



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ACCESO  
MECÁNICO PARA PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS A AUTOBUSES  
URBANOS”**

**AUTORES: CEVALLOS MENA MIGUEL EDUARDO  
VIZCAÍNO PUSDÁ JOSÉ LUIS**

**DIRECTOR: ING. IGNACIO BENAVIDES MSC.**

**IBARRA - ECUADOR**

**2018**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de texto completos en forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	0401615265 1003717087		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	MIGUEL EDUARDO CEVALLOS MENA JOSÉ LUIS VIZCAÍNO PUSDÁ		
<b>DIRECCIÓN:</b>	24 de Mayo y Montufar, San Isidro, Carchi El Oro y Av. 13 de Abril		
<b>EMAIL:</b>	miguelecm26@gmail.com josevizcaino2003@gmail.com		
<b>TELEFONO FIJO:</b>	063010720 062545299	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0997945929 0988424489

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ACCESO MECÁNICO PARA PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS A AUTOBUSES URBANOS
<b>AUTORES:</b>	MIGUEL EDUARDO CEVALLOS MENA. JOSÉ LUIS VIZCAÍNO PUSDÀ
<b>FECHA:</b>	Jueves 15 de febrero, 2018
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSTGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
<b>ASESOR/DIRECTOR:</b>	ING. IGNACIO BENAVIDES MSC.

### **AUTORIZACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Nosotros, MIGUEL EDUARDO CEVALLOS MENA CI: 0401615265 y JOSÉ LUIS VIZCAÍNO PUSDÀ CI:1003717087 en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## CONSTANCIA

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos del autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 15 días del mes de febrero del 2018



JOSÉ LUIS VIZCAÍNO PUSDÁ

CI: 1003717087



MIGUEL EDUARDO CEVALLOS MENA

CI: 0401615265



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO

#### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotros MIGUEL EDUARDO CEVALLOS MENA CI: 0401615265, y JOSÉ LUIS VIZCAÍNO PUSDÁ CI: 1003717087, manifestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de autores de la obra o trabajo de grado denominado DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ACCESO MECÁNICO PARA PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS A AUTOBUSES URBANOS que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ en la Universidad Técnica del Norte quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada, En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 15 días del mes de febrero del 2018

JOSÉ LUIS VIZCAÍNO PUSDÁ

CI: 1003717087

MIGUEL EDUARDO CEVALLOS MENA

CI: 0401615265

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente proyecto fue realizado en su totalidad por los señores: Miguel Eduardo Cevallos Mena y José Luis Vizcaíno PUSDÁ, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz. Doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador designado.

Atentamente.

A handwritten signature in blue ink, reading "Ignacio Benavides", is positioned above a horizontal dotted line. The signature is fluid and cursive.

---

ING. IGNACIO BENAVIDES MSC.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

## AGRADECIMIENTO

A Dios.

Por cobijarme en su manto y bendecirme con este gran objetivo cumplido.

A mis Padres.

Luis Vizcaíno y Gloria Pusdá, por darme la vida, enseñarme buenos valores y ser constantes en mi educación.

A mi esposa Rosita Herrera.

Por ser pilar fundamental y haber estado todo este tiempo de mi carrera dándome su apoyo incondicional y tener paciencia durante este tiempo de lucha. A mis hijas por ser esa luz que ilumina mi camino.

A mis hermanos.

Omar, Lenin, Sonia, Juan, Sara y David Vizcaíno, por su apoyo moral dándome consejos formativos para culminar mi carrera.

Un sincero agradecimiento a la universidad técnica del norte quien nos acogió en sus aulas para formar parte de este proceso de formación ética y profesional.

A mi director de tesis, Ing. Ignacio Benavides Msc, por compartir sus conocimientos con nosotros para culminar con éxito el trabajo de grado.

A mi compañero y amigo Miguel Cevallos, por haber cumplido con este gran objetivo con mucha perseverancia y por demostrar que por más difíciles que sean las metas siempre se cumplen.

*José Luis*

El presente proyecto realizado en la Universidad Técnica del Norte, es un esfuerzo en el cual participaron múltiples personas ya sea directa e indirectamente con una opinión, críticas constructivas, apoyando en buenos y malos momentos, lo cual me ha permitido aprovechar de su apoyo, conocimiento y experiencia de algunas personas a las cuales me dirijo a dar mi más grande agradecimiento.

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme salud, sabiduría, entendimiento y fuerzas para romper los obstáculos presentes en el largo camino de la vida.

A mis padres, Blanca Dolores Mena Guamá y Miguel Humberto Cevallos Guamialamá que me dieron su ejemplo, guía y apoyo incondicional, apoyándome día a día en las decisiones que tomaba para formar un futuro mejor además de ser los pilares fundamentales en la educación, ya sea académica, como de la vida. De igual manera a todos mis hermanos que siempre estuvieron ahí poniendo su granito de arena y formaron parte de este arduo trabajo.

A mi director de tesis, Ing. Ignacio Benavides Msc, que con su gran conocimiento supo guiar y asesorar para sacar adelante este proyecto de la mejor manera.

A mi compañero y amigo José Luis Vizcaíno, por haber logrado un gran objetivo con mucha persistencia y por demostrar que podemos ser grandes amigos y compañeros de trabajo.

A mis profesores que en cada etapa de mi vida compartieron el conocimiento, ellos saben cómo meternos en un mundo de incógnitas y enseñarnos a sacar nuestras propias conclusiones y el porqué de las cosas.

A mis compañeros y amigos que compartieron buenos y malos momentos a lo largo de la vida universitaria y todas las personas que colaboraron de una u otra manera en el desarrollo de mi formación profesional.

*Miguel Eduardo*



## **DEDICATORIA**

A Dios.

Por cobijarme en su manto y bendecirme con este gran objetivo cumplido.

A mis Padres.

Luis Vizcaíno y Gloria PUSDÁ, por darme la vida, enseñarme buenos valores y ser constantes en mi educación.

A mi esposa María Herrera.

Por ser pilas, fundamental a haber estado todo este tiempo de mi carrera dándome su apoyo incondicional y tener paciencia durante este tiempo de lucha. A mis hijas por ser esa luz que ilumina mi camino.

A mis hermanos.

Omar, Lenin, Sonia, Juan, Sara y David Vizcaíno, por su apoyo moral dándome consejos formativos para culminar mi carrera.

*José Luis*

A Dios.

Por haber permitido concluir con una de mis metas y objetivos propuestos dándome paciencia, sabiduría y entendimiento durante el desarrollo de mi formación profesional.

A mi madre Blanca Mena.

Por estar apoyándome en los momentos más difíciles que se presentan a lo largo del camino, por brindarme su confianza y su amor incondicional, por darme un SI SE PUEDE cuando todo parecía imposible.

A mi padre Miguel Cevallos.

Por hacerme ver las cosas más fáciles de lo que parecen, por estar guiándome por el camino correcto, porque en la vida hay caminos fáciles, pero nada lucrativos, pero, al tenerte a ti los caminos que parecían difíciles se los resuelve de la mejor manera y se los convierte en fructíferos.

A mi familia.

A mis hermanos, Cecilia, Josefina, Margarita, Elena, Servio, Luz, Guadalupe y Maribel, que me apoyaron a lo largo de mi carrera universitaria.

A mis amigos.

Que compartimos momentos de apoyo mutuo en nuestra formación profesional, porque un verdadero amigo está en los momentos buenos y mucho más aun en los malos.

Finalmente, a los maestros, que colaboraron en cada etapa del camino universitario, y que brindaron su apoyo asesorando y solucionando dudas presentes en la elaboración del proyecto.

*Miguel Eduardo*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....	ii
AUTORIZACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.....	iii
CONSTANCIA.....	iv
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO .....	v
CERTIFICACIÓN .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xvii
RESUMEN .....	xix
ABSTRACT .....	xx
GLOSARIO.....	xxi
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.</b> .....	<b>1</b>
1.1. Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del problema. ....	2
1.3 Formulación del problema.....	3
1.4 Delimitación.....	3
1.4.1 Delimitación temporal .....	3
1.4.2 Delimitación espacial .....	3
1.4.3 Involucrados .....	3
1.5 Objetivo General .....	4
1.6 Objetivos Específicos.....	4
1.7 Justificación .....	4
1.7.1 Artículo 4. Principios fundamentales accesibilidad. ....	4
1.7.2 Artículo 58. Accesibilidad.....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>6</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.</b> .....	<b>6</b>

2.1 Discapacidad.....	6
2.1.1 Persona con movilidad reducida.....	7
2.1.2 Accesibilidad.....	7
2.1.3 Silla de ruedas.....	8
2.2 El autobús.....	9
2.2.1 Bus Urbano.....	10
2.2.2 Área para pasajeros con movilidad reducida.....	10
2.2.3 Tipos de accesos para personas con movilidad reducida.....	11
2.3 Sistemas hidráulicos.....	12
2.3.1 Depósito.....	13
2.3.2 Bomba.....	13
2.3.3 Válvula de control direccional.....	13
2.3.4 Válvula de control de caudal.....	14
2.3.5 Válvula de control de presión.....	14
2.3.6 Cilindro hidráulico.....	14
2.4 Sistema electro mecánico.....	14
2.4.1 Controlador Lógico Programable (PLC).....	15
2.4.2. Final de carrera.....	16
2.4.3 Relé.....	17
2.4.4 Contactor.....	18
2.4.5. Voltaje de operación.....	18
2.4.6 Cabestrante.....	18
2.5 Diseño mecánico.....	19
2.5.1 Representación gráfica.....	20
2.5.2 Fases del proceso de diseño.....	20
2.6.1 Constitución de la República del Ecuador.....	21
2.6.2 Ley Orgánica de Discapacidades.....	22
2.6.3 NTE 2205 Vehículos automotores. Bus urbano. Requisitos.....	23
2.6.4 NTE 2245. Accesibilidad de personas con discapacidad.....	24
2.6.5 NTE 2853. Rampas para el ingreso a vehículos transporte.....	25
2.6.6 NTE 2239 Accesibilidad de las personas al medio físico.....	26
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>27</b>
<b>3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....</b>	<b>27</b>
3.1 Análisis estadístico de personas con discapacidad física.....	27

3.2 Situación actual de buses y paradas en la ciudad de Ibarra .....	29
3.3 Evaluación de alternativas .....	30
3.3.1 Alternativas para el mecanismo .....	31
3.3.2 Alternativas para el sistema de fuerza .....	33
3.3.3 Criterios de evaluación .....	35
3.3.4 Evaluación de alternativas .....	37
3.4 Acero .....	39
3.4.1 Clasificación del acero .....	39
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>42</b>
<b>4. RESULTADOS Y ANÁLISIS</b> .....	<b>42</b>
4.1 Análisis Estático .....	42
4.1.1 Análisis de cargas implícitas .....	43
4.1.2 Cálculo del cable y poleas .....	43
4.1.3 Cálculo de columnas .....	45
4.1.4 Deformación de la columna .....	47
4.1.5 Esfuerzo real en la columna .....	48
4.1.6 Factor de seguridad .....	49
4.2 Implementación .....	49
4.3 Indicaciones de operación .....	52
4.4 Indicaciones de mantenimiento .....	52
4.5 Montaje .....	53
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>56</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>56</b>
5.1 Conclusiones .....	56
5.2 Recomendaciones .....	57
Referencias Bibliográficas .....	58
Anexos .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA NÚM.</b>	<b>DESCRPCIÓN</b>	<b>PAG.</b>
2.1	Tipos de discapacidades físicas y mentales.....	6
2.2	Persona con movilidad reducida. ....	7
2.3	Accesibilidad. ....	8
2.4	Silla de ruedas convencional.....	9
2.5	Bus urbano, Cooperativa 28 de Septiembre.....	10
2.6	Espacio para personas con movilidad reducida. ....	11
2.7	Rampa de acceso para personas con discapacidad. ....	12
2.8	Controlador lógico programable. ....	15
2.9	Esquema de trabajo PLC ....	16
2.10	Final de carrera mecánico. ....	17
2.11	Relé.....	18
2.12	Contactador.....	18
2.13	Representación CAD de una mesa elevadora ....	20
2.14	Inclinación de rampas frontal y longitudinal.....	25
2.15	Rampa de acceso para personas con movilidad reducida. ....	26
3.1	Discapacidades según el tipo en la Provincia de Imbabura. ....	27
3.2	Distribución de discapacidad física en Imbabura. ....	28
3.3	Grupos etarios para discapacidad física.....	28
3.4	Pardas de buses de la zona central de Ibarra. ....	29
3.5	Pardas de bus Av. Pérez Guerrero.....	30
3.6	Alternativas de solución al problema planteado. ....	31
3.7	Mecanismo de elevación tipo tijera.....	32
3.8	Mecanismo de elevación directa. ....	32
3.9	Elevador de brazos articulados. ....	33
3.10	Mecanismo de elevación moto – eléctrico.....	33
3.11	Mecanismo de elevación hidráulico.....	34
3.12	Mecanismo de elevación neumático.....	34
4.1	Rampa de elevación en voladizo.....	42

<b>4.2</b>	Relación entre diámetros.....	45
<b>4.3</b>	Esquema de aplicación de cargas.....	45
<b>4.4</b>	Dimensiones perfil estructural .....	46
<b>4.5</b>	Análisis de deformación. ....	47
<b>4.6</b>	Corte de tubería .....	49
<b>4.7</b>	Preensamble .....	50
<b>4.8</b>	Estructura ensamblada.....	51
<b>4.9</b>	Gabinete de control .....	51
<b>4.10</b>	Montaje vista frontal .....	53
<b>4.11</b>	Montaje vista superior.....	54
<b>4.12</b>	Montaje vista lateral.....	54
<b>4.12</b>	Montaje vista isométrica.....	55
<b>A3.1</b>	Especificaciones técnicas motor.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>DESCRPCIÓN</b>	
<b>PAG.</b>		
<b>NÚM.</b>		
<b>2.1</b>	Características comparativas de sistemas hidráulicos y neumáticos ....	19
<b>3.1</b>	Evaluación de mecanismos.....	38
<b>3.2</b>	Evaluación de sistemas de fuerza.....	38
<b>3.3</b>	Propiedades acero A36.....	40



## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>NÚM</b>	<b>DESCRPCIÓN</b>	<b>PAG.</b>
4.1	Esfuerzo debido a curvatura del cable .....	43
4.2	Tensión equivalente .....	44
4.3	Carga media.....	44
4.4	Carga real.....	44
4.5	Factor de seguridad cable .....	45
4.6	Momento de inercia viga .....	46
4.7	Deformaciones .....	47
4.8	Momento torsor .....	48
4.9	Esfuerzo viga.....	48
4.10	Factor de seguridad viga .....	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PAG</b>
<b>AI.1</b>	Sistema de acceso mecánico para personas en silla de ruedas a autobuses.....	61
<b>AI.2</b>	Bastidor.....	62
<b>AI.3</b>	Brazo derecho.....	63
<b>AI.4</b>	Brazo izquierdo.....	64
<b>AI.5</b>	Grada deslizante.....	64
<b>AI.6</b>	Grada.....	65
<b>AI.7</b>	Piso bastidor.....	65
<b>AI.8</b>	Polea.....	66
<b>AI.9</b>	Suelo grada ascendente.....	66
<b>AI.10</b>	Suelo grada deslizante.....	67
<b>AI.11</b>	Suelo grada.....	67
<b>AI.12</b>	Sujeción brazo.....	68
<b>AI.13</b>	Grada ascendente.....	68
<b>AII.1</b>	Esquema eléctrico.....	69
<b>AII.2</b>	Esquema eléctrico 2.....	69

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general diseñar y construir un elevador mecánico para personas con movilidad reducida que puede ser instalado en un bus de transporte urbano en la ciudad de Ibarra. Este proyecto se cubrió realizando varios procesos secuenciales, iniciando con la búsqueda de información bibliográfica que permita llegar al tema de manera objetiva, abordando todas las posibles aristas que enmarcan este problema. Se analizaron leyes y normativas de la República del Ecuador, en búsqueda de lineamientos al respecto. Se planteó tres posibles alternativas de solución para el mecanismo y para el sistema de fuerzas, se hizo un análisis cualitativo y cuantitativo de las alternativas planteadas y se eligió la mejor opción en base a las características pertinentes para el proyecto. Se realizaron cálculos estructurales para definir los perfiles y materiales adecuados para ser utilizados en la construcción del prototipo. La estructura se construyó enteramente en acero A36, se utilizó cable de acero de 6 mm para permitir para la elevación de la plataforma, se automatizó el funcionamiento del sistema para facilitar la operación autónoma. Se instaló piso de aluminio antideslizante. Se realizaron las pruebas de funcionamiento necesarias, mostrando que el prototipo construido es totalmente funcional. En base a los resultados y experiencias recogidas durante el proyecto se ha llegado a la conclusión que es muy importante facilitar medios de inclusión a las personas con movilidad reducida, ante todos los medios de transporte y servicios urbanos, para lograr así una sociedad más respetuosa de los derechos de toda la ciudadanía.

## **ABSTRACT**

The main objective of this research work was to design and build a mechanical lift for people with reduced mobility that could be installed on an urban transport bus in the city of Ibarra. This project was covered by performing several sequential processes, starting with the search for bibliographic information that allows reaching the subject in an objective manner, addressing all the possible edges that frame this problem. Laws and regulations of the republic of Ecuador were analyzed, in search of guidelines in this regard. Three possible solution alternatives were proposed for the mechanism and for the force system, a qualitative and quantitative analysis of the alternatives was made and the best option was chosen based on the characteristics relevant to the project. Structural calculations were made to define the profiles and materials suitable to be used in the construction of the prototype. The structure was built entirely in a36 steel, 6 mm steel cable was used to allow for platform elevation, the system was automated to facilitate autonomous operation. Anti-slip aluminum floor was installed. The necessary functional tests were carried out, showing that the built prototype is fully functional. Based on the results and experiences gathered during the project, it has been concluded that it is very important to provide means of inclusion for people with reduced mobility, before all means of transport and urban services, in order to achieve a more respectful society.

## GLOSARIO

**CABESTRANTE:** es un dispositivo mecánico, compuesto por un rodillo o cilindro giratorio, impulsado bien manualmente o por un animal, o bien por una máquina, de vapor, eléctrica o hidráulica, unido el cilindro o rodillo a un cable, una cuerda o una maroma, que sirve para arrastrar, levantar y/o desplazar objetos o grandes cargas

**DISCAPACIDAD:** es aquella condición bajo la cual ciertas personas presentan alguna deficiencia física, mental, intelectual o sensorial que a largo plazo afectan la forma de interactuar y participar plenamente en la sociedad

**INCLUSIÓN:** Acción y efecto de incluir.

**MOVILIDAD REDUCIDA:** PMR son aquellas que tienen permanente o temporalmente limitada la capacidad de moverse sin ayuda externa

**NTE:** Norma Técnica Ecuatoriana

**PLC:** Controlador lógico programable

**RAMPA:** una rampa es un plano inclinado, un elemento arquitectónico que tiene la función de comunicar dos planos de distinto nivel, de modo que se salve una diferencia de altura en determinado espacio.

**TORNIQUETES:** elemento que permite restringir el acceso en pasos peatonales.

**WINCHE:** es un dispositivo mecánico, impulsado por un motor eléctrico, destinado a levantar y desplazar grandes cargas

# CAPÍTULO I

## 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

### 1.1. Antecedentes

Existen varios trabajos de investigación que tratan de remediar el acceso para personas en silla de ruedas a autobuses de transporte público, según el artículo 60 de la Ley de discapacidades se establece la accesibilidad en el transporte. “Es un derecho que no se cumple” en tal virtud se puede mencionar algunos trabajos que se citan a continuación

“Diseño de un elevador para silla de ruedas a instalarse en un bus tipo de la ciudad de Quito, el cual se basa en el cumplimiento de la norma NTE INEN 2205 la cual expresa el uso de estas unidades para gente con movilidad reducida, además levantan un diseño fundamentado en criterios de funcionalidad, cálculo estructural, de fácil operación y de un bajo costo y finalmente establecen la efectividad del diseño pero que lamentablemente ejecutarlo es complejo debido a que la población de buses de transporte urbano no cumplen normas de carrocería”. (Bedón, 2011)

“Diseño y construcción de un mecanismo de accionamiento hidráulico-neumático que permita el acceso a personas con discapacidad física en un bus tipo urbano, el cual tiene como objetivo implementar un sistema mecánico de accionamiento hidráulico - neumático y gestión electrónica en buses de transporte público por otra parte no compromete espacios útiles a ningún usuario del autobús, y este orientado a un concepto de Diseño Universal, es decir, que pueda ser usado tanto por usuarios preferenciales como por usuarios ordinarios, en definitiva los resultados logrados del cálculo teórico pudieron ser corroborados con el software de ingeniería, encontrándose dentro de un diseño confiable para su uso”. (Álvarez Martínez & Fiallos Ávila, 2015)

“Diseño y construcción de un prototipo de elevador de acceso para personas con movilidad reducida en buses de transporte urbano, este trabajo establece un mecanismo de cuatro barras que conecta a dos plataformas que normalmente funcionan como grada de acceso al interior del bus, a fin de mantener el sistema de gradas estándar. El sistema funciona con energía neumática y accesorios neumáticos. Asimismo cumple todas las especificaciones tanto técnicas como de seguridad establecidas en la norma ecuatoriana NTE INEN 2205 Buses

Urbanos. Sin embargo la implementación del elevador se puede instalar en cualquier carrocería, siempre y cuando el fabricante tenga el permiso de cortar un pedazo de chasis otorgado por la marca o el importador”. (Hernández Vilema & Verdugo Ibarra, 2016)

## **1.2 Planteamiento del problema.**

Los medios de transporte público actualmente constituyen una parte fundamental de la sociedad urbana tanto así, que día a día se busca la manera de mejorarlos y hacerlos más amigables e inclusivos para todos los usuarios, que pasan más y más tiempo intentando movilizarse para poder cumplir con sus tareas diarias y roles dentro del sistema.

Los diseños de nuevas estaciones y autobuses urbanos incorporan nuevos materiales, con mejores propiedades mecánicas cada vez a menores costos, ideas frescas que optimizan los espacios para manejar de mejor manera los flujos de pasajeros al interior de los buses. Se hace presente también la comunicación que informa a los usuarios horarios y frecuencias de los autobuses.

Según la Constitución de la República del Ecuador, es una prioridad social garantizar el libre acceso a personas con discapacidad a todos los servicios de la sociedad, de tal modo que su vida cotidiana se pueda desenvolver de manera autónoma. Actualmente el sistema de transporte no garantiza el acceso a personas que utilicen sillas de ruedas, por lo tanto, es muy necesario generar una propuesta de diseño que garantice eficacia y fiabilidad que se adapte a cualquier medio de transporte urbano como un accesorio adicional y que ayude a abordar fácilmente y de manera autónoma un bus urbano a un ciudadano con discapacidad física.

A pesar de los avances en diseño, continuamente se deja de lado la accesibilidad para personas con discapacidad y personas con movilidad reducida. A pesar de que la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2205 indica claramente los requerimientos para elevadores y rampas de acceso a autobuses, se hace caso omiso y no se da cumplimiento, debido a los costos adicionales y a la pérdida de espacio en la unidad.

Los diseños para carrocerías de buses urbanos, se planifican dejando un espacio para personas con movilidad reducida, cosa que va en contra de la lógica, pues como se puede crear un espacio para ellos al interior de la unidad, sin primero crear una vía de acceso.

Según datos tomados de la página web del “Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades” (CONADIS), en el año 2017 en la provincia de Imbabura, existen 12308 personas que sufren algún tipo de discapacidad de las cuales 4917 tiene discapacidades físicas, sin contar con lesiones no permanentes y todos los integrantes del grupo de personas con movilidad reducida que fácilmente pueden superar en número a las personas con discapacidad física. (CONADIS, 2017)

Es así que se propone el presente trabajo investigativo en el cual se aborda la situación actual de las personas con movilidad reducida en la provincia de Imbabura, y proponiendo una posible solución para dar inclusión a este grupo social dentro del transporte público, en vías hacia una sociedad futura, inclusiva y sin obstáculos para ningún habitante de la comunidad urbana.

### **1.3 Formulación del problema**

¿Es necesario el diseño y la construcción de un dispositivo mecánico que facilite el acceso a personas en sillas de ruedas a los buses urbanos en la ciudad de Ibarra?

### **1.4 Delimitación**

#### **1.4.1 Delimitación temporal**

Este proyecto se llevó a cabo entre el mes de octubre del 2016, hasta febrero del 2018.

#### **1.4.2 Delimitación espacial**

El presente trabajo ha sido desarrollado en la ciudad de Ibarra, capital de la provincia de Imbabura en Ecuador.

#### **1.4.3 Involucrados**

Todas las personas con movilidad reducida que sean usuarios del transporte público de la ciudad de Ibarra.



## **1.5 Objetivo General**

- Diseñar y construir un elevador mecánico de bajo costo, para personas con movilidad reducida que podría ser instalado en un bus de transporte urbano en la ciudad de Ibarra.

## **1.6 Objetivos Específicos**

- Plantear múltiples alternativas que puedan solventar la necesidad de un elevador para personas con movilidad reducida.
- Someter a una evaluación cualitativa y cuantitativa de acuerdo a sus características físicas a cada una de las opciones planteadas.
- Diseñar adecuadamente según las cargas y requerimientos de trabajo el mecanismo y sistema de fuerza óptimo para el elevador.
- Construir un prototipo en base al diseño planteado.

## **1.7 Justificación**

Se justifica debido a la necesidad de poseer un sistema de transporte público accesible para todos quienes conforman la sociedad urbana, sin ningún tipo de exclusión para ninguna persona independientemente de su condición física.

El sistema tendrá la suficiente sustentación teórica para servir como una guía primaria para futuros emprendimientos que busquen generar sistemas de transporte accesibles, se realizarán todos los estudios pertinentes para garantizar un diseño eficiente y confiable que sea capaz de soportar todas las cargas inherentes a este proyecto.

Según la Ley Orgánica de Discapacidades publicada en Registro Oficial el 25 de septiembre del 2012, se tiene:

### **1.7.1 Artículo 4. Principios fundamentales accesibilidad.**

Se garantiza el acceso de las personas con discapacidad al entorno físico, al transporte, la información y las comunicaciones, incluidos los sistemas y las tecnologías de información y las comunicaciones, y a otros servicios e instalaciones abiertos al público o de uso público,

tanto en zonas urbanas como rurales, así como, la eliminación de obstáculos que dificulten el goce y ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad, y se facilitará las condiciones necesarias para procurar el mayor grado de autonomía en sus vidas cotidianas. (Ley Organica de Discapacidades, 2012)

### **1.7.2 Artículo 58. Accesibilidad.**

“Se garantizará a las personas con discapacidad la accesibilidad y utilización de bienes y servicios de la sociedad, eliminando barreras que impidan o dificulten su normal desenvolvimiento e integración social”. (Ley Organica de Discapacidades, 2012)

A pesar de ser una política clara del estado ecuatoriano, no se hace ningún esfuerzo por tratar de cumplir esta norma, desde el área automotriz se puede empezar realizando un esfuerzo que impulse la accesibilidad de personas con movilidad reducida hacia los buses.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO.

#### 2.1 Discapacidad

Según la Organización mundial de la Salud (2017) una discapacidad constituye una condición física en la que la persona ha perdido una o varias capacidades físicas, o mentales que incidan en la calidad de vida de la persona. No se considera como se ha llegado a perder esta capacidad, únicamente sus consecuencias. Por ejemplo, se tiene la condición especial que padecen las personas con discapacidades auditivas, visuales, quienes han perdido uno o varios miembros o quienes hayan perdido la posibilidad de moverse de manera autónoma.



**Figura 2. 1** Tipos de discapacidades físicas y mentales.  
(Rentería, 2016)

El hecho que una persona padezca una discapacidad no significa que sea inferior a otra, es por eso que se ha eliminado por completo el uso de palabras que etiquetan las discapacidades individuales y se utiliza el término persona con discapacidad de manera general, haciendo énfasis en los derechos que ellos tienen como personas.

Actualmente la legislación de la mayoría de países hace hincapié en la inclusión de las personas discapacitadas a todos los medios de la sociedad, exigiéndose que todas las tecnologías faciliten la comunicación y movilidad autónoma de dichas personas, y la incorporación en empresas públicas y privadas.

### 2.1.1 Persona con movilidad reducida

Son aquellas personas que de manera temporal o permanente tienen reducida su capacidad de moverse de manera autónoma. En este grupo no solo entran las personas que debido a una enfermedad física o mental han adquirido esta condición, sino también aquellas personas que tienen problemas de movilidad por otras circunstancias, como ancianos, madres embarazadas, o con bebés pequeños en brazos, entre otros. (Aesa, 2018)



**Figura 2. 2** Persona con movilidad reducida.  
(Access, 2015)

Las principales necesidades físicas para facilitar la movilidad de personas con movilidad reducida son la ausencia de desniveles y suficiente anchura de aceras y vías peatonales, espacios de estacionamiento preferenciales, ausencia de torniquetes en accesos a transporte público y otras dependencias sociales, prioridad en atención al cliente, entre otros. Además, se puede adoptar el uso de medios mecánicos de apoyo, como sillas de ruedas o coches eléctricos.

### 2.1.2 Accesibilidad

“Se define a este término como la condición de acceso que presenta un sitio o un lugar de interés, una oficina de servicio o un medio de transporte, para que cualquier tipo de persona independientemente de su condición de movilidad pueda llegar hasta él de manera autónoma, sin necesidad de superar barreras físicas ni con ayuda de terceras personas”. (Rapoport, 2007)

Debe promoverse la accesibilidad de varias maneras, para que sea posible que las personas con capacidades especiales superen los obstáculos que para ellos se pueden presentar

en su día a día y permitiendo que desarrolle su vida de la misma manera que lo haría una persona sin ninguna discapacidad.

La accesibilidad se manifiesta como el derecho de todas las personas de ingresar, transitar y permanecer en un lugar, de manera segura, confortable y autónoma. Existen parámetros de diseño aplicables en ingeniería civil y de transporte que se pueden aplicar para dar cumplimiento a este concepto.

- Una solución que tenga problemas de seguridad, no es accesible.
- Se considera como barrera a los escalones, en lugar de ellos se debe diseñar con rampas.
- Las puertas deben abrir hacia afuera o de preferencia ser corredizas.
- No se debe utilizar cerraduras que requieran el uso de los dedos para ser girados o accionados. (Inclúyeme. 2014)



**Figura 2. 3** Accesibilidad.  
(Prevent, 2016)

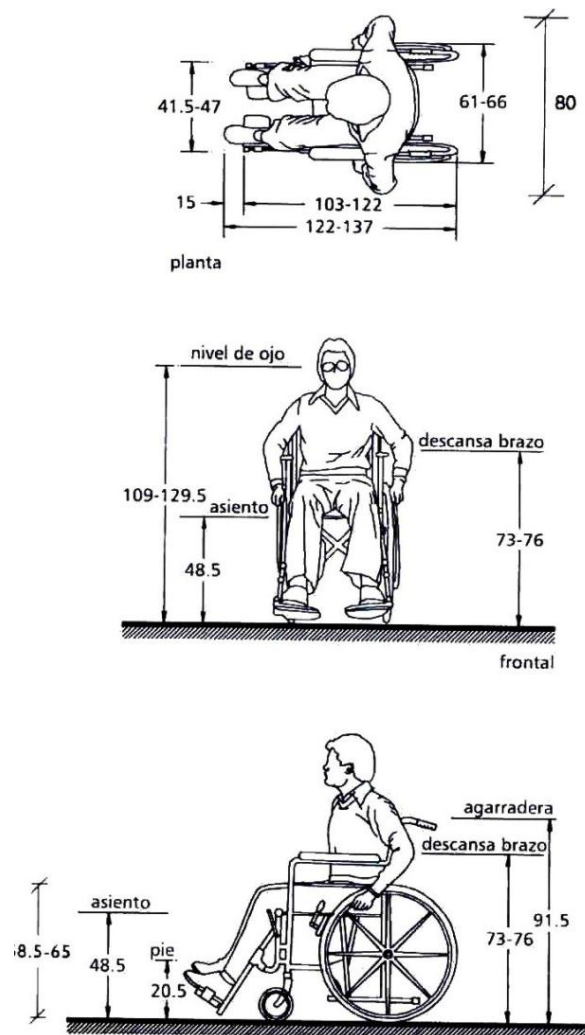
### 2.1.3 Silla de ruedas

Una silla de ruedas constituye un dispositivo de ayuda a personas con movilidad reducida que cuenta con cuatro ruedas, dos motrices auto impulsadas por el ocupante y dos directrices de menor diámetro que se guían por un esfuerzo diferencial generado por fricción.

Según datos registrados, la primera silla de ruedas se desarrolló para el Rey Felipe II de España en 1595, la primera patente sobre este producto proviene de 1869, era un modelo de dos ruedas motrices manuales. En 1924 se desarrolló un modelo eléctrico, en 1933 se desarrolló un

modelo ligero y plegable, por la compañía *Everest & Jennings*, que monopolizó el mercado hasta la década de los sesenta, y es básicamente el diseño que se conserva hasta el día de hoy.

Existen dos tipos de diseños. Principalmente están las sillas de ruedas manuales, que se accionan por efecto del mismo ocupante o por una tercera persona. Además, están las sillas autopropulsadas. Las sillas de ruedas eléctricas tienen una serie de baterías que almacenan la energía para mover los motores de impulsión eléctricos.



**Figura 2. 4** Silla de ruedas convencional.  
(Alfaro Ramirez , 2012)

## 2.2 El autobús

Constituye una forma de transporte diseñado para transportar varias personas a la vez, dentro o fuera de las ciudades. Actualmente se constituye como el principal medio de transporte

masivo en nuestro país, ya que no contamos con servicio de transporte comercial de tipo ferroviario. El autobús es un medio de transporte de valiosa importancia para los habitantes en un sistema urbano pues permite recorrer largas distancias en tiempos cortos de una forma segura y confortable, y cubriendo una innumerable cantidad de rutas. (Wordreferenc, 2018)

### **2.2.1 Bus Urbano.**

Vehículo destinado al transporte de pasajeros dentro de una ciudad, se caracteriza por recorrer distancias cortas, por ello se suele llevar pasajeros que viajan parados. Existe una norma técnica para regular la accesibilidad de personas con movilidad reducida al medio físico, aplicadas a buses urbanos la cual es la NTE INEN 2853.



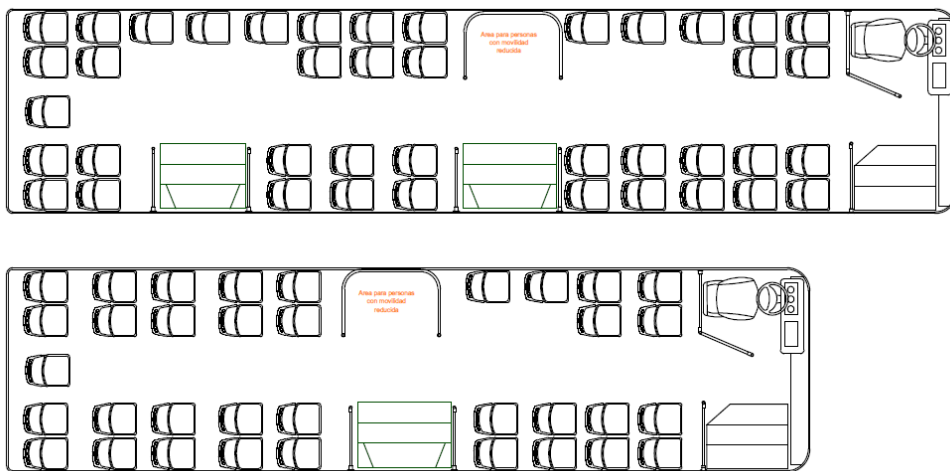
**Figura 2. 5** Bus urbano, Cooperativa 28 de Septiembre

### **2.2.2 Área para pasajeros con movilidad reducida.**

Según el artículo 11 de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2853, un bus urbano debe tener espacios suficientes y medidas de fácil acceso para facilitar el acceso y traslado de personas que se desplazan en silla de ruedas o con movilidad reducida, además deberá contar con:

- Rampa o elevador para facilitar el acceso a las personas con movilidad reducida.
- Espacio reservado destinado para usuarios en silla de ruedas, de a lo menos 900mm x 1.400mm, debidamente señalizado, cinturón de seguridad retráctil para el usuario en silla de ruedas y otros dos fijos para sujeción de la silla.

- El recorrido desde la puerta de acceso al espacio reservado no debe contener escalones u otros obstáculos que dificulten el desplazamiento, de la persona en silla de ruedas.
- El espacio debe estar provisto de una barra de seguridad de 800mm de longitud a una altura máxima de 750mm, y con un diámetro no superior a 40mm.
- Un sistema de aviso de parada diferenciado que alerte al conductor que quien va a bajar es una persona con discapacidad, ubicado a una altura de aproximada de 75cm. (INEN, RAMPAS PARA EL INGRESO Y EGRESO DE PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA , 2014)



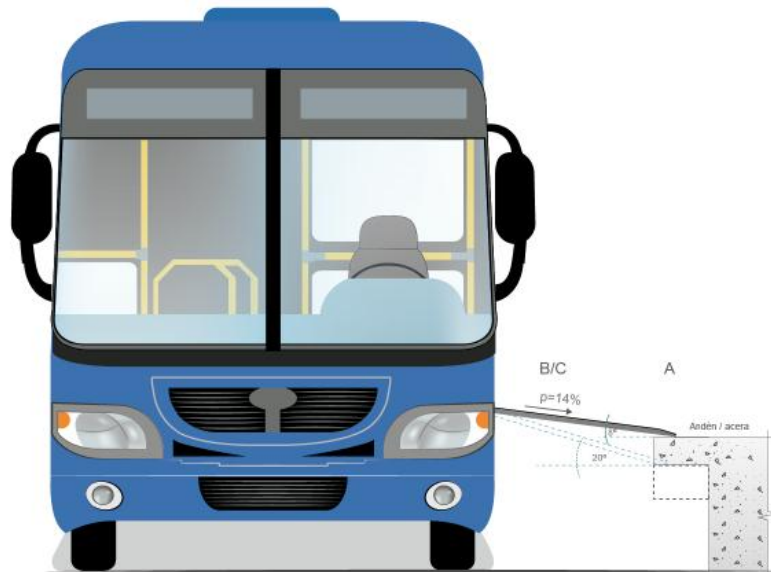
**Figura 2. 6** Espacio para personas con movilidad reducida.  
(INEN, 2010)

### 2.2.3 Tipos de accesos para personas con movilidad reducida

Es obligatorio según la normativa disponer de un sistema de acceso a los buses para personas con movilidad reducida, que puede constar de todos o al menos alguno de los siguientes ítems.

- Rampa fija en las paradas. Detallada en la NTE 2245
- Rampa deslizante en el bus. Detallada en la NTE 2853
- Elevador. Detallada en la NTE 2205





**Figura 2. 7** Rampa de acceso para personas con discapacidad.  
(INEN, Rampas, 2014)

### 2.3 Sistemas hidráulicos

Un sistema hidráulico se caracteriza por ser capaz de transmitir grandes esfuerzos y ser efectivos donde los sistemas neumáticos ni eléctricos pueden serlo. Utiliza fluidos hidráulicos como medio para transferir energía hacia los actuadores. Para un sistema hidráulico se puede enumerar las siguientes propiedades:

- La presión de trabajo del sistema puede llegar hasta los 600 bares. (Nichols. 2007. Pg 453)
- Debido a la presión de trabajo constante permite realizar desplazamientos muy precisos.
- Se pueden utilizar acoples rápidos para la conexión y desconexión de los elementos hidráulicos.
- Emplean un menor número de elementos mecánicos para transmitir potencia como engranes o bandas y correas.
- En caso de tener sobrecargas o picos de presión, estos se controlan por medio de válvulas limitadoras de presión.
- Los sistemas hidráulicos se auto lubrican y refrigeran con su aceite.
- Se puede instalar con relativa facilidad en cualquier parte de un vehículo.

### **2.3.1 Depósito**

El depósito en un sistema hidráulico, constituye un dispositivo que tiene como principal, pero no única función, almacenar el fluido hidráulico que proviene de las vías de retorno, para posteriormente ser nuevamente enviado. Mientras el fluido se encuentra en el depósito este debe darle una especie de tratamiento en el cual se debe depurar al fluido de cualquier burbuja de aire que se encuentre en su interior, en caso de que haya habido condensación se debe tener un mecanismo de drenaje y en caso de que haya habido presencia de impurezas debe permitir que estas se asienten en el fondo del depósito para evitar que puedan ser reabsorbidas por la bomba y enviadas nuevamente hacia el sistema.

### **2.3.2 Bomba**

Es el elemento del sistema hidráulico encargado de transferir energía cinética al fluido para que esta sea aprovechada por los actuadores. Es accionada por un motor eléctrico o de combustión, el cual entrega su potencia mecánica para producir el trabajo dentro de la bomba. Al incrementar la energía cinética de un fluido este aumenta también su presión y su velocidad de flujo, que son las características principales de un circuito hidráulico. (Creus Solé, 2007)

Existen diferentes tipos de bombas hidráulicas las cuales se utilizan dependiendo el tipo y las utilidades del circuito, para este caso solamente nos enfocaremos en un tipo de bomba que es la de paletas.

Debido a las caídas de presión internas del sistema podemos obtener como resultado la formación de pequeñas burbujas de vapor. Estas al ser arrastradas a zonas de presión alta se comprimen bruscamente y vuelven a estado líquido, produciendo implosiones que degeneran el sistema hidráulico.

### **2.3.3 Válvula de control direccional**

La válvula de control direccional permite controlar la dirección que tomará el flujo dentro del circuito hidráulico, para poder canalizarlo hacia los actuadores o hacia el depósito según sea la conveniencia del operario. (Creus Solé, 2007, pág. 167)

### **2.3.4 Válvula de control de caudal**

Se utiliza para limitar el caudal y por tanto el flujo de los fluidos hidráulicos al interior del sistema, de esta manera se puede regular la velocidad de accionamiento de los elementos hidráulicos como motores o pistones. Actualmente las válvulas de control direccional pueden venir integradas con este tipo de sistemas para permitir el control exacto de los movimientos en la maquinaria. (Creus Solé, 2007, pág. 167)

### **2.3.5 Válvula de control de presión**

Usualmente debido a diferentes factores de operación en la maquinaria, se puede tener picos de presión temporales o incluso obstrucciones que pueden causar una explosión. Para evitar que un suceso como este dañe nuestra maquinaria, tenemos elementos conocidos como válvulas de control de presión. Estas se encargan simplemente de dejar pasar el fluido de regreso al depósito en caso de que se produzca una sobrecarga de presión en el circuito, sirviendo como principal control de seguridad en nuestro sistema. (Creus Solé, 2007, pág. 167)

### **2.3.6 Cilindro hidráulico.**

Existen dos tipos de actuadores hidráulicos, estos son los motores y cilindros hidráulicos. Los primeros sirven como actuadores rotacionales, es decir entregan un par de giro hacia el sistema mecánico, mientras los cilindros son actuadores lineales, es decir permiten la generación de una fuerza lineal de empuje o retracción hacia el sistema. (Nichols. 2007. Pg. 335)

Pueden existir dos tipos de pistones hidráulicos, de simple efecto y de doble efecto. Los primeros tienen un mecanismo de retracción externo, en algunos casos cuando están anclados a un gran peso, retornan por simple gravedad, caso contrario puede haber un muelle mecánico, los de doble efecto permiten control total sobre su funcionamiento, tanto en empuje como en retracción.

## **2.4 Sistema electro mecánico.**

Una solución bastante eficiente es el uso de energía eléctrica, que en el caso del bus es suministrada de manera continua por el alternador, que genera energía eléctrica de manera

continua, aprovechando el giro del motor. Esta energía es limpia y es aprovechable hasta en límites superiores al 90 % de eficiencia, convirtiéndose en una buena opción para el presente proyecto.

Este sistema es mucho más económico que un sistema hidráulico o neumático, y el control se realiza de manera directa, por medio de relés y contactores dependiendo del amperaje que se maneje.

Dependiendo del grado de complejidad del circuito electrónico se puede reemplazar este, por un controlador lógico programable o PLC por sus siglas en inglés. Además, se puede ampliar el rango de funciones del circuito y se puede incrementar el nivel de complejidad introduciendo más entradas y variables operativas.

#### 2.4.1 Controlador Lógico Programable (PLC)

Es un dispositivo de control electrónico capaz de comandar sistemas electromecánicos automáticos que responden ante las señales enviadas por el usuario o sensores presentes en el sistema, produciendo una señal de respuesta al actuador específico. Es un dispositivo que ejecuta órdenes lógicas secuenciales, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto, que se pueden programar mediante un lenguaje sencillo conocido como ladder.

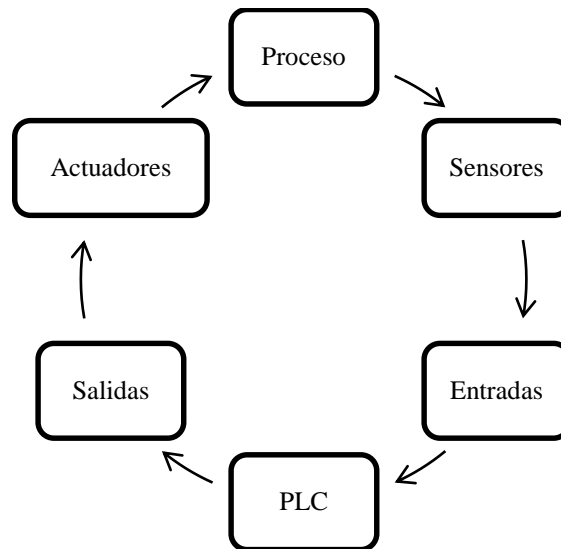


**Figura 2. 8** Controlador lógico programable (Schneider, 2015)

Los PLC's son altamente utilizados en la industria debido a su facilidad de utilización y de mantenimiento. Además, son relativamente económicos y pueden comandar varios sistemas al mismo tiempo donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a

las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, de lo contrario no producirá el resultado deseado.

El esquema de un proceso controlado por PLC es el siguiente:



**Figura 2. 9** Esquema de trabajo PLC  
(Schneider Electric, 2015)

El proceso se ejecuta cuando se Enciende el PLC, auto chequeó e inicialización. Entonces realiza el programa actualización de la imagen de salida, seguidamente lectura de la imagen de salidas y actualización física de las salidas. A continuación, procesa las peticiones de comunicación, es decir la CPU procesa los mensajes que haya recibido por el puerto de comunicación para realizar el auto diagnóstico de la CPU. Posteriormente comprueba el CPU y la memoria del programa (solo en modo RUN), así como el estado de los módulos de ampliación, lectura de las entradas físicas y actualización de la imagen de entradas. Se repite el ciclo con un tiempo de barrido establecido.

#### **2.4.2. Final de carrera.**

Constituye un tipo de sensor mecánico que se encargan de informar al PLC que el sistema ha llegado a un punto de recorrido máximo o mínimo para que este ordene la desconexión del sistema. Consiste de un pulsador simple adaptado a un sistema de accionamiento mecánico puede interactuar con el entorno detectando un movimiento externo y

transformándolo en una señal eléctrica que puede ser manipulada por un sistema de control apropiado enviando la orden al sistema.



**Figura 2. 10** Final de carrera mecánico.  
(IEGEN, 2015)

Puede utilizarse para detectar la posición de una pieza móvil y para aplicaciones de seguridad siendo predilectos en uso sistemas mecánicos con elementos móviles que deben cumplir con una determinada trayectoria sin sobrepasar los límites impuestos por el diseñador.

Como ventajas de estos elementos se puede mencionar

- Simplicidad de ajuste e instalación
- Máxima facilidad de cableado
- Robustez de elementos externos, actuadores metálicos
- Mayor seguridad con los nuevos bloques de 3 contactos auxiliares
- Conforme a las más recientes exigencias normativas

### 2.4.3 Relé

Es un dispositivo eléctrico que conmuta corrientes altas por medio de corrientes pequeñas, las cuales excitan una bobina que produce un campo magnético y mueve una serie de contactores, que permiten que el circuito de mayor corriente opere. Se puede encontrar relés de contactos normalmente cerrados o abiertos, y de uno o varios pares de contactos que se utilizan dependiendo el circuito que sea necesario operar.

La separación de la corriente de accionamiento que circula por la bobina del electroimán, y la corriente de operación que circula por los contactos, hace que se pueda manejar elevada potencia con pequeñas tensiones de control. También ofrecen la posibilidad de controlar dispositivos a distancia como en el caso de los antiguos relevadores que se utilizaban en telegrafía como repetidores. (Carlson. 2002. Pg. 125)



**Figura 2. 11** Relé.  
(Schneider Electric, 2015)

#### 2.4.4 Contactor

Es un dispositivo eléctrico que tiene como misión establecer o interrumpir el paso de corriente eléctrica hacia el circuito de potencia al energizar la bobina, puede ser accionado a la distancia. Es dispositivo de constitución muy similar a los relés, sin embargo, la tensión de operación que es capaz de conmutar es mucho mayor, motivo por el cual se utilizan en circuitos de alta potencia como en suministro de tensión para iluminación y fuerza motriz. (Carlson. 2002. Pg. 235)



**Figura 2. 12** Contactor  
(Schneider Electric, 2016)

#### 2.4.5. Voltaje de operación

Para aprovechar la energía eléctrica del autobús, se ha diseñado el sistema para que se alimente con 12 voltios. Este será el voltaje nominal de operación que será conmutado por los contactores y relés en el sistema. Incluso el motor a utilizar será un motor eléctrico DC a 12V.

#### 2.4.6 Cabestrante

Un cabestrante es un dispositivo mecánico que sirve para arrastrar o levantar grandes cargas, puede ser accionado por un motor eléctrico, de combustión o por fuerza humana o

animal. Además, tiene un grupo de engranajes que sirven como desmultiplicadores de movimiento, incrementando el torque final de salida y la capacidad de carga del mecanismo. (RAE. 2017)

Un cabestrante automotriz se utiliza por lo general en vehículos 4x4 como medio de accionamiento motriz cuando las ruedas del vehículo han perdido por completo la tracción, se le conoce también como winche, utiliza motores eléctricos de 12 V de corriente continua DC, y se pueden controlar a distancia por medio de controles alámbricos o inalámbricos.

Un motor eléctrico se encarga de generar movimiento por medio de un campo electromagnético que genera el flujo de electrones a través de los bobinados del estator, transformando energía eléctrica en energía mecánica o motriz, pueden manejar diferentes voltajes y trabajar con corriente alterna o continua.

**Tabla 2. 1** Características comparativas de sistemas hidráulicos y neumáticos

	<b>Neumático - Hidráulico</b>	<b>Eléctrico - Electrónico</b>
<b>Elementos de trabajo</b>	Cilindros Motores Componentes	Motores eléctricos Válvulas solenoides Motores lineales
<b>Elementos de control</b>	Válvulas distribuidoras direccionales	Relé Transistores
<b>Elementos de proceso</b>	Válvulas distribuidoras direccionales Válvulas de aislamiento Válvulas de presión	Contactares Relés Módulos electrónicos
<b>Elementos de entrada</b>	Interruptores Pulsadores Interruptores, final de carrera Módulo de programación Sensores	Interruptores Pulsadores Interruptores, final de carrera Módulos programadores Sensores Indicadores/generadores

(Creus , 2007)

## 2.5 Diseño mecánico

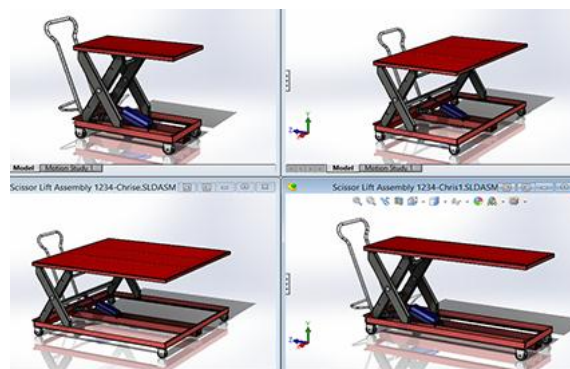
El proceso de diseño consiste en la formulación de un plan que permita satisfacer una necesidad o resolver un problema mediante la generación de un producto o servicio. En el caso del presente proyecto la necesidad se ve reflejada en la imposibilidad actual de abordar un bus de servicio público por parte de una persona que utiliza silla de ruedas.



Se debe plantear el diseño de manera eficiente de manera tal que sea sencillo de fabricar y construir, utilizando elementos que estén disponibles en los mercados locales y que dado el caso sean factibles de reemplazar y reparar; funcional, es decir cumplir con los propósitos para los cuales fue creado; finalmente seguro y confiable, para garantizar una larga vida útil sin contratiempos. (Budynas & Nisbett, Diseño en Ingeniería Mecánica, 2008, pág. 14)

### 2.5.1 Representación gráfica

Para representar el diseño propuesto se utilizará el software de diseño asistido por computador Solid Works que sirve como procesador gráfico paramétrico de diseños tridimensionales, con un alto grado de detalle, permitiendo realizar incluso renderizados que dan una vista de las condiciones del diseño sometido a un ambiente real.



**Figura 2. 13** Representación CAD de una mesa elevadora  
(Solidworks. 2013)

Permite evaluar costos de producción dependiendo de los materiales utilizados, es capaz de simular los movimientos a los cuales estará sometido el sistema con lo cual se puede calcular los esfuerzos, velocidades y aceleraciones de cada parte del mecanismo pudiendo determinar así con muchísima precisión, el material adecuado para su construcción.

### 2.5.2 Fases del proceso de diseño

El proceso de diseño es un proceso iterativo que consta de varias etapas, puede resultar relativamente simple se obtienen los resultados esperados a la primera iteración, caso contrario puede extenderse tanto como el diseñador lo considere hasta encontrar el punto de armonía

entre lo deseado por el segmento al cual va destinado el elemento de diseño y por el mismo diseñador.

El proceso de diseño consta de las siguientes fases:

- Identificar la necesidad
- Definir el problema
- Síntesis del problema
- Análisis de posibles soluciones
- Evaluación de la solución más adecuada
- Presentación final del producto desarrollado. (Budynas & Nisbett, Diseño en Ingeniería Mecánica, 2008, pág. 20)

Es muy posible que el proceso de diseño se extienda más allá de los límites esperados cuando no se han considerado correctamente todas las variables en función de las cuales se debe trabajar, entonces, si hablamos de un elevador para sillas de ruedas podemos tener diferentes posibilidades al momento de definir su estructura, sistema de construcción, afectación a la estructura del autobús, entre otros.

Se analiza a continuación el marco legal nacional que enmarca el presente estudio.

### **2.6.1 Constitución de la República del Ecuador**

La Constitución de la República del Ecuador es la carta magna de la ley y el derecho para todos los ciudadanos ecuatorianos. Se hace referencia a la accesibilidad para personas con discapacidad en los siguientes artículos:

El artículo 35 indica que las personas con discapacidad, recibirán atención prioritaria y especializada en los ámbitos público y privado, debiendo el Estado prestar especial protección.

El artículo 47 indica que el Estado garantizará políticas de prevención de las discapacidades y, de manera conjunta con la sociedad y la familia, procurará la equiparación de oportunidades para las personas con discapacidad y su integración social.

Se enumera también los derechos de los ciudadanos con discapacidad mencionando entre otros, “se debe dar acceso de manera adecuada a todos los bienes y servicios a todas las

personas con discapacidad, eliminando barreras arquitectónicas, que se pueden interpretar en este caso como a cualquier tipo de barrera física”.

El artículo 394 menciona que “El Estado garantizará la libertad de transporte terrestre, aéreo, marítimo y fluvial dentro del territorio nacional, sin privilegios de ninguna naturaleza. La promoción del transporte público masivo y la adopción de una política de tarifas diferenciadas de transporte serán prioritarias. El Estado regulará el transporte terrestre, aéreo y acuático y las actividades aeroportuarias y portuarias”. (Constitución de la República del Ecuador, 2012)

### **2.6.2 Ley Orgánica de Discapacidades**

Con respecto a la accesibilidad de manera general, en el artículo 4 se indica que se garantiza el acceso de las personas con discapacidad al entorno físico, al transporte, la información y las comunicaciones, incluidos los sistemas y las tecnologías de información y las comunicaciones, y a otros servicios e instalaciones abiertos al público o de uso público, tanto en zonas urbanas como rurales, así como, la eliminación de obstáculos que dificulten el goce y ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad, y se facilitará las condiciones necesarias para procurar el mayor grado de autonomía en sus vidas cotidianas.

En el artículo 60 se menciona a la accesibilidad al transporte, indicando que las personas con discapacidad tienen derecho a acceder y utilizar el transporte público. Los organismos competentes en tránsito, transporte terrestre y seguridad vial en las diferentes circunscripciones territoriales, previo el otorgamiento de los respectivos permisos de operación y circulación, vigilarán, fiscalizarán y controlarán el cumplimiento obligatorio de las normas de transporte para personas con discapacidad dictadas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y establecerán medidas que garanticen el acceso de las personas con discapacidad a las unidades de transporte y aseguren su integridad en la utilización de las mismas, sancionando su inobservancia.

También se habla de las posibles sanciones a la inobservancia de las normas INEN en las unidades de servicio de transporte, en el artículo 115 se establece la imposición de una sanción pecuniaria de cinco a diez remuneraciones básicas unificadas del trabajador privado en general y/o suspensión de actividades hasta por quince días, a juicio de la autoridad sancionadora. (Ley Orgánica de Discapacidades, , 2012)

### **2.6.3 NTE 2205 Vehículos automotores. Bus urbano. Requisitos**

En la norma técnica ecuatoriana 2205, se definen los requerimientos técnicos para la construcción de elevadores para personas con movilidad reducida, para buses y mini buses, los mismos se detallan a continuación.

#### **2.6.3.1 Capacidad de elevación**

Debe ser de 200 kg, sin contar con el peso de la plataforma, acompañante y otros elementos desplazables. Los mandos deben ser capaces de controlar de manera rápida e inmediata al sistema de elevación.

#### **2.6.3.2 Sistema de bloqueo del vehículo**

La plataforma no debe desplazarse si el vehículo está en movimiento. Debe existir un sistema de bloqueo que impida que la plataforma se mueva si el vehículo está en movimiento. En caso que exista un percance debe existir un medio alternativo que permita mover a la plataforma

#### **2.6.3.3 Autonomía del elevador**

En caso de un desabastecimiento de energía, el elevador debe tener la capacidad suficiente de trabajar de manera autónoma para efectuar un número de maniobras igual al número de plazas disponibles en el bus para sillas de ruedas.

#### **2.6.3.4 Protecciones del elevador**

La plataforma debe tener las protecciones suficientes para garantizar que la silla de ruedas no saldrá de la misma por sí sola, estas deben ser:

- Barrera de protección abatible en el piso
- Barandas que se desplacen junto a la silla de ruedas.
- Superficie antideslizante en la plataforma.

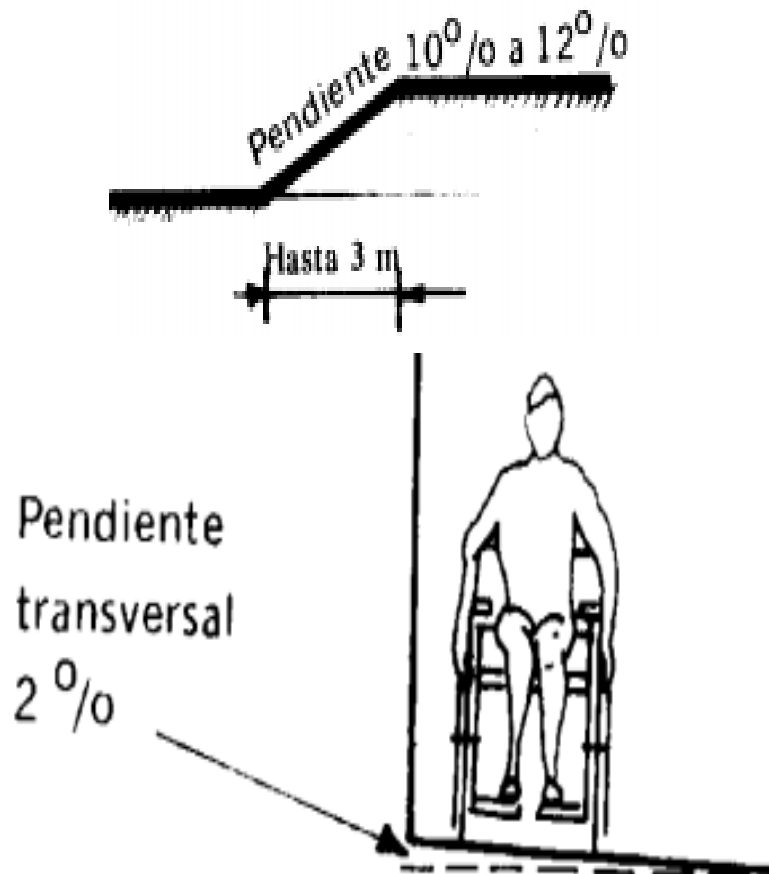
- Las dimensiones deben tener al menos un ancho mínimo de 800 mm y una profundidad de 1 000mm.
- La flexión no debe flexionarse más de 3°, que corresponde a 1,5% de inclinación de pendiente, ni con carga (200 kg), ni en vacío.
- Velocidad de desplazamiento de la plataforma. La velocidad de desplazamiento de la plataforma y partes de la misma no debe ser superior a 0,22 m/s. En despliegue y repliegue, la velocidad no debe ser superior a 0,33 m/s.
- Acceso a la plataforma. El diseño de la plataforma debe permitir el acceso por adelante y por detrás.
- Protecciones. No debe haber elementos móviles sin protección para evitar lastimar a usuario, acompañante o vestidos de los mismos.
- Resistencia a las vibraciones. Los componentes deben estar diseñados de tal manera que resistan las vibraciones del entorno.
- Señal acústica. El funcionamiento del elevador debe ser indicado por medio de una señal acústica. (INEN, 2010, pág. 17)

#### **2.6.4 NTE 2245. Accesibilidad de personas con discapacidad al medio físico**

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2245:2000, indica de forma clara como se deben construir los accesos para personas con discapacidad a obras civiles dando un referente también para el presente proyecto de la inclinación máxima que se puede permitir tener la rampa de acceso con respecto a los ejes x e y.

Inclinación con respecto al eje frontal x o pendiente máxima, para rampas de acceso de longitud menor a 3 metros de 10 a 12 %. Inclinación con respecto al eje longitudinal y o pendiente transversal máxima 2%. (INEN, 2015)

“El ancho mínimo libre de las rampas unidireccionales será de 900 mm. Cuando se considere la posibilidad de un giro a 90°, la rampa debe tener un ancho mínimo de 1 000 mm y el giro debe hacerse sobre un plano horizontal en una longitud mínima hasta el vértice del giro de 1 200 mm. Si el ángulo de giro supera los 90°, la dimensión mínima del ancho de la rampa debe ser 1 200 mm”. (INEN, 2015)



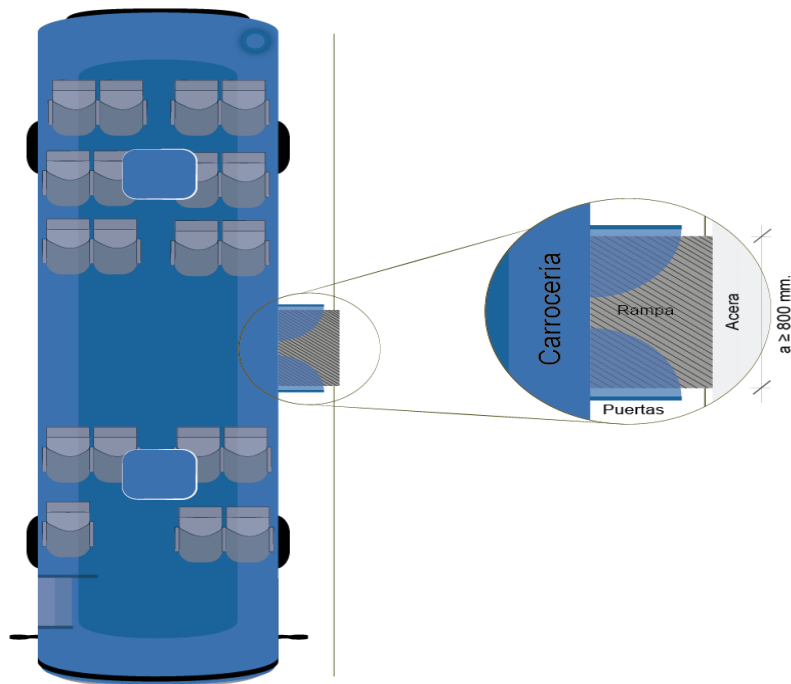
**Figura 2. 14** Inclinación de rampas frontal y longitudinal.  
(INEN, 2015)

### **2.6.5 NTE 2853. Rampas para el ingreso a vehículos transporte**

Esta norma establece los requisitos relativos a la instalación, mantenimiento y uso, así como los métodos de ensayo que deben cumplir las rampas destinadas al ingreso y egreso asistido de personas con movilidad reducida, en especial con silla de ruedas, a los vehículos para el transporte terrestre de pasajeros

Las rampas, en su posición extendida, deben resistir una carga dinámica de, por lo menos, 250 kg. Las longitudes se deben medir con la rampa cargada con una silla de ruedas cuya masa sea de 150 kg.

La silla se debe ubicar en el centro de la rampa, debiendo quedar los ejes de las ruedas equidistantes a los extremos de la rampa haciendo coincidir el eje longitudinal de la silla con el de la rampa. (INEN, 2014)



**Figura 2. 15** Rampa de acceso para personas con movilidad reducida (INEN, 2014, pág. 10)

### 2.6.6 NTE 2239 Accesibilidad de las personas al medio físico. Señalización.

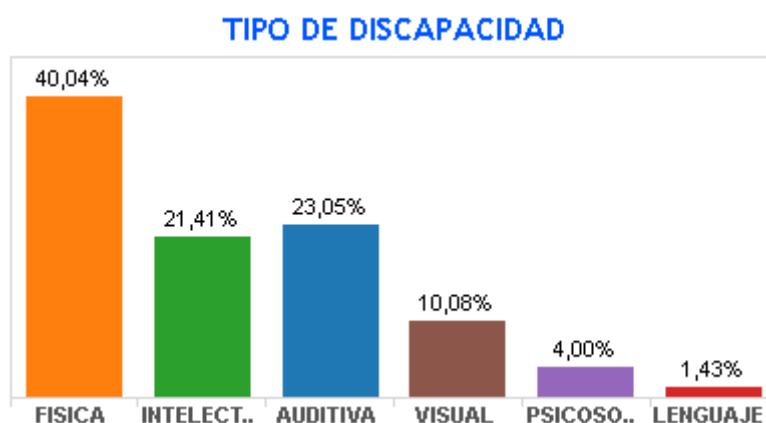
Esta norma establece las características que deben tener las señales a ser utilizadas en todos los espacios públicos y privados para indicar la condición de accesibilidad a todas las personas, así como también indicar aquellos lugares donde se proporciona orientación, asistencia e información. (INEN , 2015)

## CAPÍTULO III

### 3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

#### 3.1 Análisis estadístico de personas con discapacidad física en la ciudad de Ibarra

Según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, actualmente en la provincia de Imbabura, se tiene un registro de 12280 personas con algún tipo de discapacidad, de las cuales el 40,04 %, es decir 4917 personas tienen alguna discapacidad física. En el diagrama mostrado, se puede apreciar que el mayor porcentaje de discapacidades corresponde a personas con problemas físicos.

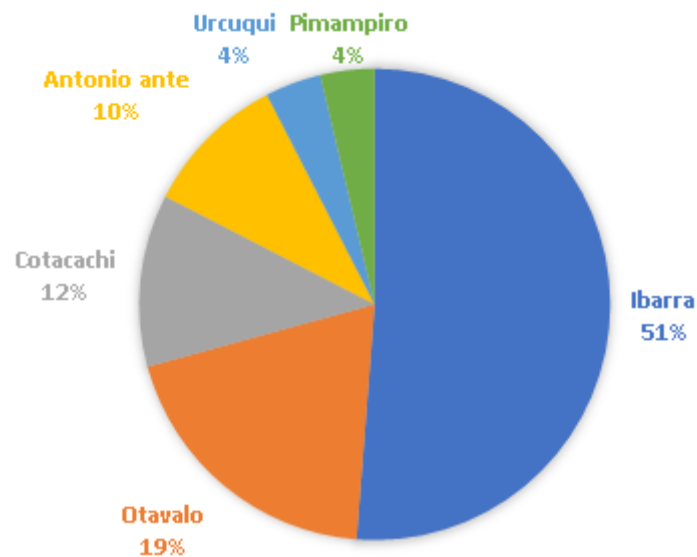


**Figura 3. 1** Discapacidades según el tipo en la Provincia de Imbabura (CONADIS, 2017)

Cabe recalcar que no se está considerando todo el universo de personas con movilidad reducida parcial o permanente como madres embarazadas o con niños pequeños en brazos, ancianos, personas con lesiones temporales, no videntes, personas con sobre peso, entre otros, que fácilmente pueden duplicar y exceder la cifra de personas con discapacidad.

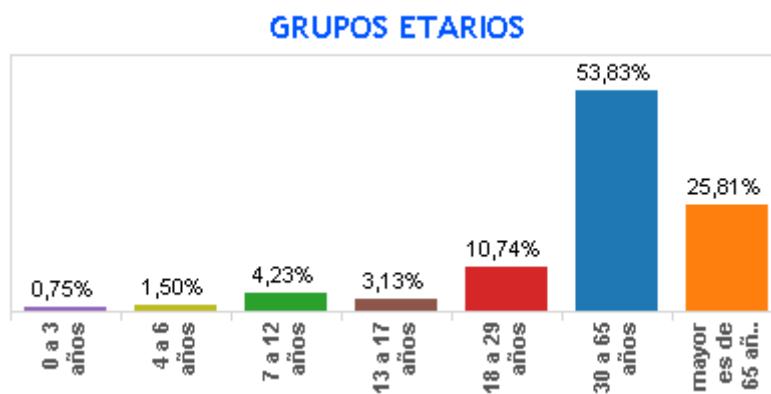
Del universo de 4917 personas con discapacidad física en la provincia de Imbabura, 2519 se concentran en el cantón Ibarra, no necesariamente en el área urbana, es decir una población superior al 50%, el resto se reparte a lo largo de todos los cantones de la provincia, siendo Otavalo el más numeroso con 959, seguido de Cotacachi con 582, Antonio Ante 485, Urcuquí 189 y Pimampiro el menor con 183.





**Figura 3. 2** Distribución de discapacidad física en Imbabura (CONADIS, 2017)

Otro dato muy importante que refleja la necesidad de transporte inclusivo en la ciudad de Ibarra, es que el mayor número de personas discapacitadas, se encuentra entre los 18 a 65 años, que es la edad laboralmente productiva de la persona y por tanto cuando más necesidades de transporte va a tener. Estas edades concentran el 64,57% . No se hace una discriminación entre sexo masculino o femenino, ni tampoco según el grado de discapacidad pues estos datos son irrelevantes para el proyecto.



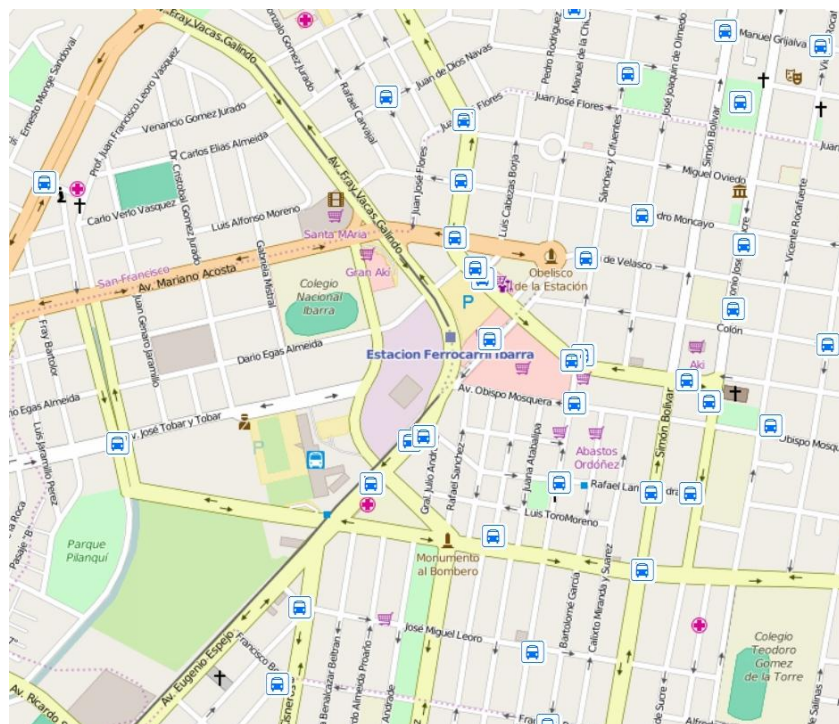
**Figura 3. 3** Grupos etarios para discapacidad física (CONADIS, 2017)

### 3.2 Situación actual de buses y paradas en la ciudad de Ibarra

El sistema de transporte público de la ciudad de Ibarra no ofrece ningún tipo de inclusión para las personas con movilidad reducida. Ni las paradas ni las unidades de transporte están equipadas para ofrecer este servicio, mediante una visita de campo se ha visto que los colectivos de transporte de la ciudad de Ibarra, son todos absolutamente de cama alta y ninguna unidad cuenta con un sistema de elevación.

Ante esta realidad nace la interrogante de que sistema funcionaría mejor. Un sistema de paradas fijas con rampas accesibles a personas de movilidad reducida o el elevador planteado en este trabajo. Existen un sinnúmero de variables que se debe analizar y problemas que se deberán sortear para cada caso, pero se realizará un análisis del contexto urbano para realizar un contraste con el presente planteamiento.

Según datos facilitados por la Empresa Pública de Movilidad del Norte (Movildelnor EP), en la ciudad de Ibarra existen 245 paradas de bus, que se reparten a lo largo de toda la zona urbana y marginal, en el espacio de influencia de la ciudad de Ibarra.



**Figura 3. 4** Paradas de buses de la zona central de Ibarra (GAD Ibarra, 2017)

El costo referencial de la obra civil para levantar una parada de bus que brinde accesibilidad a personas con movilidad reducida, depende enteramente del diseño arquitectónico que esta pueda tener, teniendo valores de USD 2000 en adelante, sin contar con que todos los buses deberán tener un sistema de rampas deslizantes que conecten la parada de bus con la unidad de transporte, algo muy similar a lo que usa el sistema trolebús en la ciudad de Quito.

Sin lugar a dudas implementar paradas fijas en la ciudad de Ibarra, es mucho más económico y representa una solución a largo plazo, sin embargo, hay otro parámetro que analizar, si están las veredas y calles de la ciudad de Ibarra, preparadas para recibir esta infraestructura.



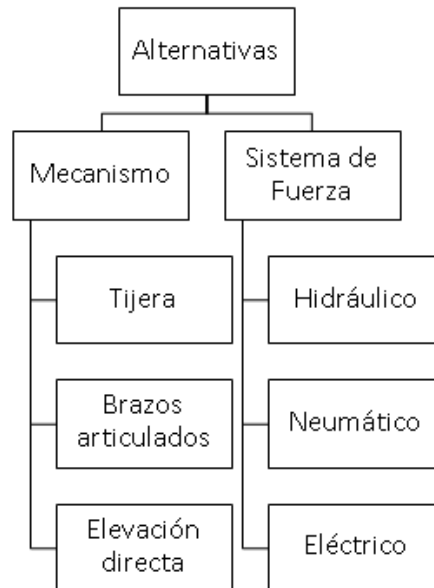
**Figura 3. 5** Pargas de bus Av. Pérez Guerrero  
(Google Maps. 2017)

Se toma como referencia la Avenida Pérez Guerrero y la Calle Sánchez y Cifuentes a la altura del Mercado Amazonas por ser un punto de altísima confluencia peatonal y vehicular. Sería imposible construir aquí cualquier tipo de paradas accesibles pues se quitaría espacio para el peatón.

### **3.3 Evaluación de alternativas**

Para el mecanismo de elevación y para el sistema de fuerza, existen diferentes posibilidades de diseño, las cuales deberán ser ponderadas según un modelo de evaluación. Se puede tener mecanismos de elevación directa, brazos móviles articulados o un mecanismo tipo tijera. En el sistema de fuerza se puede utilizar sistemas hidráulicos, neumáticos o eléctricos.

Las opciones de mecanismo y el sistema de fuerzas, deben ser analizadas de manera independiente, sin embargo, estas, pueden ser combinadas las unas con las otras para obtener el mejor rendimiento en la alternativa elegida.



**Figura 3. 6** Alternativas de solución al problema planteado.

### 3.3.1 Alternativas para el mecanismo

No solamente se deben hacer consideraciones básicas de diseño, sino además se deben analizar todas las condiciones operativas y geográficas del servicio de transporte en la ciudad de Ibarra, pues este estará sometido a vibraciones constantes producidas por los terrenos agrestes de las zonas rurales la ciudad.

#### 3.3.1.1 Tijera.

Es un tipo de mecanismo sencillo que se utiliza para elevación de cargas, a medianas alturas, ocupa volúmenes pequeños cuando está plegado, sin embargo, tiene un gran número de eslabones y elementos móviles, lo cual lo hace más susceptible a fallos, requiere además intervalos de mantenimiento más cortos.

Al ser un mecanismo de mayor número de partes móviles, tiene tendencia a ser más costoso y de mayor dificultad en su construcción, diseño y análisis.



**Figura 3. 7** Mecanismo de elevación tipo tijera  
(Xinder-Tech Electronics, 2013)

### 3.3.1.2 Elevación directa.

Es el tipo más sencillo de elevador y es el más aconsejado debido a su facilidad de diseño, montaje, construcción y reparación. Se conforma de dos columnas paralelas sobre las cuales se monta toda la estructura de ejecución del movimiento.

Dentro de las columnas se introducen los pistones hidráulicos que serán los encargados de subir o bajar a la rampa de acceso del sistema. Dependiendo del diseño se puede trabajar con uno o dos pistones, de esto dependerá la eficiencia del sistema.

Este sistema tiene una utilidad adicional pues cuando no se lo está utilizando puede simplemente actuar como un graderío de dos peldaños lo que lo hace especialmente útil para los autobuses que no brindan este servicio de forma permanente.



**Figura 3. 8** Mecanismo de elevación directa  
(Xinder-Tech Electronics, 2013)

### 3.3.1.3 Brazos articulados

Es el tipo de mecanismo ideal en funcionamiento, pero no en espacio, puede garantizar un trabajo sin complicaciones, en especial si es acoplado a un sistema hidráulico. Su diseño podría resultar complejo por presentar diversas partes móviles.



**Figura 3. 9** Elevador de brazos articulados (SBAS. 2012)

## 3.3.2 Alternativas para el sistema de fuerza

### 3.3.2.1 Mecanismo moto eléctrico

Se necesita un mecanismo de cables y poleas, que serán movidos por un cabestrante accionado por un motor eléctrico de 12 V, este conjunto es capaz de generar alto para a bajas revoluciones. Se podría pensar en un componente igual al utilizado en las winchas de servicio automotriz, ya que su capacidad de carga puede llegar con facilidad hasta una tonelada y está listo para ser utilizado con 12 o 24 voltios, que son los suministrados por el sistema eléctrico del bus. La parte de control se puede desarrollar fácilmente y se puede adaptar incluso el mecanismo original.

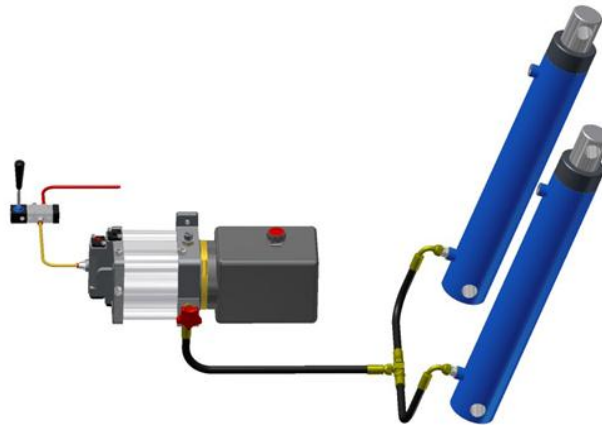


**Figura 3. 10** Mecanismo de elevación moto – eléctrico (Smittybilt, 2014)

### 3.3.2.2 Mecanismo electro hidráulico

Es un mecanismo más complejo donde entran en juego un mayor número de elementos, sin embargo, es un mecanismo más fiable y robusto. Para accionar este mecanismo se necesita una bomba hidráulica, accionada directamente por el motor de combustión del bus.

Este mecanismo no puede ser accionado con el motor de combustión fuera de funcionamiento.



**Figura 3. 11.** Mecanismo de elevación hidráulico  
(Olesa, 2012)

### 3.3.2.3 Mecanismo electro neumático

El mecanismo neumático es otra opción de la cual se podría aprovechar el sistema instalado para los frenos de aire del bus. Instalar un nuevo sistema hidráulico de manera independiente podría resultar costos y las fuerzas que maneja este tipo de mecanismo son demasiado bajas.



**Figura 3. 12** Mecanismo de elevación neumático  
(Blogdiario, 2012)

### **3.3.3 Criterios de evaluación**

#### **3.3.3.1 Peso**

Se refiere al peso total de la estructura y todos sus componentes con el elevador totalmente operativo. Es indispensable que el elevador no tenga un peso elevado, aunque el comportamiento dinámico del bus no se vea alterado por ser un vehículo preparado para carga, es totalmente contraproducente tener una estructura demasiado pesada.

Es muy importante que la plataforma móvil tenga un bajo peso, por tanto, se dará mayor ponderación al diseño que tenga menor peso en su plataforma móvil, pues de esta depende la capacidad de carga del elevador, y también se considera el peso general de toda la estructura, para evitar cargas excesivas en el autobús.

#### **3.3.3.2 Eficiencia energética**

Se refiere a la capacidad del mecanismo de aprovechar la energía de entrada y convertirla en trabajo útil. Por otra parte, hay que ver la capacidad que tiene el vehículo de producir esta energía. Por ejemplo, si hablamos de energía hidráulica tendríamos que acoplar al motor una bomba hidráulica acompañada de un dispositivo PTO (Power Take Off) que aumente o disminuya las revoluciones del motor, según el requerimiento de la bomba. Se dará mayor ponderación al diseño que aproveche mejor la energía.

#### **3.3.3.3 Impacto ambiental**

Se refiere al grado de contaminación que puede generar el diseño durante la fase de construcción y en operación. Se dará mayor ponderación al diseño que requiera menor número de componentes fungibles y el que emita menor número de elementos de desecho, para cuidar el impacto ambiental que este tenga.

Un diseño que tenga periodos de mantenimiento muy cortos o que emita demasiados elementos contaminantes no es apto debido a que su impacto ambiental es demasiado alto.



#### **3.3.3.4 Seguridad**

Un diseño seguro desde el punto de vista estructural es aquel que presenta coeficientes de seguridad altos, pues en este caso, aunque existan cargas dinámicas o estáticas que no se hayan tomado en cuenta durante la etapa de planificación, quedaran cubiertas por estos coeficientes. Solamente cuando el diseñador tiene mucha experiencia en el área de interés, se pueden bajar los coeficientes de seguridad a valores mínimos, como en el caso de la industria aeronáutica, donde se utilizan coeficientes de seguridad de 1.1 a 1.2.

Como el concepto de la ergonomía plantea, una máquina debe estar concebida desde sus inicios para adaptarse a las características físicas y psicológicas del hombre, no lo contrario. Por otra parte, un diseño seguro se considera aquel que no presente riesgos para los usuarios ni operarios, sea ergonómico y sea confiable. Se dará mayor ponderación al diseño que presente todas estas características.

#### **3.3.3.5 Fabricación**

El diseño debe ser concebido desde sus inicios para ser sencillo de construir y fabricar. Los materiales a utilizarse deben estar disponibles en el entorno donde el constructor se desenvuelve, y el proceso de manufactura debe ser fácil y económico.

Un buen diseño debe abarcar todas las etapas de vida del dispositivo incluyendo su etapa de construcción y reposición. Recibirá la mayor ponderación el dispositivo que presente las mejores características.

#### **3.3.3.6 Mantenimiento**

Mantenimiento es toda operación destinada a preservar el buen funcionamiento de una máquina. En este punto se evalúa, por una parte, la necesidad de ser mantenida que presenta la máquina y por otra los costos que pueden presentar cada uno.

#### **3.3.3.7 Precio**

Cada uno de los procesos productivos que son necesarios para manufacturar, adecuar y ensamblar el prototipo tienen un costo específico, además de los costos obvios de

implementación como materiales, partes y piezas específicas que se han programado en el diseño, se debe considerar además tiempos de trabajo de los constructores.

### **3.3.4 Evaluación de alternativas**

Basados en los criterios de evaluación para el diseño, y sistema de fuerza, se han obtenido las siguientes ponderaciones. Se asigna números del 1 al 3 donde 3 es el mejor puntaje posible que se asigna a un mecanismo en base a que se ajuste mejor a la exigencia planteada.

#### **3.3.4.1 Evaluación de alternativas para el mecanismo**

Se evalúa los tres tipos de mecanismo planteados, por medio de los criterios de evaluación. Se da un ejemplo del proceso llevado a cabo para asignar los índices de evaluación a cada alternativa. Si hablamos de peso, será el mecanismo de brazos articulados el menos aventajado debido a que su diseño demanda el uso de un material de mayor rigidez estructural, que ayude a lidiar con la disposición de cargas y esfuerzos. Por lo contrario, el mecanismo tipo tijera será el más liviano debido a que este es el que menos material requiere para su construcción.

Además del peso, se evalúan la eficiencia energética de cada mecanismo, el impacto ambiental que produciría su implementación y mantenimiento, seguridad y ergonomía del diseño, facilidad de producción, mantenimiento y precio de construcción. Todos estos índices se los ha propuesto en base a exigencias de la normativa NTE 2205, y se evalúan realizando un contraste entre todos los mecanismos planteados.

De esta manera se obtiene como ganador al sistema de elevación directa ya que ha obtenido 22 de 24 puntos posibles. Se ha llevado los mejores resultados en la evaluación de eficiencia energética, impacto ambiental, seguridad y ergonomía, facilidad de fabricación y mantenimiento y precio.

El precio se tomó muy en cuenta por la razón de que el propietario de cada unidad opta por un precio bajo, un sistema eficiente y fácil de instalar, es decir, que la unidad de transporte pase el menor tiempo posible instalando el sistema, evitando paradas muy extensas que perjudican al propietario, con este sistema se optimizan recursos de manufactura y a la vez disminuye el factor económico.

**Tabla 3. 1** Evaluación de mecanismos

	<b>Tijera</b>	<b>Elevación</b>	<b>Brazos</b>
Peso	3	2	1
Eficiencia energética	2	3	1
Impacto ambiental	2	3	1
Seguridad y ergonomía	1	3	2
Fabricación	2	3	1
Mantenimiento	2	3	1
Precio	1	3	2
Total	14	22	12

### 3.3.4.2 Evaluación de alternativas para el sistema de fuerza

Las alternativas del sistema de fuerzas se evalúan de acuerdo a criterios similares. Para ser totalmente objetivos se debe evaluar no solamente los componentes mecánicos o eléctricos que conforman el sistema sino también, todo el conjunto de elementos que permite que el sistema funcione, considerando incluso a los fluidos.

De esta manera el mecanismo hidráulico por obvias razones será el más pesado y el más peligroso debido a sus altas presiones de operación y a la inflamabilidad de sus fluidos. El sistema eléctrico será el más liviano por no trabajar con ningún fluido físico. El mecanismo neumático será el que genere menor impacto ambiental y el más seguro.

**Tabla 3. 2** Evaluación de sistemas de fuerza

	<b>Hidráulico</b>	<b>Neumático</b>	<b>Eléctrico</b>
Peso	1	2	3
Eficiencia energética	2	1	3
Impacto ambiental	1	3	2
Seguridad y ergonomía	1	3	2
Fabricación	2	1	3
Mantenimiento	2	1	3
Precio	1	2	3
Total	13	15	20

Sin dudas un sistema hidráulico es la primera opción a la hora de proponer un mecanismo que genere fuerza, pero como podemos observar el costo de implementación y

mantenimiento es mayor a las otras dos opciones, además de ser un sistema de baja seguridad y alto impacto ambiental.

La opción de mayor puntuación es el mecanismo eléctrico, que ha obtenido 20 puntos de 24 posibles. Es el mecanismo que tiene menor precio de implementación, mayor facilidad de mantenimiento, facilidad de fabricación, ya que la unidad de control se adapta con toda facilidad al cabestrante, mayor eficiencia energética y menor peso, ya que en relación a los otros sistemas no necesita un depósito lleno de fluido ni tampoco un compresor.

Finalmente combinando los dos resultados se decide crear un prototipo de elevador para personas con movilidad reducida con un mecanismo de elevación directa, que será accionado por un motor eléctrico, con gestión electrónica.

### **3.4 Acero**

Uno de los materiales de fabricación y construcción más versátil y ampliamente utilizado es el acero. A un precio relativamente bajo, el acero combina la resistencia y la posibilidad de ser trabajado, lo que se presta para fabricaciones mediante muchos métodos. Básicamente es una combinación de hierro y carbono en un porcentaje en masa desde el 0,05% hasta el 2%.

El hierro no se encuentra en forma pura en la naturaleza, ya que químicamente reacciona con facilidad con el oxígeno del aire para formar óxidos de hierro por tanto, el proceso de fabricación del acero comienza con la fundición de los óxidos de hierro en un alto horno en presencia de coque y caliza, para obtener como producto el arrabio, que es una aleación de hierro al 90%, carbono al 3 o 4% y otras impurezas. A continuación, viene la fase de aceración que consiste en eliminar el exceso de carbono y las impurezas del material, como azufre y fósforo, al mismo tiempo que añadir algunos elementos de aleación como manganeso, níquel, hierro o vanadio para producir las características deseadas en el acero.

#### **3.4.1 Clasificación del acero**

Hay distintas formas de clasificar a los aceros, una de ellas y la más útil para comprender en primera instancia los diferentes tipos de acero existentes es clasificarlos de acuerdo al contenido de carbono que presenta la aleación, teniendo en cuenta que el contenido de carbono

eleva su resistencia a la tracción, incrementa el índice de fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y la ductilidad. De acuerdo al índice de carbono se puede clasificar:

### 3.4.1.1 Acero al bajo carbono.

El porcentaje de carbono es inferior a 0,30%. Se ocupan en componentes de máquinas comunes que no requieren alta resistencia mecánica, como pernos, tuercas, placas, tubos y perfiles estructurales. En el caso del presente proyecto se trabaja con acero A36, que tiene un contenido de carbono entre 0,25 a 0,29 %. El Acero ASTM A36 se utiliza como material en la construcción de un sistema mecánico gracia a sus excelentes propiedades mecánicas y su resistencia y confiabilidad al ser sometido a cargas, beneficiando el factor de seguridad y disminuyendo el riesgo de falla en los elementos y partes, las propiedades del material se muestran a continuación.

**Tabla 3. 3** Propiedades acero A36

<b>Propiedades físicas</b>	<b>Métrica</b>
Densidad	7.80 g/cc
Propiedades mecánicas	
Resistencia a la tracción, $S_u$	400 - 550 MPa
Resistencia a la tracción, $S_y$	250 MPa
Elongación a la rotura	20 %
Módulo de elasticidad	200 GPa
Coefficiente de Poisson	0.26
Carbono, C	0.25 - 0.29 %
Cobre, Cu	0.20 %
Hierro, Fe	98 %
Manganeso, Mn	1.03 %
Fosforo, P	$\leq 0.040$ %

(ASTM Speciality Handbook, 2008)

### 3.4.1.2 Acero al medio carbono

El porcentaje de carbono está entre 0.30% a 0.60%. Generalmente se utiliza en aplicaciones que requieren una mayor resistencia que la disponible en los aceros al bajo

carbono, como en maquinaria, partes de equipos automotores y agrícolas (engranes, ejes, bielas, cigüeñales), equipo ferroviario y partes de maquinaria para el trabajo de los metales.

### **3.4.1.3 Acero al alto carbono**

El porcentaje de carbono es mayor al 0.60%. En general, el acero de alto carbono se utiliza en partes que requieren resistencia mecánica, dureza y resistencia al desgaste, como herramientas de corte, cables, alambre musical, resortes y cuchillería.

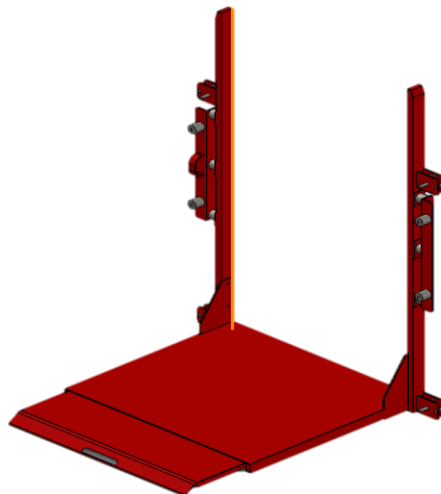
## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 4.1 Análisis Estático

Se planea construir una estructura formada por cuatro postes tipo tubo rectangular dos a cada lado que son los principales que soportan la plataforma que llevará la silla de ruedas. Existen otros dos postes, uno a cada lado que permitan deslizar unos rodillos que mantienen el equilibrio en la otra dirección, perpendicular a él plano dibujado.

La primera consideración que se realizó es el peso que debe ser capaz de elevar el sistema. Se han obtenido datos preliminares del peso de la estructura móvil en base al software CAD que se está utilizando. Se observa que el peso de la estructura móvil está en 40 Kg, aproximadamente.



**Figura 4. 1** Rampa de elevación en voladizo

En segunda instancia se tiene el peso del discapacitado, que según la normativa vigente se debe considerar una masa de 250 Kg.

Para el análisis del presente estudio, se consideran las siguientes fuerzas verticales:

- *Peso de la estructura* = 392 N
- *Peso máximo admitido discapacitado* = 2450 N

#### 4.1.1 Análisis de cargas implícitas

El término cargas implícitas hace referencia a las cargas del modelo que físicamente actúan sobre la estructura, pero son complicadas de distinguir. Un buen diseño se realiza con la experiencia suficiente para poder distinguir y calcular adecuadamente. En el presente trabajo se analizan las cargas de arranque y rozamiento.

- *Carga de arranque* = 852.6N
- *Carga de rozamiento* = 284.2 N
- *Carga total* = 3978.8 N

#### 4.1.2 Cálculo del cable y poleas

El cable es uno de los elementos principales del ascensor, pues es el que sube y baja la plataforma, enrollándose en la parte superior, en un torno accionado por un motor de 2HP de potencia.

Los parámetros involucrados en el cable son los siguientes

- Número de hilos del cable: 126
- Diámetro de cada hilo 2,625\*10<sup>-4</sup> m
- Diámetro total cable 0.00635 m
- Diámetro polea 0.1 m
- Módulo de elasticidad cable  $E_r = 82737,12 \text{ MPa}$

(Budynas & Nisbett, Diseño en Ingeniería mecánica, 2007, pág. 897)

##### 4.1.2.1 Esfuerzo debido a la curvatura de la polea

El cable al pasar por la polea sufre una deformación similar a la producida por una carga flexionante. Su expresión es la siguiente:

$$\sigma = E_r * \frac{dw}{D} \tag{4.1}$$



Donde:

$dw$  : Diámetro del alambre

$D$ : Diámetro de la polea

$$\text{Relación entre diámetro polea y diámetro cable} = \frac{D}{dw} = 381:1$$

Hay que destacar que la relación  $D/dw$  no debe ser inferior a 200:1.

Entonces aplicando los valores arriba indicados se tiene que  $\sigma = 217,16 \text{ MPa}$

#### 4.1.2.2 Tensión equivalente

El esfuerzo calculado anteriormente sería producido por una fuerza llamada equivalente a la tensión por curvatura.

$$T_{eq} = \sigma * A_m$$

(4.2)

Donde,  $A_m$  es el área media del cable y se calcula con la siguiente ecuación:

$$A_m = 0.38d^2$$

$$A_m = 1,5322 * 10^{-5} m^2$$

A la vez reemplazando en la fórmula de la fuerza se tiene

$$T_{eq} = 3327.4 \text{ N}$$

#### 4.1.2.3 Cargas sobre el cable

$$\sigma_P = \frac{\text{Carga total}}{A_m} = 259,67 \text{ MPa}$$

(4.3)

$$\sigma_{real} = \sigma + \sigma_p$$

(4.4)

$$\sigma_{real} = 476,83 \text{ MPa}$$

$$S_y = \text{Resistencia} = 730.8 \text{ MPa}$$

Cable	Peso por pie, lbf	Diámetro mínimo de la polea, pulg	Tamaños estándares d, pulg	Material	Tamaño de alambres exteriores	Módulo de elasticidad,* Mpsi	Resistencia,† kpsi
De arrastre de 6 x 7	1.50 d <sup>2</sup>	42d	1/4 - 1 1/2	Acero monitor	d/9	14	100
				Acero de arado	d/9	14	88
				Acero dulce de arado	d/9	14	76
De izar o estándar de 6 x 19	1.60 d <sup>2</sup>	26d-34d	1/4 - 2 3/4	Acero monitor	d/13- d/16	12	106
				Acero de arado	d/13- d/16	12	93
				Acero dulce de arado	d/13- d/16	12	80
Flexible especial de 6 x 37	1.55 d <sup>2</sup>	18d	1/4 - 3 1/2	Acero monitor	d/22	11	100
				Acero de arado	d/22	11	88

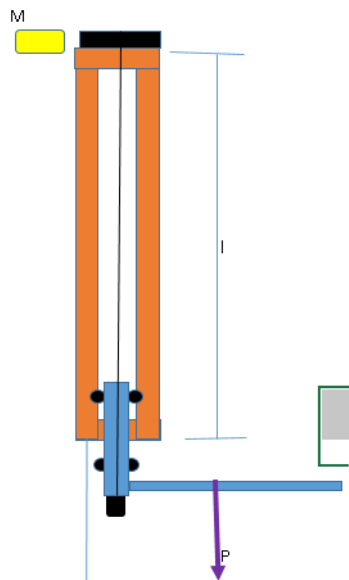
**Figura 4. 2** Relación entre diámetros.  
(Budynas & Nisbett, Diseño en Ingeniería mecánica, 2007, pág. 897)

#### 4.1.2.4 Factor de Seguridad

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{real}} = 1,46$$

(4.5)

#### 4.1.3 Cálculo de columnas



**Figura 4. 3** Esquema de aplicación de cargas

Los datos relevantes de la columna

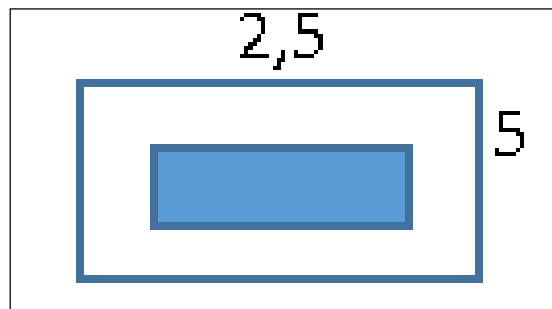
- Carga:  $P = 3978,8 N$
- Longitud:  $l = 3 m$
- Radio de Poisson:  $e = 0,333 m$

En vista de que son dos columnas la carga será de  $1989,4 N$

El módulo de elasticidad del acero A36 es de  $E=2 \times 10^{11}$

Los datos de los tubos que forman las columnas son los siguientes:

- $a = 2,5 cm$
- $b = 5 cm$
- Radio de giro  $k = 5 cm$
- Espesor de tubo  $t = 0,25 cm$



**Figura 4. 4** Dimensiones perfil estructural

Momentos de inercia

$$I = \frac{ab^3}{12}$$

$$I_1 = 26,04 cm^4$$

$$r^2 A_1 = 312,5 cm^4$$

$$I_2 = 17,03 cm^4$$

(4.6)

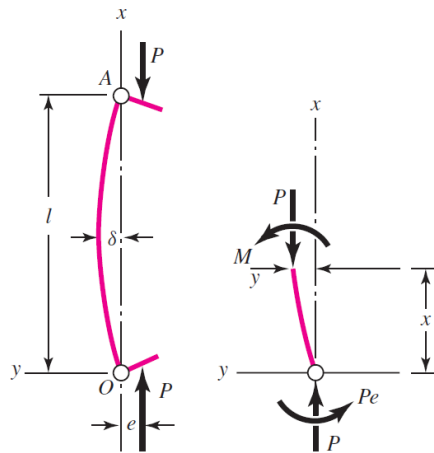
$$r^2 A_2 = 241,5 \text{ cm}^4$$

El momento de inercia de la columna, sumando los momentos de inercia de sus componentes resulta:

$$I = 160,02 \text{ cm}^4 = 1,6 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

#### 4.1.4 Deformación de la columna

La deformación máxima se calcula con la ecuación de la secante y ocurre en la mitad de la longitud de la columna



**Figura 4. 5** Análisis de deformación.  
(Budynes & Nisbett, 2007, pág. 177)

$$\delta = e * \left( \sec \left( \sqrt{\frac{P}{EI}} \frac{l}{2} \right) - 1 \right)$$

(4.7)

Donde:

- *e*: Coeficiente de Poisson
- *P*: Carga
- *E*: Modulo de elasticidad

- $I$ : Momento de inercia
- $l =$  longitud de la columna

Sustituyendo los valores anteriormente calculados en la ecuación de la secante, nos da una deformación.

$$\delta = 0,333 * \left( \sec \left( \sqrt{\frac{1989,4}{2 * 10^{11} * 1,6 * 10^{-6}}} * \frac{3}{2} \right) - 1 \right) = 0,00234 \text{ m}$$

El momento máximo ocurre también en la mitad de la columna como puede verse en la figura anterior

$$M_{max} = P * e * \sec \left( \frac{l}{2} \sqrt{\frac{P}{EI}} \right)$$

(4.8)

$$M_{max} = 1989,4 * 0,333 * \sec \left( \frac{3}{2} \sqrt{\frac{1989,4}{2 * 10^{11} * 1,6 * 10^{-6}}} \right) = 667,13 \text{ Nm}$$

#### 4.1.5 Esfuerzo real en la columna

Para el acero A36 utilizado en las columnas se tiene un  $S_{yc} = 250 \text{ MPa}$

Para la composición de la columna se tiene un  $A = 0,000284 \text{ m}^2$

El esfuerzo que soporta la columna está dado por la siguiente formula, la misma que se resuelve para para varios valores de  $P/A$

$$\frac{P}{A} = \frac{S_{yc}}{1 + \left( \frac{ec}{k^2} \right) \sec \left[ \left( \frac{l}{2k} \right) \sqrt{\frac{P}{AE}} \right]}$$

(4.9)

Donde:

- $S_{yc}$  Resistencia a compresión del material = 250 MPa
- $A =$  Area de sección = 0,000284 m<sup>2</sup>

- $\frac{ec}{k^2} = \text{Relación de excentricidad} = 1$
- $\frac{l}{2k} = \text{relación de esbeltez} = 50$

$$\frac{P}{A} = \frac{250 * 10^6}{1 + 1 * \sec \left[ (50) \sqrt{\frac{1989.4}{0.000284 * 2 * 10^{11}}} \right]} = 125 \text{ MPa}$$

#### 4.1.6 Factor de seguridad

El factor de seguridad se obtiene de la relación  $S_y$  y el valor calculado de  $P/A$

$$n = \frac{S_y}{\frac{P}{A}} = \frac{250 * 10^6}{125 * 10^6} = 2$$

(4.10)

Siendo este un valor adecuado para la función diseñada

#### 4.2 Implementación

El presente proyecto se ha diseñado para trabajar como una maqueta representativa que puede ser utilizada en el laboratorio de mecanismos automotrices de la Universidad Técnica del Norte, por tanto tiene una plataforma que simulará el piso del bus, además sirve para mantener el centro de gravedad de la máquina en el centro e impedir que pueda haber un volcamiento de la máquina. La fase de construcción inicia con el corte de la tubería estructural.



**Figura 4. 6** Corte de tubería

A continuación, se realiza un pre ensamble de las partes, cuidando el paralelismo y perpendicularidad de todos los miembros estructurales. Se realiza un punteado de los miembros estructurales, el cual servirá para mantener una posición fija pero no definitiva a cada parte. Desde aquí se puede modificar la posición. Controlando que todo esté correctamente ensamblado.

Se ensambla cada perfil por separado para luego con todas las partes independientes construir un preensamble general de toda la máquina. Se instala las soldaduras definitivas y se procede a retirar la escoria de los cordones. Se realiza una limpieza de toda la estructura dejando todo listo para pintar.



**Figura 4. 7** Preensamble

Con el bastidor armado se procede a armar la plataforma deslizante y todos los demás complementos operacionales y de seguridad del elevador. Se instala la grada deslizante, sistema de rodamientos, sócalos para sensores, soporte de batería, soporte para el cabestrante, guías para las poleas y pasadores. Se realiza el ensamble general obteniendo ya la máquina totalmente construida, se instala el cable de arrastre y se procede a realizar las pruebas de funcionamiento respectivas.



**Figura 4. 8** Estructura ensamblada

Con el equipo totalmente armado se procede a realizar la instalación eléctrica, conectando el tablero de control hasta el controlador del castrante. Para prevenir fallas, el tablero de control se conecta directamente hasta los condensadores de fuerza, que se encargan de dar el impulso necesario para arrancar el cabestrante desde la inercia impidiendo que corrientes altas circulen a través del circuito de control.



**Figura 4. 9** Gabinete de control



### **4.3 Indicaciones de operación**

El equipo cuenta con un tablero electrónico de control el cual está constituido principalmente por relés de 12 V, un temporizador, y sensores simples de posición que trabajan solamente como interruptores. Tiene dos controles de accionamiento principales, los cuales deben estar repartidos, uno en la cabina de mando del conductor y el otro en la parte donde esté instalado el elevador.

El conductor al accionar su botón de mando indica el inicio de operación del sistema, activando el temporizador durante un tiempo de 30 segundos. Si durante este tiempo existe una segunda orden de activación por parte del operario o usuario del sistema en la parte posterior, el sistema empezará a trabajar. Si por accidente el conductor hubiese aplastado el botón y durante los 30 segundos siguientes no hay ninguna otra orden de activación, el sistema no trabajará.

Otro detalle importante es que, para que el sistema empiece a trabajar la segunda grada deberá estar en recogida, para evitar choques entre la estructura, y un posible fallo. Los sensores de posición deberán indicar la posición adecuada en el sistema y el elevador comenzará a trabajar.

### **4.4 Indicaciones de mantenimiento.**

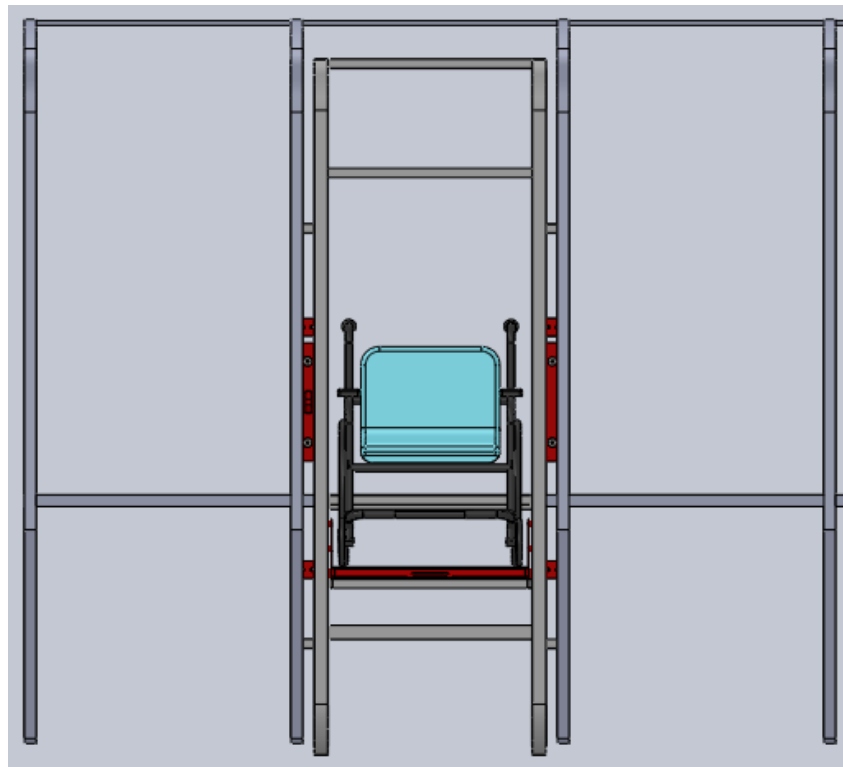
Condiciones de mantenimiento del sistema mecánico para el acceso de personas en sillas de ruedas a autobuses urbanos, se enlista a continuación actividades necesarias para mantener al sistema mecánico, operativo y en condiciones de seguridad permanente. A fin de tener un excelente funcionamiento.

- Limpieza al sistema mecánico, motor, guías, partes móviles, eliminando residuos de aceite, grasa seca y polvo, manteniendo un aseo minucioso y permanente.
- Verificar que la grasa – lubricación, se encuentre en buen estado en partes móviles, guías, rodamientos, poleas y cables
- Comprobar el movimiento de partes móviles. Controlar y ajustar tornillos y tuercas.
- Verificar los contactores, conexiones, cableado eléctrico.

- Comprobar y regularizar el funcionamiento de las botoneras principal del chofer y secundaria del auxiliar
- Inspección permanentemente al sistema mecánico, para establecer un mantenimiento correctivo evitando posibles paradas de la unidad de transporte.

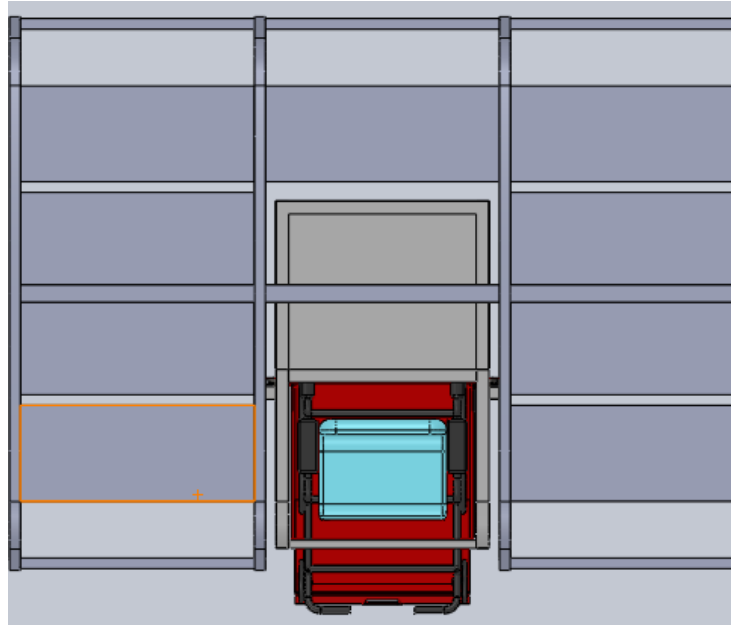
#### 4.5 Montaje

Finalmente se detalla cómo se haría el montaje del elevador dentro de la carrocería del bus. Para realizarlo se debería utilizar una de las puertas de acceso a la unidad. Según la NTE INEN 2205 solo hace falta dos puertas que deben estar ubicadas una delante y otra en la parte posterior del bus. Este elevador debe aprovechar la puerta de salida posterior y se monta directamente sobre la estructura central de la carrocería.



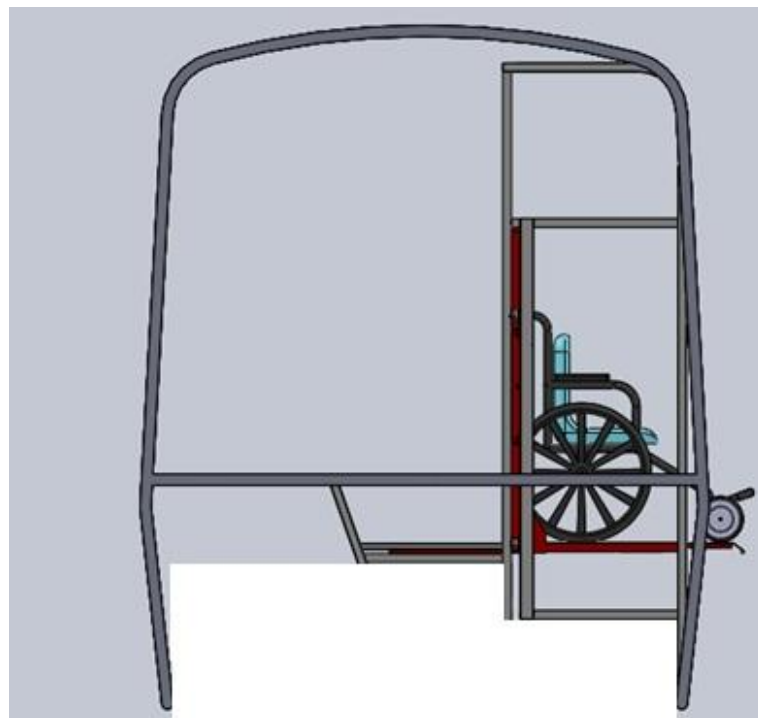
**Figura 4. 10** Montaje vista frontal

El montaje está basado en normativas existentes en el país, la vista superior nos permite visualizar de una mejor manera que el sistema debe quedar totalmente centrado y con las medidas especificadas tanto longitudinales como transversales.



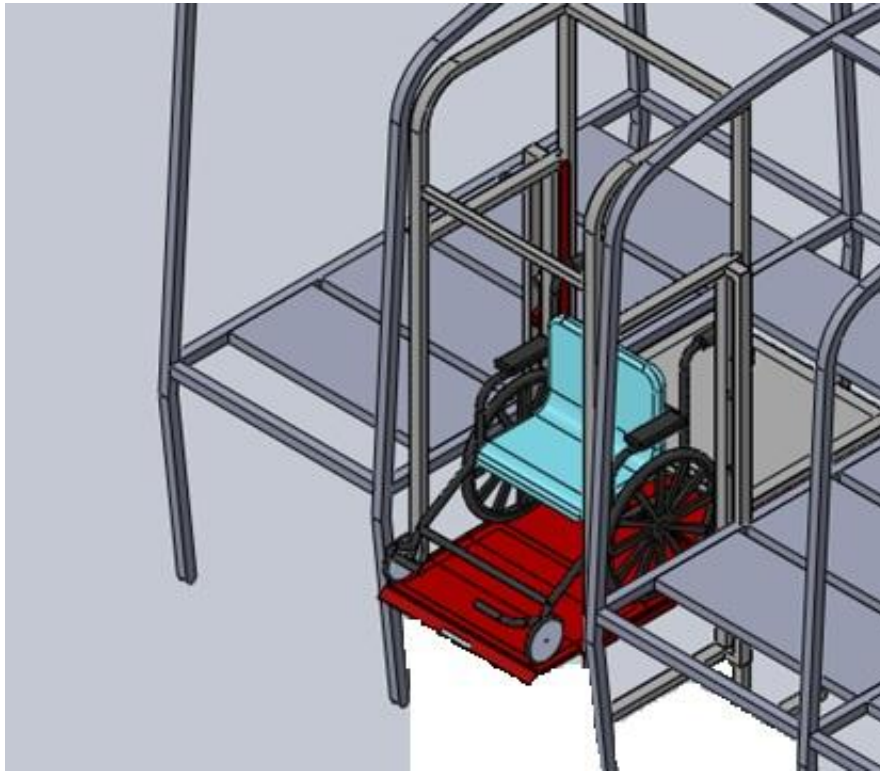
**Figura 4. 11** Montaje vista superior

La parte inferior del sistema en el prototipo se realizó simulando la altura de la llanta del bus, en este caso, dicha estructura inferior no existiría como se ve en la Figura 4.12, la cual, indica una vista lateral que permite observar de una forma clara y eficaz.



**Figura 4. 12** Montaje vista lateral

Un sistema representado en su totalidad, de manera detallada y clara, permitiendo visualizar su instalación dentro del bus urbano, en la ciudad de Ibarra existen buses con dos puertas que están destinada para el usuario como una entrada por la puerta delantera y una salida por la puerta posterior, el sistema está ubicado en la puerta posterior, facilitando el ingreso de personas con movilidad reducida, cumpliendo doble función, es decir, entra y salida de usuarios sin ningún inconveniente.



**Figura 4. 13** Montaje vista isométrica

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Mediante la recopilación de datos por parte de MOVIDELNORT acerca del número de paradas y número de unidades de transporte tanto de la cooperativa San Miguel de Ibarra y 28 de Septiembre se pudo obtener que existen 127 y 160 unidades respectivamente y ninguna unidad ni parada cuenta con un acceso específico para personas en sillas de ruedas.
- En la construcción de este sistema se puso en práctica la norma NTE INEN 2205 la cual permitió construir el mecanismo respectivo con las dimensiones y requerimientos dando cumplimiento para mejorar la accesibilidad al transporte urbano.
- Mediante la selección de alternativas se logró determinar de la manera más adecuada y correcta la selección del sistema más relevante, que brinde una vía de acceso al transporte urbano para personas en silla de ruedas.
- Se determinó que el mecanismo de elevación directa es el más adecuado para la elevación de personas con discapacidad por permitir haber obtenido el mejor puntaje la evaluación ponderativa y además ser el mecanismo más sencillo teniendo pocas partes móviles y siendo el más fácil de construir.
- Se eligió como más adecuado al sistema moto eléctrico, por haber obtenido la mejor ponderación en la evaluación cuantitativa y además poseer un sistema de flujo energético constante, independiente del motor de combustión, que le permite funcionar, en cualquier caso, incluso en emergencias.
- Se diseñó un sistema mecánico que permite el acceso de personas con movilidad reducida a un bus urbano, que cumple las normas técnicas de un transporte de pasajeros, logrando obtener una estructura sólida y compacta, que cumple con los factores de seguridad establecidos, brindando así la confianza necesaria a los usuarios.

## 5.2 Recomendaciones

- En la ciudad de Ibarra se debe incorporar un sistema de acceso para personas en silla de ruedas a autobuses urbanos y así brindar una vía de acceso a los medios de transporte, para que dichas personas no se sientan excluidas del medio social y laboral.
- Se debe fortalecer el diseño de sistemas tecnológicos de gran impacto en la sociedad, proveyendo soluciones factibles y pertinentes a la tecnología nacional, por ejemplo, diseñar sistemas similares para vehículos livianos
- Un sistema hidráulico podía resolver esta necesidad de manera muy sencilla, pero en diseño mecánico hay múltiples variables que se deben analizar, en este caso un factor principal que hace desistir de este tipo de tecnología es el factor económico, el cual se veía altamente encarecido por esto.
- Hacer un mayor énfasis en temas como diseño de sistemas mecánicos, partes y piezas que le permitan resolver este tipo de problemas, en apego a la normativa nacional e internacional vigente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Access, I. S. (2015). Obtenido de <https://www.internationalsymbolofaccess.com>
2. Aesa. (05 de 02 de 2018). Obtenido de [http://www.seguridadaerea.gob.es/lang\\_castellano/particulares/derechos\\_pax/pmr\\_1/default.aspx](http://www.seguridadaerea.gob.es/lang_castellano/particulares/derechos_pax/pmr_1/default.aspx)
3. Alfaro Ramirez , L. (2012). *Rampas entre banquetas y arroyo*. Obtenido de <https://arquitecturataller.wordpress.com/2013/09/01/integracion-de-alumnos-con-habilidades-diferentes-en-la-comunidad-escolar/>
4. Álvarez Martínez, M., & Fiallos Ávila, F. (2015). *Diseño y construcción de un mecanismo de accionamiento hidráulico-neumático que permita el acceso a personas con discapacidad física en un bus tipo urbano*. Latacunga .
5. ASTM Speciality Handbook. (2008). Obtenido de [http://www.ahmsa.com/wp-content/uploads/2017/10/Capitulo\\_1.pdf](http://www.ahmsa.com/wp-content/uploads/2017/10/Capitulo_1.pdf)
6. Bedón, C. (2011). *Diseño de un elevador para silla de ruedas a instalarse en un bus tipo de la Ciudad de Quito*. Quito, Pichincha, Ecuador.
7. Blogdiario. (2012). *Cilindros neumáticos*. Obtenido de <http://saturos13.blogspot.es/>
8. Budynas , R., & Nisbett, K. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica*.
9. CONADIS. (2017). Obtenido de <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>
10. CONADIS. (2017). *Conadis*. Obtenido de <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>
11. Constitución de la República del Ecuador. (2012). *Artículo 394*. Obtenido de [http://www.wipo.int/wipolex/es/text.jsp?file\\_id=195600](http://www.wipo.int/wipolex/es/text.jsp?file_id=195600)
12. Creus , A. (2007). *Neumática e hidráulica*. Marcombo.
13. Creus Solé, A. (2007). *Neumática e hidráulica*. Marcombo. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/utnortesp/reader.action?docID=3175431&query=hidraulica%20y%20neumatica>
14. GAD Ibarra. (11 de 2017). *Rutas y Paradas* . Ibarra, Imababura , Ecuador .
15. Global trade starts here. (s.f.). [https://www.alibaba.com/product-detail/8000lb-treuil-off-road-winch-12\\_60367830396.html](https://www.alibaba.com/product-detail/8000lb-treuil-off-road-winch-12_60367830396.html).
16. Hernández Vilema, J. F., & Verdugo Ibarra, H. D. (2016). *Diseño y construcción de un prototipo de elevador de acceso para personas con movilidad reducida en buses de transporte urbano*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

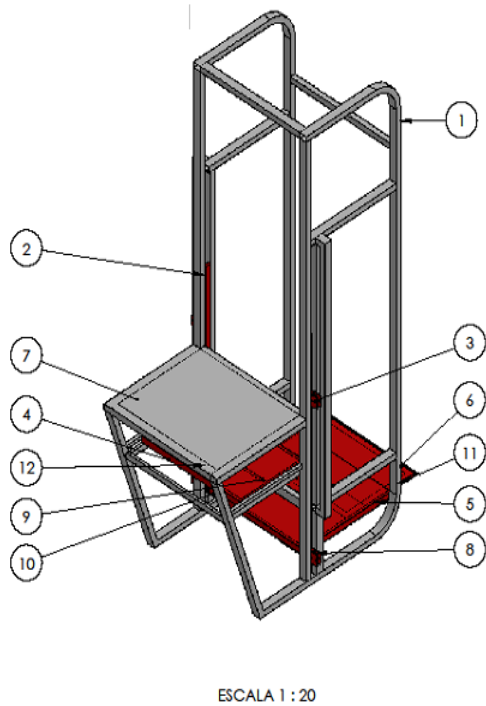
17. IEGEN. (2015). Obtenido de <https://es.rs-online.com/web/p/interruptores-final-de-carrera/0199264/>
18. INEN . (2015). *Accesibilidad de las personas al medio físico. Señales* . Quito .
19. INEN. (2010). Quito. Obtenido de <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/2205-2.pdf>
20. INEN. (10 de 2014). *Rampas para el ingreso y egreso de personas con movilidad reducida* . Quito , Pichincha , Ecuador .
21. INEN. (2014). *Rampas para el ingreso y egreso de personas con movilidad reducida a vehiculos para el transporte terrestre de pasajeros*. Quito. Obtenido de [http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/norma\\_inen\\_2853\\_rampas\\_transporte.pdf](http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/norma_inen_2853_rampas_transporte.pdf)
22. INEN. (2015). *Accesibilidad de las personas al medio físico*. Quito. Obtenido de [http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/nte\\_inen\\_2245.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/02/nte_inen_2245.pdf)
23. Ley Organica de Discapacidades. (2012). En L. O. Discapacidad.
24. Ley Orgánica de Discapacidades, . (2012). *Art. 115*. Quito. Obtenido de [https://oig.cepal.org/sites/default/files/2012\\_leyorg.dediscapacidades\\_ecu.pdf](https://oig.cepal.org/sites/default/files/2012_leyorg.dediscapacidades_ecu.pdf)
25. Mirjalili, S., Lewis , A., & Mohammad , S. (2014). Grey Wolf Optimizer. *ResearchGate*, 24.
26. Olesa. (2012). *Sistema Hidráulico de Elevación de Rampas*. Obtenido de <http://www.olesa.es/portfolio/sistema-hidraulico-de-elevacion-de-rampas>
27. Prevent. (6 de Abril de 2016). *¿Tenemos derecho a exigir la accesibilidad de una Comunidad de Vecinos?* Obtenido de <https://www.prevent.es/blog-mis-vecinos/tenemos-derecho-a-exigir-la-accesibilidad-de-una-comunidad-de-vecinos>
28. Rapoport, A. (2007). La accesibilidad en el medio. En *La accesibilidad en el medio*.
29. Rentería, P. (28 de Noviembre de 2016). *Respaldados derechos de personas con capacidades diferentes en Tecate* . Obtenido de <http://codiceenlinea.com/2016/11/28/respaldados-derechos-personas-capacidades-diferentes-en-tecate/>
30. Schneider Electric. (2015). *Element14*. Obtenido de <http://es.farnell.com/schneider-electric/rxm4ab2p7/rel-4pdt-250vac-6a/dp/2056436>
31. Schneider Electric. (2016). Obtenido de <https://www.schneider-electric.es/es/product-range/666-tesys-k/>



32. Schneider, E. (2015). Obtenido de <https://www.schneider-electric.com.co/es/product-category/3900-pac--plc-y-otros-controladores/>
33. Smittybilt. (2014). *Winche*. Obtenido de <https://www.arb.com.au/products/recovery-equipment/smittybilt-winchest/>
34. Wordreferenc. (2018). *Autobus*. Obtenido de <https://www.wordreference.com/definicion/autob%C3%BA>
35. Xinder-Tech Electronics. (2013). Ascensores hidráulicos de elevación silla de ruedas en autobús. Jiangsu, China. Obtenido de [http://es.made-in-china.com/co\\_czxinder/product\\_CE-Scissor-Wheelchair-Lifts-Hydraulic-Wheelchair-Lift-for-Bus\\_euhuhonsg.html](http://es.made-in-china.com/co_czxinder/product_CE-Scissor-Wheelchair-Lifts-Hydraulic-Wheelchair-Lift-for-Bus_euhuhonsg.html)

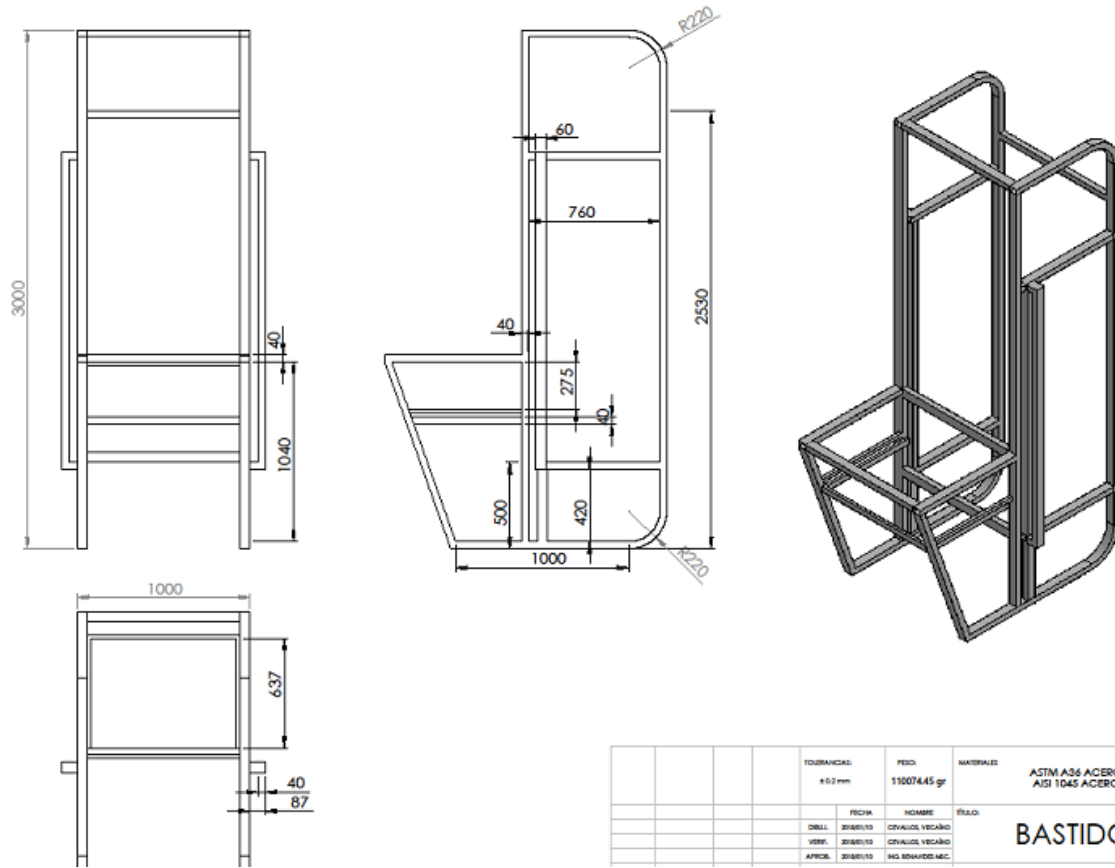
## ANEXOS

### ANEXO N.1 SISTEMA MECÁNICO PARA EL ACCESO DE PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS A AUTOBUSES.

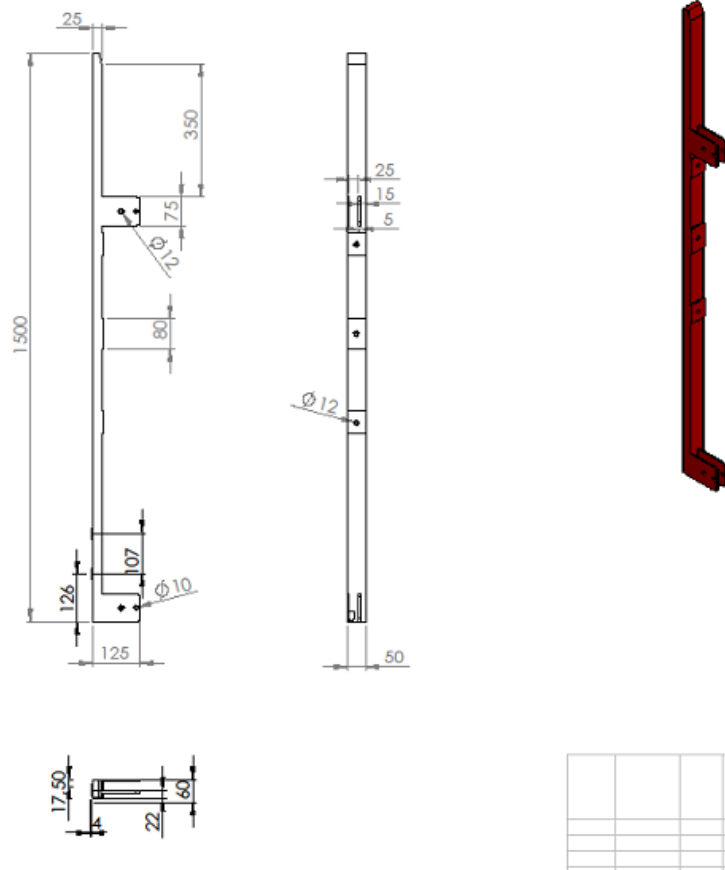


1	2	3	4	5
No de Orden	No de Piezas	Denominación	Número de Norma o Dibujo	Observaciones
1	01	BASTIDOR	01	
2	01	BRAZO DERECHO	02	
3	01	BRAZO IZQUIERDO	03	
4	01	GRADA	04	
5	01	GRADA ASCENDENTE	05	
6	01	GRADA DESLIZANTE	06	
7	01	PISO BASTIDOR	07	
8	04	POLEA	11	
9	01	SUELO GRADA	12	
10	01	SUELO GRADA ASCENDENTE	13	
11	01	SUELO GRADA DESLIZANTE	14	
12	01	SUJECIÓN BRAZO	15	

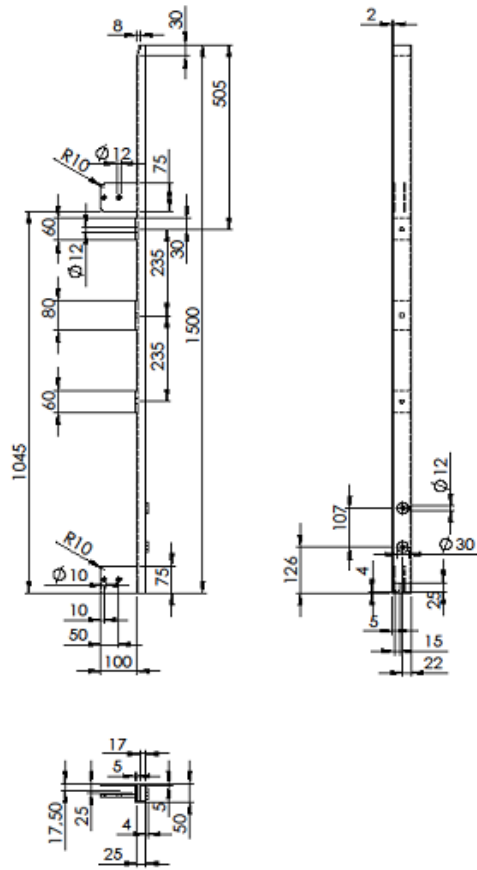
**Figura A1. 1** Sistema de acceso mecánico Para personas en silla de ruedas a autobuses urbanos.



**Figura A1. 2** Bastidor

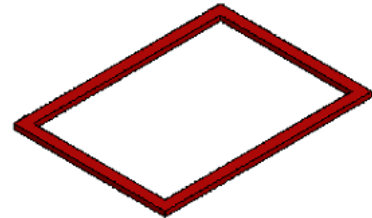
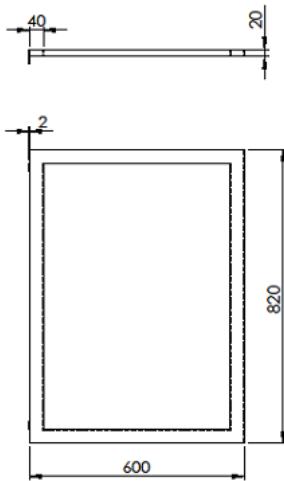


**Figura A1. 3 Brazo derecho.**



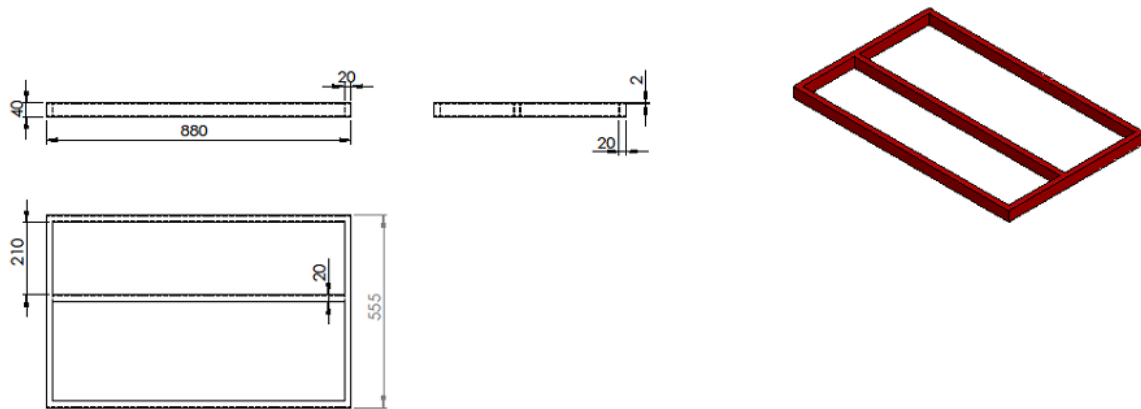
TOLERANCIAS:		PESO:		MATERIALES:	
± 0.2 mm		4888.63 gr		ASTM A36 ACERO AISI 1045 ACERO	
	FECHA:	NOMBRE:		TÍTULO:	
DISEÑO:	20/06/19	CEVALLOS VECIANO		BRAZO IZQUIERDO	
VERIF.:	20/06/19	CEVALLOS VECIANO			
APROB.:	20/06/19	ING. EDUARDO MEC.			

Figura A1. 4 Brazo izquierdo.



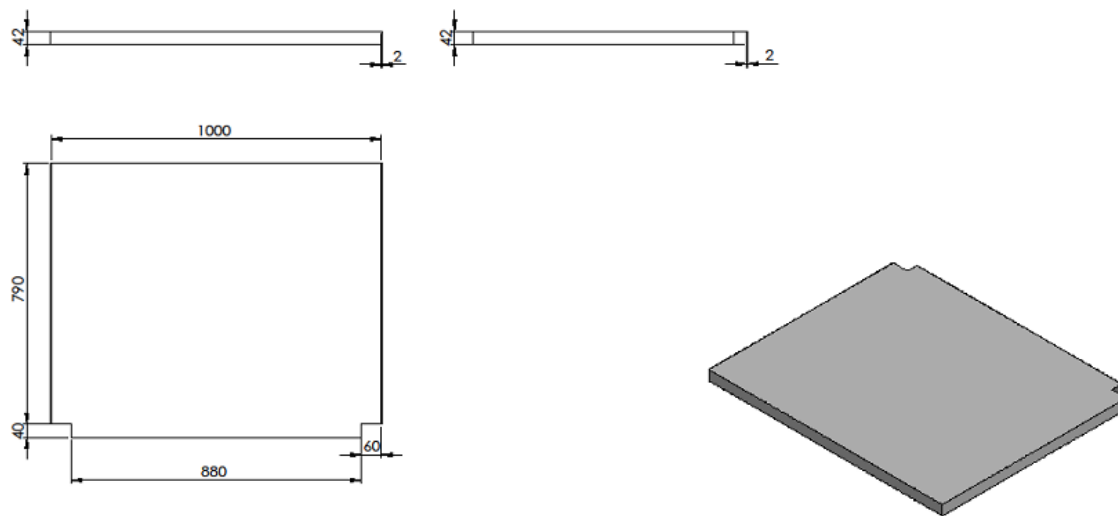
TOLERANCIAS:		PESO:		MATERIALES:	
± 0.2 mm		4737.63 gr		ASTM A36 ACERO AISI 1045 ACERO	
	FECHA:	NOMBRE:		TÍTULO:	
DISEÑO:	20/06/19	CEVALLOS VECIANO		GRADA DESLIZANTE	
VERIF.:	20/06/19	CEVALLOS VECIANO			
APROB.:	20/06/19	ING. EDUARDO MEC.			

Figura A1. 5 Grada deslizante.



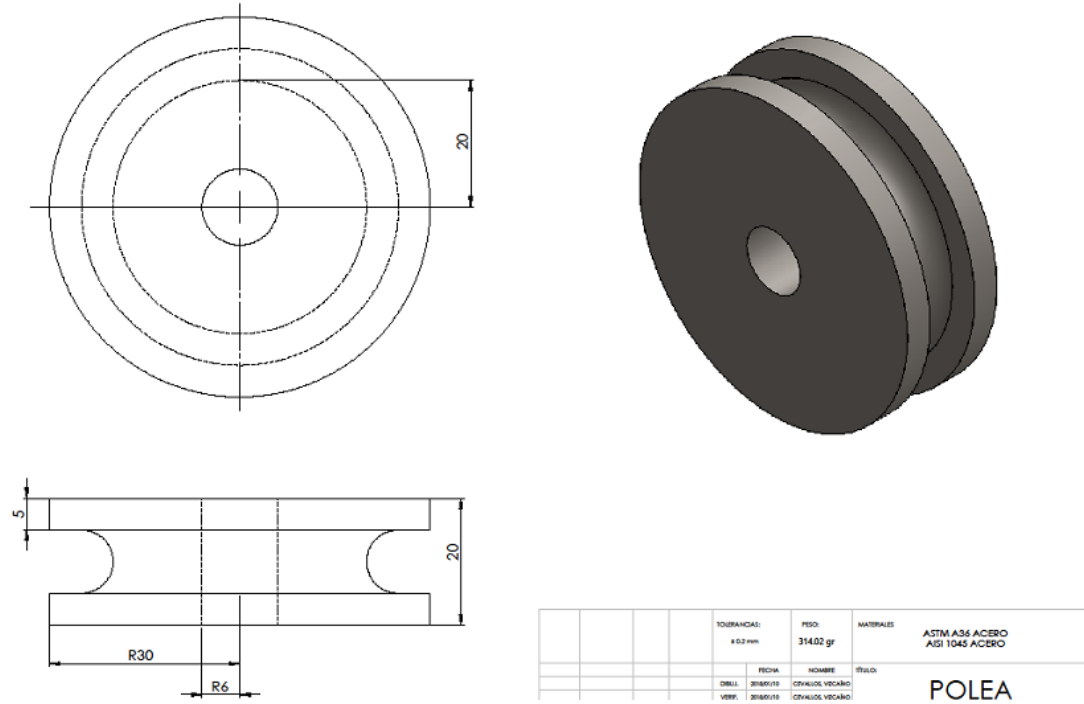
				TOLERANCIAS: ± 0.2 mm	PESO: 813.12 gr	MATERIALES ASTM A36 ACERO AISI 1045 ACERO
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:
				DIRL: 2018/01/10	CEVALLOS VECANO	GRADA
				VERP: 2018/01/10	CEVALLOS VECANO	

**Figura A1. 6 Grada.**

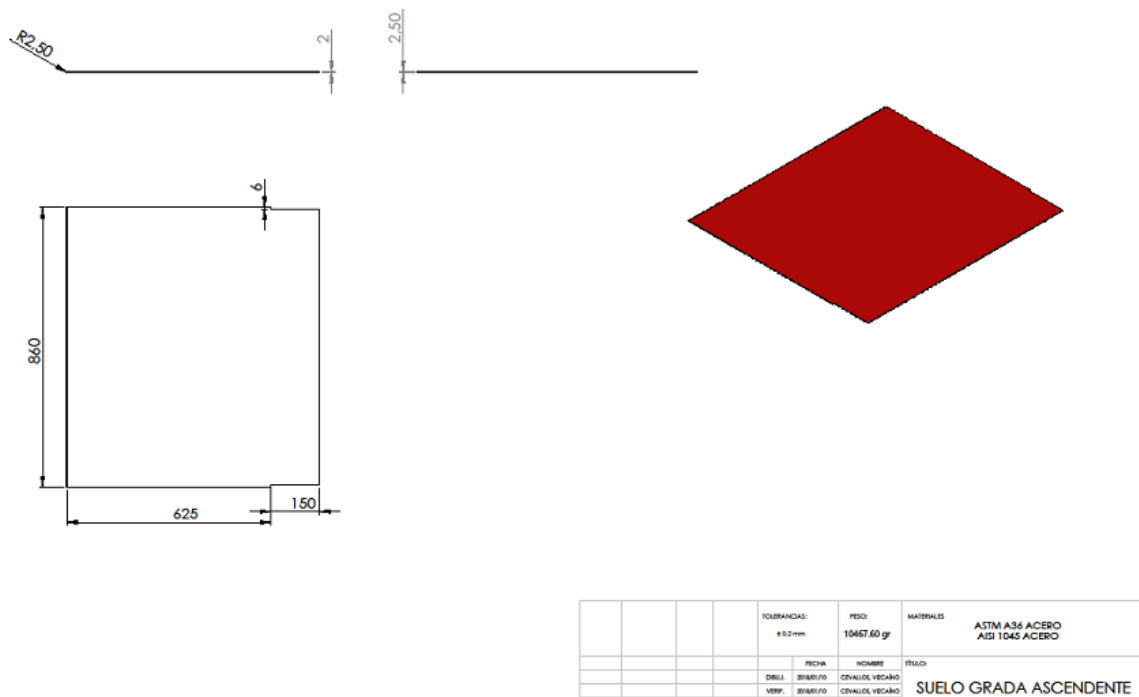


				TOLERANCIAS: ± 0.2 mm	PESO: 15239.80 gr	MATERIALES ASTM A36 ACERO AISI 1045 ACERO
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:
				DIRL: 2018/01/10	CEVALLOS VECANO	PISO BASTIDOR
				VERP: 2018/01/10	CEVALLOS VECANO	

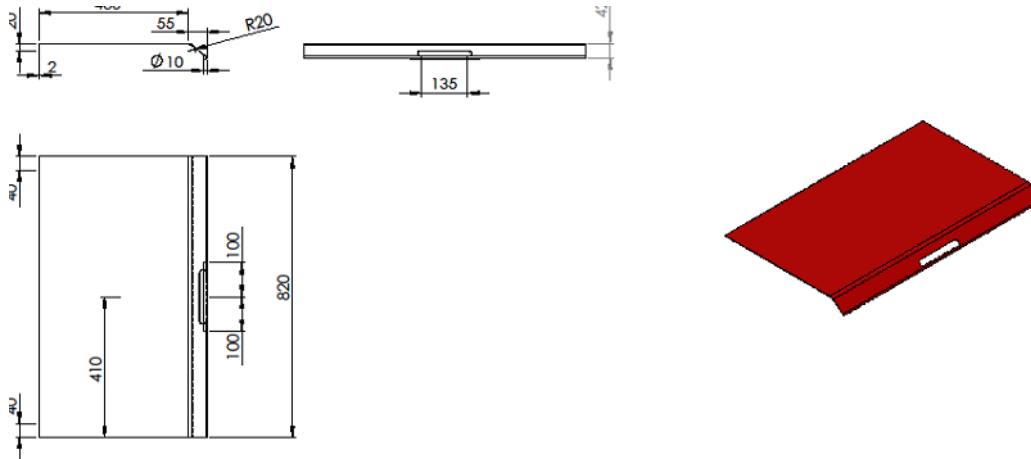
**Figura A1. 7 Piso bastidor.**



**Figura A1. 8 Polea.**

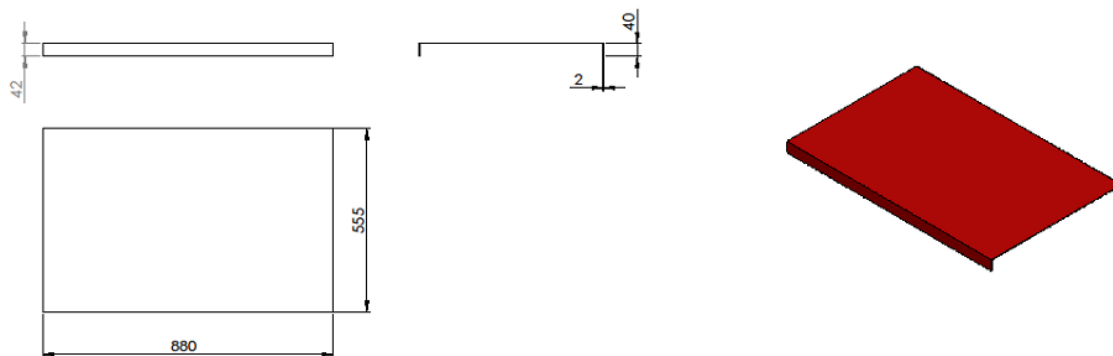


**Figura A1. 9 Suelo grada ascendente.**



				TOLERANCIAS: ± 0.2 mm	PESO: 6810.34 gr	MATERIALES ASTM A36 ACERO AISI 1045 ACERO
					FECHA	NOMBRE
				DIBUJ.:	30/06/10	CEVALLOS VECIANO
				VERIF.:	30/06/10	CEVALLOS VECIANO
						TÍTULO: SUELO GRADA DESLIZANTE

**Figura A1. 10 Suelo grada deslizante.**



				TOLERANCIAS: ± 0.2 mm	PESO: 8828.42 gr	MATERIALES ASTM A36 ACERO AISI 1045 ACERO
					FECHA	NOMBRE
				DIBUJ.:	30/06/10	CEVALLOS VECIANO
				VERIF.:	30/06/10	CEVALLOS VECIANO
						TÍTULO: SUELO GRADA

**Figura A1. 11 Suelo grada.**



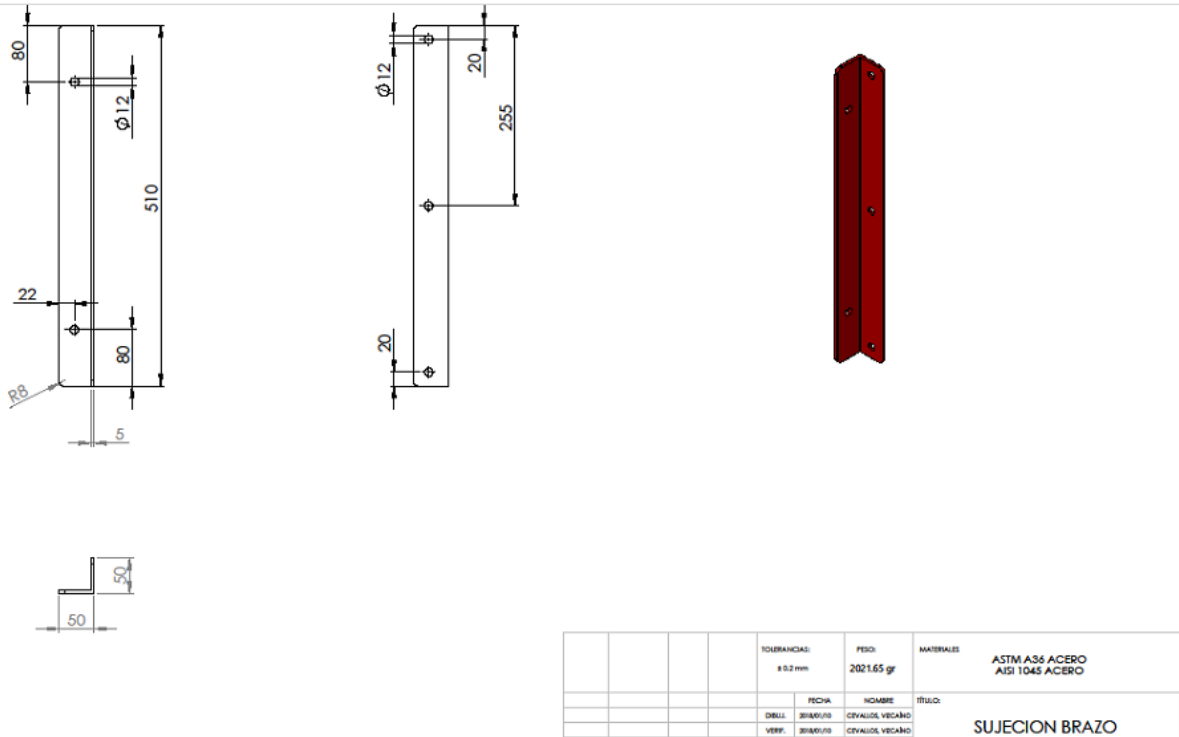


Figura A1. 12 Sujeción brazo.

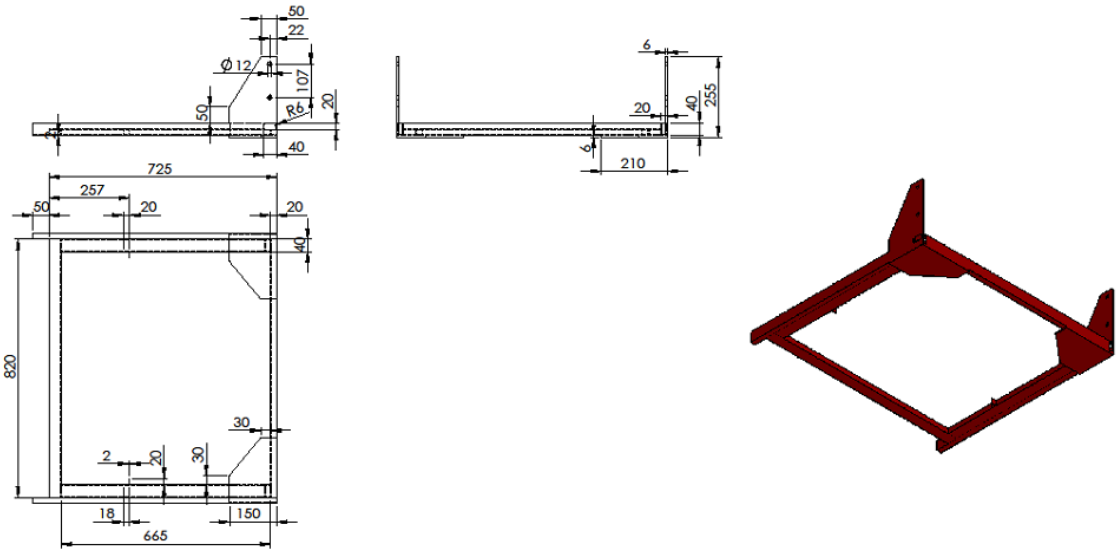


Figura A1. 13 Grada ascendente.

# ANEXO N.2 DIAGRAMA ELÉCTRICO.

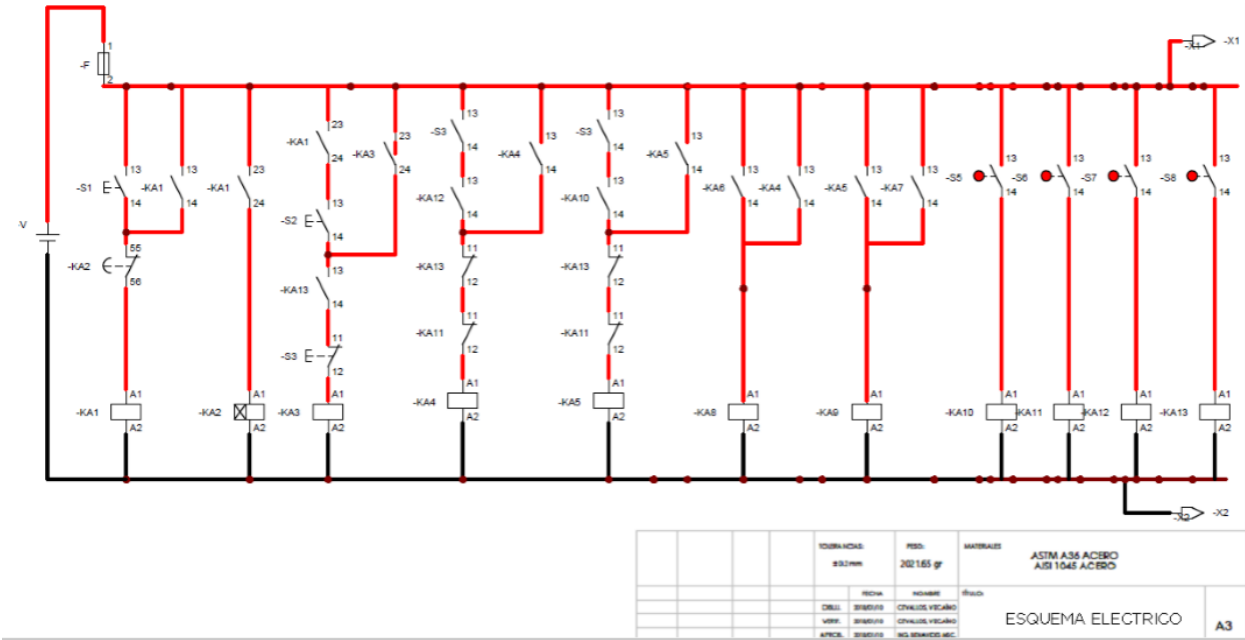


Figura A2. 1 Esquema Eléctrico.

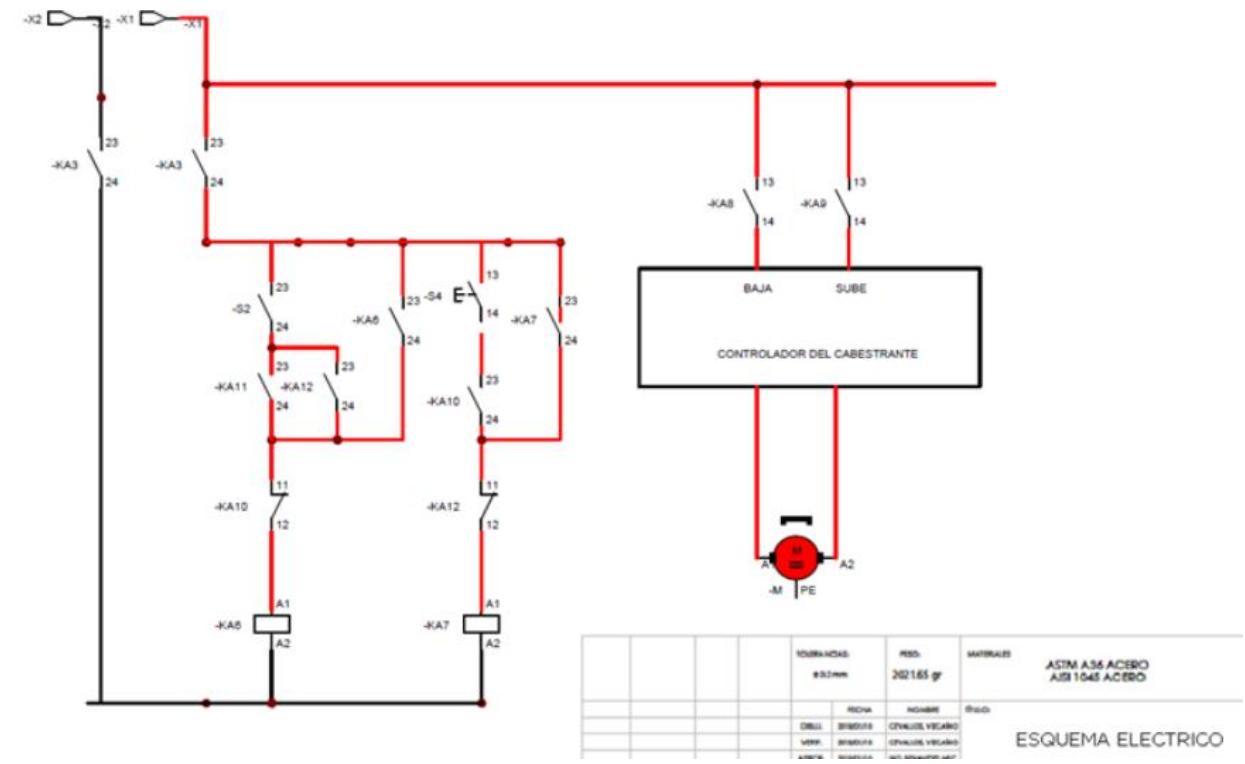


Figura A2. 2 Esquema eléctrico.

## ANEXO N3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CABESTRANTE

### VEHICLE RECOVERY ELECTRIC WINCH

Series Wound motor

Gear train: 3- Stage Planetary

Gear Ratio: 150:1 or 271:1

° winch 8000LBS (3630 Kg)

#### 8000LBS FEATURES AND SPECIFICATIONS

Single line rated pull	8000LB(5440kg)
Motor	12v 6.6hp/4.8kw,24v 4.0hp/3.0kw, Series Wound
Control	Remote switch, 12ft(3.7m)lead
Remote Control	Included
Gear train	3 Stage Planetary
Gear reduction ratio	187.2:1
Clutch	Keyway Cam
Braking Action	Two way braking action in the drum
Cable	94ft of 3/8" diameter (28m of 9.1mm diameter)
Main body	Sealed
Effect protection	5600kg-5750kg
Fairlead	4-Way Roller Fairlead
Battery	Recommended:650CCA minimum for winching
Battery Leads	2 gauge,72"(1.83mm)
Weight	N.W. 40kgs G.W 42kgs
Overall dimensions	(LXWXH) 21.1"x6.3"x7.2"(537x160x183mm)
Mounting Bolt Pattern	10.00±0.15"x4.50±0.010" (254x114.3mm)

#### 12V DC LINE SPEED AND AMP DRAW (FIRST LAYER)

Line Pull(lbs./kg)	Line Speed FPM(m/min)	Motor (Amps)
0	33.3ft(10.3m)	85
4000(1810)	16.8ft(5.1m)	158
6000(2720)	12.8ft(3.9m)	231
8000(3630)	10.1ft(3.1m)	302
10000(4540)	8.8ft(2.7m)	371
12000(5440)	7.6ft(2.3m)	450
12300(5590)	0ft(0m)	200

**Figura A3. 1** Especificaciones Técnicas Motor.  
(Global trade starts here)