prototipo construido con el fin de demostrar los principios de funcionalidad basado en el diseño realizado en Solidworks.

Figura 22: vista lateral prototipo



Fuente: Autor

En la figura 22 se muestra el prototipo construido en posición lateral y en ella se logra apreciar las tres columnas deslizantes, los brazos estabilizadores, las ruedas de la base y la canasta.

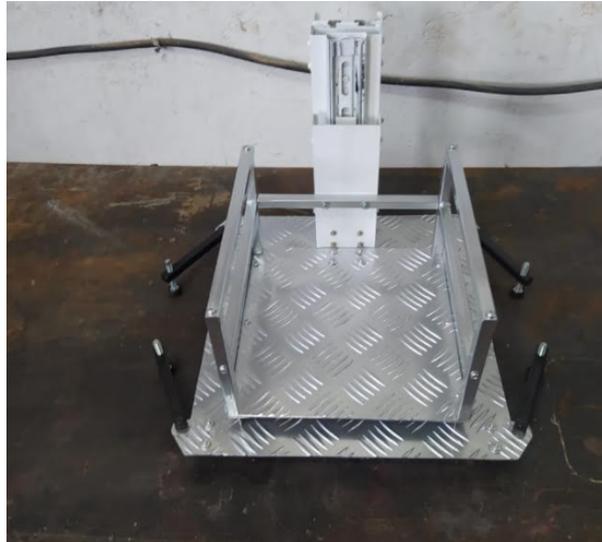
Figura 23: Base del prototipo



Fuente: Autor

En la figura 23 se muestra la base del sistema de elevación, en ella se aprecia el tipo de lámina seleccionada para la construcción del prototipo, que corresponde a una lámina en alto relieve del tipo alfajor de aluminio, la cual es seleccionada para aplicaciones de alto tráfico.

Figura 24: Vista frontal prototipo



Fuente: Autor

En la figura 24 se aprecia la posición frontal del prototipo del sistema de elevación, en ellase aprecia el acceso a la canasta, que se diseñó de tal manera para facilitar el cargue y descargue.

Figura25: Posición elevada del prototipo



Fuente: Autor

La imagen mostrada en la figura 25 es importante porque muestra la funcionalidad de las guías propuestas como alternativa de mecanismo de elevación, la selección de este tipo de mecanismo se enfocó en uno que pudiera ascender con la fuerza de tracción del motor y descender bajo el efecto de la gravedad de una manera controlada.

#### **4.4. Acuerdo de consultoría con la Papelería AZTECA.**

El acuerdo de consultoría se inició a finales de junio de 2020, en la búsqueda de las posibles empresas para las cuales el proyecto se ajustara, en esa búsqueda se logró encontrar la Papelería AZTECA una de las principales y más grandes del municipio de Barrancabermeja Santander, se realizó un acercamiento en la primera semana de julio y con la asesoría del director Fredy Alberto Rojas Espinoza, se entablo una conversación con el dueño de la Papelería AZTECA el señor Alfonso León Gomes Torres quien se mostró muy, y permitió exponerle la propuesta del trabajo de grado.

En el momento de la presentación del proyecto se vio una necesidad por parte de la Papelería AZTECA la cual consistía en una carencia de sistemas de movilización de mercancía, es ahí donde se podía aprovechar al máximo el proyecto y mostrarle una necesidad que ellos no habían notado, la cual consiste en encontrar un sistema que le permitiera a ellos eliminar los riesgos ergonómicos y mantener en excelentes condiciones la mercancía. Al enseñarle esto al señor Alfonso León Gómez T. el accede y da el aval para realizar un acuerdo de cooperación y consultoría, esto sucede a los 06 días del mes de julio del año en curso, una vez firmados los acuerdos de cooperación en donde se acordaron los siguientes ítems:

El CONSULTOR de manera independiente, sin subordinación o dependencia, utilizando sus propios medios, elementos de trabajo y personal a su cargo, prestará los servicios de consultoría científica relacionada con la propuesta *“Desarrollo de un sistema de elevación y transporte de carga para movilización y desplazamiento de mercancías en espacios reducidos mediante la herramienta de software solidworks e implementación de prototipo a escala” para la empresa PAPELERIA AZTECA en Barrancabermeja.*

El Término de la consultoría: este acuerdo se extenderá por un periodo de 3 meses, contados a partir del 6 de julio al 7 de octubre del año 2020 y podrá prorrogarse por acuerdo entre las partes con la antelación a la fecha de su expiración mediante la celebración mediante un acuerdo adicional que deberá constar por escrito.

Los anteriores aspectos se tuvieron en cuenta para la ejecución de la consultoría, en donde la empresa accedía a brindar la información que se creyera pertinente para el desarrollo del diseño del prototipo que se ajustara a las necesidades de la Papelería AZTECA, y con base en dicha información desarrollar el diseño de un sistema de elevación y transporte de carga que se ajustara a las medidas de las bodegas de la Papelería. En dichas medidas se encontraron variables fundamentales a tener en cuenta como lo sería el peso de carga máximo a levantar, la altura máxima de las bodegas, el espacio en las bodegas, etc. Con base en dichas variables se procede a diseñar un prototipo que se ajuste a esas medidas y se procede a realizar los cálculos para encontrar los materiales adecuados para su construcción y las medidas óptimas para que el diseño pueda moverse con libertad en el espacio de las bodegas dando como resultado el diseño de un elevador móvil tipo columna con canasta de carga para un peso máximo de 250 kg con operador incluido. En dicho proceso se acordó la entrega

de un documento ejecutivo en el cual se especificaría los beneficios que les prestaría el prototipo diseñado, si ellos decidieran comprarlo, entre los beneficios más notorios se encuentra que se eliminarían los riesgos de tipo ergonómicos por malas posturas, mal levantamiento de carga brindándole una mejor calidad de vida a los operarios de la bodega y que la calidad de los productos se mantendría gracias a que la mercancía puede movilizarse en la canastas y llevarse al punto deseado evitando el maltrato de la misma. Y en respuesta a este documento el señor Alfonso León Gómez T. hará entrega de un certificado membretado por parte de la Papelería AZTECA donde expresaría si acepta o aprueba con gratitud nuestro servicio como consultores.

## 5. RESULTADOS

### Resultados del objetivo 1. Diseño en Solidwork del sistema de elevación:

Como resultado del diseño de sistema de elevación, en las siguientes tablas se mostraran los planos de construcción con las medidas a escala real para efectos de construcción.

Tabla 2: Planos Base del sistema de elevación  
**Base del sistema de elevación (cotas en mm)**

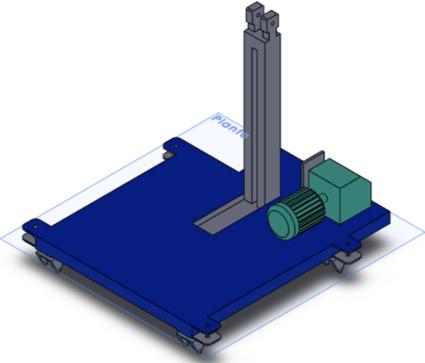
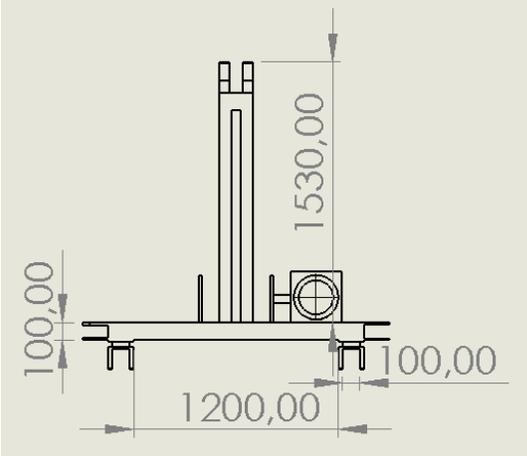
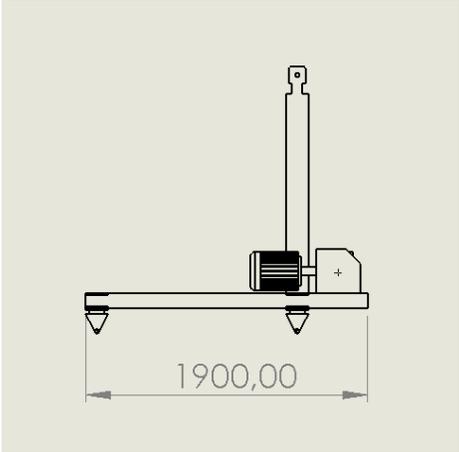
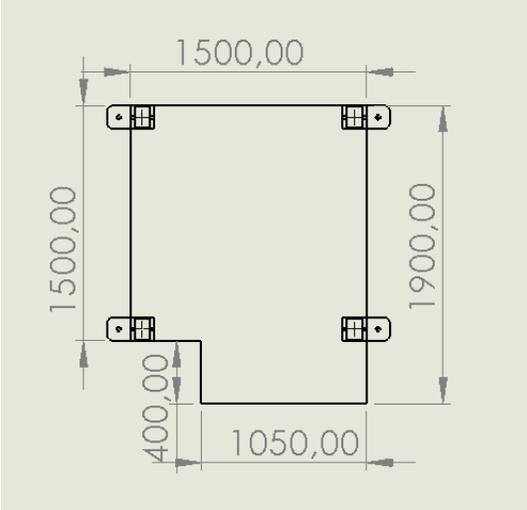
	
	

Tabla 3: Planos canasta Sistema de elevación  
Canasta sistema de elevación (cotas en mm)

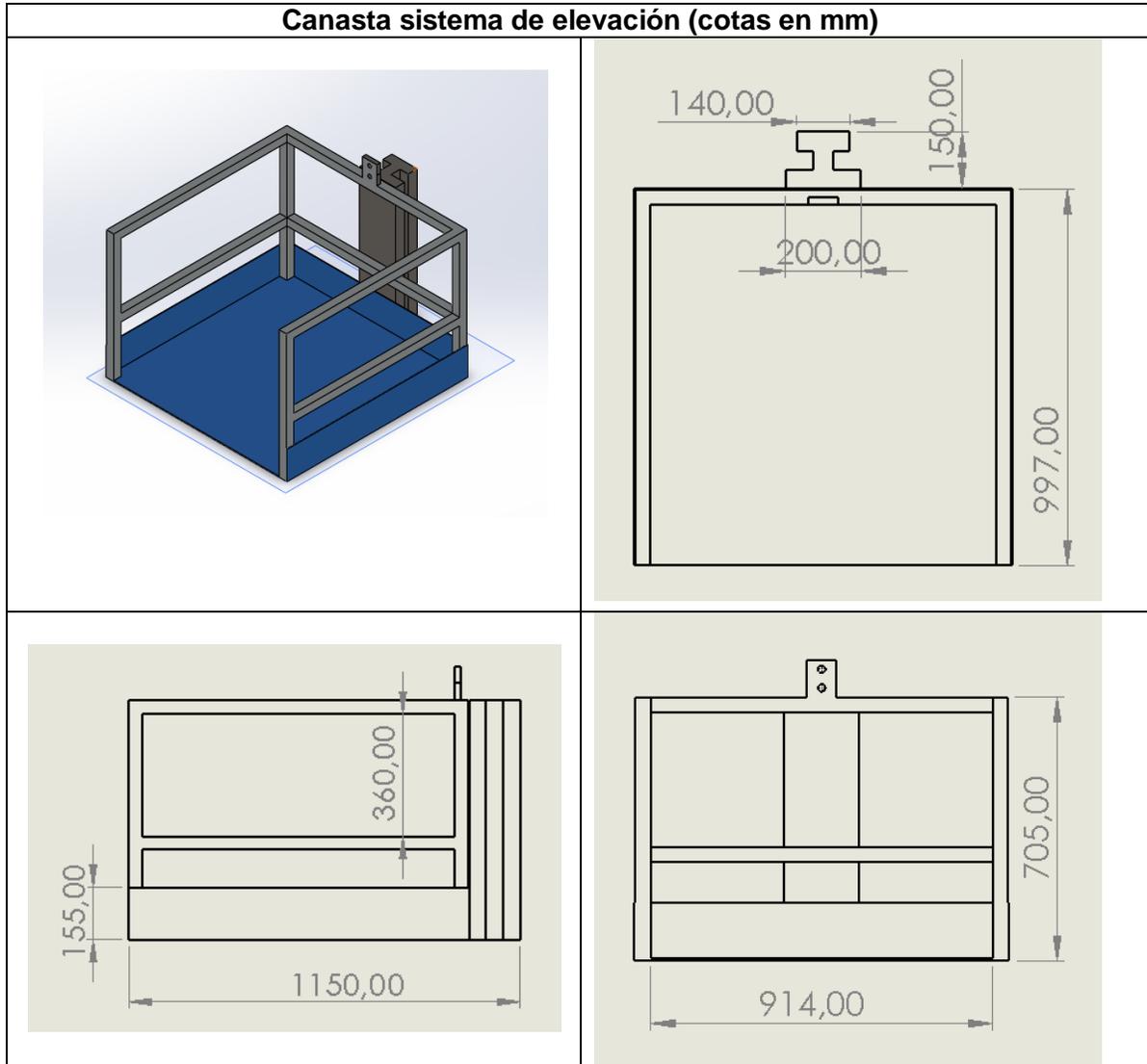


Tabla 4: Planos Viga Deslizante  
Viga deslizante (cotas en mm)

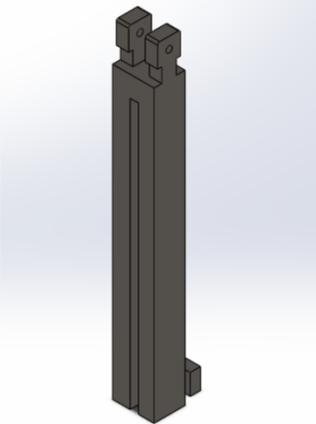
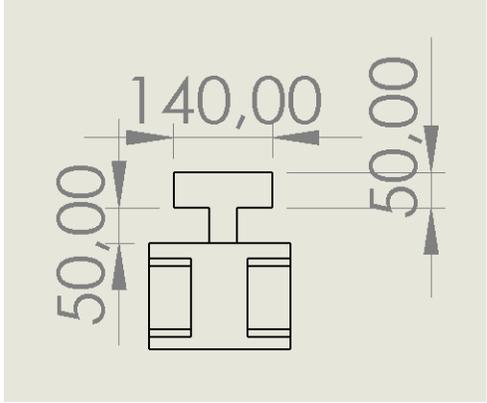
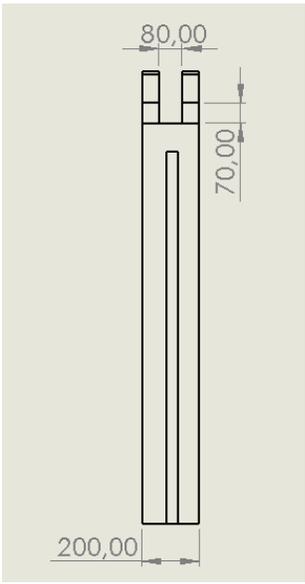
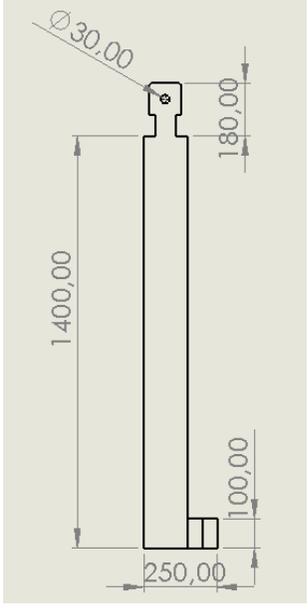
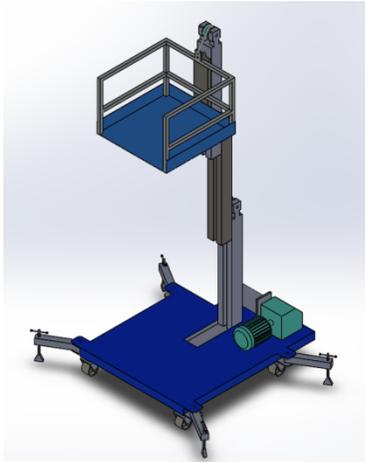
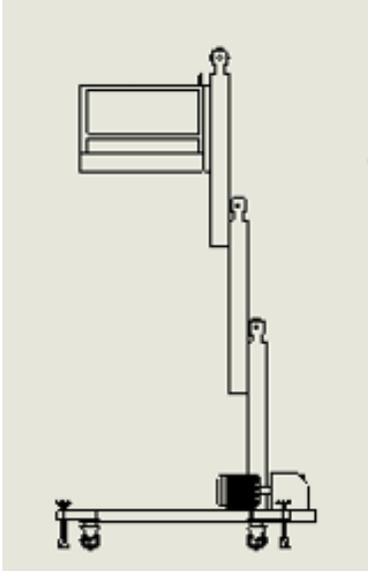
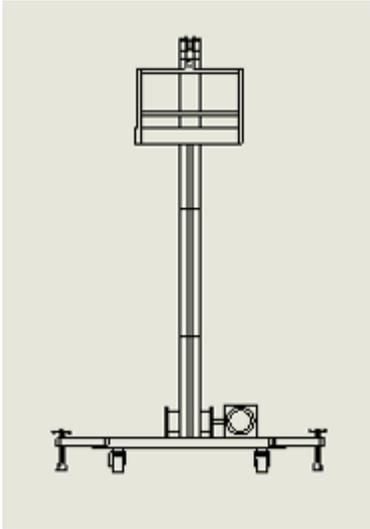
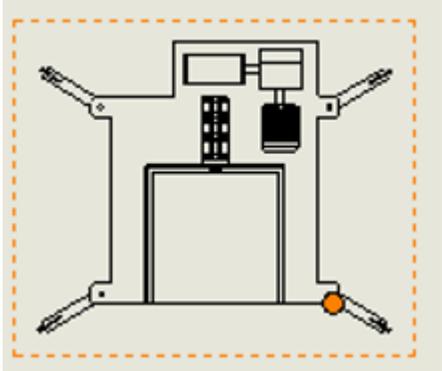
	
	

Tabla 5: planos del sistema de elevación  
**Sistema de elevación de cargas (cotas en mm)**

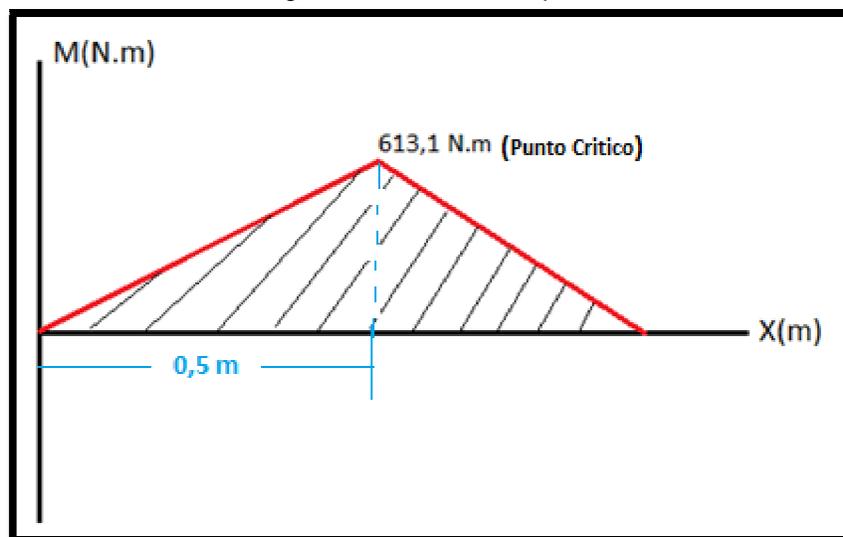
	
	

**Resultado del objetivo 2:** cálculos para el diseño de componentes del sistema de elevación.

### Calculo de espesor de placa.

Para el cálculo del espesor de la placa se tomó la metodología de análisis de vigas que ofrece la resistencia de materiales, en ella se logra establecer como punto crítico el punto medio.

Figura 26: Punto crítico placa.



Fuente: Autor

La importancia de encontrar el punto crítico en un componente estructural como se muestra en la figura 26, se debe a que es el punto donde en condiciones normales de operación puede fallar el componente, entonces como medida preventivas se refuerzan esos punto para que la probabilidad de una falla en ese punto sea mínima.

### Resultado Objetivo 3. Elaboración de prototipo de sistema de elevación.

Para la selección del material del prototipo se tuvo en cuenta un factor determinante en el nivel deterioro como lo es la corrosión, por tal motivo se seleccionó como material de construcción el aluminio, ya que tiene propiedades acordes a un prototipado, al ser ligero, resistente a la corrosión y alta ductilidad.

Figura 27. Prototipo en vista Isométrica



Fuente: Autor

En la figura 27 se logra apreciar el prototipo en una posición isométrica, dicha posición permite identificar todos los componentes que se diseñaron previamente en el diseño CAD y que ya fueron explicados en capítulos anteriores.

#### **Resultado Objetivo 4. Ejecución de una consultoría con la papelería AZTECA.**

Para el desarrollo del trabajo de grado a través de la modalidad de consultoría, se realizaron varias visitas en las que se obtuvieron los siguientes resultados.

**Primera visita:** Para el desarrollo de la consultoría se contó con entera disponibilidad del personal de la papelería, con los cuales se tuvo una reunión previa donde se logró recoger una a una las necesidades en términos de movimientos de carga al interior de la bodega, posteriormente se realizó una visita a la bodega con el fin de identificar las limitaciones de movilidad a las que se podía enfrentar un sistema de elevación convencional.

**Segunda visita:** en una reunión que se tuvo con el propietario del establecimiento se le mostro se logró consolidar la idea a plasmar en un diseño, por medio de la revisión de varios sistemas y con la identificación de ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

**Tercera visita:** en la tercera y última visita se logró mostrar el modelo en 3D que se había diseñado junto con el prototipo, en dicha reunión se aprobó el diseño realizado, su funcionalidad y pertinencia, sin embargo la empresa requiere de una inyección de capital para poder invertir en la construcción del sistema.

## 6. CONCLUSIONES

- Con el diseño del sistema de elevación de carga en Solidwork se logra tener precisión de las dimensiones del sistema de acuerdo al espacio disponible, sin embargo en caso que se requiera hacer un ajuste de dimensiones, el proceso es relativamente sencillo a través de la herramienta de edición de pieza que posee el software.
- Una conclusión interesante con relación a los cálculos que se tuvieron en cuenta para la realización del diseño del sistema de elevación, fue la identificación de un componente crítico como lo es la canasta y en ella la platina que sirve de piso, ya que ese componente es el que se encarga de soportar la carga instalada en el sistema.
- A raíz de la construcción del prototipo se puede concluir que el maquetado hizo énfasis en la estructura del sistema, mostrando componentes tales como canasta, vigas guías y base, ya que los costos de los componentes eléctricos y de control elevaban acarrearaban unos costos elevados.
- Con relación al informe ejecutivo presentado a la empresa Papelera Azteca, se logra mostrar detalladamente los planos con medidas y materiales del sistema de elevación, para que con ello se realiza el análisis de factibilidad del sistema con medidas reales.

## 7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir en la temática de desarrollos de ingeniería electromecánica que vayan enfocados en brindar soluciones a las compañías de la región, a través del diseño de sistemas electromecánicos.
- Ampliar el número de estudiantes en proyectos que requieren prototipado, ya que se necesita hacer una inversión importante en la construcción de modelos vistosos para una mejor presentación de los diseños abordados.
- Se recomienda el desarrollo de un proyecto enfocado al análisis de factibilidad de la creación de una empresa dedicada a prestar este tipo de servicios en la ciudad de Barrancabermeja, ya que según investigaciones realizadas para el desarrollo de este trabajo no existen empresas en la región dedicadas exclusivamente al diseño de sistemas de elevación electromecánicos.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Appold. (2005). Tecnología de los metales. España: Reverte.
- Codigo-P-033. (2012). Procedimiento para el elevamiento mecanico de cargas verticales en Ecopetrol. Colombia: Ecopetrol.
- Contreras, C. (2003). Diseño de una caja reductora de velocidad con engranes y sistemas de transmisiones de potencia con tornillos sin fin. Colombia: USCG.
- Cortizo, J. (2004). Elementos de maquinas, teoria y problemas. España: Oviedo.
- Gomez, J. (2004). Diseño de un banco de pruebas para transmisiones de potencia por medio de elevacion de cargas. Colombia: UIS.
- Gonzalez, G. (2013). Procedemiento para estimar la eficiencia de los engranes de tornillos sin fin por medio de transmision de potencia. Habana: ISPJE.
- GTC-45. (2010). Guia tecnica para identificacion y valoracion de los riesgos mecanicos en seguridad y salud ocupacional. Colombia: Icontec.
- Lent, D. (2003). Analisis y proyecto de mecanismos. Barcelona: Reverte.
- Loor, H. (2012). Diseño y modelado de una grua, por medio de un sistema de elevacion de carga por medio de una transmision de potencia con pluma horizontal. Ecuador: ESPL.
- Mezzanotte, J. (2007). Rampas de cuñas y los tornillos. Canada: Weekly.
- Miravete, A. (2002). Los transportes en la ingenieria industrial. Reverte: España.
- Mott, R. (2006). Diseño de elementos de maquinas. Mexico: Pearson.
- Navarro, F. (2001). Diseño y contruccion de una instalacion elevadora de carga por medio de un sistema de transmision de potencia con engranes helicoidales. Colombia: UEIMCP.
- Norma UNE-1037. (2008). Seguridad de las maquinas en sistemas de transmision mecanica. España: UNE.

NTC-2769-4. (2012). Norma tecnica colombiana-2769-4, contruccion e intalacion de sistemas de elevacion vertical para el transporte de carga. Colombia: Icontec.

Palacio, B. (2000). Tecnologia mecanica y metrotecnica. España: Oviedo.

Rojas, D. (2009). Desarrollos de dispositivos orientados a mejorar el proceso del diseño de elementos de maquinas. San Juan: USB.

Schock, J. (2003). Montaje ajuste de verificacion de elementos de maquinas. España: Reverte.





