



**“UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA”**

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

**TEMA:**

**“CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO DE UNA  
PLATAFORMA PARA BUSES URBANOS DE LA CIUDAD DE  
IBARRA QUE FACILITE EL ACCESO DE PERSONAS QUE  
UTILIZAN SILLA DE RUEDAS”**

**Autor:  
QUINGLA GARRIDO JIMMY JAVIER**

**Director:  
Ing. VICTOR ERAZO Msc.**

**Ibarra – Ecuador  
2017**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.**

La Universidad Técnica del Norte dentro del Proyecto Repositorio Digital Institucional determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato 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 se pone a disposición la siguiente información:

DATOS DEL AUTOR	
CEDULA DE IDENTIDAD	100385822-0
APELLIDOS Y NOMBRES	Quingla Garrido Jimmy Javier
DIRECCIÓN	Río Chimbo y Tiputini “Conjunto Jardines del Retorno”
E-MAIL	<a href="mailto:jjquinglag@utn.edu.ec">jjquinglag@utn.edu.ec</a>
TELÉFONO MÓVIL	0986168809
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	“Construcción del sistema mecánico de una plataforma para buses urbanos de la ciudad de Ibarra que facilite el acceso de personas que utilizan silla de ruedas”
AUTOR	QUINGLA GARRIDO JIMMY JAVIER
FECHA	JULIO DEL 2017
PROGRAMA	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERO EN MECATRÓNICA
ASESOR	Ing. Víctor Erazo Msc.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Jimmy Javier Quingla Garrido, con cédula de identidad Nro. 100385822-0, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo 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.

## **3. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 11 de julio del 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jimmy Quingla", is written over a grey rectangular background.

Jimmy Javier Quingla Garrido

C.I. 100385822-0



**“UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS”**

**DECLARACIÓN:**

Yo, Jimmy Javier Quingla Garrido, con cédula de identidad N° 100385822-0, declaro bajo juramento que: el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que éste no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la “Universidad Técnica del Norte”, según lo establecido por las Leyes de la Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normativa vigente de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 11 de julio del 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jimmy Javier Quingla Garrido", is written over a grey rectangular background.

Jimmy Javier Quingla Garrido

C.I. 100385822-0



**“UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS”**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE  
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Jimmy Javier Quingla Garrido con cédula de identidad N° 100385822-0; manifiesto mi voluntad de ceder a la “Universidad Técnica del Norte” los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4,5,6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado; **“CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO DE UNA PLATAFORMA PARA BUSES URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA QUE FACILITE EL ACCESO DE PERSONAS QUE UTILIZAN SILLA DE RUEDAS”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de; **Ingeniero en Mecatrónica** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 11 de julio del 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jimmy Javier Quingla Garrido", is written over a grey rectangular background.

Jimmy Javier Quingla Garrido

C.I. 100385822-0



**“UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS”**

**CERTIFICO**

Que la Tesis previa a la obtención del título de **Ingeniero en Mecatrónica** con el tema: **“CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO DE UNA PLATAFORMA PARA BUSES URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA QUE FACILITE EL ACCESO DE PERSONAS QUE UTILIZAN SILLA DE RUEDAS”**, ha sido desarrollado y terminado en su totalidad por el Sr. Jimmy Javier Quingla Garrido, con cédula de identidad 100385822-0, bajo mi supervisión para lo cual firmo en constancia.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Victor Erazo", is shown on a light gray background.

Ing. Víctor Erazo Msc.

**DIRECTOR**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Dios que ha sido la guía, dándome fuerzas para superar las adversidades sin desfallecer.

A mis padres Carlos Quingla y Martha Garrido por ser mi ejemplo de vida y brindarme su apoyo incondicional en este trabajo de grado.

A mis hermanos Carlos Andrés y Jenny Paulina por ser ejemplo de vida a seguir y sobre todo por el aliento continuo.

Katherine Alexandra por su compañía y comprensión; por compartir estos momentos de mi vida, con aciertos y desaciertos juntos.

Miguel Garrido por las enseñanzas compartidas a lo largo de la vida y por el apoyo que siempre me ha brindado.

Al Magister Víctor Erazo, Director del Proyecto por impartir sus conocimientos que permitieron finalizar este trabajo.

**Jimmy Q.**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

### DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a mi familia, pilares fundamentales en mi vida, las mejores personas que me acompañaron, aconsejaron y brindaron todo su apoyo y comprensión en cada momento. Ellos me han enseñado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño y mi perseverancia para cumplir con mis objetivos.

**Jimmy Q.**



## RESUMEN

En la ciudad de Ibarra las personas que utilizan sillas de ruedas no hacen uso del transporte de buses urbanos debido a que no pueden acceder al interior de este, a pesar de que cuenta con el espacio asignado en el interior del bus, una forma de ayudar al problema de movilidad de estas personas es implementar un sistema en el bus que permita brindarles accesibilidad otorgándoles los mismos derechos y calidad de vida que cualquier ciudadano, se determinó que el sistema óptimo para realizar este trabajo es una plataforma, sin necesidad de realizar ninguna modificación a la estética del bus, el mismo que puede ser acoplado en cualquier bus de tipo urbano.

Se definieron los requerimientos de la plataforma en base a la voz del cliente y normativas INEN para buses urbanos, con base en esta información se determinó el material, la geometría del dispositivo y elementos a implementarse.

Se realizó el diseño mecánico teórico y se comparó dichos resultados con los resultados obtenidos con un software de diseño, obteniendo resultados similares.

La construcción de la plataforma se realizó de acuerdo con los parámetros definidos anteriormente, incorporando las debidas seguridades para el uso confiable del sistema.

Las pruebas de funcionamiento demuestran que la plataforma soluciona el problema planteado.

## ABSTRACT

In the city of Ibarra people who use wheelchairs do not use urban bus transportation because they can not access the interior of this, despite having the space allocated inside the bus, a way to help To the problem of mobility of these people is to implement a system in the bus that allows them to provide them accessibility by granting them the same rights and quality of life as any citizen, it was determined that the optimal system to perform this work is a platform, without the need to make any modifications To the aesthetics of the bus, the same that can be docked on any bus type urban.

The requirements of the platform based on voice of the client and INEN standard for urban buses were defined, based on this information, the material, the geometry of the device and elements to be implemented were determined.

The theoretical mechanical design was performed and the results were compared with the results obtained with a design software, obtaining similar results.

The construction of the platform was carried out in accordance with the parameters defined above, incorporating the necessary safeguards for the reliable use of the system.

Performance tests show that the platform solves the problem.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	i
2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.....	ii
3. CONSTANCIAS.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN .....	1
Problema de la investigación. ....	1
Planteamiento del problema.....	1
Formulación del problema. ....	1
Objetivos de la investigación.....	1
Antecedentes.....	2
Justificación.....	4
Alcance.....	4
CAPÍTULO 1.....	5
1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 Persona con movilidad reducida .....	5
1.2 Silla de ruedas .....	5
1.3 Bus.....	6
1.4 Tipos de buses .....	6
1.4.1 Bus interprovincial.....	6
1.4.2 Bus articulado .....	7
1.4.3 Bus escolar .....	7
1.4.4 Bus urbano .....	7
1.5 Tipos de accesibilidad para personas que utilizan silla de ruedas.....	9
1.5.1 Elevador .....	9
1.5.2 Plataforma.....	9
1.5.3 Rampa .....	10
CAPÍTULO 2.....	11
2. METODOLOGÍA.....	11
2.1 Introducción .....	11
2.2 Requerimientos técnicos .....	11
2.2.1 Casa de la calidad.....	12
2.2.1.1 Voz del cliente.....	12

2.2.1.2	Voz del ingeniero .....	12
2.2.2	Requisitos de la normativa NTE INEN 2205 .....	13
2.3	Diseño conceptual .....	13
2.3.1	Análisis funcional .....	13
2.3.2	Definición de módulos funcionales .....	16
2.3.3	Soluciones para cada módulo.....	16
2.4	Matriz morfológica.....	20
2.5	Método de selección.....	20
2.5.1	Matriz de criterios ponderados.....	20
2.5.1.1	Evaluación del peso específico de cada criterio.....	21
2.5.1.2	Cálculo para la tabla de prioridades .....	22
2.6	Diseño mecánico .....	23
2.6.1	Condiciones iniciales .....	23
2.6.2	Diseño del sistema .....	24
2.6.3	Diseño y simulación de la plataforma y sus elementos .....	32
2.6.4	Diseño y simulación del eje .....	40
2.6.5	Diseño y simulación del carro.....	45
2.7	Construcción.....	50
CAPÍTULO 3.....		51
3.	RESULTADOS.....	51
3.1	Pruebas de funcionamiento .....	51
3.2	Análisis de las pruebas de funcionamiento .....	54
3.3	Análisis de costos .....	55
3.4	Conclusiones .....	56
3.5	Recomendaciones.....	56
Bibliografía .....		57
ANEXOS .....		59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Elevador para silla de ruedas [5] .....	3
Figura 2.	Plataforma automática [6] .....	3
Figura 3.	Dispositivo de accesibilidad para silla de ruedas [7].....	4
Figura 4.	Silla de ruedas [5].....	6
Figura 5.	Bus interprovincial [11].....	6
Figura 6.	Bus articulado [12] .....	7

Figura 7. Bus escolar [12].....	7
Figura 8. Bus urbano [13].....	8
Figura 9. Espacio en el interior del bus 3 puertas [14] .....	8
Figura 10. Espacio en el interior del bus 2 puertas [14] .....	8
Figura 11. Elevador para silla de ruedas [5] .....	9
Figura 12. Plataforma automática [6] .....	10
Figura 13. Rampa para buses [16] .....	10
Figura 14. Análisis funcional nivel 0.....	13
Figura 15. Análisis funcional nivel 1 .....	14
Figura 16. Análisis funcional nivel 2-módulo 1 .....	14
Figura 17. Análisis funcional nivel 2-módulo 2 .....	15
Figura 18. Análisis funcional nivel 2-módulo 3 .....	16
Figura 19. Soluciones módulo 1 .....	20
Figura 20. Soluciones módulo 2 .....	20
Figura 21. Soluciones módulo 3 .....	20
Figura 22. Sección de la puerta trasera del bus urbano [13].....	23
Figura 23. Estructura de la puerta trasera del bus urbano.....	24
Figura 24. Propuesta del sistema .....	25
Figura 25. Carro.....	25
Figura 26. Plataforma.....	26
Figura 27. Rampa.....	26
Figura 28. Distancia del suelo al piso del bus y dimensiones de la puerta .....	27
Figura 29. Cálculo para la longitud de las barras.....	27
Figura 30. Triángulos rectángulos .....	28
Figura 31. Rieles .....	29
Figura 32. Motor y cremallera .....	29
Figura 33. Soporte de rampa.....	30
Figura 34. Posición del actuador lineal eléctrico .....	30
Figura 35. Acople actuador-eje.....	31
Figura 36. Chaveta eje-brazo .....	31
Figura 37. Medidas de la plataforma .....	33
Figura 38. Medidas de la silla de ruedas.....	33
Figura 39. Sistema de referencia en el plano x-y.....	33
Figura 40. Diagrama de cuerpo libre de la plataforma en el plano x-y .....	34

Figura 41. Masa total de la plataforma .....	34
Figura 42. Condiciones de borde para la simulación de la plataforma.....	36
Figura 43. Esfuerzo máximo en la plataforma.....	36
Figura 44. Factor de seguridad en la plataforma.....	37
Figura 45. Desplazamiento máximo en la plataforma .....	37
Figura 46. Distancias de la plataforma en el nivel del piso del bus.....	38
Figura 47. Distancia de la plataforma en la posición media .....	38
Figura 48. Distancias de la plataforma en el nivel del suelo .....	39
Figura 49. Diagrama de cuerpo libre del eje.....	41
Figura 50. Condiciones de borde para la simulación del eje .....	42
Figura 51. Esfuerzo máximo en el eje .....	43
Figura 52. Factor de seguridad en el eje .....	43
Figura 53. Desplazamiento máximo en el eje.....	44
Figura 54. Chaveta.....	44
Figura 55. Medidas del carro .....	45
Figura 56. Diagrama de cuerpo libre del carro en el plano x-y .....	45
Figura 58. Condiciones de borde para la simulación del carro.....	47
Figura 59. Esfuerzo máximo en el carro .....	47
Figura 60. Factor de seguridad en el carro.....	48
Figura 61. Desplazamiento máximo en el carro .....	48
Figura 62. Curva de tendencia del peso vs. tiempo .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Alternativas para el módulo 1 .....	17
Tabla 2. Alternativas para el módulo 2.....	18
Tabla 3. Alternativas para el módulo 3 .....	19
Tabla 4. Matriz de criterios ponderados .....	21
Tabla 5. Tabla de prioridad del módulo 1 .....	22
Tabla 6. Tabla de prioridad del módulo 2.....	22
Tabla 7. Tabla de prioridad del módulo 3.....	23
Tabla 8. Coeficientes de seguridad [29] .....	32
Tabla 11. Pruebas de funcionamiento del módulo 1 .....	51
Tabla 12. Pruebas de funcionamiento del módulo 2.....	52

Tabla 13. Pruebas de funcionamiento del módulo 3.....	52
Tabla 14. Pruebas de funcionamiento del sistema completo sin peso .....	53
Tabla 15. Pruebas de funcionamiento del sistema completo con el peso de la silla de ruedas	53
Tabla 16. Pruebas de Funcionamiento Sistema Completo con Peso de la persona en silla de ruedas .....	54
Tabla 17. Variables recolectadas en las pruebas de funcionamiento.....	54
Tabla 18. Tabla de costos.....	55

### ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 [26].....	31
Ecuación 2 [28].....	32
Ecuación 3 [29].....	32
Ecuación 4 [29].....	35
Ecuación 5 [29].....	35
Ecuación 6 [30].....	39
Ecuación 7 [29].....	40
Ecuación 8 [29].....	40
Ecuación 9 [28].....	40
Ecuación 10 [29].....	41
Ecuación 13 [29].....	41
Ecuación 12 [29].....	41
Ecuación 15 [31].....	42

## INTRODUCCIÓN

### **Problema de la investigación.**

### **Planteamiento del problema.**

A partir del año 2007, el Estado Ecuatoriano marca cambios para la garantía de derechos de las personas con discapacidad con la generación de un marco normativo especializado, y es ratificada el 4 de marzo de 2008, cuyo propósito es promover, proteger y asegurar el goce pleno y en condiciones de igualdad de todos los derechos humanos y libertades fundamentales de las personas con discapacidad, así como promover el respeto a su dignidad inherente [1].

Actualmente en el país existe un grupo considerable de ciudadanos con discapacidad física, según resultados obtenidos en el censo realizado por el Ministerio de Salud Pública en abril de 2015, en donde se señala que existen 203.880 discapacitados a nivel nacional, en Imbabura 5.916, y en el cantón Ibarra 2.494 [2].

En la ciudad de Ibarra las personas que utilizan sillas de ruedas no hacen uso del transporte de buses urbanos debido a que no pueden acceder al interior de este, ya que no cuentan con un sistema que permita ingresarlos, a pesar de que cuenta con el espacio asignado en el interior del bus; dando como consecuencia que dichas personas no hagan uso de este medio de transporte sin obtener los mismos derechos y calidad de vida que cualquier otro ciudadano.

### **Formulación del problema.**

Determinación mecánica para una plataforma para buses urbanos que facilite el acceso de personas que utilizan silla de ruedas en la ciudad de Ibarra cumpliendo con las normas INEN 2205 y con los requerimientos dados por la voz del cliente.

### **Objetivos de la investigación.**

#### **Objetivo general.**

Construir el sistema mecánico de una plataforma que permita simular el abordaje y desembarque al interior de un bus urbano, de personas con discapacidades que se movilizan en silla de ruedas.

#### **Objetivos específicos.**

- Diseñar el sistema mecánico de una plataforma de acuerdo con normas INEN.
- Construir la plataforma para buses urbanos.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la plataforma.



## **Antecedentes.**

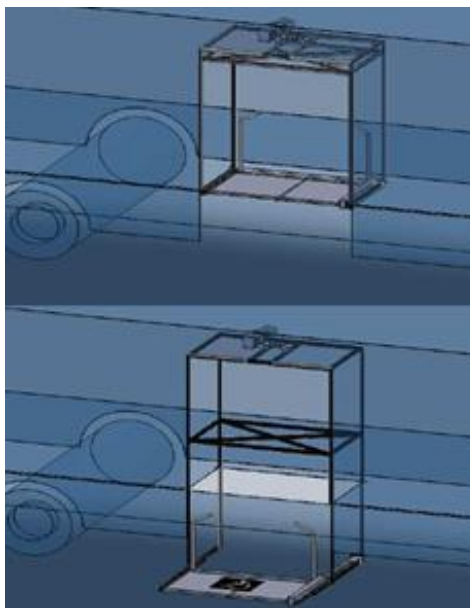
La última década se ha caracterizado por el interés de utilizar la tecnología a favor de las personas que presentan alguna capacidad especial ante la sociedad, y de esta manera hacer que su vida se acople a la sociedad en la que vivimos de una manera menos dificultosa y más amigable procurando evitar que se sientan aislados de la sociedad en la que se desenvuelven, como lo ha sido anteriormente [3].

Una de las capacidades especiales que se han tomado en cuenta para ser tratadas ha sido la de las personas con deficiencia motriz, las cuales utilizan silla de ruedas para desenvolverse en el entorno en que viven [4]. Por tal razón con el avance de la tecnología se han planteado varias alternativas para solucionar los problemas que presentan en su desenvolvimiento diario, una de ellas es el acceso de las personas que utilizan sillas de ruedas hacia los medios de transporte siendo los más utilizados los buses urbanos.

Por tal motivo se han venido ejecutando soluciones adecuadas basándonos en el empeño que ha puesto el Ministerio de Inclusión Económica y Social del Ecuador, el cual promueve la inclusión e igualdad de las personas que presenten alguna capacidad especial en nuestro país [4].

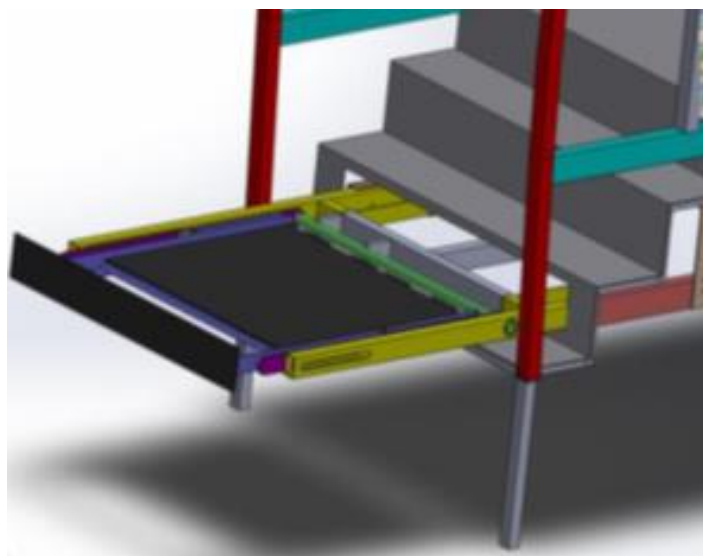
En nuestro país y en el exterior se han planteado varias soluciones para satisfacer este problema, entre ellos se encuentra:

“Diseño de un Elevador para silla de Ruedas a instalarse en un bus tipo de la ciudad de Quito”, como se puede observar en la figura 1 este dispositivo cumple con la función de elevación de una silla de ruedas, este sistema tiene la necesidad para su instalación de que se realicen modificaciones a la estructura del bus, y sus condiciones de diseño están basados en una normativa que no rige en la ciudad de Ibarra por lo cual no puede ser utilizado en nuestro caso [5].



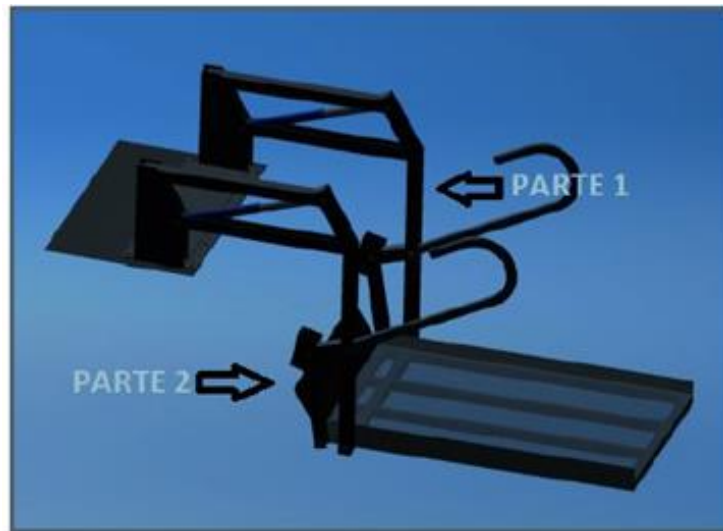
*Figura 1. Elevador para silla de ruedas [5]*

“Diseño y Construcción de una Plataforma Automática y utilización de visión artificial en buses urbanos para facilitar el acceso a personas que utilizan silla de ruedas”. Como se puede observar en la figura 2 dicha plataforma satisface la necesidad de ingresar a las personas con discapacidad motriz a los buses, pero presenta elementos que elevan su costo y necesitan de un mayor mantenimiento, por lo cual dificulta la implementación del sistema [6].



*Figura 2. Plataforma automática [6]*

“Diseño y Construcción de un Dispositivo de accesibilidad para silla de ruedas para buses urbanos”, como se puede observar en la figura 3 este dispositivo cumple con la función de ingresar al bus a las personas en silla de ruedas, está operada por el conductor; pero está destinada para buses de 3 puertas y elimina por completo una puerta del Bus, al existir buses de solo 2 puertas en la ciudad de Ibarra esta plataforma no se puede utilizar en nuestro caso [7].



*Figura 3. Dispositivo de accesibilidad para silla de ruedas [7]*

### **Justificación.**

Las personas que poseen discapacidad motora en la ciudad de Ibarra se aproximan a un total de 2.494 que representan el 1,37% de la población, dichos datos fueron obtenidos de la base de datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del último censo del 2010 [8] y del Registro Nacional de Discapacidades [2]. El objetivo de este proyecto es dar una solución tecnológica al problema de movilidad de las personas con discapacidad que utilizan silla de ruedas y hacen uso de los buses urbanos de la ciudad de Ibarra, que permita brindarles accesibilidad a este medio, otorgándoles los mismos derechos y calidad de vida que cualquier ciudadano, ya que el presente grupo se encuentra marginados de este medio de transporte público, producto de esto, su desarrollo y oportunidades se ven limitadas.

### **Alcance.**

La construcción del prototipo de sistema mecánico de una plataforma que simule el abordaje y desembarque al interior de un bus urbano, de personas con discapacidades que se movilizan en silla de ruedas, de acuerdo con normas INEN.

## CAPÍTULO 1

### 1. MARCO TEÓRICO.

#### 1.1 Persona con movilidad reducida

Las personas de movilidad reducida (PMR) son aquellas que tienen permanente o temporalmente limitada la capacidad de moverse sin ayuda externa. El grupo de PMR se compone tanto de aquellos que tienen una discapacidad relacionada con la movilidad (paraplejía, tetraplejía, problemas óseos, etc.) como de quienes tienen dificultades por otros motivos (ancianos, embarazadas, personas con niños pequeños, etc.) [9].

Según las normas ISO, entre ellas la norma ISO 12 determina que los diferentes tipos de ayuda para movilidad que existen son diferentes utensilios los cuales facilitan el movimiento de los usuarios tanto dentro de su domicilio como fuera del mismo [3].

Existen diferentes tipos de apoyo para facilitar la vida de las personas con discapacidad motriz y son: bastón, muletas, andadores y sillas de rueda.

Las personas de movilidad reducida que tomaremos para fines de este estudio son las que utilizan sillas de ruedas como instrumento de apoyo para poder movilizarse.

#### 1.2 Silla de ruedas

Una silla de ruedas es una ayuda técnica que consiste en una silla adaptada con al menos tres ruedas, aunque lo normal es que disponga de cuatro.

Estas sillas están diseñadas para permitir el desplazamiento de aquellas personas con problemas de locomoción o movilidad reducida, debido a una lesión o enfermedad física.

En la actualidad en el mercado se encuentran dos tipos de sillas de ruedas las cuales son: eléctricas y manuales. De las sillas manuales se clasifican dos más: las impulsadas por un asistente y las bimanuales impulsadas por ruedas delanteras o traseras [5].

En el Ecuador se encuentran en su mayoría las sillas bimanuales como se puede observar en la figura 4, las cuales se encuentran al alcance de las personas que presentan déficit en su movilidad y su mayor problema bajos recursos económicos.

Las características de estas sillas son: Silla de ruedas bimanual, tipo 7, plegable de Tijera, dotada de 2 ruedas traseras motrices de 60 cm de diámetro y 2 ruedas delanteras pivote de 20 (cm) de diámetro. Cuenta igualmente con reposabrazos desmontable de 33 (cm) de largo de 426. y un ancho de 60 mm. en base a la norma INEN 2205 [5].



*Figura 4. Silla de ruedas [5]*

### **1.3 Bus**

El bus es un vehículo que cuenta con espacio para más de veinte personas, llegando a números bastante más altos en la mayoría de los casos [10].

### **1.4 Tipos de buses**

#### **1.4.1 Bus interprovincial**

Este tipo de vehículos está diseñado y equipado para viajes entre provincias, tiene una capacidad mínima de 35 asientos y los tripulantes solo deben ir sentados a cualquier destino no se aceptan usuarios parados en el bus. Presenta una sola puerta de salida e ingreso como se puede observar en la figura 5 [11].



*Figura 5. Bus interprovincial [11]*

### 1.4.2 Bus articulado

Bus compuesto por dos partes rígidas unidas entre sí por una sección articulada. La sección articulada permite la libre circulación de los pasajeros entre las partes rígidas como se puede observar en la figura 6 [12].



*Figura 6. Bus articulado [12]*

### 1.4.3 Bus escolar

Este tipo de bus está diseñado exclusivamente para el transporte escolar y mas no para el transporte de otro tipo de pasajeros como se puede observar en la figura 7 [12].



*Figura 7. Bus escolar [12]*

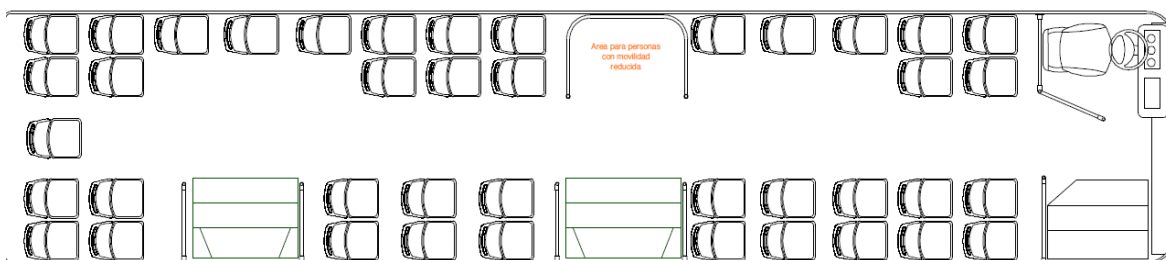
### 1.4.4 Bus urbano

Vehículo equipado para el transporte de pasajeros dentro del perímetro urbano de una ciudad, los vehículos de esta clase tienen asientos y plazas destinadas para viajeros de pie y sentados, el cual permite el desplazamiento de los viajeros debido a sus frecuentes paradas como se puede observar en la figura 8 [12].

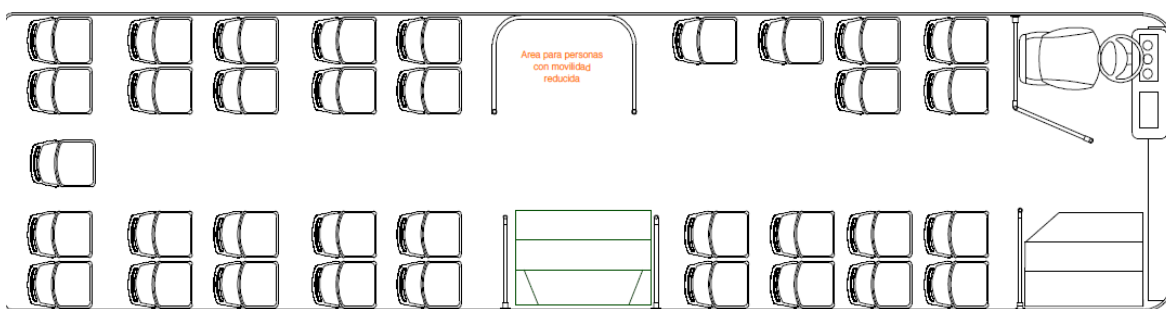


**Figura 8. Bus urbano [13]**

En el país los buses urbanos que circulan están regidos de acuerdo con la normativa INEN 2205. Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el bus urbano, de tal manera que proporcione un adecuado nivel de seguridad y comodidad al usuario. Esta norma se aplica para los vehículos diseñados y equipados para transporte público urbano [14].



**Figura 9. Espacio en el interior del bus 3 puertas [14]**



**Figura 10. Espacio en el interior del bus 2 puertas [14]**

El literal 5.1.2.5 ítem b7. Dice: “Se debe disponer de al menos un espacio exclusivo, que debe estar ubicado próximo a las puertas de acceso y/o salida y provisto de un asidero para la sujeción de la silla, con cinturón de seguridad mínimo de dos puntos” como se observa en las figuras 9 y 10 [14].

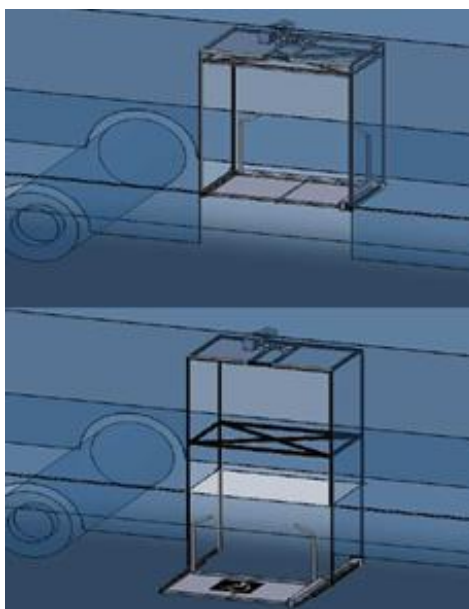
Por tal motivo dentro de las normativas se expresa claramente que las personas que utilizan silla de ruedas pueden hacer uso de este servicio, para lo cual se debe contar con una de las siguientes opciones para su accesibilidad [15]:

- Elevador (Plataforma Elevadora) en el bus
- Rampa en el bus
- Rampa en la parada

## 1.5 Tipos de accesibilidad para personas que utilizan silla de ruedas

### 1.5.1 Elevador

Es un sistema de transporte vertical desplegable, diseñado para elevar o bajar a las personas que utilizan silla de ruedas del nivel del suelo hacia el nivel interior del piso del bus como se puede observar en la figura 11.

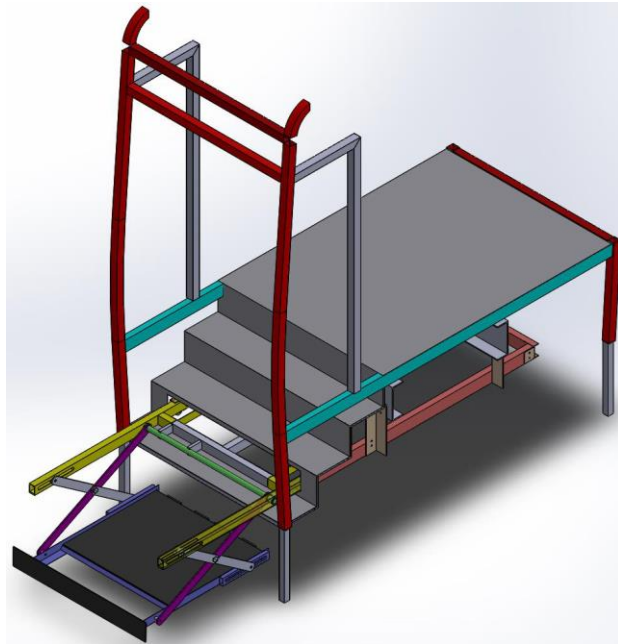


*Figura 11. Elevador para silla de ruedas [5]*

### 1.5.2 Plataforma

Es un sistema previsto de una base, que permite llevar a las personas que utilizan silla de ruedas del nivel del suelo hacia el nivel interior del piso del bus como se puede observar en la figura 12.





*Figura 12. Plataforma automática [6]*

### **1.5.3 Rampa**

Es un elemento que permite trasladarse a las personas que utilizan silla de ruedas ascendentemente o descendentemente del interior del bus hacia la parada o viceversa con un menor esfuerzo como se puede observar en la figura 13.



*Figura 13. Rampa para buses [16]*

## **CAPÍTULO 2**

### **2. METODOLOGÍA**

#### **2.1 Introducción**

Como primer punto se debe plantear el problema al cual queremos dar solución, en este caso es la falta de un sistema que permitan la accesibilidad a las personas que utilizan silla de ruedas a los buses urbanos en la ciudad de Ibarra, para de esta manera mejorar la calidad de vida de las personas y que las mismas se sientan aceptadas en la sociedad.

Para reforzar adecuadamente este problema y poder solucionarlo se recurrió a diferentes patentes, tesis y proyectos vinculados al problema los cuales ya estaban desarrollados, y de esta manera facilitar información que ayude a la solución de este problema planteado.

Al mismo tiempo se recopilará información de parte los buses Urbanos y de esta manera analizar cuáles son las alternativas más viables para poder satisfacer sus necesidades y que ellos puedan brindar un servicio de calidad.

Por último, recopilada toda esta información más los requerimientos de las normas INEN para buses urbanos se procederá a la elaboración de este proyecto.

#### **2.2 Requerimientos técnicos**

El diseño que se propone en el presente proyecto tiene como propósito facilitar el acceso de las personas que utilizan silla de ruedas al interior de un bus urbano, pero al mismo tiempo satisfacer los requerimientos de las personas propietarias de buses urbanos, cuya actividad principal es brindar un servicio de calidad de transporte de pasajeros en la ciudad de Ibarra, así como el de cumplir con todas las normativas INEN 2205.

Actualmente los buses urbanos en el Ecuador si cuentan con sistemas que cumplen con el objetivo de accesibilidad de una persona que utiliza silla de ruedas al interior del bus, pero el problema radica en que ninguno de ellos fue diseñado en base a los requerimientos del cliente (en este caso el propietario del bus), y solo se tomaron en cuenta las especificaciones técnicas de la normativa INEN.

Es por ello que estos sistemas no logran satisfacer las necesidades ya que deben beneficiar a ambas partes, por lo que es necesario implementar un sistema que eleve la calidad de vida de estas personas, y al mismo tiempo eleve la calidad de servicio que el transportista brinda.

## 2.2.1 Casa de la calidad

Las especificaciones técnicas son determinadas por medio de una herramienta del QFD (quality function deployment), denominada la casa de la calidad cuyo objetivo principal es de convertir los deseos y requerimientos del cliente en requerimientos técnicos que serán evaluados para determinar los de mayor importancia (Ver Anexo 1) [17].

### 2.2.1.1 Voz del cliente

Para saber los requerimientos del cliente en este caso que demanda el transportista se recurrió a realizar encuestas (Ver Anexo 2) dirigidas a los propietarios de buses urbanos de la ciudad de Ibarra, las cuales arrojó las siguientes características que debe presentar el sistema:

- Que sea de accionamiento hidráulico-eléctrico
- Que se acople al bus
- Que sea seguro
- Que el tiempo de abordaje y desembarque sea alrededor de 2 min
- Que sea de fácil mantenimiento
- Que no interfiera con la función de salida de pasajeros
- Que no dañe la estética del bus

### 2.2.1.2 Voz del ingeniero

Analiza los requerimientos y deseos del cliente y procede a traducirlos en especificaciones técnicas:

- Potencia
- Toma de energía
- Diseño de elementos
- Velocidad de operación
- Tiempo de mantenimiento
- Dimensiones
- Elementos
- Fuerza

Por requerimiento del cliente se debe diseñar un sistema de acceso que no interfiera con la función de salida de pasajeros y que no dañe la estética del bus.

Dado estos antecedentes el sistema no debe alterar la carrocería del bus, tampoco se deben realizar muchas modificaciones que alteren la estructura del bus, y no deben obstruir o suspender las puertas traseras, para que cuando el sistema no se esté utilizando este pueda seguir con su función de salida de pasajeros.

Por lo tanto, el sistema que cumple con estos requerimientos es la plataforma, dado que un elevador necesita de muchas modificaciones a la estructura y carrocería del bus.

## 2.2.2 Requisitos de la normativa NTE INEN 2205

En la ciudad de Ibarra para que un bus urbano pueda prestar el servicio de transporte de pasajeros es necesario que las unidades cumplan con la normativa NTE INEN 2205 que es la encargada de regular las especificaciones técnicas que deben tener las carrocerías de buses urbanos a nivel nacional, dentro de esta normativa se detallan los requisitos que debe cumplir un sistema para que una persona que utilizan silla de ruedas pueda acceder al interior del bus urbano (Ver Anexo 3).

Los buses urbanos que circulan en la ciudad de Ibarra su tipo de chasis es de piso alto, que significa que su diseño de carrocería es un conjunto de peldaños para el ascenso y descenso de pasajeros, dado esto el sistema de acceso tipo rampa para bus o rampa para parada queda descartado ya que este solo se puede utilizar en carrocerías sin peldaños que son las utilizadas por los buses de chasis de piso bajo [14] [18]. Lo que nos deja con dos opciones de sistema de acceso de elevador o plataforma en el bus.

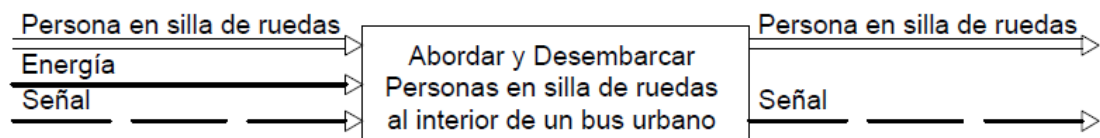
## 2.3 Diseño conceptual

En esta parte se parte de los requerimientos técnicos, para originar diversas alternativas de solución para luego ser evaluadas y elegir a la más adecuada. Como principio se obtiene un principio de solución evaluado y validado convenientemente [19].

### 2.3.1 Análisis funcional

El nivel 0, representa de forma general el proceso de acceso de personas en silla de ruedas al interior de un bus urbano, para que se cumpla esta función es necesario la persona en silla de ruedas, energía y señales de control como se puede observar en la figura 14.

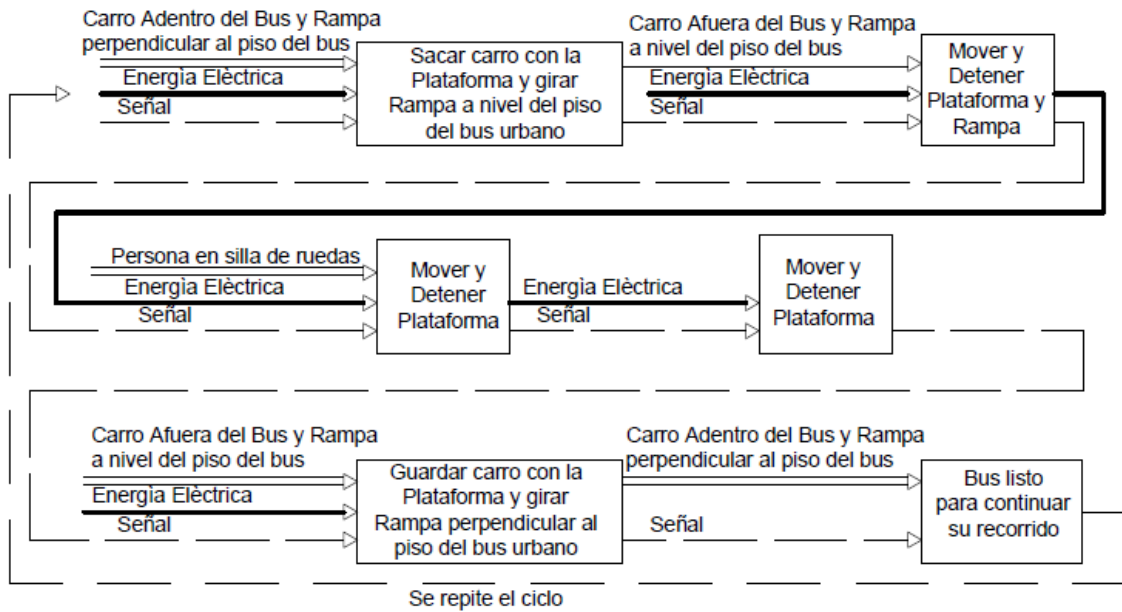
#### Nivel 0



*Figura 14. Análisis funcional nivel 0*

El nivel 1, representa los procesos involucrados para el abordaje y desembarco de personas en silla de ruedas al interior de un bus urbano de manera general, incluyendo los requerimientos deseados por el cliente y la normativa que debe cumplir como se puede observar en la figura 15.

**Nivel 1**

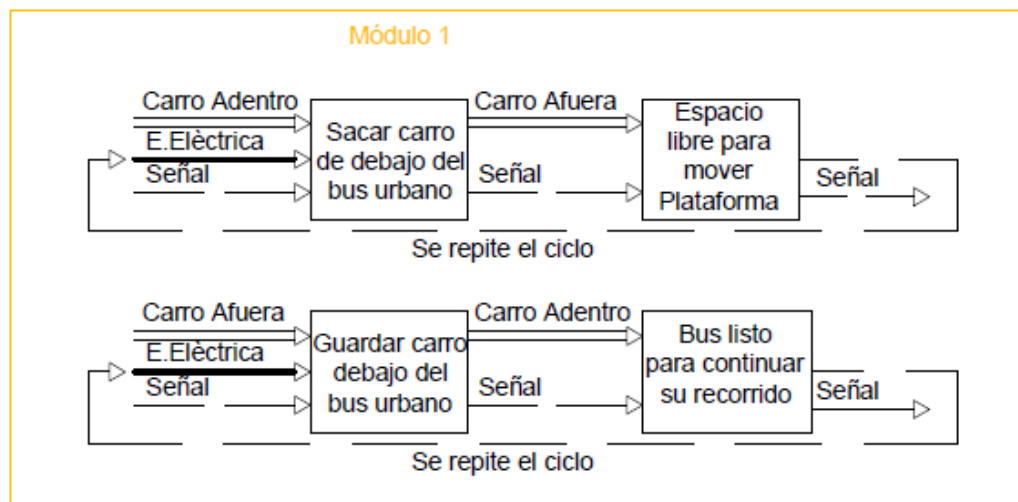


*Figura 15. Análisis funcional nivel 1*

El nivel 2, muestra de forma más detallada cada uno de los procesos con acciones que en el nivel anterior no fueron especificadas como se pueden observar en las figuras 16, 17 y 18.

**Nivel 2**

**a) Sacar y guardar la plataforma**



*Figura 16. Análisis funcional nivel 2-módulo 1*

## b) Subir y bajar la plataforma

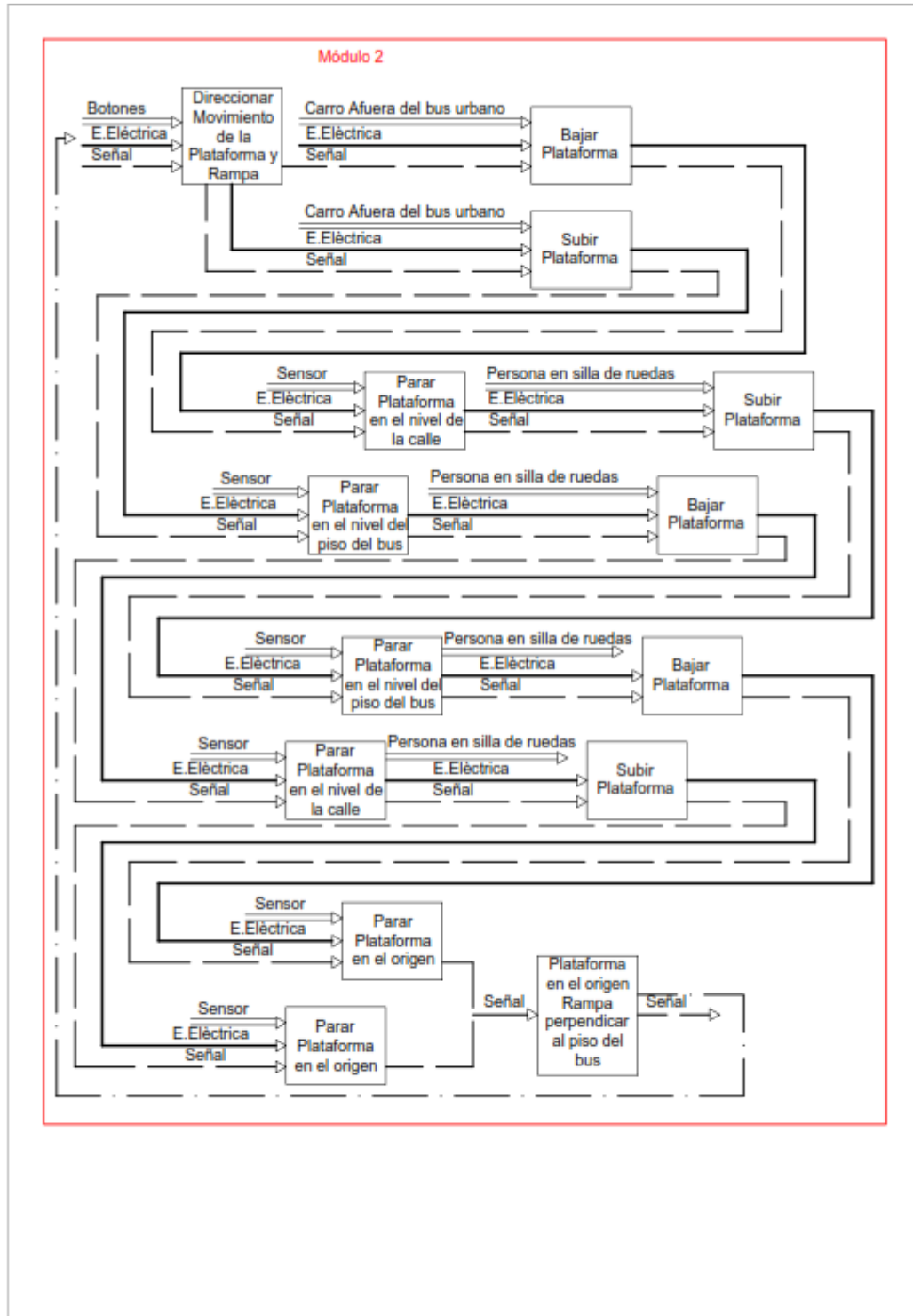


Figura 17. Análisis funcional nivel 2-módulo 2

### c) Completar la plataforma

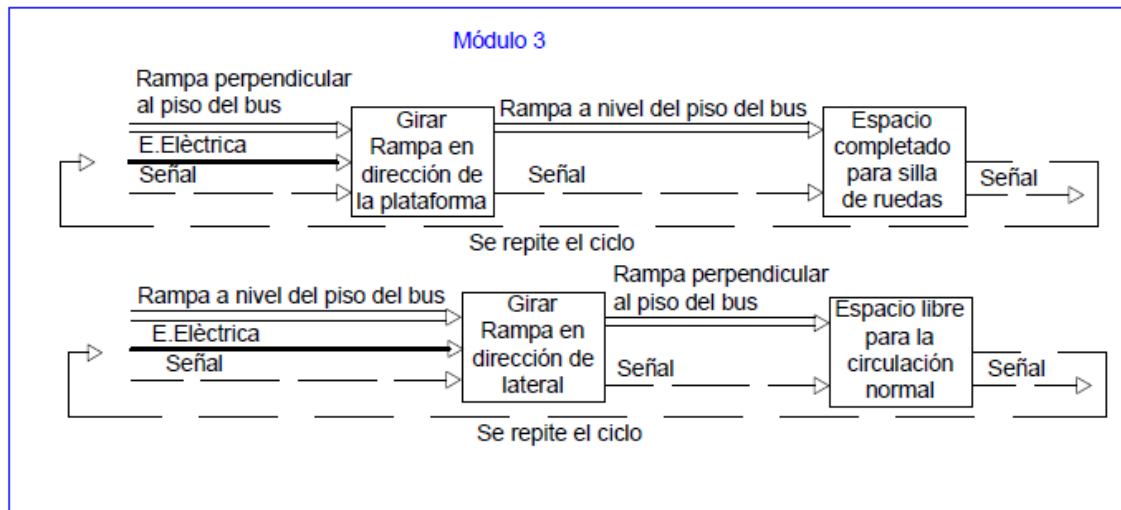


Figura 18. Análisis funcional nivel 2-módulo 3

### 2.3.2 Definición de módulos funcionales

La modularidad consiste en definir varios bloques funcionales o constructivos, que ayudan enormemente para el diseño en: reducción de costos, mantenimiento, facilidad de producción entre otros [19].

Al analizar los diagramas funcionales de cada etapa del proceso, se llega a establecer tres conjuntos principales de funciones:

- Sacado y Guardado de la plataforma del bus urbano (Módulo 1)
- Subida y Bajada de la plataforma de la parada al interior del bus urbano (Módulo 2)
- Completado de espacios para el acceso al bus (Módulo 3)

### 2.3.3 Soluciones para cada módulo

#### Módulo 1

Existen varias formas de sacar y guardar la plataforma, en la siguiente tabla 1 se presentan algunas posibles soluciones:

Tabla 1. Alternativas para el módulo 1

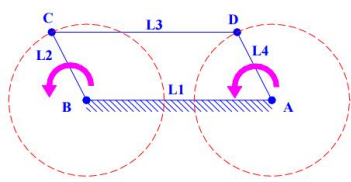

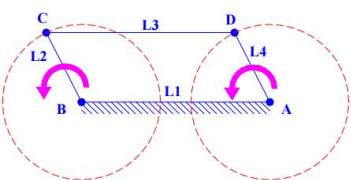


DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS Y DESVENTAJAS
<p>Alternativa 1</p>  <p><i>Sistema Eléctrico-Final de Carrera [20]</i></p>	<p>Sistema que permite trasladarse al carro con un motor de corriente alterna y un mecanismo de piñón-cremallera, y su control se base en un final de carrera ubicado en cada extremo que determina donde se detiene.</p>	<p>Disponible en el mercado. Bajo Costo. Necesita de un inversor para su funcionamiento. Son de fácil instalación. Se puede sensar a tensiones elevadas. No requieren mantenimiento. Precisión media.</p>
<p>Alternativa 2</p>  <p><i>Sistema Eléctrico-Sensor [20]</i></p>	<p>Sistema que permite trasladarse al carro con un motor de corriente alterna y un mecanismo de piñón-cremallera, y su control se base en un sensor infrarrojo ubicado en cada extremo que determina donde se detiene.</p>	<p>Disponible en el mercado. Bajo Costo. Necesita de un inversor para su funcionamiento. Instalación media complicada. No pueden sensar a tensiones elevadas. Requieren calibración.</p>
<p>Alternativa 3</p>  <p><i>Sistema Neumático-Final de Carrera [21] [20]</i></p>	<p>Sistema que permite trasladarse al carro con un actuador lineal, y su control se base en un final de carrera ubicado en cada extremo que determina donde se detiene.</p>	<p>Fabricación bajo pedido. Alto costo. Necesita de un sistema de aire para su funcionamiento. Instalación media complicada. Requieren mantenimiento. Se puede sensar a tensiones elevadas. Precisión media.</p>
<p>Alternativa 4</p>  <p><i>Sistema Neumático-Sensor [21] [20]</i></p>	<p>Sistema que permite trasladarse al carro con un actuador lineal, y su control se base en un final de carrera ubicado en cada extremo que determina donde se detiene.</p>	<p>Fabricación bajo pedido. Alto costo. Necesita de un sistema de aire para su funcionamiento. Instalación complicada. Requieren mantenimiento. No pueden sensar a tensiones elevadas. Requieren calibración.</p>

## Módulo 2

Existen varias formas de subir y bajar la plataforma, en la siguiente tabla 2 se presentan algunas posibles soluciones:



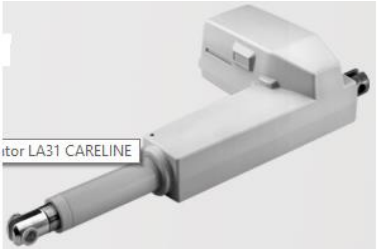



Tabla 2. Alternativas para el módulo 2

DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS Y DESVENTAJAS
<p>Alternativa 1</p>   <p><i>Sistema Eléctrico con Mecanismo [22] [23]</i></p>	<p>Sistema que permite mover la plataforma por actuadores lineales eléctricos y un mecanismo de 4 barras paralelogramo articulado, y su control se lo realiza mediante finales de carrera.</p>	<p>Disponible en el mercado. Bajo Costo. Funcionamiento con la energía eléctrica del bus. Son de fácil instalación. No requieren mantenimiento. Construcción precisa. No afecta a la estructura ni estética del bus.</p>
<p>Alternativa 2</p>   <p><i>Sistema Hidráulico con Mecanismo [23] [20]</i></p>	<p>Sistema que permite mover la plataforma por un actuador lineal hidráulico y un mecanismo de 4 barras paralelogramo articulado, y su control se lo realiza mediante finales de carrera.</p>	<p>Fabricación bajo pedido. Alto Costo. Necesita de un sistema de hidráulico para su funcionamiento. Instalación complicada. Requiere mantenimiento. Construcción precisa. No afecta a la estructura ni estética del bus.</p>
<p>Alternativa 3</p>  <p><i>Sistema Eléctrico Directo [22]</i></p>	<p>Sistema que permite mover la plataforma mediante columnas elevadoras eléctricas directamente sujetas a la base de la plataforma y la estructura del bus, y su control se lo realiza mediante finales de carrera.</p>	<p>Fabricación bajo pedido. Alto costo. Funcionamiento con la energía eléctrica del bus. Instalación complicada. No requieren mantenimiento. Afecta a la estructura y estética del bus.</p>
<p>Alternativa 4</p>  <p><i>Sistema Hidráulico Directo [20]</i></p>	<p>Sistema que permite mover la plataforma mediante columnas elevadoras hidráulicas directamente sujetas a la base de la plataforma y la estructura del bus, y su control se lo realiza mediante finales de carrera.</p>	<p>Fabricación bajo pedido. Alto costo. Necesita de un sistema de hidráulico para su funcionamiento. Instalación complicada. Requiere mantenimiento. Afecta a la estructura y estética del bus.</p>

### Módulo 3

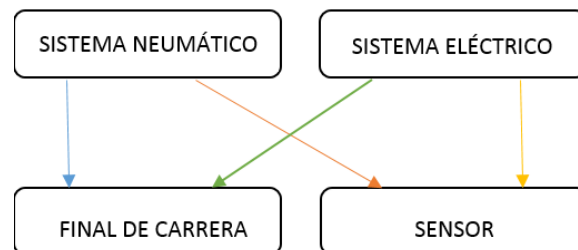
Existen varias formas de completar los espacios para el acceso de la persona en silla de ruedas al interior del bus urbano, en la siguiente tabla 3 se presentan algunas posibles soluciones:

Tabla 3. Alternativas para el módulo 3

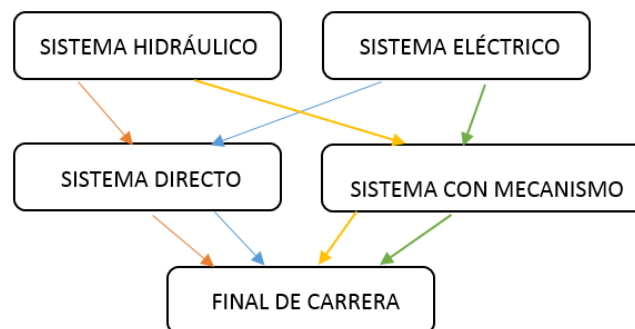
DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS Y DESVENTAJAS
<p>Alternativa 1</p>  <p>Actuador Eléctrico [22]</p>	<p>Sistema que permite mover a la rampa mediante un actuador lineal eléctrico y acoples debidamente sujetos a la plataforma y rampa.</p>	<p>Disponible en el mercado. Costo medio. Requiere energía eléctrica. Son de fácil instalación. Fuerza media. Requieren calibración. No necesita mantenimiento.</p>
<p>Alternativa 2</p>  <p>Resortes [20]</p>	<p>Sistema que permite desplazarse a la rampa siguiendo guías ubicadas en el trayecto de esta, y por un resorte sujeto en orificios de la rampa y plataforma.</p>	<p>Disponible en el mercado. Bajo Costo. Necesita de guías para su desplazamiento. Son de fácil instalación. Se mueve continuamente a la plataforma. No estorba. Construcción precisa. No requiere energía. Fuerza media.</p>
<p>Alternativa 3</p>  <p>Servomotor [20]</p>	<p>Sistema que permite mover a la rampa mediante servomotores y ejes ubicados a los lados de la rampa y la plataforma.</p>	<p>Disponible en el mercado. Alto medio. Requiere energía eléctrica. Instalación media complicada. Fuerza media. Requieren calibración. Necesita mantenimiento.</p>
<p>Alternativa 4</p>  <p>Actuador Neumático [21]</p>	<p>Sistema que permite mover a la rampa mediante un actuador lineal neumático y acoples debidamente sujetos a la plataforma y rampa.</p>	<p>Disponible en el mercado. Alto medio. Necesita de un sistema de aire para su funcionamiento. Instalación media complicada. Fuerza media. Requieren calibración. Necesita mantenimiento.</p>

## 2.4 Matriz morfológica

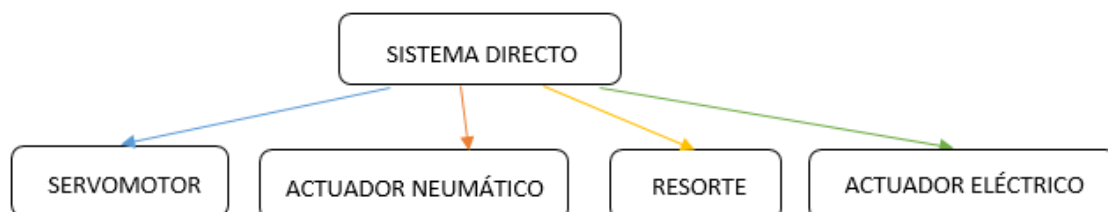
En las siguientes figuras 19, 20 y 21 se muestra la combinación de las soluciones para cada una de las funciones que conforman la plataforma, las combinaciones realizadas son las que muestran compatibilidad de componentes en busca de la que mejor se acondicione y ajuste a las exigencias de requerimientos dados por el cliente y por la normativa.



*Figura 19. Soluciones módulo 1*



*Figura 20. Soluciones módulo 2*



*Figura 21. Soluciones módulo 3*

**ALTERNATIVA 1**   **ALTERNATIVA 2**   **ALTERNATIVA 3**   **ALTERNATIVA 4**

## 2.5 Método de selección

### 2.5.1 Matriz de criterios ponderados

Los criterios para evaluar según el grado de incidencia en el proceso de acceso de personas en silla de ruedas al interior de un bus urbano son:

- Potencia
- Toma de Energía
- Diseño
- Velocidad de Operación
- Tiempo de mantenimiento
- Dimensiones
- Elementos
- Fuerza

A partir de estos datos iniciales se procede a través de los siguientes pasos:

### 2.5.1.1 Evaluación del peso específico de cada criterio

En la tabla 4 se muestra la matriz de criterios ponderados donde se asigna el valor de 1 si el criterio de la izquierda influye más con respecto al de la derecha en el diseño, 0,5 si influyen de la misma manera y 0 si es de menor influencia.

Tabla 4. Matriz de criterios ponderados

CRITERIOS	Potencia	Toma de Energía	Diseño	Velocidad de Operación	Tiempo de mantenimiento	Dimensiones	Elementos	Fuerza	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Potencia		1	1	1	1	1	0	1	7	0,194
Toma de Energía	0		0	0	0	0	0	0	1	0,028
Diseño	0	1		1	1	1	0	0,5	5,5	0,153
Velocidad de Operación	0	1	0		1	0,5	0	0	3,5	0,097
Tiempo de mantenimiento	0	1	0	0		0	0	0	2	0,056
Dimensiones	0	1	0	0,5	1		0	0	3,5	0,097
Elementos	1	1	1	1	1	1		1	8	0,222
Fuerza	0	1	0,5	1	1	1	0		5,5	0,153
								SUMA	36	1

A continuación, se muestra en orden los criterios de incidencia desde el más relevante al menos relevante:

Elementos > Potencia > Diseño = Fuerza > Velocidad de Operación = Dimensiones > Tiempo de Mantenimiento > Toma de Energía

Disponibilidad de Elementos > Cantidad de Energía > Diseño = Fuerza > Velocidad de Operación = Dimensiones > Tiempo de Mantenimiento > Fuente de energía

Una vez obtenido se procede a evaluar el peso específico de las alternativas por cada criterio de incidencia (Ver Anexo 15), el cual da como resultado el orden de la alternativa más relevante a la menos relevante en cada criterio de incidencia, con los cuales se procede a calcular la mejor alternativa.

### 2.5.1.2 Cálculo para la tabla de prioridades

En las tablas 5, 6 y 7 se muestra el valor de cada alternativa según cada criterio, este valor es el resultado de la multiplicación entre el valor de la ponderación del peso específico de cada criterio y el valor de ponderación de cada alternativa por criterio.

*Tabla 5. Tabla de prioridad del módulo 1*

Conclusión	Potencia	Toma de Energía	Diseño	Velocidad de Operación	Tiempo de mantenimiento	Dimensiones	Elementos	Fuerza	$\Sigma$	Prioridad
Alternativa 1	0,068	0,011	0,061	0,034	0,022	0,039	0,089	0,054	0,378	1
Alternativa 2	0,068	0,008	0,046	0,034	0,014	0,024	0,067	0,054	0,315	2
Alternativa 3	0,029	0,006	0,031	0,015	0,014	0,024	0,044	0,023	0,185	3
Alternativa 4	0,029	0,003	0,015	0,015	0,006	0,010	0,022	0,023	0,122	4
Alternativa 1>Alternativa2>Alternativa3>Alternativa4										

*Tabla 6. Tabla de prioridad del módulo 2*

Conclusión	Potencia	Toma de Energía	Diseño	Velocidad de Operación	Tiempo de mantenimiento	Dimensiones	Elementos	Fuerza	$\Sigma$	Prioridad
Alternativa 1	0,068	0,011	0,061	0,039	0,022	0,034	0,089	0,054	0,378	1
Alternativa 2	0,068	0,006	0,023	0,029	0,014	0,019	0,067	0,054	0,279	2
Alternativa 3	0,019	0,006	0,046	0,015	0,014	0,034	0,022	0,023	0,179	3
Alternativa 4	0,039	0,006	0,023	0,015	0,006	0,010	0,044	0,023	0,165	4
Alternativa 1>Alternativa2>Alternativa3>Alternativa4										

**Tabla 7. Tabla de prioridad del módulo 3**

Conclusión	Potencia	Toma de Energía	Diseño	Velocidad de Operación	Tiempo de mantenimiento	Dimensiones	Elementos	Fuerza	$\Sigma$	Prioridad
Alternativa 1	0,078	0,011	0,061	0,034	0,022	0,039	0,089	0,038	0,372	1
Alternativa 2	0,039	0,006	0,046	0,034	0,011	0,019	0,044	0,038	0,238	2
Alternativa 3	0,039	0,006	0,031	0,015	0,011	0,019	0,044	0,038	0,203	3
Alternativa 4	0,039	0,006	0,015	0,015	0,011	0,019	0,044	0,038	0,188	4
Alternativa 1>Alternativa2>Alternativa3>Alternativa4										

Según las tablas se puede concluir que, la combinación de la alternativa 1 en los tres diferentes módulos es la mejor solución.

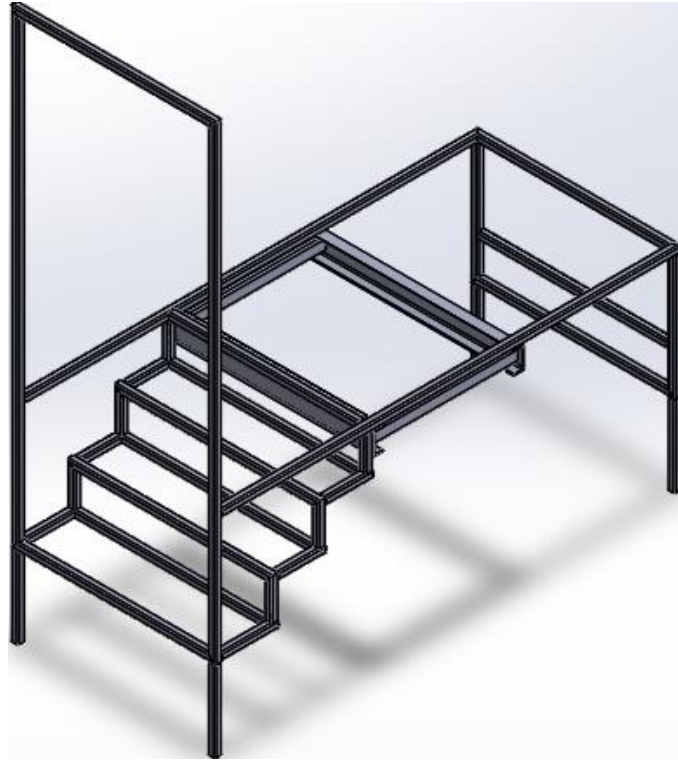
## 2.6 Diseño mecánico

### 2.6.1 Condiciones iniciales

La propuesta de diseño es implementar la plataforma donde se encuentra asignado el espacio para una persona con movilidad reducida dentro del bus urbano. Por motivos de estudio se construirá una sección correspondiente a la estructura de la puerta trasera del bus como se muestran en las siguientes figuras 22 y 23.



**Figura 22. Sección de la puerta trasera del bus urbano [13]**



*Figura 23. Estructura de la puerta trasera del bus urbano*

Las especificaciones para la puerta trasera del bus urbano en base a las normativas son las siguientes:

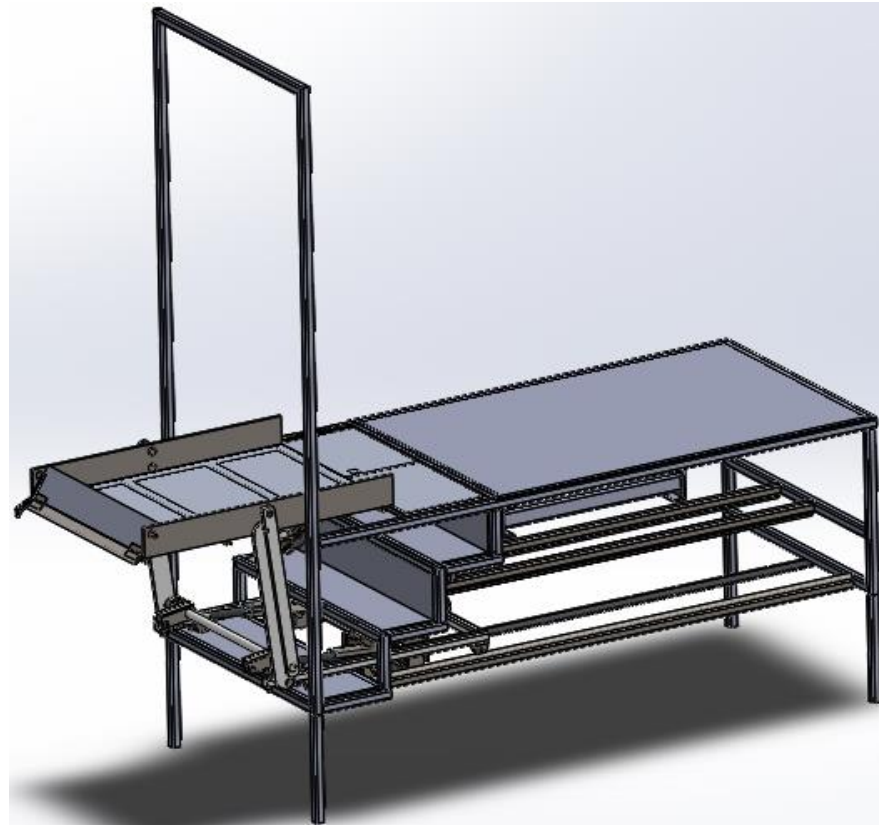
- Altura mínima 2000 mm y máxima 3500 mm
- Ancho libre mínimo 1000 mm
- Fondo máximo 2600 mm
- Número máximo de peldaños 3 (contrahuella 220 mm, huella primer peldaño 300 mm demás peldaños 250 mm)
- Altura máxima del estribo a la calzada 450 mm

### **2.6.2 Diseño del sistema**

La plataforma a diseñar debe cumplir las siguientes condiciones:

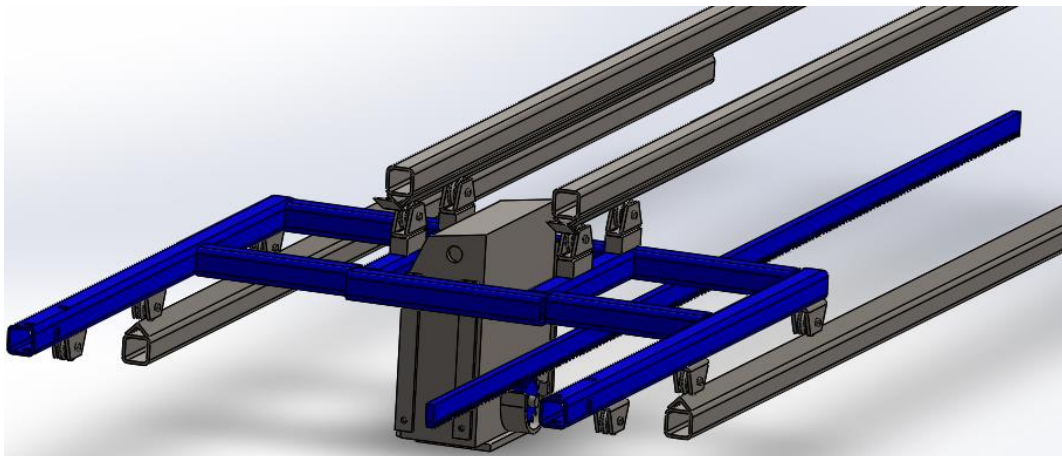
- Masa mínima a elevar 200 kg.
- Ancho mínimo de 800 mm.
- Profundidad útil de 1000 mm.
- Velocidad máxima en repliegue 0,33 m/s y despliegue 0,22 m/s.
- No debe flexionar más de 3°.

Por requerimiento del cliente la plataforma no debe interferir con la función de salida de pasajeros y no dañar la estética del bus, como se puede observar en la figura 24, dicho esto la alternativa de diseño se basa:



*Figura 24. Propuesta del sistema*

Un carro como se muestra en la figura 25 el cual saca y guarda la plataforma debajo del piso del bus por medio de un mecanismo de piñón y cremallera, la fuerza necesaria para mover el carro será suministrada por un motor eléctrico.

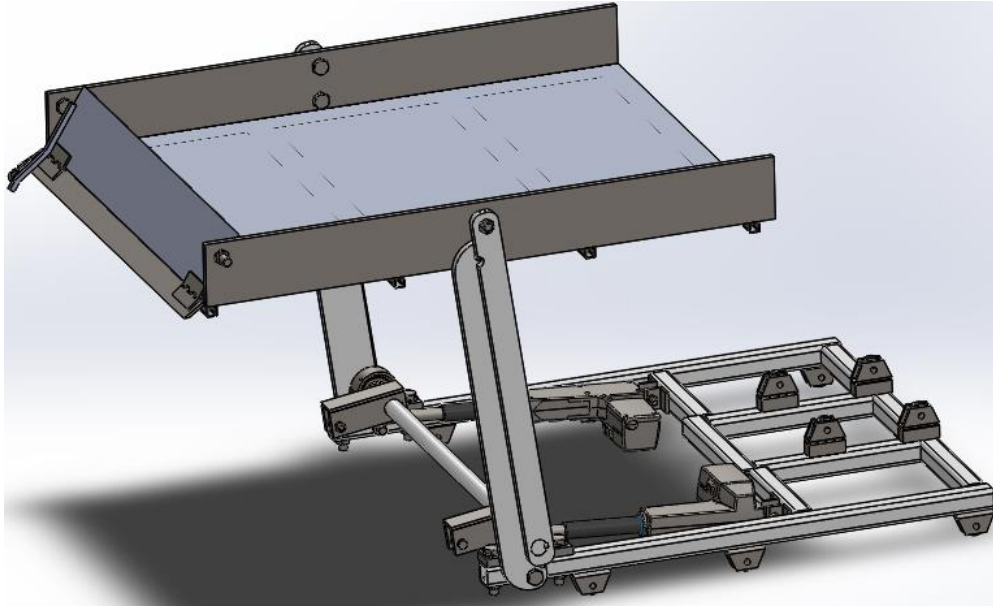


*Figura 25. Carro*

La plataforma será subida por un sistema a manera de mecanismo de 4 barras paralelogramo articulado ya que este tipo de mecanismo permite subir y bajar a la plataforma de forma equilibrada y paralela al piso del bus [23], la fuerza necesaria para subir la plataforma será suministrada por actuadores lineales eléctricos, los cuales por medio de un

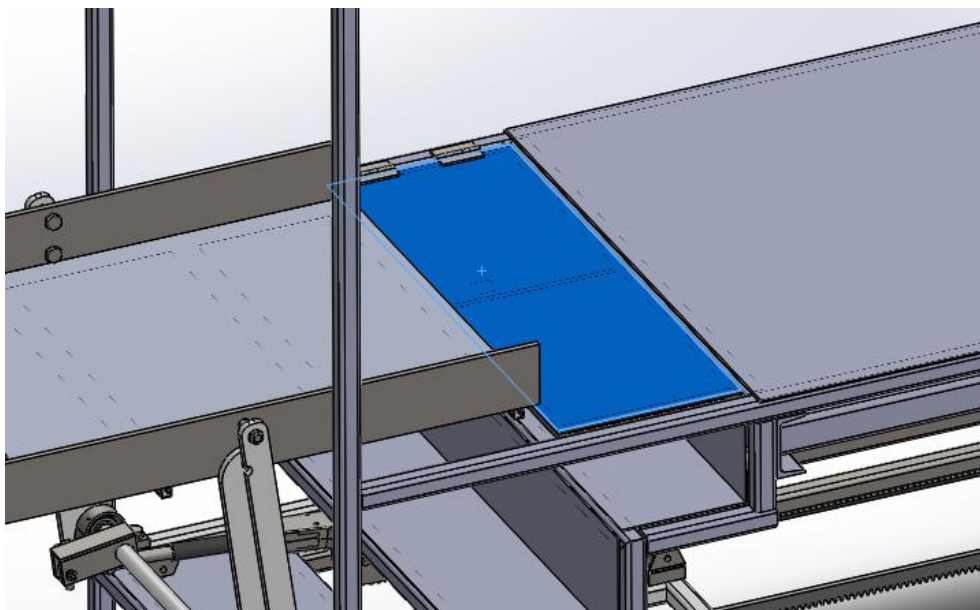


eje transmitirán la fuerza al mecanismo para mover la plataforma como se puede observar en la figura 26.

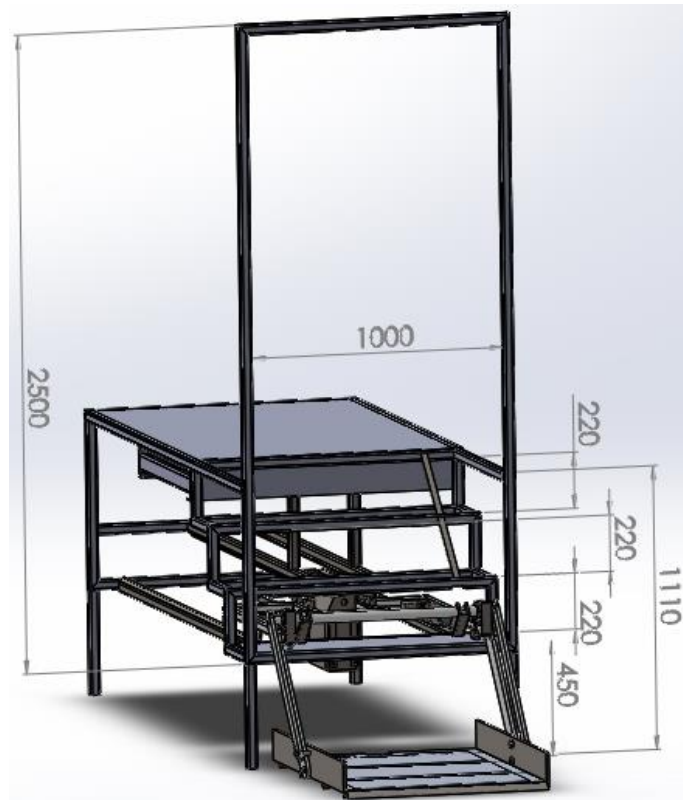


*Figura 26. Plataforma*

Una rampa será la encargada de completar el espacio faltante entre la plataforma y el piso del bus urbano como se muestra en la figura 27, la cual girará por medio de bisagras de un espacio lateral perpendicular al piso del bus a un espacio a nivel del piso del bus donde se encuentra un soporte que descansará el peso ejercido en el proceso, la fuerza que suministra este movimiento será por medio de un actuador lineal eléctrico.

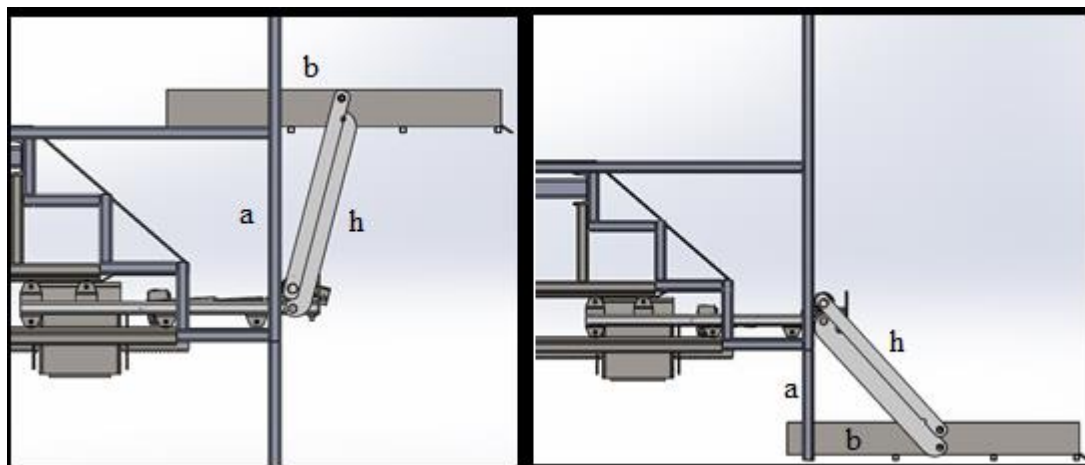


*Figura 27. Rampa*

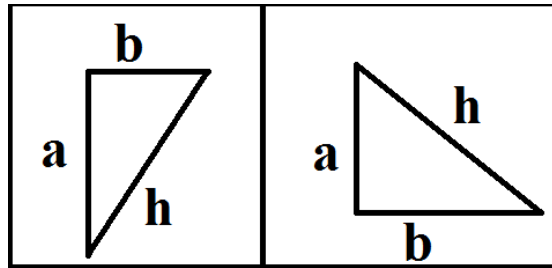


*Figura 28. Distancia del suelo al piso del bus y dimensiones de la puerta*

Para calcular la longitud de las barras se aplicó el teorema de Pitágoras sobre el triángulo rectángulo de la figura 30, se tomó la distancia vertical del agujero carro al piso del bus como el cateto  $a$ , la distancia horizontal del agujero del carro al agujero inferior de la plataforma como el cateto  $b$  y del agujero del carro al agujero inferior de la plataforma como la hipotenusa como se puede observar en la figura 28 y 29, donde la medida de la hipotenusa corresponde a la longitud de centro a centro de agujero de las barras.



*Figura 29. Cálculo para la longitud de las barras*



*Figura 30. Triángulos rectángulos*

Donde:

Primer Caso

$a = 580$  mm

$b = 270$  mm

$h = 639,77$  mm

Segundo Caso

$a = 510$  mm

$b = 340$  mm

$h = 612,94$  mm

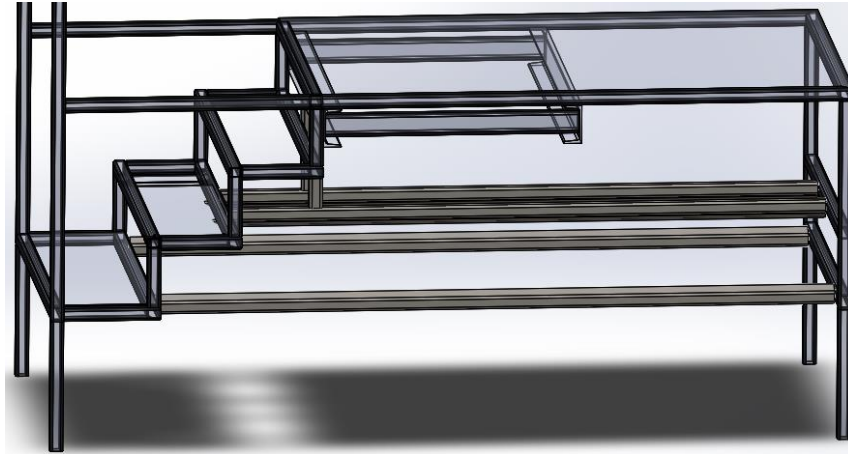
Como se puede observar la medida que debemos utilizar corresponde a la del primer caso ya que es la que necesita mayor distancia, por motivo de estandarización la longitud de centro a centro de agujero de nuestras barras será de 640 mm.

Llamamos carro a la estructura que soporta y transporta los actuadores lineales eléctricos y el sistema, entendiendo por sistema: el eje, el mecanismo de 4 barras paralelogramo articulado, la plataforma y la rampa.

El carro permite al sistema guardarse debajo del piso del bus, a través de la contrahuella del primer peldaño de la puerta trasera como se muestra en la figura 24, y solo salir cuando se requiera su uso, para ello se realizó un estudio mediante una encuesta (Ver Anexo 2) donde dio como resultado que en esta zona no existe ningún elemento que pueda interferir con la instalación del carro.

Dados estos antecedentes se utilizó ruedas con soporte para riel por la gran disponibilidad que existe en el mercado y su bajo costo en comparación a otros elementos de iguales características [24], las cuales fueron ubicadas estratégicamente de manera que al desplazarse lo haga con facilidad y ayuden a soportar las cargas cuando sea necesario.

El carro se desplazará a través de rieles los cuales son ángulos de 40X40X4 mm. (Ver Anexo 4) que están montados y soldados sobre tubos cuadrados de 40X40X4 mm. (Ver Anexo 5), los cuales a más de servir como guías serán soportes del sistema ya que estos estarán soldados a la carrocería y chasis del bus como se muestra en la siguiente figura 31.

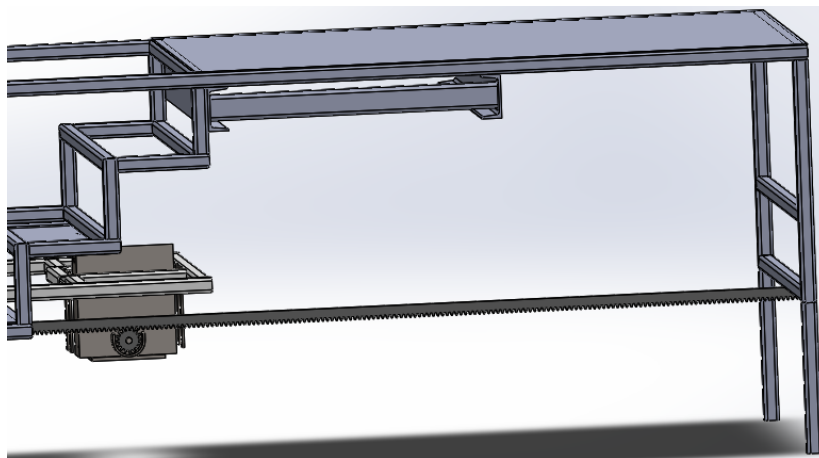


*Figura 31. Rieles*

Para que el carro pueda trasladarse utilizaremos el sistema de apertura de los portones eléctricos de viviendas, dado que es un método desarrollado y optimizado de la mejor manera y que su funcionamiento se ha comprobado en muchas ocasiones, además de que se adapta al diseño y se encuentran disponible en el mercado.

En el mercado ecuatoriano existe varias clases, pero el que se adapta mejor a los requerimientos es el que utiliza un mecanismo de piñón-cremallera, por su robustez, seguridad, fácil instalación y no requiere mantenimiento en comparación con otros.

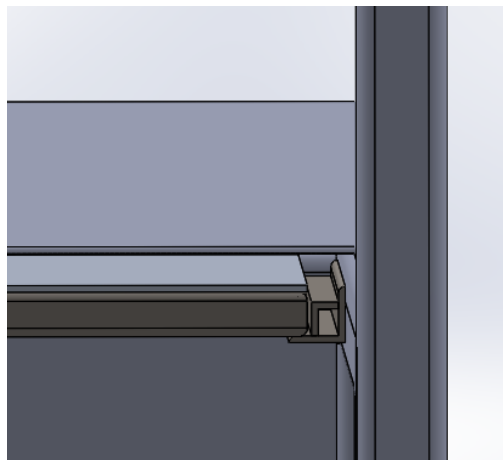
Este sistema cuenta con un motor de corriente alterna que será sujeto en el carro para que su movimiento sea el mismo como se muestra en la figura 25, para el cual será necesario un inversor para que pueda funcionar con las baterías del bus, los cuales existen una gran variedad en el mercado y a un bajo costo. El piñón y la cremallera, sus medidas de diente a diente ya vienen estandarizadas, el piñón se encuentra sujeto al eje del motor, mientras que la cremallera estará sujeta a la carrocería del bus de forma fija como se muestra en la figura 32, el sistema que cumple de manera más satisfactoria con el requerimiento para trasladar la plataforma tiene las siguientes especificaciones técnicas mostradas en el Anexo 6.



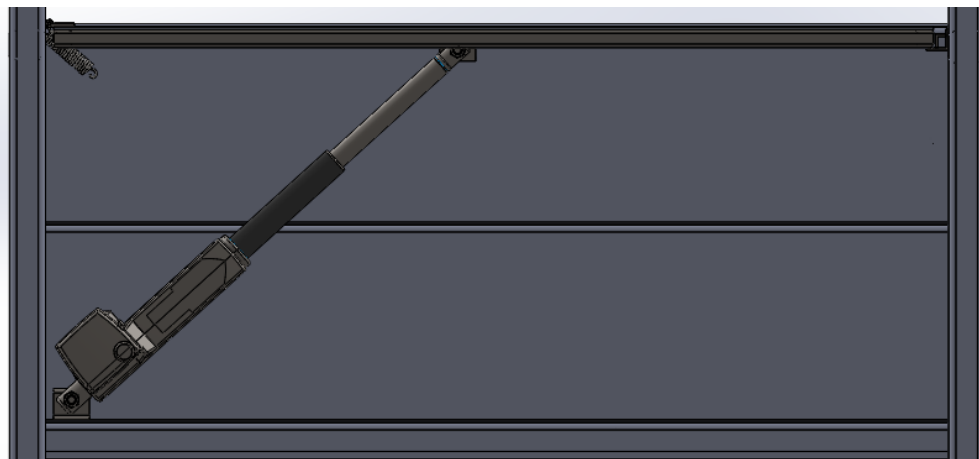
*Figura 32. Motor y cremallera*

Llamamos rampa a la estructura que permite completar el espacio entre la plataforma y el piso del bus. Para que la rampa pueda girar, se recurre a bisagras de tubo utilizadas en la sujeción de puertas y portones por su gran resistencia a grandes pesos y su alta disponibilidad en el mercado. La rampa gira de un espacio lateral perpendicular al piso del bus a un espacio a nivel del piso del bus donde se encuentra un soporte de ángulo de 25X25X3 mm reforzado con un ángulo de 20X20X3 en sentido contrario como se puede observar en la figura 33 (Ver Anexo 4), donde descansará el peso ejercido tanto por el peso de la rampa como el peso de la persona en silla de ruedas.

La fuerza que suministra este movimiento será por medio de un actuador lineal eléctrico, dado que este no necesita de mantenimiento y se puede controlar su giro, estará ubicado de tal manera que no interfiera con el espacio de circulación de las personas en el bus como se muestra en la figura 34.



*Figura 33. Soporte de rampa*



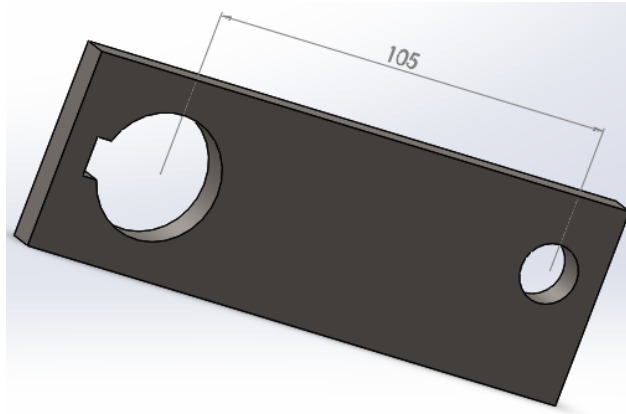
*Figura 34. Posición del actuador lineal eléctrico*

Para determinar la cantidad de actuadores lineales eléctricos a utilizar para mover la plataforma nos basamos en la normativa RTE INEN 2205 donde según el literal 5.1.2.5 ítem 1 la capacidad de elevación debe ser de 200 kg. [14], por tal motivo el peso total a elevarse es:

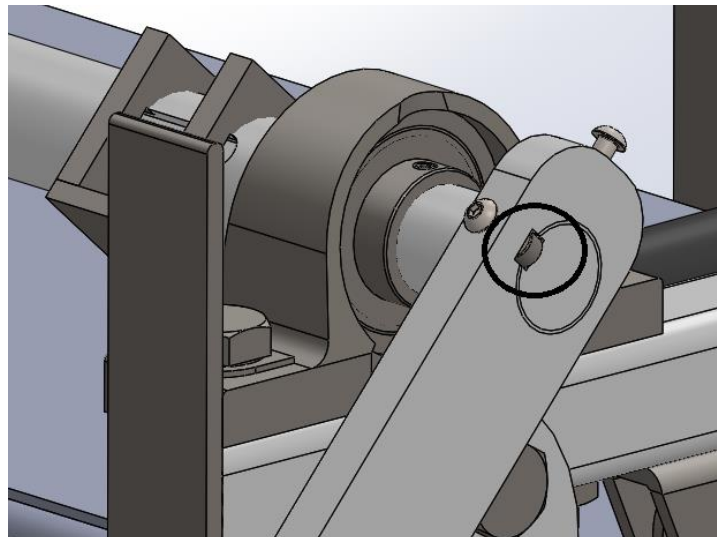
$$P = 200 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P = 1962 \text{ N}$$

El actuador lineal eléctrico tiene una capacidad de 6000 N (Ver Anexo 9), esta fuerza es transmitida a través de un acople en forma de palanca hacia el eje por medio de una chaveta, como se muestra en la figura 35. El eje a su vez transmite esa fuerza hacia los brazos por medio de una chaveta ubicadas en el extremo de cada lado del eje y en los orificios de los brazos, como se muestra en la figura 36.



**Figura 35. Acople actuador-eje**



**Figura 36. Chaveta eje-brazo**

El acople con respecto al brazo se encuentra a  $90^\circ$ , con estos antecedentes y conociendo previamente las longitudes del brazo procedemos a determinar la cantidad de actuadores que necesitamos para mover la plataforma mediante la ecuación 1.

*Ecuación 1 [26]*

$$T = F * d * \text{sen}(\theta)$$

$$T_{requerido} = 1962 \text{ N} * 0,64 \text{ m} * \text{sen}(90^\circ)$$

$$T_{requerido} = 1255,68 \text{ N} * \text{m}$$

$$T_{actuador} = 6000 \text{ N} * 0,105 \text{ m} * \text{sen}(90^\circ)$$

$$T_{actuador} = 630 \text{ N} * \text{m}$$

Se concluye que es necesario utilizar dos actuadores para mover la plataforma porque juntos generarían un torque de  $1260 \text{ N} * \text{m}$ .

Como se puede observar conocemos la fuerza que ejerce el actuador directamente en el perno que es de 6000 N, en este caso el perno está sometida únicamente a un esfuerzo cortante directo  $\tau_{\text{máx}}$ , con lo cual mediante la ecuación 2 obtenemos el esfuerzo máximo que se presenta en el perno.

*Ecuación 2 [28]*

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{V}{A}$$

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{6000 \text{ N}}{\left(\frac{\pi * 0,010^2}{4}\right)}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 76,39 \text{ MPa}$$

El libro de diseño mecánico de Mott muestra los criterios de selección de coeficientes de seguridad según la siguiente tabla:

*Tabla 8. Coeficientes de seguridad [29]*

N= 1,25 a 2	Estructuras bajo cargas estáticas, confianza en datos
N= 2 a 2,5	Elementos de máquinas cargas dinámicas +/- confianza
N= 2,5 a 4	Primer y segundo caso más incertidumbre en datos

Según la información de la tabla 8, el coeficiente de seguridad será igual o mayor a 2,5 que representa elementos con cargas dinámicas +/- confianza en los datos.

Se procede a calcular el factor de seguridad con la ecuación 3 utilizando el perno DIN 8.8 de acero al carbono, el cual presenta una resistencia a la fluencia de 661,9 MPa (Ver Anexo 14).

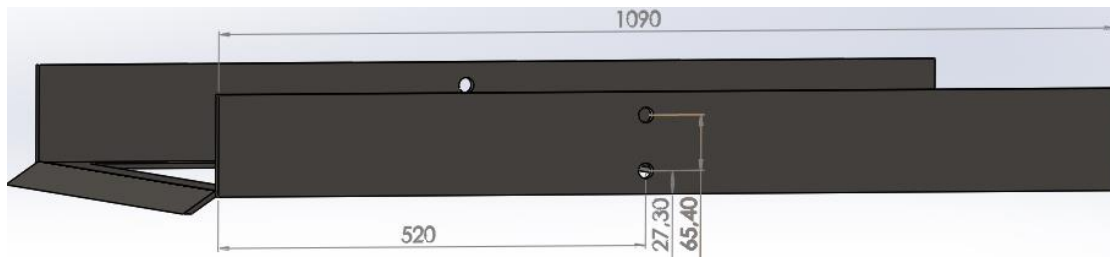
*Ecuación 3 [29]*

$$\sigma_{\text{perm}} = \frac{S_y}{N}$$

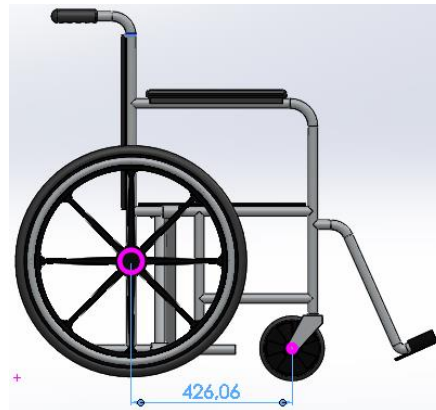
$$N = \frac{661,9 \text{ MPa}}{76,39 \text{ MPa}} = 8,66$$

### 2.6.3 Diseño y simulación de la plataforma y sus elementos

Para el diseño de la plataforma y sus elementos, como son las barras y pernos es necesario tomar en cuenta las medidas de la plataforma y sus puntos de apoyo, además de ello las medidas de la silla de ruedas y su distribución del peso en esta, como se muestran en las figuras 37 y 38.

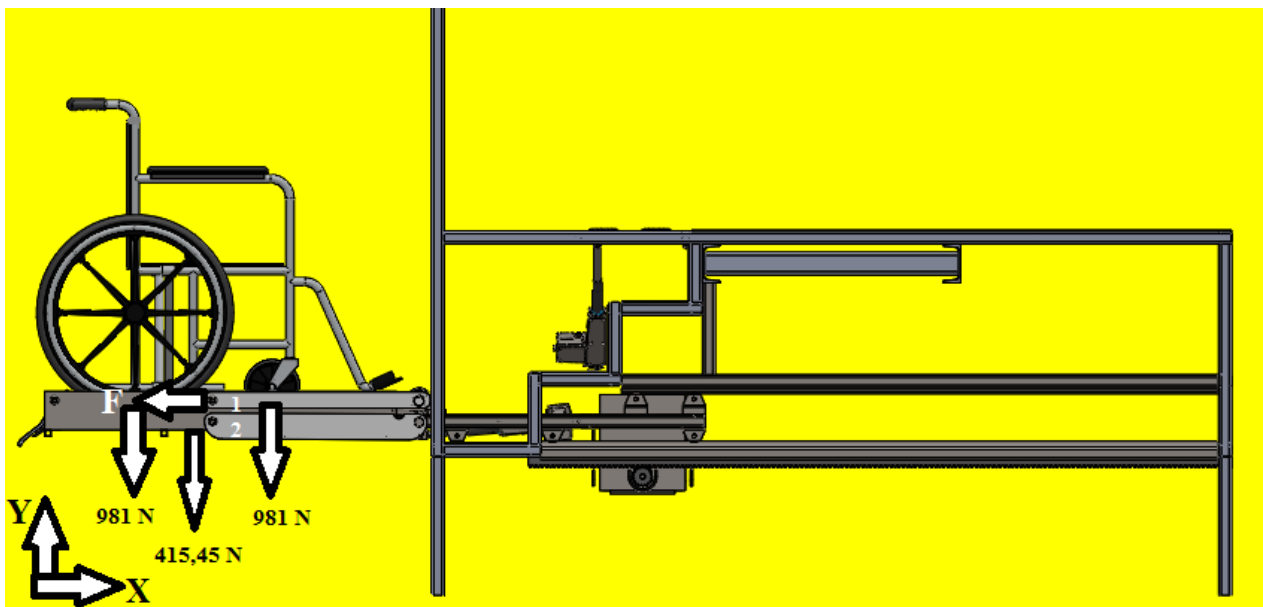


*Figura 37. Medidas de la plataforma*



*Figura 38. Medidas de la silla de ruedas*

Una vez obtenida esta información se procede a realizar el diagrama de cuerpo libre en base al sistema de referencia de la figura 39 como se observa en la figura 40, en donde 981 N es un porcentaje de peso que se distribuye tanto en las ruedas delanteras como en las ruedas traseras de la silla de ruedas,  $R_{y2}$  y  $R_{x2}$  son las reacciones que se generan en el punto de apoyo 2, 415,45 N es el peso de la plataforma y  $F$  es la fuerza generada por la dirección de la plataforma.



*Figura 39. Sistema de referencia en el plano x-y*



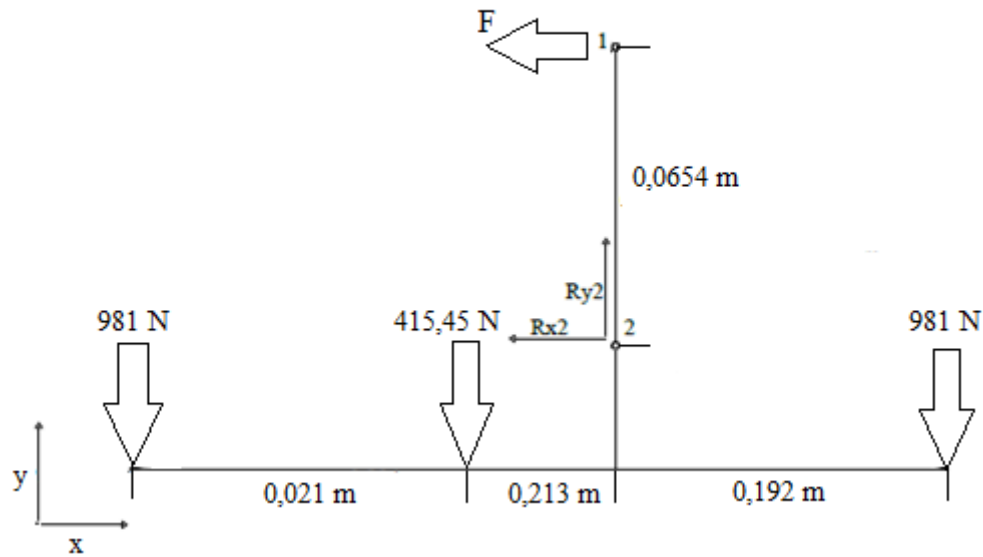


Figura 40. Diagrama de cuerpo libre de la plataforma en el plano x-y

El porcentaje de peso en las ruedas delanteras es del 50% y en las ruedas traseras de la silla de ruedas es del 50% [27], para ello es necesario conocer el peso total que se va a soportar como se muestra en la figura 41.

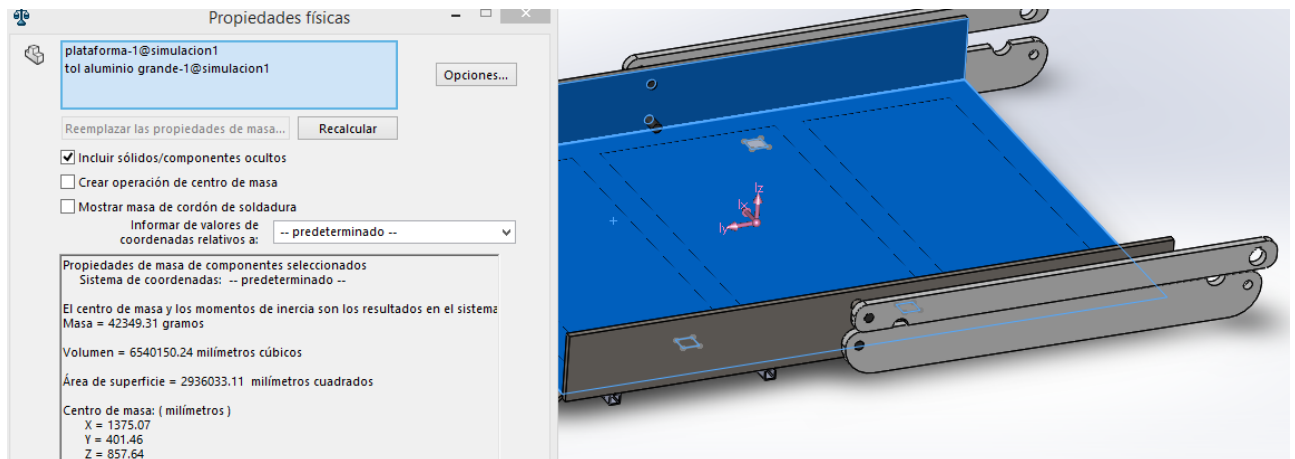


Figura 41. Masa total de la plataforma

$$P_{total} = 200 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P_{total} = 1962 \text{ N}$$

$$P_{plataforma} = 200 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P_{plataforma} = 415,45 \text{ N}$$

Las reacciones producto del peso total se calculan mediante ecuaciones de equilibrio de fuerza y momento como se muestra a continuación:

$$\Sigma_{M1} = 0$$

$$F = -1983,07 \text{ N}$$

$$\Sigma_{Fy} = 0$$

$$R_{y2} = 2377,45 \text{ N}$$

$$\Sigma_{Fx} = 0$$

$$R_{x2} = 1983,07 \text{ N}$$

$$R_2 = \sqrt{R_{x2}^2 + R_{y2}^2}$$

$$R_2 = 3095,94 \text{ N}$$

Una vez identificado los valores de las reacciones se procede a determinar los esfuerzos que se generaran en los pernos mediante las ecuaciones 2 y 4.

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{2980,3 \text{ N}}{\left(\frac{\pi * 0,016^2}{4}\right)}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 15,4 \text{ MPa}$$

*Ecuación 4 [29]*

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M * c}{I}$$

$$M = 3095,94 \text{ N} * 0,024\text{m} = 74,3 \text{ N} * \text{m}$$

*Ecuación 5 [29]*

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

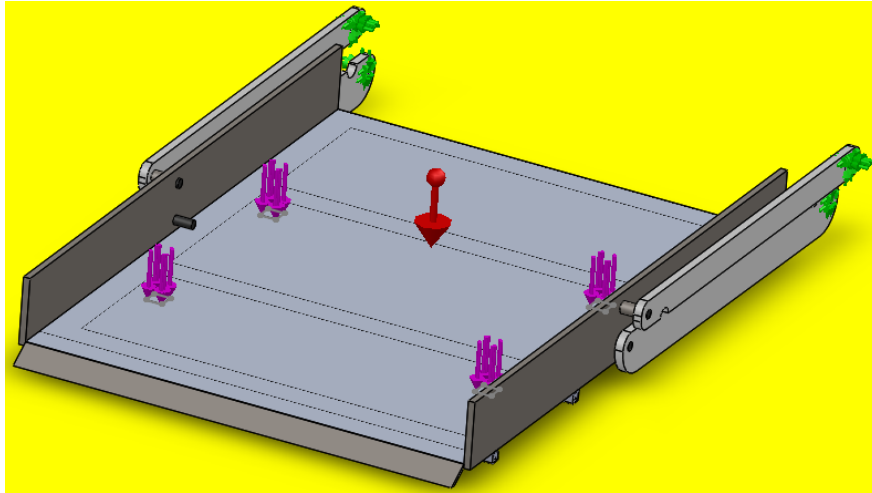
$$I = \frac{\pi * 0,016^4}{64}$$

$$I = 3,217 * 10^{-9} \text{ m}^4$$

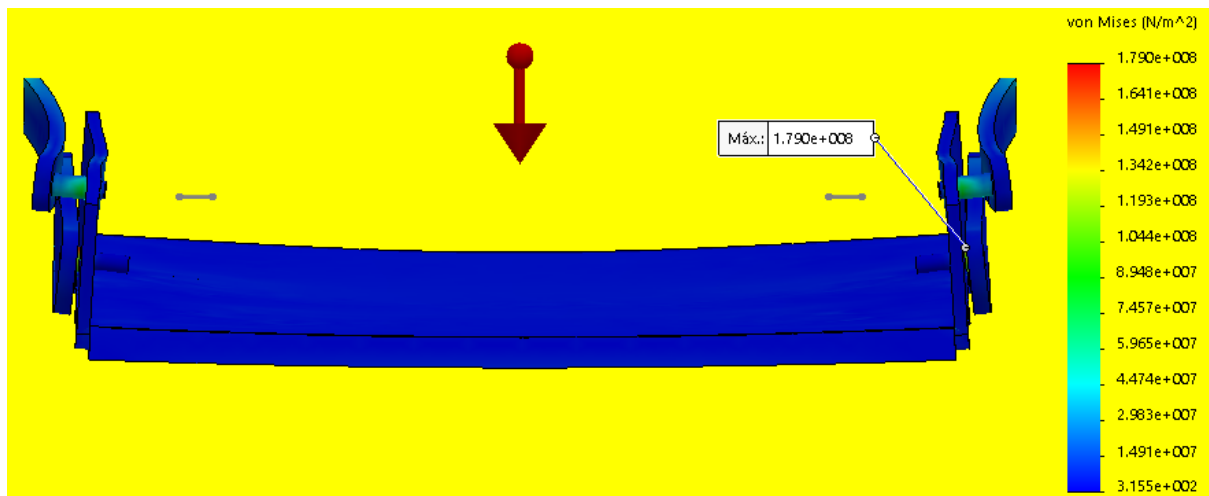
$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{74,3 \text{ N} * \text{m} * (8 * 10^{-3}\text{m})}{3,217 * 10^{-9} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 184,77 \text{ MPa}$$

Una vez obtenido el resultado se procede al análisis y comparación de los resultados obtenidos en los cálculos teóricos con los registrados en el análisis de elementos finitos obtenidos en el programa de diseño asistido por computadora, como se muestran en las figuras 42 y 43.



*Figura 42. Condiciones de borde para la simulación de la plataforma*



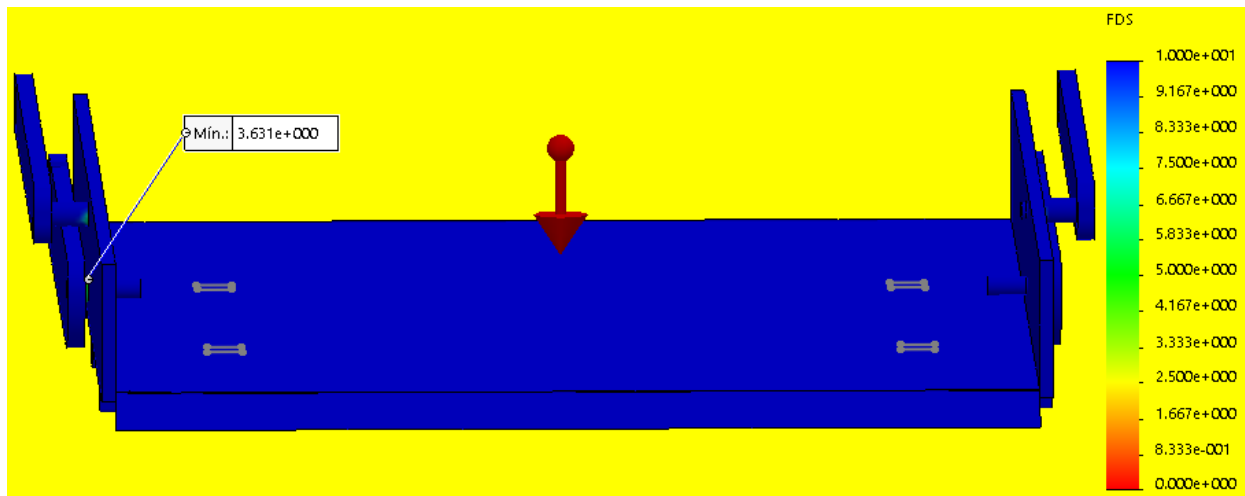
*Figura 43. Esfuerzo máximo en la plataforma*

De dicha comparación se puede observar que los resultados obtenidos en los cálculos de 184,77 MPa y los obtenidos en el análisis de elementos finitos de 179 MPa son semejantes, con un margen de diferencia mínimo de 5,77 MPa.

Se procede a calcular el factor de seguridad con la ecuación 3 utilizando el perno DIN 8.8 de acero al carbono, el cual presenta una resistencia a la fluencia de 661,9 MPa (Ver Anexo 14).

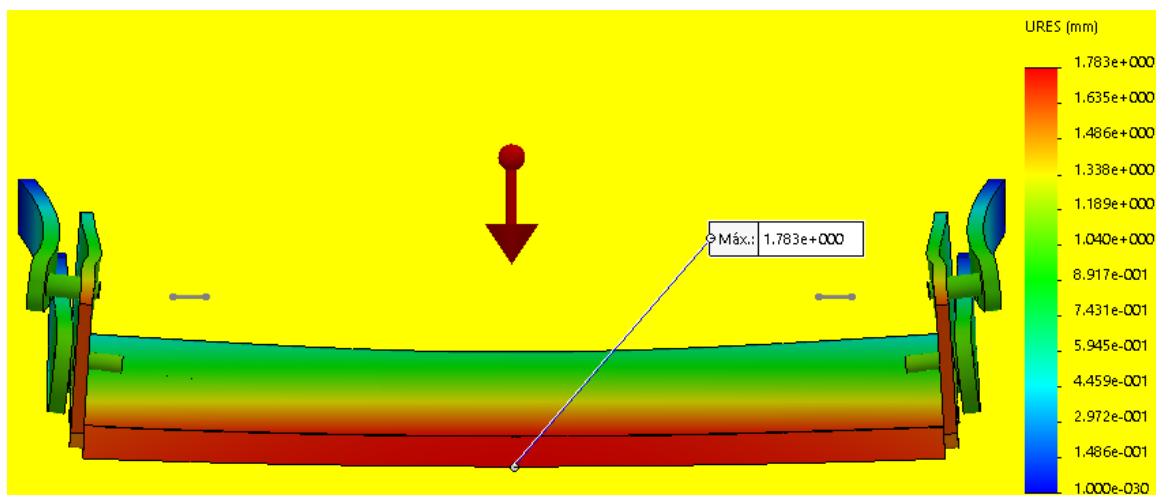
$$N = \frac{661,9 \text{ MPa}}{184,77 \text{ MPa}} = 3,58$$

En el análisis de elementos finitos se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 3,63 en el punto crítico situado en el perno del punto de apoyo 2 como se observa en la figura 44, el cual es semejante al obtenido en los cálculos de 3,58, con un margen de diferencia mínimo de 0,05.



*Figura 44. Factor de seguridad en la plataforma*

En la figura 45 se puede observar que de acuerdo con el análisis de elementos finitos se obtuvo un desplazamiento máximo de 1,783 mm, indicando que el punto crítico es en la mitad de la entrada de la plataforma, donde se consideró que el desplazamiento no afecta a la seguridad del usuario ni a la operación de la plataforma.



*Figura 45. Desplazamiento máximo en la plataforma*

Al igual que los pernos para diseñar las barras elevadoras principales y secundarias es necesario identificar los esfuerzos a las que están sometidas las barras, estas varían según el ángulo en el que se encuentra dispuestas por lo cual es necesario analizar sus esfuerzos en sus tres posiciones críticas como se puede observar en las figuras 46 a 48.

### Posición crítica 1

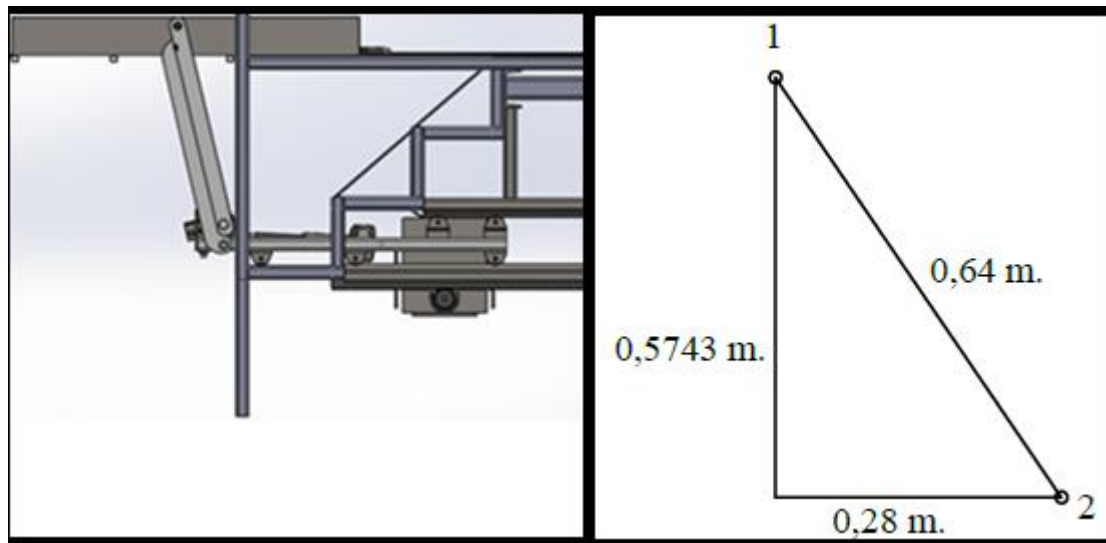


Figura 46. Distancias de la plataforma en el nivel del piso del bus

### Barra secundaria

El momento máximo  $M$  de la barra secundaria para la posición más alta de la plataforma se calcula de la siguiente manera:

$$R_1 = 6741,61 \text{ N}$$

$$M = 6741,61 \text{ N} * 0,28 \text{ m}$$

$$M = 1266,64 \text{ N} * \text{m}$$

### Posición crítica 2

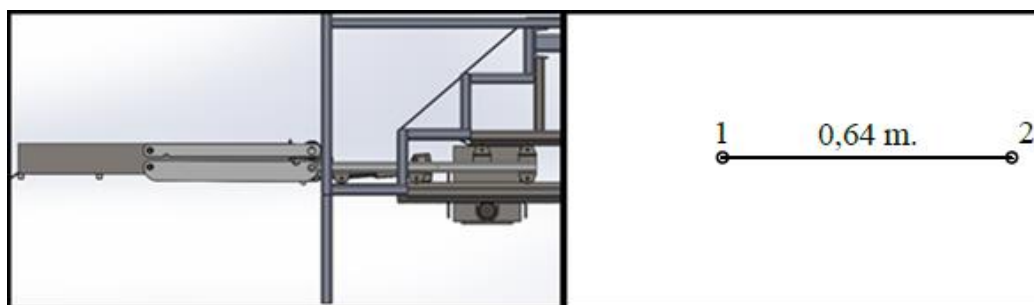


Figura 47. Distancia de la plataforma en la posición media

### Barra secundaria

El momento máximo  $M$  de la barra secundaria para la posición media de la plataforma se calcula de la siguiente manera:

$$R_1 = 3095,94 \text{ N}$$

$$M = 3095,94 \text{ N} * 0,640 \text{ m}$$

$$M = 1271,72 \text{ N} * \text{m}.$$

### Posición crítica 3

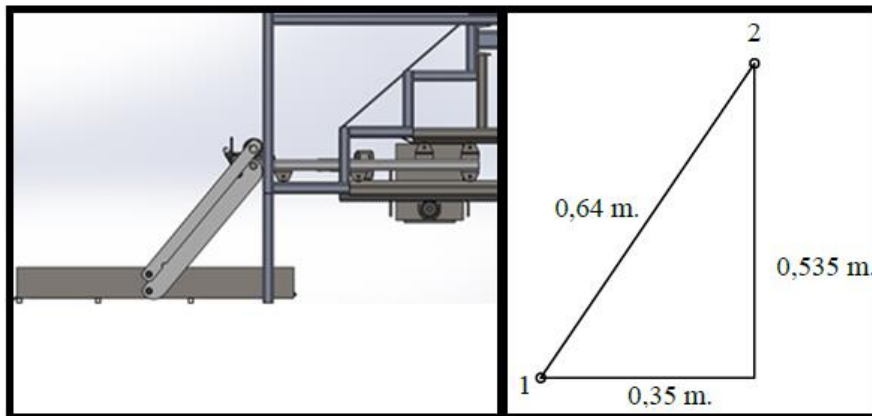


Figura 48. Distancias de la plataforma en el nivel del suelo

### Barra secundaria

El momento máximo  $M$  de la barra secundaria para la posición más baja de la plataforma se calcula de la siguiente manera:

$$R_1 = 2259,16 \text{ N}$$

$$M = 2259,16 \text{ N} * 0,35 \text{ m}$$

$$M = 829 \text{ N} * \text{m}$$

Para el cálculo del esfuerzo principal es necesario calcular el momento de inercia de la sección transversal de la barra secundaria. El momento de inercia se obtiene mediante la siguiente ecuación 7:

*Ecuación 6 [30]*

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

### Barra secundaria

$$I = \frac{0,03 \text{ m} * 0,08 \text{ m}^3}{12}$$

$$I = 1,28 * 10^{-6} \text{ m}^4$$

Una vez obtenido el momento de inercia se calcula el esfuerzo principal en este caso la barra está sometida únicamente a un esfuerzo normal  $\sigma_y$  por lo que se procede a calcular con la ecuación 4.

### Barra secundaria

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{1271,72 \text{ N} * \text{m} * 0,04 \text{ m}}{1,28 * 10^{-6} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 39,74 \text{ MPa}$$

El cálculo de la barra principal se procede como columna con las ecuaciones 2, 6, 7, 8, 9 en base al resultado de la barra secundaria:

$$\sigma_{\text{perm}} = \frac{320 \text{ MPa}}{2,5} = 128 \text{ MPa}$$

*Ecuación 7 [29]*

$$P_{\text{cr}} = 2,5 * 1983,07 \text{ N} = 4957,68 \text{ N}$$

*Ecuación 8 [29]*

$$I = \frac{P_{\text{cr}} * L^2}{\pi^2 * E} = \frac{4957,68 \text{ N} * 0,64 \text{ m}^2}{\pi^2 * 207 \text{ GPa}} = 9,94 * 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$I_{\text{xx}} = \frac{b * h^3}{12} = 7,35 \text{ mm}$$

*Ecuación 9 [28]*

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{1983,07 \text{ N}}{0,03 \text{ m} * 0,00735 \text{ m}} = 9 \text{ MPa}$$

$$9 \text{ MPa} < 128 \text{ MPa}$$

Una vez obtenido los esfuerzos se calcula los factores de seguridad en este caso la barra tiene que tener un factor de seguridad igual o mayor a 2,5, que representa elementos con cargas dinámicas +/- confianza en los datos.

Se procede a calcular el factor de seguridad con la ecuación 3 utilizando platinas de acero AISI-1045, el cual presenta una resistencia a la fluencia de 320 MPa (Ver Anexo 7).

### **Barra principal**

$$N = \frac{320 \text{ MPa}}{9 \text{ MPa}} = 35,56$$

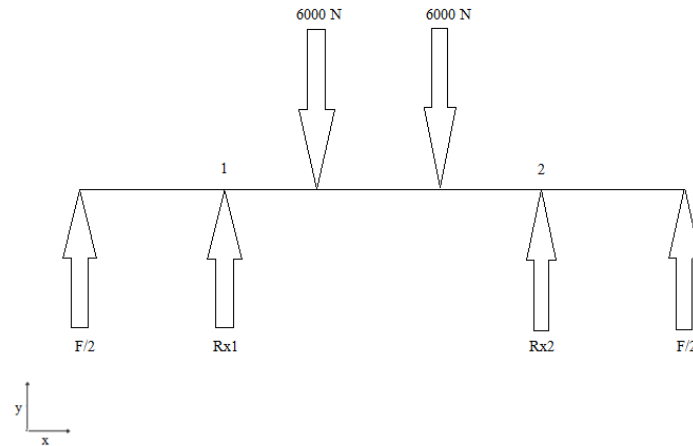
### **Barra secundaria**

$$N = \frac{320 \text{ MPa}}{39,74 \text{ MPa}} = 8,05$$

Para la selección del rodamiento, optamos por el rodamiento de rodillo cónico ya que cumple con todos los requerimientos técnicos y son apropiados para altas cargas radiales y cargas axiales, fue seleccionado mediante un catálogo, para ello fue necesario establecer el diámetro del perno en este caso de 16 mm (Ver Anexo 11).

## **2.6.4 Diseño y simulación del eje**

El eje está sometido a torsión y momento flector como se muestra en el diagrama de cuerpo libre de la figura:



**Figura 49. Diagrama de cuerpo libre del eje**

Las reacciones producto de la fuerza aplicada se calculan mediante ecuaciones de equilibrio de fuerza y momento como se muestra a continuación:

$$\Sigma_{M1} = 0$$

$$R_{x2} = 5008,465 \text{ N}$$

$$\Sigma_{Fx} = 0$$

$$R_{x1} = 5008,465 \text{ N}$$

Una vez identificado los valores de las reacciones se procede a determinar el diámetro del eje y los esfuerzos a los que se encuentran sometido.

**Ecuación 10 [29]**

$$\tau_{\text{perm}} = \frac{0,577 * 720 \text{ MPa}}{2,5} = 166,18 \text{ MPa}$$

**Ecuación 11 [29]**

$$C = \left( \frac{2 * (M^2 + T^2)^{\frac{1}{2}}}{\pi * \tau_{\text{perm}}} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,017 \text{ m}$$

$$D = 34 \text{ mm}$$

**Ecuación 12 [29]**

$$\tau_{\text{nom}} = \frac{16 T}{\pi d^3}$$

$$\tau_{\text{nom}} = \frac{16 * 1260 \text{ N} \cdot \text{m}}{\pi * (0,032 \text{ m})^3}$$

$$\tau_{\text{nom}} = 195,84 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M * c}{I}$$

$$M = 1983,07 \text{ N} * 0,042 \text{ m} = 83,29 \text{ N} \cdot \text{m}$$



$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi * 0,032^4}{64}$$

$$I = 5,147 * 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{83,29 \text{ N} * \text{m} * (16 * 10^{-3} \text{ m})}{5,147 * 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 25,89 \text{ MPa}$$

El eje presenta una concentración de esfuerzos debido a un cambio de diámetro de 2 milímetros y por la presencia de chaveteros, este cambio de diámetro se presenta debido a una facilidad al momento de construir las barras ya que están necesitan un orificio por donde pase el eje, y en el mercado nacional existen brocas de hasta 32 milímetros, dicho esto se procede a calcular mediante la ecuación 15:

*Ecuación 13 [31]*

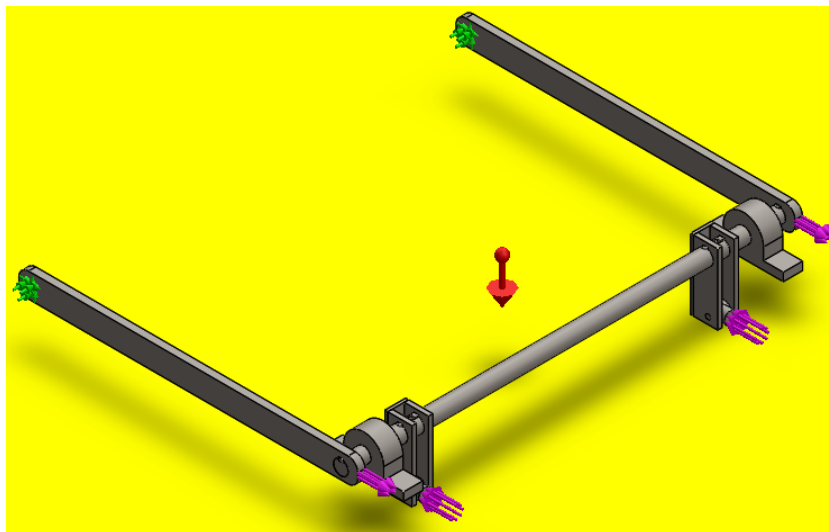
$$\tau_{\text{máx}} = kts * \tau_{\text{nom}}$$

$$kts = 2$$

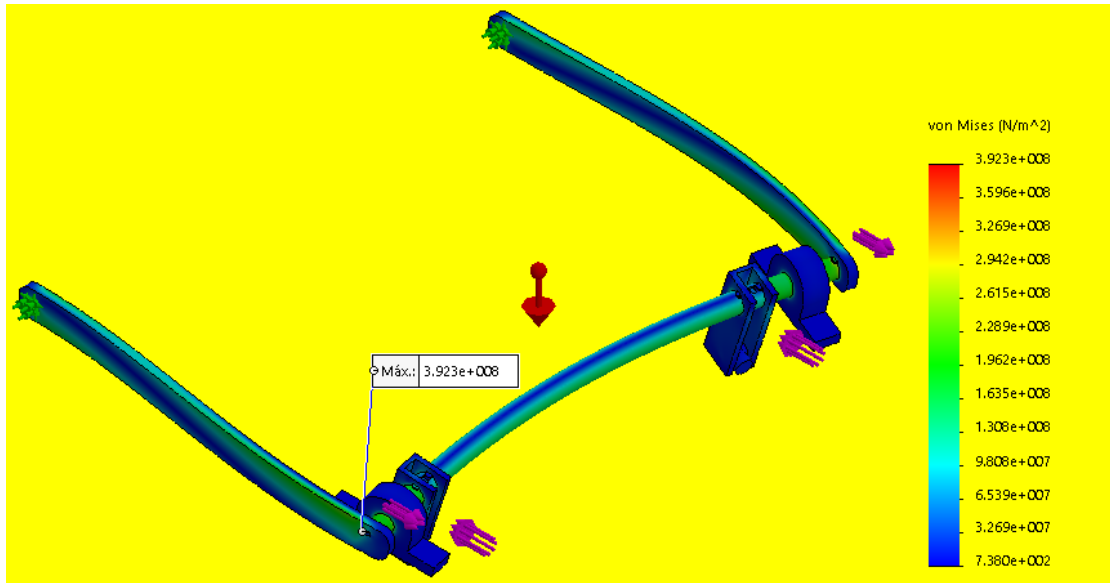
$$\tau_{\text{máx}} = 2 * 195,84 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 391,67 \text{ MPa}$$

Una vez obtenido el esfuerzo máximo se procede al análisis y comparación de los resultados obtenidos en los cálculos de 391,67 MPa con los registrados en el análisis de elementos finitos. Como se puede observar en las figuras 50 y 51 de 392,3 MPa.



*Figura 50. Condiciones de borde para la simulación del eje*

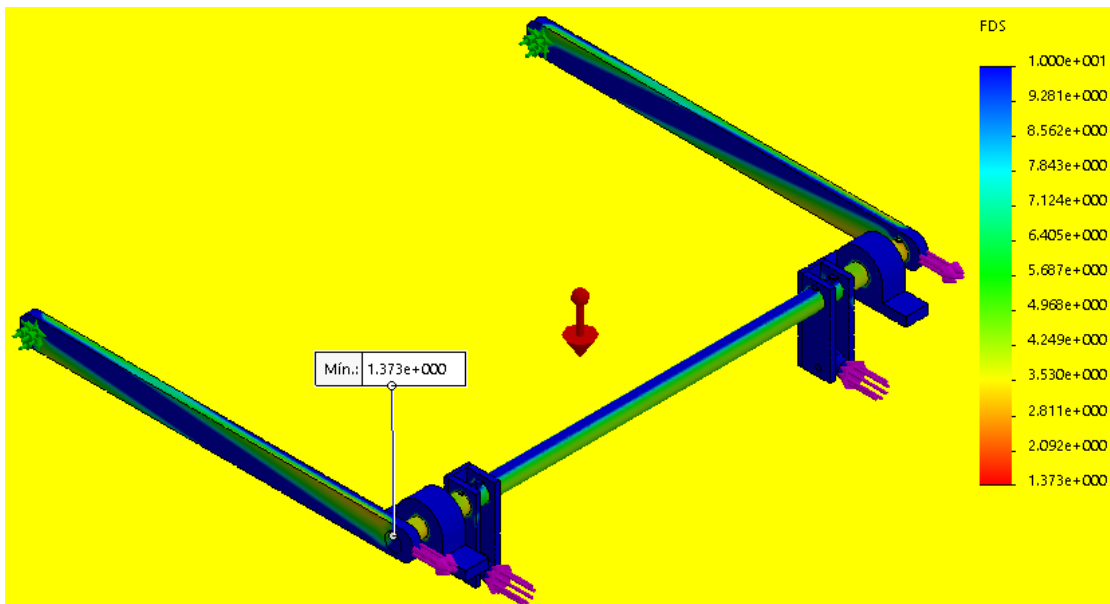


*Figura 51. Esfuerzo máximo en el eje*

De dicha comparación se puede observar que los resultados obtenidos en ambos casos son semejantes, con un margen de diferencia mínimo de 0,63 MPa.

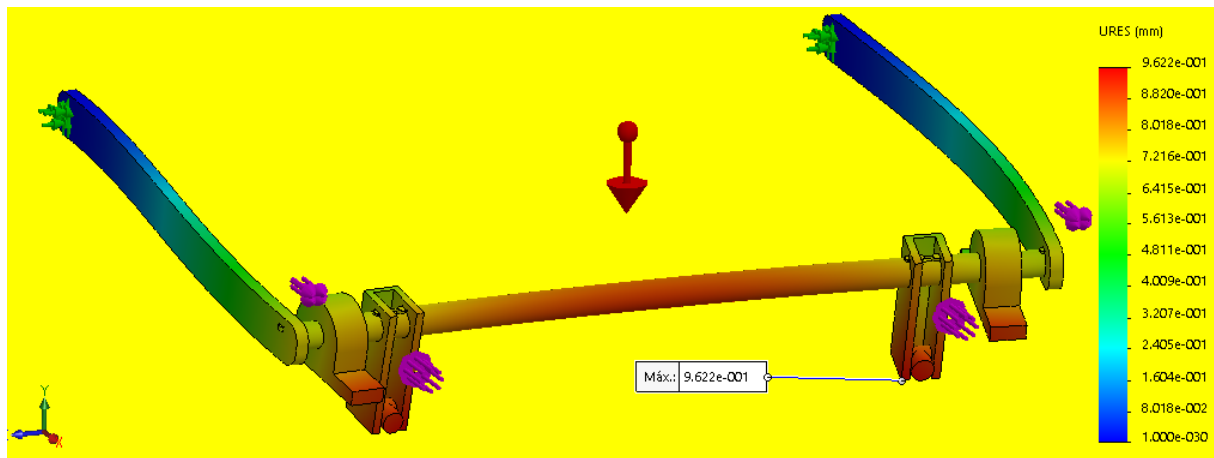
Para el eje hemos utilizado el acero AISI-4340, que se aplica generalmente en la construcción de ejes de máquinas, por su gran resistencia y disponibilidad en el mercado nacional (Ver Anexo 8).

En el análisis de elementos finitos se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 1,37 en el punto crítico situado en el punto donde se emplea la fuerza del actuador como se observa en la figura 52.



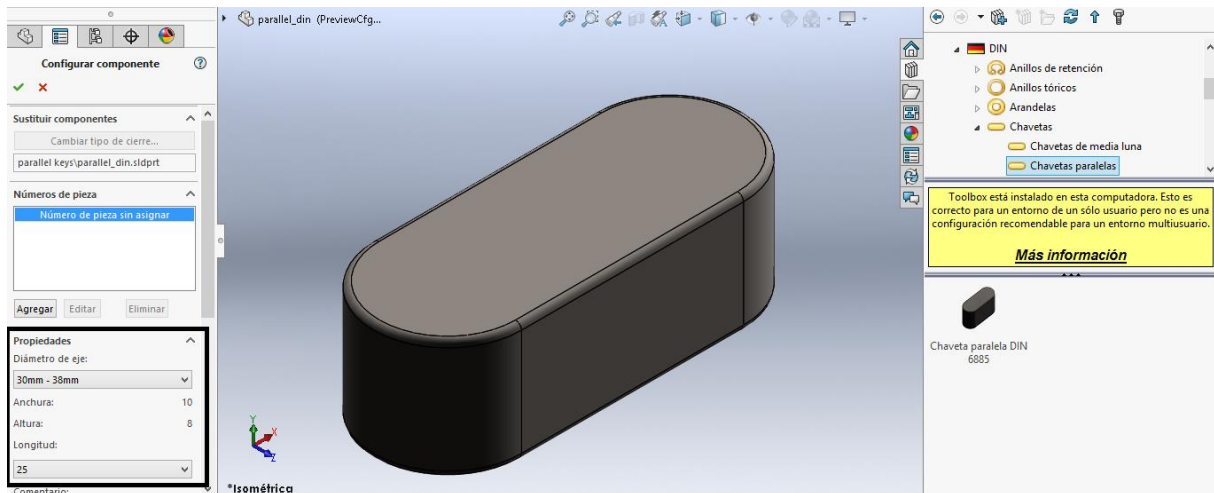
*Figura 52. Factor de seguridad en el eje*

En la figura 53 se puede observar que de acuerdo con el análisis de elementos finitos se obtuvo un desplazamiento máximo de 0,91 mm, indicando que el punto crítico es donde se emplea la fuerza del actuador, donde se consideró que el desplazamiento no afecta a la seguridad del usuario ni a la operación de la plataforma.



*Figura 53. Desplazamiento máximo en el eje*

Para la selección de la chaveta, nos basamos en dos criterios, el primero en el del programa de diseño asistido por computadora como se observa en la figura 54 nos recomienda utilizar para un eje de diámetro de 30 a 38 mm una chaveta de ancho de 10 mm, alto 8 mm y de largo el necesario, en el caso de los acoples del actuador al eje será de 25 mm, y en el caso de las barras al eje será de 15 mm, y un segundo criterio en base a un catálogo de un proveedor nacional (Ver Anexo 13), que coincide con las medidas del programa.

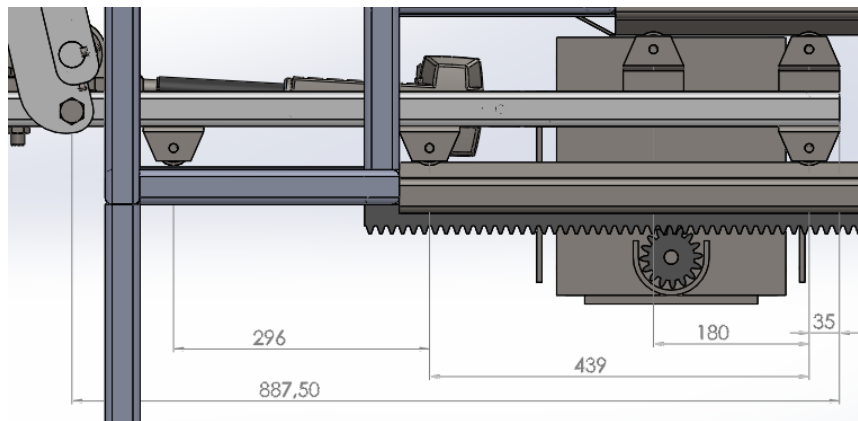


*Figura 54. Chaveta*

La chumacera que cumple con todos los requerimientos técnicos fue seleccionada mediante un catálogo. Para ello fue necesario establecer el diámetro del eje, en este caso de 34 mm (Ver Anexo 10).

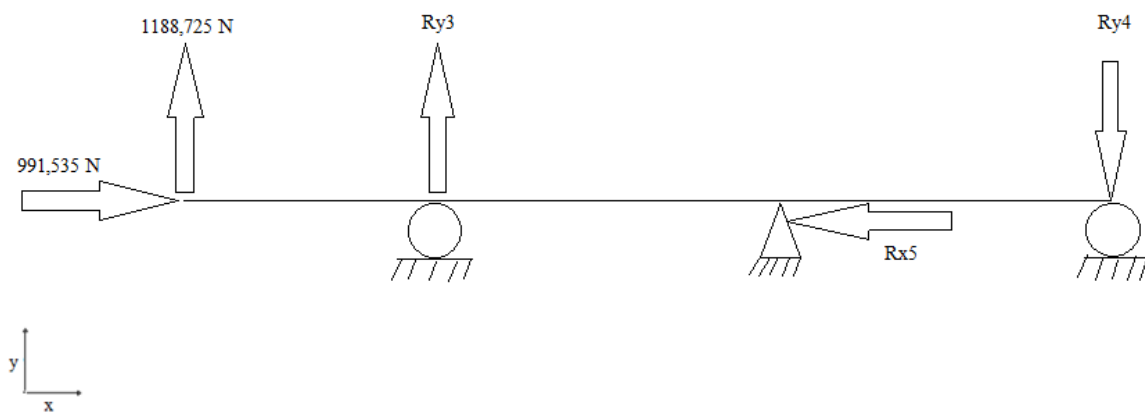
### 2.6.5 Diseño y simulación del carro

Para el diseño del carro es necesario tomar en cuenta las medidas de este y sus puntos de apoyo como se puede observar en la figura 55, además identificar los esfuerzos a los que está sometido, en este caso el carro está sometido a esfuerzo normal y momento flector  $\sigma_x$  y  $\sigma_y$  producido por las reacciones  $R_{x2}$  y  $R_{y2}$  que se encuentran en los puntos de apoyo de la plataforma y transmitida por las barras principal y secundaria hasta el carro.



*Figura 55. Medidas del carro*

Una vez obtenida esta información se procede a realizar el diagrama de cuerpo libre como se muestra en la figura 56 en base al sistema de referencia de la figura 39, en donde en el extremo izquierdo se encuentra las reacciones transmitidas por las barras desde la plataforma  $R_{x2}$ ,  $R_{y2}$ , y  $R_{x5}$ ,  $R_{y3}$ ,  $R_{y4}$  son las reacciones que se genera por las ruedas y el motor.



*Figura 56. Diagrama de cuerpo libre del carro en el plano x-y*

Las reacciones producto de la reacción transmitida se calculan mediante ecuaciones de equilibrio de fuerza y momento como se muestra a continuación:

$$\Sigma_{M3} = 0$$

$$R_{y4} = -190,03 \text{ N}$$

$$\Sigma_{Fy} = 0$$

$$F = R_{y4} - R_{y3}$$

$$R_{y3} = -1378,76 \text{ N}$$

$$\Sigma_{Fx} = 0$$

$$R_{x5} = 991,535 \text{ N}$$

Una vez identificado los valores de las reacciones se procede a determinar la fuerza cortante y momento flector.

$$V = 1188,73 \text{ N}$$

$$M = 139,68 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Conocido esto se procede a determinar los esfuerzos que se generan, en este caso está sometido a esfuerzo normal  $\sigma_y$  y momento flector  $\sigma_x$  por lo que se procede a calcular con las ecuaciones 4, 7 y 11.

$$I = \frac{0,04 \text{ m} \cdot (0,04 \text{ m})^3}{12} - \frac{0,038 \text{ m} \cdot (0,03 \text{ m})^3}{12}$$

$$I = 3,9572 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{139,68 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 0,02 \text{ m}}{3,9572 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 70,59 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{991,535 \text{ N}}{3,04 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 3,26 \text{ MPa}$$

Una vez obtenido el esfuerzo máximo se procede al análisis y comparación de los resultados obtenidos en los cálculos con los registrados en el análisis de elementos finitos obtenidos en el programa de diseño asistido por computadora como se muestran en las figuras 58 y 59.

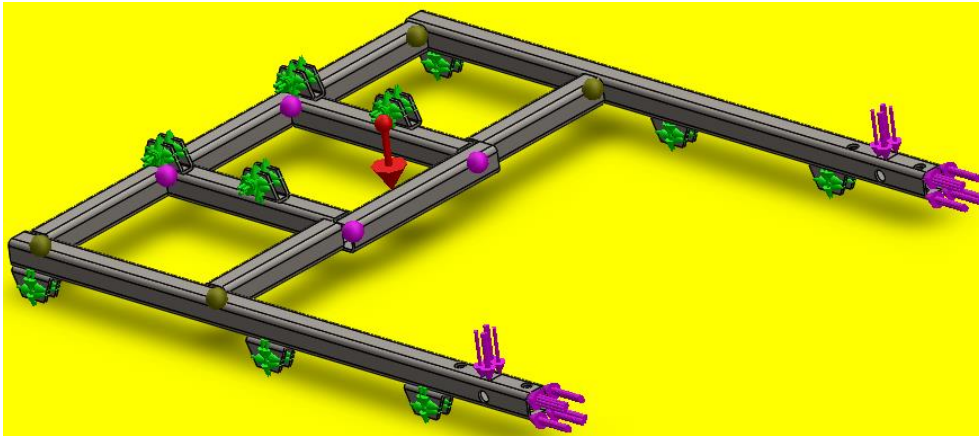


Figura 57. Condiciones de borde para la simulación del carro

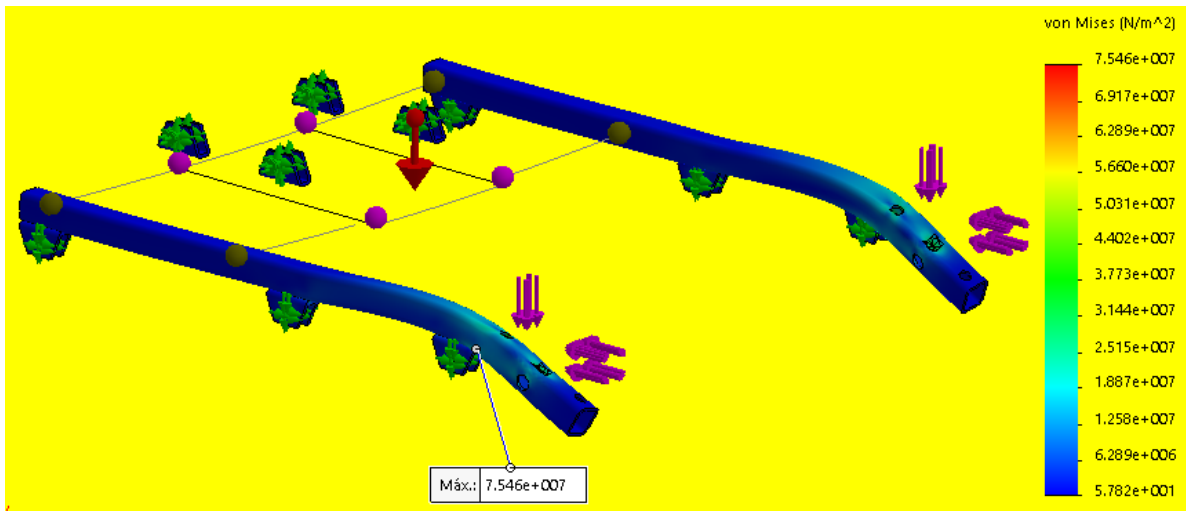


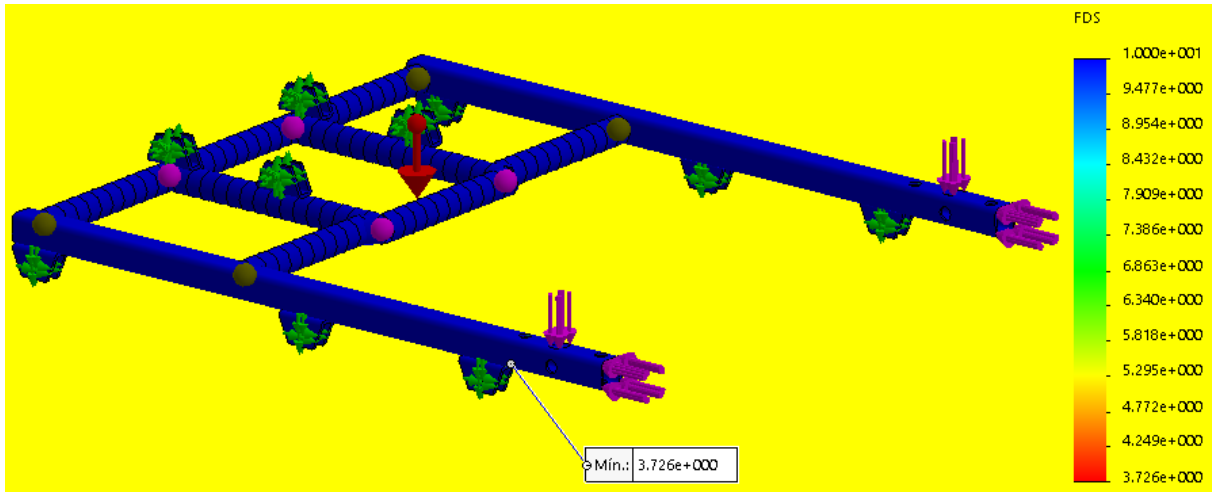
Figura 58. Esfuerzo máximo en el carro

De dicha comparación se puede observar que el resultado obtenido en los cálculos es de 70,59 MPa y los del análisis de elementos finitos es de 75,46 MPa, como se puede observar son semejantes, con un margen de diferencia mínimo de 4,87 MPa.

Se procede a calcular el factor de seguridad con la ecuación 3 utilizando acero ASTM-A36, el cual presenta una resistencia a la fluencia de 252 MPa (Ver Anexo 7).

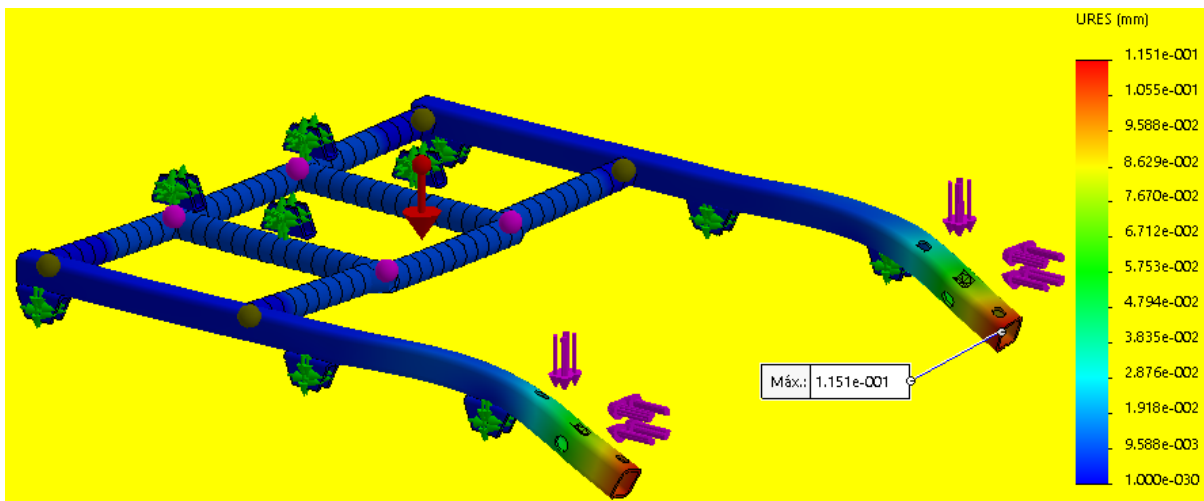
$$N = \frac{252 \text{ MPa}}{70,59 \text{ MPa}} = 3,57$$

Se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 3,73 en el punto crítico situado en el punto de apoyo de la rueda delantera como se observa en la figura 60, que es semejante al obtenido en los cálculos de 3,57 con un margen de diferencia mínimo de 0,16, el cual cumple los requerimientos de seguridad en base a la tabla 4.



*Figura 59. Factor de seguridad en el carro*

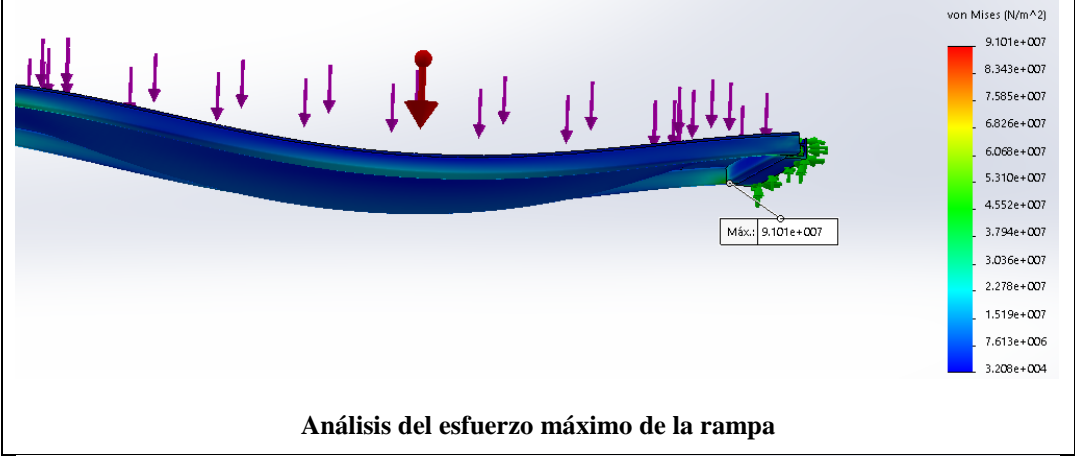
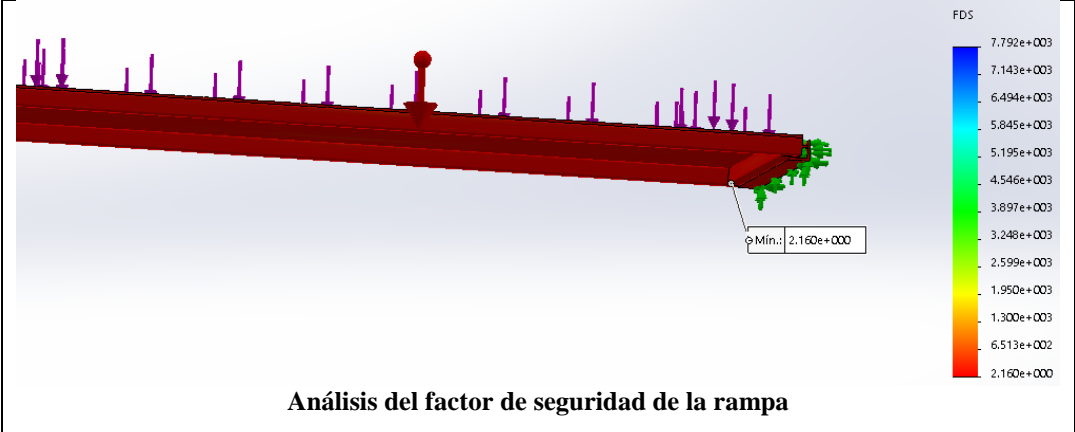
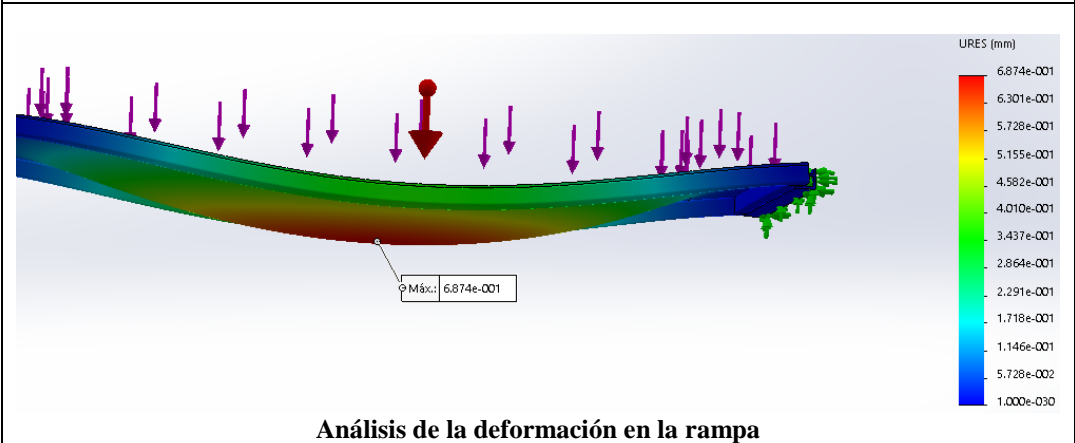
En la figura 61 se puede observar que de acuerdo con la simulación se obtuvo un desplazamiento máximo de 0,115 mm, indicando que el punto crítico es en el extremo del tubo del carro, donde se consideró que el desplazamiento no afecta a la seguridad del usuario ni a la operación de la plataforma.



*Figura 60. Desplazamiento máximo en el carro*

Como se puede observar en el diseño de los elementos más significativos del sistema al comparar los resultados obtenidos en los cálculos con los registrados en el análisis de elementos finitos se obtuvo que los resultados han sido similares, con márgenes de diferencias mínimos, por lo tanto, se concluye que los resultados dados en el programa de diseño asistido por computadora son correctos, procediendo en la tabla 9 a mostrar los demás resultados del análisis.

Tabla 9. Análisis de elementos finitos en la rampa

 <p style="text-align: center;"><b>Análisis del esfuerzo máximo de la rampa</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Resultado del esfuerzo máximo</b></p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>Rampa 91 MPa</b></p>
 <p style="text-align: center;"><b>Análisis del factor de seguridad de la rampa</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Resultado del factor de seguridad</b></p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>Rampa 2,16</b></p>
 <p style="text-align: center;"><b>Análisis de la deformación en la rampa</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Resultado de la deformación</b></p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>Rampa 0,687 mm.</b></p>



## 2.7 Construcción

Para la construcción de la plataforma el primer paso fue adquirir los materiales, los cuales no presentaron ningún inconveniente ya que existían muchas empresas nacionales que ofertaban todos los materiales necesarios. Una vez obtenidos los materiales, se construyó la plataforma siguiendo los planos elaborados previamente (Ver Anexo 16).

Construido el módulo, el cual cumple con los objetivos tanto de dimensiones y formas, corresponden exactamente en tamaño real a la sección correspondiente a la estructura de la puerta trasera del bus, el cual es soportado por 4 patas, que permiten la estabilidad del sistema.

El módulo, plataforma y todos los demás elementos cuenta con un tratamiento anticorrosivo que evita deterioro y por ende la oxidación de algún elemento expuesto.

La unión de todos los elementos se realizó mediante una técnica de soldadura con electrodo refractario bajo atmósfera gaseosa (MIG).

## CAPÍTULO 3

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Pruebas de funcionamiento

Una vez descrita la construcción de la plataforma, es necesario comprobar si el sistema funciona cuando un usuario en silla de ruedas desea subir y bajar del bus urbano, para ello es necesario desarrollar un protocolo de pruebas en el cual, se podrá conocer si el sistema, satisface todas las necesidades planteadas y funciona de manera correcta.

Dentro del protocolo de pruebas se va a establecer seis áreas de control, las primeras tres por cada módulo del sistema, las cuales van a permitir observar el desempeño de la máquina, partiendo desde cada uno de sus componentes, y tres más para el funcionamiento completo del sistema sin peso, con el peso de la silla de ruedas y con el peso de la persona en la silla de ruedas como se muestran en las siguientes tablas 11 a 16.

*Tabla 9. Pruebas de funcionamiento del módulo 1*

No.	Descripción	Requerimientos	Cumple	
			Si	No
1	Pruebas de funcionamiento de desplazamiento del carro.	Colocar las ruedas del carro en sus respectivos rieles y probar manualmente si se desplaza correctamente.	X	
2	Pruebas de funcionamiento de desplazamiento del carro con el motor.	Colocar el motor del carro en su respectivo sitio ubicando el engrane junto a la cremallera y probar si se desplaza correctamente.	X	
3	Pruebas de funcionamiento de desplazamiento del carro con el motor y la plataforma.	Sujetar la plataforma al carro y probar si se desplaza correctamente.	X	
4	Pruebas de funcionamiento del final de carrera del motor.	Colocar las topes frontal y posterior sobre la cremallera y probar si el final de carrera del motor detecta y detiene el carro correctamente.	X	
5	Pruebas de funcionamiento de la velocidad del carro.	Regular la velocidad del carro para que cumpla con los requerimientos de diseño.	X	

**Tabla 10. Pruebas de funcionamiento del módulo 2**

No.	Descripción	Requerimientos	Cumple	
			Si	No
1	Pruebas de funcionamiento de desplazamiento del eje y chavetas.	Armar el eje en sus respectivas chumaceras, y colocar las chavetas de entre las barras y el eje y probar con los actuadores si gira correctamente el mecanismo.	X	
2	Pruebas de funcionamiento de desplazamiento de la plataforma.	Colocar la plataforma en su respectivo lugar y probar si se desplaza correctamente.	X	
3	Pruebas de funcionamiento de inestabilidad de la plataforma.	Ajustar los pernos que se encuentran en la plataforma, carro y barras y probar si los rodamientos giran correctamente.	X	

**Tabla 11. Pruebas de funcionamiento del módulo 3**

No.	Descripción	Requerimientos	Cumple	
			Si	No
1	Pruebas de funcionamiento de desplazamiento de la rampa.	Colocar la rampa en las bisagras y probar manualmente si se desplaza correctamente.	X	
2	Pruebas de funcionamiento de desplazamiento de la rampa con el actuador.	Colocar el actuador de la rampa en su respectivo sitio y probar si se desplaza correctamente.	X	
3	Pruebas de funcionamiento de los finales de carrera.	Colocar los finales de carrera en sitios estratégicos y probar si detecta y detiene la plataforma correctamente.	X	

**Tabla 12. Pruebas de funcionamiento del sistema completo sin peso**

No.	Descripción	Requerimientos	Cumple	
			Si	No
1	Pruebas de funcionamiento de salida de la plataforma.	Activar mediante un botón la salida de la plataforma de debajo del bus y probar si se desplaza y detiene correctamente.	X	
2	Pruebas de funcionamiento de desplazamiento de la rampa.	Activar mediante un botón el desplazamiento de la rampa y probar si se detiene correctamente.	X	
3	Pruebas de funcionamiento de desplazamiento de la plataforma.	Activar mediante botones el movimiento de la plataforma y probar si se desplaza y detiene correctamente.	X	
4	Pruebas de funcionamiento de desplazamiento de la barrera de protección.	Probar si la barrera de protección se desplaza correctamente según la posición de la plataforma en la que se encuentre.	X	
5	Pruebas de funcionamiento de alineación de la plataforma y rampa.	Calibrar el punto de encuentro de la plataforma y la rampa mediante un final de carrera y probar si se detiene correctamente.	X	
6	Pruebas de funcionamiento de guardado de la plataforma	Activar mediante un botón el guardado de la plataforma a debajo del bus y probar si se desplaza y detiene correctamente.	X	

**Tabla 13. Pruebas de funcionamiento del sistema completo con el peso de la silla de ruedas**

No.	Descripción	Requerimientos	Cumple	
			Si	No
1	Pruebas de funcionamiento de desplazamiento de la plataforma.	Activar mediante botones el movimiento de la plataforma y probar si se desplaza y detiene correctamente con el peso de la silla de ruedas.	X	
2	Pruebas de funcionamiento de inestabilidad de la plataforma.	Observar si la plataforma no presenta vibraciones, inclinaciones u otros movimientos que afecten a la seguridad y probar si se desplaza correctamente.	X	
3	Pruebas de funcionamiento de alineación.	Observar si la plataforma se encuentra al mismo nivel de la rampa.	X	

**Tabla 14. Pruebas de Funcionamiento Sistema Completo con Peso de la persona en silla de ruedas**

No.	Descripción	Requerimientos	Cumple	
			Si	No
1	Pruebas de funcionamiento de desplazamiento de la plataforma.	Activar mediante botones el movimiento de la plataforma y probar si se desplaza y detiene correctamente con el peso de la silla de ruedas y el de la persona.	X	
2	Pruebas de funcionamiento de inestabilidad de la plataforma.	Observar si la plataforma no presenta vibraciones, inclinaciones u otros movimientos que afecten a la seguridad y probar si se desplaza correctamente.	X	
3	Pruebas de funcionamiento de alineación de la plataforma y rampa.	Observar si la plataforma se encuentra alineada y probar si la silla de ruedas con la persona se desplaza correctamente de un lugar a otro.	X	

### 3.2 Análisis de las pruebas de funcionamiento

En las pruebas de funcionamiento se analizó que la velocidad de la plataforma no es lineal, depende de dos variables: la primera es la cantidad de corriente con la que se alimenta los actuadores y la segunda es la cantidad de peso. La cantidad de corriente a su vez determina el tiempo de completación de la carrera de los actuadores y la fuerza que estos generan. Para esto hemos realizado un procedimiento de pruebas en el cual cuantificamos el tiempo que demora en subir la plataforma a diferentes cargas. Las diferentes cargas se muestran en la tabla 17.

**Tabla 15. Variables recolectadas en las pruebas de funcionamiento**

	Masa(Kg)	Tiempo(s)	Velocidad Actuator(m/s)	Corriente(A)	Fuerza Actuator(N)
1	42,35	10	16	1,4	1270
2	66,67	12	10	1,9	2000
3	100	15	8	3	3000
4	133,33	18	7	3,7	4000
5	166,67	20	6	4,2	5000
6	200	23	4	5	6000



**Figura 61. Curva de tendencia del peso vs. tiempo**

Las pruebas realizadas dan como resultado la curva de tendencia mostrada en la figura 62, de la cual se puede concluir que el tiempo máximo que tardará en subir la plataforma es de 23 segundos, y el tiempo total del proceso varía de persona en persona con un tiempo medio estimado de 90 segundos.

### 3.3 Análisis de costos

En la tabla 18 se puede observar los gastos realizados en la construcción del prototipo de la plataforma.

**Tabla 16. Tabla de costos**

Egresos	mes 1 USD	mes 2 USD	mes 3 USD	mes 4 USD	mes 5 USD	mes 6 USD	Total USD
Materia prima			740	360	200	50	1350
Mano de obra directa				100	100	200	400
Mano de obra indirecta						60	60
Gastos indirectos de fabrica			30	20	10	30	90
Materiales de Oficina.	10	10	10	20	20	30	100
						Costo	2000

### 3.4 Conclusiones

El diseño conceptual facilita la consolidación de los parámetros que define el proceso y el análisis funcional permite establecer los módulos principales de la plataforma, mismos que constituyen las mejores combinaciones como alternativas de solución.

Se construyó el sistema con materiales que son económicos, disponibles en el país y con buena soldabilidad, lo cual facilitó la manufactura del sistema, seleccionando los aceros ASTM A36, AISI 4340, AISI 1045.

Se encontraron dificultades al momento de la construcción que no estuvieron previstos por motivos de falta de exactitud en la manufactura, sin embargo, el diseño previo permitió minimizar más inconvenientes que podían presentarse.

Las pruebas de funcionamiento determinaron que el diseño no presenta ningún inconveniente al momento de llevar a cabo todo proceso de acceso de la persona en silla de ruedas, cumpliendo así con los parámetros dados por la norma y requerimientos del cliente, validando así el diseño.

### 3.5 Recomendaciones

Se recomienda la continuación del trabajo de grado con avances en la reducción del peso del sistema y el espesor de la misma.

Se propone realizar un estudio de las características y medidas de los chasis y carrocerías de buses en el país, para una futura estandarización del sistema.

Se sugiere estandarizar el diseño del sistema de manera que permita el uso del mismo en otro tipo de buses, tales como interprovinciales, escolares, entre otros.

Se recomienda ocupar los espacios asignados dentro de la plataforma para la persona en silla de ruedas y no superar la carga máxima que puede mover esta.

Se recomienda usar la plataforma únicamente en paradas de buses, calles o veredas con superficie plana y amplia; evitando su utilización en superficies de gran inclinación o poco espacio.

Es recomendable utilizar un software con todas las licencias adquiridas y actualizadas para una mejor fiabilidad en sus resultados.

Escoger un tipo de mallado adecuado para el programa complete su análisis y arroje resultados exactos, los mismos para ser aceptados requieren ser validados con cálculos teóricos realizados hasta obtener un resultado final comparable con la simulación por software.

## Bibliografía

- [1] M. C. Valarezo, «Ministerio de inclusión Económica y social,» 5 Julio 2013. [En línea]. Available: <http://www.inclusion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/Modelo-de-Atenci%C3%B3n-de-Discapacidades.pdf>.
- [2] CONADIS, «Registro Nacional de Discapacidades,» 2015. [En línea]. Available: [http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/registro\\_nacional\\_discapacidades.pdf](http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/registro_nacional_discapacidades.pdf).
- [3] J. C. C. Hernandez, «Características y necesidades de las personas en situación de dependencia,» [En línea]. Available: [https://books.google.com.ec/books?id=wMrKBAAAQBAJ&pg=PA198&lpg=PA198&dq=caracteristicas+de+silla+de+ruedas+bimanual&source=bl&ots=Jq0aKjy3eO&sig=57eV\\_VaHtCxVEhMdeh3oDBFOurw&hl=es&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwiNuKj3y7nMAhUFwiYKHVZ3A8IQ6AEIHTAB#v=onepage&q=caracte](https://books.google.com.ec/books?id=wMrKBAAAQBAJ&pg=PA198&lpg=PA198&dq=caracteristicas+de+silla+de+ruedas+bimanual&source=bl&ots=Jq0aKjy3eO&sig=57eV_VaHtCxVEhMdeh3oDBFOurw&hl=es&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwiNuKj3y7nMAhUFwiYKHVZ3A8IQ6AEIHTAB#v=onepage&q=caracte).
- [4] M. d. I. E. y. S. d. Ecuador, «Ministerio de Inclusión Económica y Social del Ecuador,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.inclusion.gob.ec/nuevo-mies/>.
- [5] C. F. B. GAVILANEZ, «TESIS DE INGENIERÍA MECÁNICA,» de *Contrucción de un Elevador para silla de ruedas a Instalarse en bus tipo de la ciudad de Quito*, Quito, 2011, p. 3.
- [6] G. G. T. S. Bustamante Villagomez Diego Fernando, *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA AUTOMÁTICA Y UTILIZACIÓN DE VISIÓN ARTIFICIAL EN BUSES URBANOS PARA FACILITAR EL ACCESO A PERSONAS QUE UTILIZAN SILLA DE RUEDAS.*, Latacunga, 2015.
- [7] D. F. O. P. Pablo Francisco Arpi Torres, *Diseño y Construcción de un Dispositivo de accesibilidad para silla de ruedas para buses Urbanos*, Cuenca, Azuay, 2015.
- [8] INEC, «Información Censal Cantonal,» 2010. [En línea]. Available: [http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com\\_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es](http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es).
- [9] Wikipedia, «Wikipedia,» Fundación Wikimedia, Inc., 18 12 2016. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Persona\\_de\\_movilidad\\_reducida](https://es.wikipedia.org/wiki/Persona_de_movilidad_reducida).
- [10] D. abc, «Definición abc,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.definicionabc.com/general/bus.php>.
- [11] E. Comercio, «EC.COM,» 2014. [En línea]. Available: <http://especiales.elcomercio.com/2014/09/buses-especificaciones/>.
- [12] C. P. Perez, «Prezi,» 21 Julio 2014. [En línea]. Available: <https://prezi.com/4k3i9z5py3uk/autobuses-concepto-y-clases/>.
- [13] C. Stalin, «en cualquier Bus,» 26 Septiembre 2012. [En línea]. Available: <https://enquebusvasvosve.wordpress.com/2012/09/26/bus-en-quito/>.



- [14] INEN, 2010. [En línea]. Available: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2292.2010.pdf>.
- [15] I. E. d. Normalización, *RTE INEN 038*, Quito: INEN, 2008.
- [16] L. P. Guayas, «Centro de Equinoterapia recibió como donación un moderno bus para trasladar a sus pacientes,» [guayas.gob.ec](http://www.guayas.gob.ec), 23 10 2012. [En línea]. Available: <http://www.guayas.gob.ec/noticias/centro-de-equinoterapia-recibio-como-donacion-un-modeno-bus-para-trasladar-a-sus-pacientes>.
- [17] C. Riba, *Diseño Concurrente*, Barcelona: UPC, 2002.
- [18] I. E. d. Normalización, *Accesibilidad de las personas al medio físico. Señalización.*, Quito: INEN, 2000.
- [19] J. P.-A. Sotomayor, *Diseño, Automatización y Simulación de una línea para fabricación de pinturas*, Quito, 2015.
- [20] Wikipedia, «Wikipedia,» 2017. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/>.
- [21] FESTO, «FESTO COLOMBIA,» FESTO AMERICA, 2017. [En línea]. Available: [https://www.festo.com/cms/es-co\\_co/index.htm](https://www.festo.com/cms/es-co_co/index.htm).
- [22] LINAK, «LINAK,» LINAK, 2017. [En línea]. Available: <https://www.linak.com/products/linear-actuators.aspx>.
- [23] D. d. I. M. U. C. I. d. Madrid, *TEORIA DE MECANISMOS*, Madrid, 2017.
- [24] D. J. A. Baldor, *Geometría Plana y del Espacio con una Introducción a la Trigonometría*, 2004.
- [25] PFC, «PFC Accesos Automáticos del Ecuador,» PFC, 2017. [En línea]. Available: <http://www.pfc.com.ec/ruedas-y-bisagras.html>.
- [26] P. A. Valcarce, «Física: Torque y Momento de Torsión,» Pontificia Universidad Católica de Chile, 2014. [En línea]. Available: [http://www.astro.puc.cl/~avalcarc/FIS109A/16\\_Torque.pdf](http://www.astro.puc.cl/~avalcarc/FIS109A/16_Torque.pdf).
- [27] n. y. a. Imagina-Iniciativa Múltiple de Atención de GAPs a la integración, «Consideraciones Biomecánicas en la silla de ruedas,» Grupo Asociado de Progreso Social, 17 10 2005. [En línea]. Available: [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bio/imagina\\_\\_biomecanica\\_de\\_una\\_silla\\_de\\_ruedas.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bio/imagina__biomecanica_de_una_silla_de_ruedas.pdf). [Último acceso: 2016].
- [28] F. L. S. Andrew Pytel, *Resistencia de Materiales*, 2015.
- [29] R. L. Mott, *Diseño de Elementos de Máquinas*, 2006.
- [30] J. Ferdinand P. Beer/E. Russell Johnston, *Mecánica de Materiales*, Mc Graw Hill, 2010.
- [31] R. L. Norton, *Apéndices -Diseño de Máquinas (4ed)- Un enfoque integrado- Introducción al Diseño*, 2004.



**ANEXO 2****ENCUESTA**

Nombre de la Empresa: \_\_\_\_\_

Conductor: \_\_\_\_\_

Marca del Bus \_\_\_\_\_ Marca de la Carrocería \_\_\_\_\_ Año de Vehículo \_\_\_\_\_

1.- ¿La carrocería de su vehículo ha sido modificada para pertenecer a la categoría de bus tipo urbano?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

2.- ¿Conoce que se debe utilizar en el bus un sistema para el abordaje y desembarque de personas que utilizan silla de ruedas?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

3.- ¿Conoce acerca de las plataformas que facilitan el acceso de personas que utilizan silla de ruedas al espacio asignado en el interior del bus?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

4.- ¿Qué tipo de energía preferiría que se utilice para mover la plataforma?

Neumática \_\_\_\_\_ Hidráulica \_\_\_\_\_ Eléctrica \_\_\_\_\_

5.- ¿Qué tipo de controles preferiría para accionar la plataforma?

Neumáticos \_\_\_\_\_ Eléctricos \_\_\_\_\_ Táctiles \_\_\_\_\_

6.- ¿De lo siguiente que considera más importante en una plataforma?

Su velocidad \_\_\_\_\_ Su seguridad \_\_\_\_\_

7.- ¿Cuánto tiempo le toma el abordaje y desembarque de pasajeros en una parada?

Alrededor de 1 min. \_\_\_\_\_ Alrededor de 2min. \_\_\_\_\_ Más de 2min. \_\_\_\_\_

8.- ¿De lo siguiente que considera más importante en una plataforma?

Su costo \_\_\_\_\_ Su duración \_\_\_\_\_ Ambas \_\_\_\_\_

9.- ¿Con que frecuencia realiza mantenimiento a su bus?

Cada semana \_\_\_\_\_ Cada 15 días \_\_\_\_\_ Cada mes \_\_\_\_\_ Con más de un mes \_\_\_\_\_

10.- ¿Al ser implementada la plataforma en la puerta trasera del bus considera importante que no interfiera con la función de salida de pasajeros?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

11.- ¿Considera importante que la plataforma no debe dañar la estética del bus?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

11.- ¿El motor de su vehículo se encuentra?

Delantera \_\_\_\_\_ Trasera \_\_\_\_\_

11.- ¿Con cuantas puertas cuenta su bus?

2 \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_

En el caso de ser 2 especifique si la puerta trasera interfiere con el eje cardan

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

## ANEXO 3

### NORMATIVA NTE INEN 2205 DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y CONTROL DE LA PLATAFORMA PARA BUSES URBANOS

#### 5.1.2.7 Elementos de seguridad y control.

a) *Bloqueador de puertas.* Sistema bloqueador inviolable que no permita la partida o movimiento del vehículo en tanto cualquiera de las puertas se encuentren abiertas y que no permita la apertura de las puertas mientras el vehículo esté en movimiento. Este sistema tiene como objetivo evitar accidentes en ascenso o descenso de pasajeros y obliga al conductor a detener la marcha en su totalidad antes de abrir las puertas.

b) *Elevador o rampa de acceso para personas con movilidad reducida.* Para el caso de los buses y minibuses que utilicen un sistema de elevador o rampa de acceso para el ascenso o descenso de personas con movilidad reducida debe contar con los siguientes requisitos:

#### b.1) *Elevador (plataforma elevadora)*

##### b.1.1) *Requisitos mecánicos*

b.1.1.1) *Capacidad de elevación.* La capacidad mínima de elevación del elevador debe ser de 200 kg. Queda excluido el peso del acompañante, plataforma y elementos desplazables con la misma.

b.1.1.2) Como medida de seguridad imprescindible debe tenerse en cuenta que a cualquier accionamiento en los mandos corresponde una respuesta inmediata en la maniobra.

b.1.1.3) *Sistema de bloqueo del vehículo.* El sistema debe proyectarse de forma que para accionarse la plataforma se presente un bloqueo del vehículo. El bloqueo debe ser simultáneo con el inicio de la operación de despliegue por medio de un mando, el cual simultáneamente bloquee el vehículo y desbloquee la plataforma situada en un punto.

Debe existir un dispositivo alternativo que tenga como misión sustituir al sistema principal, en el caso de avería o emergencia del mismo.

b.1.1.4) *Autonomía del elevador.* En caso de falta de energía el elevador debe tener una autonomía suficiente para efectuar un mínimo de maniobras de emergencia igual al número de plazas para sillas de ruedas que disponga el vehículo.

##### b.1.2) *Protecciones del elevador*

b.1.2.1) La plataforma debe estar provista de protecciones que eviten que la silla de ruedas se salga de la misma por sí sola.

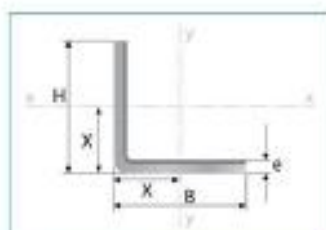
b.1.2.2) *Barrera de protección.* En el flanco de acceso a la plataforma desde el exterior, debe colocarse una protección abatible.

b.1.2.3) *Accionamiento de la barrera de protección.* Esta protección debe accionarse automáticamente al perderse el contacto en la plataforma y el suelo. También debe accionarse mediante un mando; en este caso su funcionamiento forma parte de un ciclo y la plataforma no debe continuar su desplazamiento mientras dicha protección no esté activada.

- b.1.2.5) *Superficie de la plataforma.* La superficie de la plataforma debe ser del tipo antideslizante, por lo cual es admisible que se disponga de un bajo relieve cuya altura no debe exceder de 6mm.
  - b.1.2.6) *Dimensiones de la plataforma.* La plataforma debe tener un ancho útil mínimo de 800 mm y una profundidad útil de 1 000 mm.
  - b.1.2.7) *Flexión útil de la plataforma.* La plataforma en todo su recorrido no debe flexionar en cualquier dirección más de tres grados. Esta diferencia máxima admisible se entiende entre la plataforma en vacío y cargada con 200 kg. La rampa de acceso queda libre de esta particularidad.
  - b.1.2.8) *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.
  - b.1.2.9) *Acceso a la plataforma.* La plataforma se debe diseñar de tal forma que permita su acceso por sus dos frentes, tanto hacia adelante como hacia atrás.
  - b.1.2.10) *Protecciones.* Cualquier parte del elevador debe estar debidamente protegida para que no pueda lastimar al usuario, acompañante o vestidos de los mismos.
  - b.1.2.11) *Resistencia a las vibraciones.* Todos los componentes del elevador que estuvieran en tensión deben estar diseñados de forma que no se aflojen con las vibraciones del vehículo.
  - b.1.2.12) *Avisador acústico.* Debe existir una alerta acústica durante el ciclo de funcionamiento de este dispositivo
- b.2) *Rampa en el bus.* Las rampas se deben situar en posición para el ascenso y el descenso de las sillas de una forma manual, eléctrica u otra.
- b.2.1) *Dimensiones de la rampa.* El ancho libre mínimo de la rampa debe ser de la misma dimensión del ancho libre de la puerta de ingreso y salida para personas con movilidad reducida. La pendiente debe ser de acuerdo a la NTE INEN 2 245.
  - b.2.2) *Flexión de la rampa.* Las rampas deben diseñarse para soportar un peso mínimo de 200 kg, y ningún punto de su recorrido debe flexionar más de tres grados.
  - b.2.3) *Condiciones de seguridad.* Una vez situadas las rampas, tienen que quedar fijas al vehículo para impedir su deslizamiento.
  - b.2.4) El suelo de la rampa tiene que ser del tipo antideslizante, por lo que es aconsejable que se disponga de un bajo relieve, cuya altura no debe exceder de 6 mm.
  - b.2.5) Cualquier parte de la rampa debe estar debidamente protegida para que no pueda lastimar al usuario, acompañante o vestidos de los mismos.
  - b.2.6) *Avisador acústico.* Debe existir una alerta acústica durante el ciclo de funcionamiento de este dispositivo

## ANEXO 4

## ÁNGULOS

Perfiles Estructurales  
Ángulos

Largo Normal:  
6 metros  
Recubrimiento:  
Negro o Galvanizado  
Calidad de Acero:  
ASTM A 36 / ASTM A 572 Gr. 50  
Norma de Fabricación:  
NTE INEN 1623  
Espesores:  
Desde 1,50 a 6,00 mm  
Observaciones:  
Otras dimensiones y largos,  
previa consulta.

## Aplicaciones

- Conformación de elementos estructurales (cerchas).
- Torres.
- Estanterías.
- Cerrajería en general (ventanas, puertas, camas).
- Vitrinas.
- Ceramiantos.
- Vallas publicitarias.
- Chasis de camiones.
- Remolques.

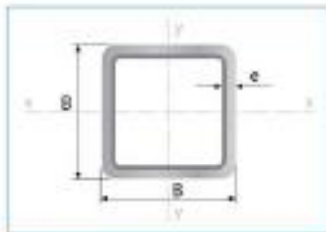


Designaciones	Esp.	Peso	Propiedades Estáticas									
			Eje x-x'			Eje y-y'			Unidad de los ejes			
			Momento de inercia	Producto de inercias	Radio de giro	Momento de inercia	Producto de inercias	Radio de giro				
H	B	e	P	P	I	W	i	i	W	i	X-Y	
mm	mm	mm	kg/m	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm	
20	20	1,50	0,44	2,61	0,21	0,15	0,47	0,21	0,15	0,47	0,54	
		2,00	0,58	3,46	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,59	
		3,00	0,83	4,96	0,38	0,28	0,80	0,38	0,28	0,80	0,64	
25	25	1,50	0,55	3,32	0,42	0,24	0,59	0,42	0,24	0,59	0,67	
		2,00	0,73	4,38	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,72	
		3,00	1,06	6,36	0,79	0,45	0,76	0,79	0,45	0,76	0,77	
30	30	1,50	0,67	4,03	0,75	0,35	0,71	0,75	0,35	0,71	0,79	
		2,00	0,89	5,34	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	0,84	
		3,00	1,30	7,78	1,41	0,67	0,92	1,41	0,67	0,92	0,89	
40	40	1,50	0,91	5,44	1,83	0,63	0,95	1,83	0,63	0,95	1,04	
		2,00	1,21	7,23	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	1,09	
		3,00	1,77	10,61	3,50	1,22	1,25	3,50	1,22	1,25	1,14	
		4,00	2,31	13,83	4,45	1,58	1,23	4,45	1,58	1,23	1,19	
		5,00	2,82	16,90	5,31	1,82	1,22	5,31	1,82	1,22	1,24	
50	50	1,50	1,14	6,85	3,65	1,00	1,19	3,65	1,00	1,19	1,29	
		2,00	1,52	9,11	4,88	1,33	1,59	4,88	1,33	1,59	1,34	
		3,00	2,24	13,43	7,03	1,85	1,57	7,03	1,85	1,57	1,39	
		4,00	2,93	17,60	9,04	2,54	1,56	9,04	2,54	1,56	1,44	
75	75	2,00	2,36	14,13	24,02	4,42	1,77	24,02	4,42	1,77	2,01	
		4,00	4,71	28,26	32,03	5,89	2,36	32,03	5,89	2,36	2,05	
		5,00	5,57	33,42	36,08	7,25	2,35	36,08	7,25	2,35	2,11	
100	100	2,00	3,14	18,84	56,35	7,85	2,38	56,35	7,85	2,38	2,52	
		4,00	6,28	37,68	77,80	10,80	3,17	77,80	10,80	3,17	2,57	
		5,00	7,53	45,18	95,47	13,13	3,16	2,73	4,01	1,94	2,62	
		6,00	8,42	56,52	113,00	15,60	3,14	113,00	15,60	3,14	2,67	

X,Y- Distancia entre el eje x-x' y-y' a la superficie exterior del perfil

ANEXO 5

TUBERÍA ESTRUCTURAL CUADRADA



**Largo Normal:**  
6 metros  
**Requisito:**  
Negro o Galvanizado  
**Norma de Calidad:**  
ASTM A 500 Gr. A, B ó C  
**Norma de Fabricación:**  
NTE INEN 2415  
**Espesores:**  
Desde 1,50 a 6,00 mm  
**Observaciones:**  
Otras dimensiones y largos,  
previa consulta

- Aplicaciones**
- Automotriz y de autopartes: carrocería y remolques.
  - Agroganadera: maquinaria e implementos industriales, agrícolas, avícolas y ganaderos.
  - Señalización y vialidad: soportes.
  - Aparatos de gimnasia y fitness.
  - Construcción: columnas.
  - Estructuras: galpones y naves industriales, edificios, soporte de techos.



Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas			
			Eje x-x = y-y	Momento de inercia	Radio de giro	
B	e	A	P			I
mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
20	1,40	0,99	0,75	0,95	0,95	0,75
	1,50	1,05	0,83	0,95	0,95	0,75
	1,80	1,23	0,95	0,95	0,95	0,75
	2,00	1,34	1,05	0,70	0,70	0,72
25	1,40	1,27	1,00	1,15	0,93	0,95
	1,50	1,35	1,06	1,22	0,97	0,95
	1,80	1,58	1,25	1,39	1,11	0,94
	2,00	1,74	1,36	1,49	1,19	0,93
30	1,40	1,55	1,22	2,05	1,39	1,15
	1,50	1,65	1,30	2,20	1,47	1,15
	1,80	1,95	1,53	2,53	1,68	1,14
	2,00	2,14	1,66	2,73	1,82	1,13
40	1,40	2,11	1,65	5,18	2,99	1,57
	1,50	2,25	1,77	5,49	3,25	1,56
	1,80	2,67	2,09	6,39	3,19	1,55
	2,00	2,94	2,31	6,85	3,47	1,54
	2,50	3,69	2,82	8,23	4,12	1,51
	3,00	4,21	3,30	9,95	4,68	1,49
	4,00	5,35	4,20	11,18	5,99	1,45
50	1,40	2,67	2,10	10,42	4,17	1,57
	1,50	2,85	2,24	11,07	4,43	1,57
	1,80	3,39	2,65	12,85	5,15	1,55
	2,00	3,74	2,93	14,15	5,65	1,55
	2,50	4,69	3,60	16,95	6,78	1,52
	3,00	5,41	4,25	19,50	7,60	1,50
	4,00	6,95	5,45	23,64	9,54	1,45
60	1,50	3,45	2,71	19,52	6,51	2,38
	1,80	4,11	3,22	22,85	7,65	2,36
	2,00	4,34	3,50	25,15	8,38	2,35
	2,50	5,59	4,39	30,35	10,12	2,33
	3,00	6,61	5,19	35,17	11,72	2,31
	4,00	8,65	6,71	43,65	14,55	2,26
70	1,50	4,05	3,18	31,45	6,99	2,79
	1,80	4,83	3,79	37,09	10,60	2,77
	2,00	5,34	4,19	40,73	11,64	2,76
	2,50	6,59	5,17	48,43	14,12	2,74
	3,00	7,81	6,13	57,56	16,45	2,72
	4,00	10,15	7,97	72,22	20,64	2,67
75	1,50	4,35	3,42	38,92	10,38	2,89
	1,80	5,19	4,07	45,95	12,25	2,88
	2,00	5,74	4,50	50,50	13,47	2,87
	2,50	7,08	5,50	61,40	16,37	2,84
	3,00	8,41	6,60	71,65	19,11	2,82
	4,00	10,95	8,59	90,29	24,08	2,87
80	1,80	6,37	4,92	40,71	17,94	3,59
	2,00	6,94	5,45	45,87	19,75	3,58
	2,50	8,50	6,74	108,57	24,13	3,56
	3,00	10,21	8,01	127,32	28,29	3,53
	4,00	13,35	10,45	182,02	36,01	3,48
100	1,80	8,99	5,45	111,62	32,32	4,00
	2,00	7,74	6,07	123,01	24,60	3,99
	2,50	9,59	7,53	150,65	30,13	3,96
	3,00	11,41	8,95	177,08	35,42	3,94
	4,00	14,85	11,73	226,35	45,29	3,89
	5,00	18,36	14,41	271,35	54,27	3,84
	6,00	21,63	16,95	312,02	62,40	3,80
120	3,00	14,41	11,31	254,53	56,73	4,96
	4,00	18,95	14,87	457,33	73,17	4,91
	5,00	23,36	18,33	552,87	88,45	4,87
	6,00	27,63	21,65	641,41	102,63	4,82
130	3,00	15,81	12,25	348,88	60,65	5,37
	4,00	20,55	16,13	581,80	86,19	5,32
	5,00	25,30	19,90	765,16	104,47	5,27
	6,00	30,03	23,55	920,25	121,52	5,23
150	3,00	17,41	13,67	622,75	83,03	5,95
	4,00	22,95	18,01	857,02	107,72	5,90
	5,00	28,36	22,25	982,37	130,98	5,85
	6,00	33,63	26,40	1145,43	152,85	5,84

## ANEXO 6

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MOTOR

02. LA CENTRAL	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
• Alimentación de la central	110V ou 230V AC   50-60Hz   900W máx. (4A)
• Salida para lâmpara o luz de cortesia	110V/230V AC 500W máx. 100W (carga máx. resistiva) 50W (carga máx. induzida)
• Salida para motor	110V/230V AC 50/60Hz 750W máx.
• Salida para alimentación de los accesorios	24V AC 3W máx.
• Temperatura de funcionamiento	-10°C a +55°C
• Receptor radio incorporado	433,92 Mhz
• Tipos de códigos aceptados	12-18 bits ou Rolling Code
• Capacidad máxima de memoria	120 códigos (CODE ou CODE PED)
• Dimensión de la central	108x138 mm
• LEYENDA DE CONECTORS	
CN1	01 • Entrada de cable a 110v/230 ( fase )
	02 • Entrada de cable a 110v/230 ( neutro)
	03 • Entrada para luz de cortesia o luz intermitente (GND / COM)
	04 • Entrada para luz de cortesia o luz intermitente (fase)
	05 • Salida para motor (apertura)
	06 • Salida para motor (GND / COM)
	07 • Salida para motor (cerrar)
<b>ATENCIÓN</b> Salida 03 a 07. Los voltios de esta salida depende del voltaje de la alimentación ( 01 y 02 )	
CN2	01 • Salida para alimentación de fotocélulas (24V AC - 6W Max.)
	02 • Salida para alimentación de fotocélulas (GND/COM)
	03 • Entrada de botonera paso a paso (NO)
	04 • Salida GND / COM
	05 • Entrada para dispositivo de seguridad (NC)
	06 • Entrada de fin de curso en apertura ( NC )
	07 • Salida GND / COM
	08 • Entrada de fin de curso en cierre ( NC )
	09 • Entrada de antena (Massa)
	10 • Entrada da antena (pólo caliente)



## ANEXO 7

## ACERO 1045 PLATINAS


**760= AISI 1045**  
**Acero al carbono para maquinaria**


**GENERALIDADES:** Acero al carbono sin alea de esmerada manufactura, con buena tenacidad. Características en su alta uniformidad y rendimiento. Puede utilizarse en condición de suministro o con tratamiento térmico de temple y revenido. Aplicable a partes relativamente simples de máquinas. Dureza de suministro aproximada: 200 HB.

**ANÁLISIS TÍPICO %**

C	Si	Mn	Cr	P	S
760	0.50	0.30	0.60	--	0.04
AISI 1045	0.43-0.50	--	0.50-0.90	0.040	0.050

**PROPIEDADES MECÁNICAS:**

Resistencia a la Tracción	65 kg/mm <sup>2</sup>
Esfuerzo de cedencia	32 kg/mm <sup>2</sup>
Elongación, A5	mín 10%
Reducción de área	40%
Dureza	220-235

**EQUIVALENCIAS:**

AISI	1045
SAE	C1045
W. Nr	1.1820
DIN	CK45

**APLICACIONES:**

Componentes sencillos, como por ej:

- Pernos
- Chavetas
- Plazas de mediana resistencia para aplicación automotriz
- Ejes

**TRATAMIENTO TÉRMICO:**

Forjado	800 - 1050 °C
Normalizado	830 - 850 °C
Temple (agua)	770 - 810 °C
Temple (aceite)	790 - 830 °C
Revenido (herramientas de corte)	100 - 3000 °C
Revenido de bonificación	550 - 650 °C

**MEDIDAS EN STOCK:****REDONDO**

Dímetro (mm)	Peso (kg/m)
25	3,9
22	6,2
28	6,9
40	9,9
45	12,5
50	15,4
60	22,2
70	29,2
80	39,5
90	49,9
100	61,7
105	68,0
115	81,5
120	88,8
125	96,2
130	104,2
140	120,8
150	138,7
165	167,9
170	178,2
180	199,8
200	246,6
220	308,1
250	385,2
300	554,9
310	592,5
320	621,2
350	755,2

**PLATINAS**

Platina (mm)	Peso (kg/m)
10 x 60	4,7
10 x 150	11,8
12 x 40	3,4
12 x 60	5,7
12 x 120	11,2
15 x 100	11,8
15 x 150	17,7
20 x 100	15,7
20 x 120	18,8
20 x 120	20,4
20 x 150	22,6
20 x 200	29,4
20 x 200	47,1
20 x 50	7,9
20 x 80	12,6
20 x 90	14,1
25 x 50	9,8
25 x 80	14,7
25 x 250	49,1
20 x 50	11,8
20 x 90	21,2
20 x 200	39,7
40 x 100	21,4
60 x 100	47,1

**CUADRADO**

Cuadrado (mm)	Peso (kg/m)
6 x 6	0,2
8 x 8	0,5
10 x 10	0,8
12 x 12	1,1
16 x 16	3,9
20 x 20	3,1
25 x 25	4,8
30 x 30	7,1
32 x 32	8,9
25 x 25	9,6
40 x 40	12,6
45 x 45	15,9
50 x 50	19,9
60 x 60	28,2
70 x 70	28,5
80 x 80	50,2
90 x 90	63,6
100 x 100	122,7

## ANEXO 8

## ACERO 705 EJE


**705-AISI 4340**  
**Acero bonificado para maquinaria**


**GENERALIDADES:** 705 es un acero al molibdeno más cromo y níquel. El molibdeno tiene una solubilidad limitada y es un buen formador de carburos. Ejerce un fuerte efecto sobre la templabilidad y de manera semejante al cromo, aumenta la dureza y resistencia a alta temperatura de los aceros. Menos susceptibles al fragilizado debido al revenido que los demás aceros aleados para maquinaria. Al combinarse con níquel y cromo soporta altas exigencias de resistencia y tenacidad en secciones grandes. Su contenido de níquel le da más templabilidad, lo mismo que la resistencia en caliente.

705 combina alta resistencia mecánica (la mayor del mercado) con buena tenacidad. Este acero en forma standard es suministrado bonificado, por lo que no se requeriría luego un tratamiento térmico, sin embargo, si se desea mejores propiedades, puede ser templado al aceite. Susceptible de temple por inducción y también puede someterse a tratamiento de nitrurado.

## ANÁLISIS TÍPICO %

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	V
705	0.36	0.25	0.70	—	—	1.40	1.40	0.20
AISI 4340	0.35-0.40	0.20-0.35	0.60-0.80	0.04	0.04	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30

## EQUIVALENCIAS

<b>AISI/SAE</b>	4340
<b>DIN</b>	34CrNiMo6
<b>W.Nr</b>	1.6582
<b>JIS</b>	SNCM1
<b>AFNOR</b>	35NCD6

## PROPIEDADES MECÁNICAS EN CONDICIÓN DE SUMINISTRO

Resistencia a la Tracción	90-110 Kg/mm <sup>2</sup>
Esfuerzo de cedencia	70 kg/mm <sup>2</sup>
Elongación A5	mín 12%
Reducción de Área Z	mín 45%
Resistencia al impacto KV	aprox. 20 J
Dureza	270-330 HB

De acuerdo a DIN 17200 resp. SEW 550. Tolerancia  
DIN 1013 resp. DIN 7527 / 6

**Nota:** Estas propiedades se garantizan hasta Ø250 mm. Medidas mayores, favor consultarnos.

## APLICACIONES:

## 1. Partes de gran resistencia para la industria automotriz, como:

- ejes
- cardanes
- cigüeñales
- ejes de leva
- tornillería de alta resistencia

## 2. Partes para la construcción de maquinaria de trabajo pesado como:

- árboles para trituradoras
- ejes de transmisión de grandes dimensiones
- engranajes de temple por llama, inducción o nitruración
- barras de torsión
- mandriles
- portaherramientas

## 3. Aplicaciones donde se requiere resistencia a la fatiga, como:

- En la construcción de equipo pesado para camiones, aviones, equipo militar, etc.

## ANEXO 9

## ACTUADOR LINEAL ELÉCTRICO LA31

## PRODUCT DATA SHEET

## ACTUATOR LA31

**Features:**

- 24 V DC permanent magnet motor
- Thrust up to 6000 N in push and up to 4000 N in pull
- Electric chromated steel piston rod eye with slot
- High-strength plastic housing protects motor and gears
- Elegant and compact design with small installation dimensions
- Standard protection class: IPX4
- Colour: black
- 2.25 m straight cable
- Built-in limit switches (not adjustable)
- Scratch and wear-resistant powder painting on outer tube Ø30 mm
- Zinc alloy back fixture
- Strong wear and corrosion resistant stainless steel inner tube
- Noise level 48 dB (A); measuring method DS/EN ISO 3746, actuator not loaded
- Winding isolation class F (155 degrees)

**Options:**

- LA31 Basic version CARELINE® (no slot in piston rod eye)
- Flexible back fixture
- Reed switch (8 pulses per spindle revolution) for exact positioning of memory control and compatibility with CB9P)
- Half positioning (for use with CB6 OBE, CB16 OBE, CB20)
- Fast motor
- Mechanical spines (the actuator can only push)
- Jack plug for use with other control boxes than CB9
- Mini-fit cable for use with OpenBus™
- Protection class IPX6
- IPX6 Washable: only with cable placement standard and forward
- Quick release on LA31 (different types of release handle) only available in grey
- 0.2/0.4 m coiled cable with DIN or Jack plug
- Colour: grey
- Safety nut in push
- Mechanical end stop for first failure safety
- Exchangeable cables (also for DIN Reed and protection class IPX6 Washable)
- Emergency lowering



The LA31 actuator is a very quiet and powerful actuator designed for a variety of applications such as furniture, care or hospital beds. The standard LA31 actuator is available for both the HOMELINE®, CARELINE® TECHLINE® and DESKLINE® product ranges.

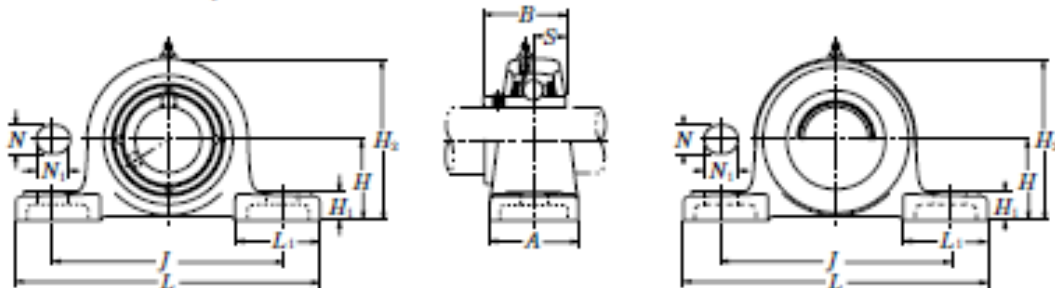
Due to its high capacity, design and protection class up to IP66 Washable, the CARELINE® actuator is ideal for the care sector e.g. for beds. The CARELINE® LA31 actuator is available as a standard or a Basic version. The standard LA31 actuator features known parts such as piston rod eye with slot. The LA31 actuator has exchangeable cables and is ideal in combination with OpenBus™ control boxes.

## ANEXO 10

## CHUMACERA

## UCP2

Soportes tipo silleta  
con tornillos de apriete




Tipo de cubierta anti polvo de acero estampado  
Extremo abierto: Z-UCP-D1  
Extremo cerrado: ZM-UCP-D1

Diam. Eje mm pulgadas	Designación soporte (1)	Dimensiones nominales											Tamaño tornillo mm pulgadas	Número de rodamiento
		H	L	J	A	N	N <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	B	S		
12	UCP201D1	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC201D1
1/2	UCP201-008D1	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC201-008D1
15	UCP202D1	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC202D1
9/16	UCP202-009D1	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC202-009D1
5/8	UCP202-010D1	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC202-010D1
17	UCP203D1	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC203D1
11/16	UCP203-011D1	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC203-011D1
20	UCP204D1	33.3	127	95	38	13	16	14	65	42	31	12.7	M10	UC204D1
3/4	UCP204-012D1	33.3	127	95	38	13	16	14	65	42	31	12.7	M10	UC204-012D1
25	UCP205D1	36.5	140	105	38	13	16	15	71	42	34.1	14.3	M10	UC205D1
13/16	UCP205-013D1	36.5	140	105	38	13	16	15	71	42	34.1	14.3	M10	UC205-013D1
7/8	UCP205-014D1	36.5	140	105	38	13	16	15	71	42	34.1	14.3	M10	UC205-014D1
15/16	UCP205-015D1	36.5	140	105	38	13	16	15	71	42	34.1	14.3	M10	UC205-015D1
1	UCP205-100D1	36.5	140	105	38	13	16	15	71	42	34.1	14.3	M10	UC205-100D1
30	UCP206D1	42.9	165	121	48	17	20	17	83	54	38.1	15.9	M14	UC206D1
11/16	UCP206-101D1	42.9	165	121	48	17	20	17	83	54	38.1	15.9	M14	UC206-101D1
1 1/8	UCP206-102D1	42.9	165	121	48	17	20	17	83	54	38.1	15.9	M14	UC206-102D1
1 1/16	UCP206-103D1	42.9	165	121	48	17	20	17	83	54	38.1	15.9	M14	UC206-103D1
1 1/4	UCP206-104D1	42.9	165	121	48	17	20	17	83	54	38.1	15.9	M14	UC206-104D1
35	UCP207D1	47.6	167	127	48	17	20	18	93	54	42.9	17.5	M14	UC207D1
1 1/4	UCP207-104D1	47.6	167	127	48	17	20	18	93	54	42.9	17.5	M14	UC207-104D1
1 5/16	UCP207-105D1	47.6	167	127	48	17	20	18	93	54	42.9	17.5	M14	UC207-105D1
1 3/8	UCP207-106D1	47.6	167	127	48	17	20	18	93	54	42.9	17.5	M14	UC207-106D1
1 7/16	UCP207-107D1	47.6	167	127	48	17	20	18	93	54	42.9	17.5	M14	UC207-107D1
40	UCP208D1	49.2	184	137	54	17	20	18	98	52	49.2	19	M14	UC208D1
1 1/2	UCP208-108D1	49.2	184	137	54	17	20	18	98	52	49.2	19	M14	UC208-108D1
1 9/16	UCP208-109D1	49.2	184	137	54	17	20	18	98	52	49.2	19	M14	UC208-109D1
45	UCP209D1	54	190	146	54	17	20	20	106	60	49.2	19	M14	UC209D1
1 5/8	UCP209-110D1	54	190	146	54	17	20	20	106	60	49.2	19	M14	UC209-110D1
1 11/16	UCP209-111D1	54	190	146	54	17	20	20	106	60	49.2	19	M14	UC209-111D1
1 3/4	UCP209-112D1	54	190	146	54	17	20	20	106	60	49.2	19	M14	UC209-112D1

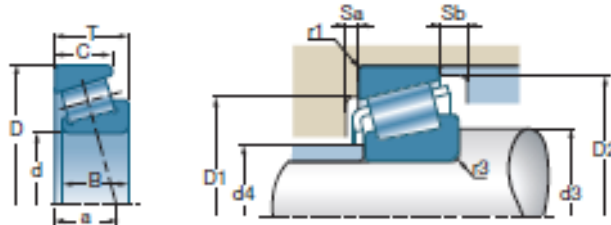
Nota (1) Estas designaciones de soporte indican que son de tipo relubricable. Si se necesita el tipo sin mantenimiento, seleccione los tipos sin el sufijo "D1".




## ANEXO 11

## RODAMIENTO


**Rodamientos de rodillos cónicos**

## Rodamientos de rodillos cónicos



d		D	B	C	T	a			e	Y	Yo		
							10N	10N				r.p.m.*	r.p.m.*
mm	Ref.	mm	mm	mm	mm	mm	C	C <sub>0</sub>					
16	30202A	35	11	10,0	11,75	8,40	15,80	14,50	0,32	1,88	1,03	10000	15000
17	30203A	40	12	11,0	13,25	9,90	21,2	21,3	0,35	1,74	0,96	9500	13000
	32203A	40	16	14,0	17,25	11,25	31,0	31,0	0,31	1,92	1,06	9200	12000
	30303A	47	14	12,0	15,25	10,40	29,7	27,2	0,29	2,11	1,16	8400	11000
20	30204A	47	14	12,0	15,25	11,20	28,2	30,6	0,35	1,74	0,96	8000	11000
	30304A	52	15	13,0	16,25	11,20	34,7	33,2	0,30	2,00	1,10	7500	10000
	32304A	52	21	18,0	22,25	13,60	44,6	46,3	0,30	2,00	1,10	7700	10000
26	32005V	47	15	11,5	15,00	11,50	28,5	31,5	0,43	1,39	0,77	7600	10000
	30205A	52	15	13,0	16,25	12,60	35,4	39,4	0,37	1,60	0,88	7100	10000
	32205B	52	18	15,0	19,25	16,75	41,5	49,0	0,58	1,03	0,57	7200	9500
	33205A	52	22	18,0	22,00	14,00	52,5	57,5	0,35	1,71	0,94	7300	9800
	30305A	62	17	15,0	18,25	13,00	49,2	48,1	0,30	2,00	1,10	6200	8600
	32305A	62	24	20,0	25,25	15,90	64,6	68,8	0,30	2,00	1,10	6300	8200
30	32006C	55	17	13,0	17,00	13,50	38,5	45,0	0,43	1,39	0,77	6400	8000
	30206A	62	16	14,0	17,25	13,80	45,4	50,5	0,37	1,60	0,88	5900	8400
	32206C	62	20	17,0	21,25	14,75	50,0	55,0	0,37	1,60	0,88	5800	8100
	33206A	62	25	19,5	25,00	16,00	71,9	77,0	0,34	1,76	0,97	6300	8400
	30306A	72	19	16,0	20,75	15,30	61,7	63,1	0,31	1,90	1,05	5300	7400
	31306A	72	19	14,0	20,75	23,10	52,5	60,3	0,83	0,73	0,40	5100	7000
	32306A	72	27	23,0	28,75	18,90	85,5	96,4	0,32	1,90	1,05	5400	7000
36	32007C	62	18	14,0	18,00	15,00	46,5	56,0	0,45	1,32	0,73	5600	7900
	30207A	72	17	15,0	18,25	15,25	58,0	62,0	0,37	1,60	0,88	5100	7200
	32207C	72	23	19,0	24,25	18,25	70,0	80,0	0,37	1,60	0,88	4900	6900
	32207B	72	23	19,0	24,25	21,75	66,0	81,0	0,58	1,03	0,57	5200	6900
	33207A	72	28	22,0	28,00	18,50	96,8	109,0	0,35	1,70	0,94	5500	7400
	30307A	80	21	18,0	22,75	16,90	78,8	82,6	0,31	1,90	1,05	4700	6600
	31307A	80	21	15,0	22,75	25,80	68,5	76,3	0,83	0,73	0,40	4500	6200
	32307A	80	31	25,0	32,75	20,50	103,6	118,3	0,31	1,90	1,05	4800	6300
	32307B	80	31	25,0	32,75	25,25	95,0	112,0	0,55	1,10	0,60	4600	6300
	40	32008C	68	19	14,5	19,00	15,00	53,0	65,0	0,38	1,58	0,87	5000
33108A		75	26	20,5	26,00	18,00	84,8	110,3	0,35	1,69	0,93	4600	6400
30208A		80	18	16,0	19,25	16,90	63,0	74,0	0,37	1,60	0,88	4500	6500
32208C		80	23	19,0	24,75	19,75	78,0	88,0	0,37	1,60	0,88	4300	6100
33208A		80	32	25,0	32,00	21,00	113,9	132,0	0,36	1,68	0,92	4900	6600
30308A		90	23	20,0	25,25	19,50	95,2	107,5	0,35	1,74	0,96	4100	5800
31308A		90	23	17,0	25,25	29,10	84,9	95,8	0,83	0,73	0,40	3900	5500
32308A		90	33	27,0	35,25	23,40	120,8	147,1	0,35	1,74	0,96	4200	5500

\* Velocidades límites de acuerdo con el concepto SNR (ver Pág. 85 a 87).

**ANEXO 12****NORMATIVA NTE INEN 038 DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD  
Y CONTROL DE LA PLATAFORMA PARA BUSES URBANOS**

k) *Dispositivos para personas con movilidad reducida.* Para el acceso o descenso de personas con movilidad reducida, se debe contar con una de las siguientes opciones: k.1) Elevador (plataforma elevadora) en el bus, k.2) rampa en el bus y k.3) rampa en las paradas. Los dispositivos deben cumplir con los siguientes requisitos:

k.1) *Elevador (plataforma elevadora)*

k.1.1) *Requisitos mecánicos*

- k.1.1.1) *Capacidad de elevación.* La capacidad mínima de elevación del elevador debe ser de 150 kg. Queda excluido el peso de la plataforma y elementos desplazables con la misma.
- k.1.1.2) *Como medida de seguridad imprescindible debe tenerse en cuenta que a cualquier accionamiento en los mandos corresponde una respuesta inmediata en la maniobra.*
- k.1.1.3) *Sistema de bloqueo del vehículo.* El sistema debe proyectarse de forma que para accionarse la plataforma se presente un bloqueo del vehículo. El bloqueo debe ser simultáneo con el inicio de la operación de despliegue por medio de un mando, el cual simultáneamente bloquee el vehículo y desbloquee la plataforma situada en un punto. Debe existir un dispositivo alternativo que tenga como misión sustituir al sistema principal, en el caso de avería o emergencia del mismo.
- k.1.1.4) *Autonomía del elevador.* En caso de falta de energía el elevador debe tener una autonomía suficiente para efectuar un mínimo de maniobras de emergencia igual al número de plazas para sillas de ruedas que disponga el vehículo.

## ANEXO 13

## CHAVETAS

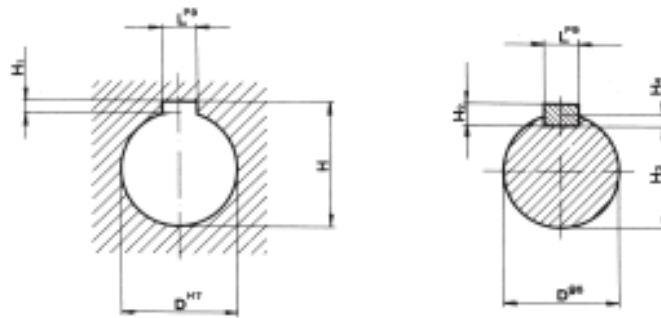


**RODAVIGO, S.A.**  
HERRAMIENTAS V.I.G.O., S.A.

www.rodavigo.net

+34 986 288118  
Servicio de At. al Cliente

## Chavetas y chaveteros DIN 6885



D <sup>HT</sup>	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	Eje L <sup>90</sup>	Volante L <sup>90</sup>	T
7	8	1	2	5,8	1,2	2	2	↑
8	9	1	2	6,8	1,2	2	2	
9	10,4	1,4	3	7,2	1,8	3	3	
10	11,4	1,4	3	8,2	1,8	3	3	
11	12,8	1,8	4	8,5	2,5	4	4	
12	13,8	1,8	4	9,5	2,5	4	4	
13	15,3	2,3	5	10	3	5	5	
14	16,3	2,3	5	11	3	5	5	
15	17,3	2,3	5	12	3	5	5	
16	18,3	2,3	5	13	3	5	5	
17	19,3	2,3	5	14	3	5	5	
18	20,8	2,8	6	14,5	3,5	6	6	↓
20	22,8	2,8	6	16,5	3,5	6	6	
22	24,8	2,8	6	18,5	3,5	6	6	
24	27,3	3,3	7	20	4	8	8	
25	28,3	3,3	7	21	4	8	8	
26	29,3	3,3	7	22	4	8	8	
27	31,3	3,3	7	24	4	8	8	
28	30,3	3,3	7	25	4	8	8	
30	33,3	3,3	7	26	4	8	8	
32	35,3	3,3	8	27	5	10	10	
34	37,3	3,3	8	29	5	10	10	
35	38,3	3,3	8	30	5	10	10	
36	39,3	3,3	8	31	5	10	10	

uti/norm

Sorte 28000 / 17

## ANEXO 14

## PERNOS



Pernos Hexagonales Métricos Norma DIN  
Hexagonal Bolt

NORMA / STANDARD		ISO	PROPIEDADES MECANICAS / MECHANICAL REQUIREMENTS					
MARCAS / MARKS	GRADO / GRADE	MATERIAL	TTO / TREATMENT	DUREZAS / HARDNESS	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN / TENSILE STRENGTH	LIMITES DE FLUENCIA / YIELD STRENGTH	ELONGACION % / ELONG %	RESILIENCIA / IMPACT
5.6	5.6	BAJO O MEDIO CARBONO	NO	70 - 100 HB	720.00 PSI	44.000 PSI	35	
8.8	8.8	MEDIO CARBONO	TEMPLEY REVENIDO	29 - 32 HRC	120.000 PSI	86.000 PSI	12	30 (JULLE)
10.9	10.9	ALEADO	TEMPLEY REVENIDO	32 - 38 HRC	160.000 PSI	136.000 PSI	9	20 (JULLE)
12.9	12.9	ALEADO	TEMPLEY REVENIDO	38 - 44 HRC	177.000 PSI	160.000 PSI	8	15 (JULLE)
A2-70	A2-70	INOX 304	NO	222 H B	700 N/mm <sup>2</sup>	450 N/mm <sup>2</sup>	0.4 Ø	
A4-70	A4-70	INOX 316	NO	222 H B	700 N/mm <sup>2</sup>	450 N/mm <sup>2</sup>	0.4 Ø	

**Reinike**  
UNIENDO FORMAS  
Pernos Especiales Maestranza



## ANEXO 15

### EVALUACIÓN DE LOS PESOS ESPECÍFICOS A LAS ALTERNATIVAS POR CRITERIO

Elementos	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		1	1	3	0,300
Alternativa 3	0	0		1	2	0,200
Alternativa 4	0	0	0		1	0,100
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa2>Alternativa3>Alternativa4						

#### *Evaluación Criterio de Elementos Módulo 1*

Potencia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		0,5	1	1	3,5	0,350
Alternativa 2	0,5		1	1	3,5	0,350
Alternativa 3	0	0		0,5	1,5	0,150
Alternativa 4	0	0	0,5		1,5	0,150
				SUMA	10	1
Alternativa 1=Alternativa2>Alternativa3=Alternativa4						

#### *Evaluación Criterio de Potencia Módulo 1*

Diseño	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		1	1	3	0,300
Alternativa 3	0	0		1	2	0,200
Alternativa 4	0	0	0		1	0,100
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa2>Alternativa3>Alternativa4						

#### *Evaluación Criterio de Diseño Módulo 1*

Fuerza	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		0,5	1	1	3,5	0,350
Alternativa 2	0,5		1	1	3,5	0,350
Alternativa 3	0	0		0,5	1,5	0,150
Alternativa 4	0	0	0,5		1,5	0,150
				SUMA	10	1
Alternativa 1=Alternativa2>Alternativa3=Alternativa4						

#### *Evaluación Criterio de Fuerza Módulo 1*

Velocidad de Operación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		0,5	1	1	3,5	0,350
Alternativa 2	0,5		1	1	3,5	0,350
Alternativa 3	0	0		0,5	1,5	0,150
Alternativa 4	0	0	0,5		1,5	0,150
				SUMA	10	1
Alternativa 1=Alternativa2>Alternativa3=Alternativa4						

***Evaluación Criterio de Velocidad Módulo 1***

Dimensiones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		0,5	1	2,5	0,250
Alternativa 3	0	0,5		1	2,5	0,250
Alternativa 4	0	0	0		1	0,100
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa2=Alternativa3>Alternativa4						

***Evaluación Criterio de Dimensiones Módulo 1***

Tiempo de Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		0,5	1	2,5	0,250
Alternativa 3	0	0,5		1	2,5	0,250
Alternativa 4	0	0	0		1	0,100
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa2=Alternativa3>Alternativa4						

***Evaluación Criterio de Mantenimiento Módulo 1***

Toma de Energía	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		1	1	3	0,300
Alternativa 3	0	0		1	2	0,200
Alternativa 4	0	0	0		1	0,100
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa2>Alternativa3>Alternativa4						

***Evaluación Criterio de Toma de Energía Módulo 1***

Elementos	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		1	1	3	0,300
Alternativa 3	0	0		0	1	0,100
Alternativa 4	0	0	1		2	0,200
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa2>Alternativa4>Alternativa3						

*Evaluación Criterio de Elementos Módulo 2*

Potencia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		0,5	1	1	3,5	0,350
Alternativa 2	0,5		1	1	3,5	0,350
Alternativa 3	0	0		0	1	0,100
Alternativa 4	0	0	1		2	0,200
				SUMA	10	1
Alternativa 1=Alternativa2>Alternativa4>Alternativa3						

*Evaluación Criterio de Potencia Módulo 2*

Diseño	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		0	0,5	1,5	0,150
Alternativa 3	0	1		1	3	0,300
Alternativa 4	0	0,5	0		1,5	0,150
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa3>Alternativa2=Alternativa4						

*Evaluación Criterio de Diseño Módulo 2*

Fuerza	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		0,5	1	1	3,5	0,350
Alternativa 2	0,5		1	1	3,5	0,350
Alternativa 3	0	0		0,5	1,5	0,150
Alternativa 4	0	0	0,5		1,5	0,150
				SUMA	10	1
Alternativa 1=Alternativa2>Alternativa3=Alternativa4						

*Evaluación Criterio de Fuerza Módulo 2*

Velocidad de Operación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		1	1	3	0,300
Alternativa 3	0	0		0,5	1,5	0,150
Alternativa 4	0	0	0,5		1,5	0,150
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa2>Alternativa3=Alternativa4						

*Evaluación Criterio de Velocidad Módulo 2*

Dimensiones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	0,5	1	3,5	0,350
Alternativa 2	0		0	1	2	0,200
Alternativa 3	0,5	1		1	3,5	0,350
Alternativa 4	0	0	0		1	0,100
				SUMA	10	1
Alternativa 1=Alternativa3>Alternativa2>Alternativa4						

*Evaluación Criterio de Dimensiones Módulo 2*

Tiempo de Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		0,5	1	2,5	0,250
Alternativa 3	0	0,5		1	2,5	0,250
Alternativa 4	0	0	0		1	0,100
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa2=Alternativa3>Alternativa4						

*Evaluación Criterio de Mantenimiento Módulo 2*

Toma de Energía	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		0	1	2	0,200
Alternativa 3	0	1		0	2	0,200
Alternativa 4	0	0	1		2	0,200
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa2=Alternativa3=Alternativa4						

*Evaluación Criterio de Toma de Energía Módulo 2*

Elementos	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		0,5	0,5	2	0,200
Alternativa 3	0	0,5		0,5	2	0,200
Alternativa 4	0	0,5	0,5		2	0,200
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa2=Alternativa3=Alternativa4						

*Evaluación Criterio de Elementos Módulo 3*

Potencia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		0,5	0,5	2	0,200
Alternativa 3	0	0,5		0,5	2	0,200
Alternativa 4	0	0,5	0,5		2	0,200
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa2=Alternativa3=Alternativa4						

*Evaluación Criterio de Potencia Módulo 3*

Diseño	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		1	1	3	0,300
Alternativa 3	0	0		1	2	0,200
Alternativa 4	0	0	0		1	0,100
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa2>Alternativa3>Alternativa4						

*Evaluación Criterio de Diseño Módulo 3*

Fuerza	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		0,5	0,5	0,5	2,5	0,250
Alternativa 2	0,5		0,5	0,5	2,5	0,250
Alternativa 3	0,5	0,5		0,5	2,5	0,250
Alternativa 4	0,5	0,5	0,5		2,5	0,250
				SUMA	10	1
Alternativa 1=Alternativa2=Alternativa3=Alternativa4						

*Evaluación Criterio de Fuerza Módulo 3*

Velocidad de Operación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		0,5	1	1	3,5	0,350
Alternativa 2	0,5		1	1	3,5	0,350
Alternativa 3	0	0		0,5	1,5	0,150
Alternativa 4	0	0	0,5		1,5	0,150
				SUMA	10	1
Alternativa 1=Alternativa2>Alternativa3=Alternativa4						

*Evaluación Criterio de Velocidad Módulo 3*

Dimensiones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		0,5	0,5	2	0,200
Alternativa 3	0	0,5		0,5	2	0,200
Alternativa 4	0	0,5	0,5		2	0,200
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa2=Alternativa3=Alternativa4						

*Evaluación Criterio de Dimensiones Módulo 3*

Tiempo de Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		0,5	0,5	2	0,200
Alternativa 3	0	0,5		0,5	2	0,200
Alternativa 4	0	0,5	0,5		2	0,200
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa2=Alternativa3=Alternativa4						

*Evaluación Criterio de Mantenimiento Módulo 3*

Toma de Energía	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Alternativa 1		1	1	1	4	0,400
Alternativa 2	0		0,5	0,5	2	0,200
Alternativa 3	0	0,5		0,5	2	0,200
Alternativa 4	0	0,5	0,5		2	0,200
				SUMA	10	1
Alternativa 1>Alternativa2=Alternativa3=Alternativa4						

*Evaluación Criterio de Toma de Energía Módulo 3*

**ANEXO 16**

**PLANOS ESTRUCTURALES DE LA PLATAFORMA**