



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz

**Diseño y construcción de un dispositivo de accesibilidad para silla de
ruedas para buses urbanos**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

Autores:

PABLO FRANCISCO ARPI TORRES

DAVID FRANCISCO OCHOA PACURUCU

Director:

PEDRO JOSÉ CRESPO VINTIMILLA

CUENCA, ECUADOR

2015

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁG.
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I: ESPECIFICACIONES NORMA INEN 2205

1.1. Bus urbano	2
1.1.1 Chasis para bus urbano de piso alto.....	2
1.1.2 Organización externa	2
1.1.2.1 Puertas de servicio.	2
1.1.2.2 Posición y número de puertas	3
1.1.2.3 Dimensiones.....	4
1.1.2.4 Materiales.....	4
1.1.2.5 Controles.....	4
1.1.2.6 Protecciones	4
1.2 Entrada y salida de pasajeros.....	4
1.2.1 Peldaños.	4
1.2.2 Estribo.....	5

1.2.3 Área para personas en silla de ruedas.	5
1.3 Diseño del dispositivo	6
1.3.1 Cilindros de elevación hidráulicos.....	6
1.3.2 Unidad hidráulica.....	6
1.3.3 Palanca de la bomba auxiliar manual	6
1.3.4 Plataforma con eje de pivote y roll stop	7
1.3.5 Brazos de elevación	7
1.3.6 Válvulas hidráulicas.....	7
1.3.7 Depósito de fluido.....	7
1.3.8 Cañerías de presión hidráulica.....	7
1.4 Características mecánicas del dispositivo	8
1.4.1 Requisitos mecánicos del elevador	8
1.4.2 Protecciones del elevador	8
1.5 Sistemas existentes.	9
1.5.1 Dispositivos que se colocan en la parte inferior del chasis.....	10
1.5.2 Elevadores Swing-A-way	10
1.5.3 Ascensores de tipo cadena	11
1.5.4 Ascensores tipo paralelogramo.....	11
1.6 Selección de tipo de elevador.	12

CAPITULO II: DISEÑO DEL DISPOSITIVO DE ACCESIBILIDAD Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES.

2.1 Análisis de alternativas previo al diseño y construcción del dispositivo de accesibilidad.	16
2.1.1 Detalle de funcionamiento de carrocería de dos puertas.	16
2.1.1.1 Ventajas.	17
2.1.1.2 Desventajas.	17
2.1.2 Detalle de funcionamiento carrocería de tres puertas.	17
2.1.2.1 Ventajas.	17

2.1.2.2 Desventajas.....	18
2.2. Evaluación de las alternativas.....	19
2.2.1 Calificación de alternativas.....	19
2.3 Parámetros de diseño.....	21
2.4 Diseño mecánico	22
2.4.1 Cálculo de esfuerzos y fallas resultantes de carga estática de la estructura	23
2.4.1.1 Diseño de la plataforma	24
2.4.1.2 Diseño de la soldadura en las vigas de la plataforma	30
2.4.1.3 Diseño de los brazos de elevacion	33
2.4.1.3.1 Diseño brazo G – H	37
2.4.1.3.2 Diseño brazo H –J.....	42
2.4.1.3.4 Diseño de los brazos A-D Y B-C.....	57
2.4.1.2 Diseño de los pasadores.....	62
2.4.1.2.1 Diseño de pasadores en el punto G.....	62
2.4.1.2.2 Diseño de pasadores en el punto E	67
2.4.1.4 Diseño de los pernos de la base.....	68
2.4.1.5 Comprobación de la fiabilidad del diseño mecánico.	72
2.4.2 Cálculo de esfuerzos y falla resultantes de carga variable de la estructura	73
2.4.2.1 Diseño de la plataforma	73
2.4.2.2 Calculo de la soldadura en las vigas	76
2.4.2.3 Diseño de los brazos de elevación	77
2.4.2.4 Diseño de los pernos de la base	81
2.5 Diseño hidráulico	83
2.5.1 Calculo fuerza del pistón (FP)	83
2.5.2 Diseño del cilindro.....	83
2.5.3 Cálculo de esfuerzos producidos por el cilindro.....	87
2.5.4 Diseño del vástago del cilindro.....	87
2.5.4.1 Cálculo de la longitud efectiva del vástago	88
2.5.5 Selección de la unidad hidráulica	91
2.5.5.1 Cálculo del caudal de la bomba (Q).....	91
2.5.5.2 Cálculos de la potencia del motor eléctrico	92

2.5.5.3 Selección de elementos hidráulicos	92
2.5.5.4 Diagrama del circuito hidráulico	96
2.6 Diseño eléctrico	98
2.6.1 Funcionamiento del circuito eléctrico.....	99
2.7 Funcionamiento de fin carrera.....	100
2.8 Sensores de seguridad	102

CAPITULO III: CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DEL DISPOSITIVO

3.1 Construcción del sistema mecánico	107
3.2 Ensamblaje del dispositivo.....	119
3.3 Roll Stop.....	125
3.4 Ubicación del elevador	127
3.5 Instrucciones para la instalación del elevador	128
3.6 Ensamblaje del sistema hidráulico	129
3.7 Ensamblaje del circuito eléctrico.....	133
3.7.1 Instalación eléctrica	133
3.7.2 Sensores de Seguridad	136
3.7.2.1 Procedimiento de soldado de componentes en los circuitos impresos.	137
3.7.2.2 Montaje de los sensores de seguridad.....	138

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Análisis de pruebas y resultados	141
4.2 Conclusión sobre las pruebas	145
4.2.1 Sistema mecánico	145
4.2.2 Sistema hidráulico.....	145
4.2.3 Sistema eléctrico	145
4.2.4 Sensores de seguridad.....	145

4.3 Vida útil y proyección del sistema	145
4.4 Análisis económico	146
4.4.1 Costos de inversión.....	146
4.4.1.1 Costos directos.....	146
4.4.1.1.1 Materiales directos.....	147
4.4.1.1.2 Componentes normalizados.....	148
4.4.1.1.3 Costo de mecanizado	149
4.4.1.1.4 Componentes electrónicos	149
4.4.1.1.5 Costos de ensamblaje.....	149
4.4.1.2 Costos indirectos.....	150
4.4.1.2.1 Costos materiales indirectos	150
4.4.1.2.2 Gastos indirectos.....	151
4.4.2 Costo Total del dispositivo de accesibilidad.....	151
4.5 Mantenimiento	151
4.6 Programa de mantenimiento.....	153
 CONCLUSIONES	 154
RECOMENDACIONES	155
BIBLIOGRAFÍA	156

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Puertas de servicio.....	3
Tabla 2.1 Clasificación de alternativas para carrocería de 2 puertas.....	19
Tabla 2.2 Clasificación de alternativas para carrocería de 3 puertas.....	20
Tabla 2.3 Aplicaciones y propiedades mecánicas del acero A36.....	23
Tabla 3.1 Denominación de las medidas de la plancha de metal expandido.....	110
Tabla 3.2 Medidas de la plancha de metal expandido.....	110
Tabla 3.3 Características de la plancha de acero A36.....	111
Tabla 4.1 Pruebas y resultados sistema mecánico.....	143
Tabla 4.2 Pruebas y resultados sistema hidráulico.....	144
Tabla 4.3 Pruebas y resultados sistema eléctrico.....	145
Tabla 4.4 Pruebas y resultados sistema electrónico.....	146
Tabla 4.5 Costos materiales directos.....	149
Tabla 4.6 Costos componentes normalizados.....	150
Tabla 4.7 Costos de mecanizado.....	151
Tabla 4.8 Costos componentes electrónicos.....	151
Tabla 4.9 Costos de montaje.....	152
Tabla 4.10 Costos materiales indirectos.....	152
Tabla 4.11 Costo total de dispositivo de accesibilidad.....	153
Tabla 4.12 Programa de mantenimiento.....	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquemas de referencia sobre la distribución de asientos en un bus urbano....	5
Figura 1.2 Simbología de los principales elementos que constituirá el dispositivo de accesibilidad.....	6
Figura 1.3 Dispositivo de accesibilidad para bus de piso bajo.....	10
Figura 1.4 Dispositivo Swing-A-way.....	10
Figura 1.5 Ascensor tipo cadena.....	11
Figura 1.6 Ascensor tipo paralelogramo.....	11
Figura 1.7 Mecanismos de 4 barras.....	13
Figura 1.8 Dispositivo de accesibilidad.....	14
Figura 1.9 Movimientos de la plataforma.....	15
Figura 1.10 Mecanismos de seguridad de la plataforma.....	15
Figura 2.1 Bus con carrocería de 2 puertas.....	16
Figura 2.2. Bus urbano con puerta exclusiva para entrada ya salida de pasajeros con movilidad reducida.....	18
Figura 2.3. Grafico radial carrocerías 2 puertas.....	20
Figura 2.4. Grafico radial carrocería 3 puertas.....	21
Figura 2.5. Medidas del mecanismo según norma 2205.....	22
Figura 2.6. Puntos de referencia de la estructura.....	24
Figura 2.7. Fuerza máxima ejercida sobre la plataforma.....	25
Figura 2.8. Reacciones en la plataforma.....	25
Figura 2.9. Sección de barra de sujeción de la plataforma.....	27
Figura 2.10. Calculo de flexión máxima en software de elementos finitos.....	30
Figura 2.11. Propiedades flexionates de las soldaduras.....	30
Figura 2.12. Brazos de elevación.....	34
Figura 2.13. Reacciones producidas por el peso en la plataforma.....	34
Figura 2.14. Componentes de la reacción RGY, según el ángulo de inclinación del brazo G-H.....	36
Figura 2.15. Brazo G-H.....	37
Figura 2.16 Sección en la viga G-H.....	38
Figura 2.17. Componentes de las reacciones que actúan en el brazo H-J.....	43

Figura 2.18. Fuerza perpendicular al brazo H-J (FPH).....	45
Figura 2.19. Sección del brazo H-J.....	46
Figura 2.20. Reacciones que actúan en el brazo E-A.....	52
Figura 2.21. Componentes de la reacción que actúa en el punto "A".....	53
Figura 2.22. Sección en el brazo E-A.....	54
Figura 2.23. Reacciones que actúan en el punto B.....	59
Figura 2.24. Sección de los brazos B-C y D-A.....	60
Figura 2.25. Detalle de los puntos de unión de los brazos.....	64
Figura 2.26. Sección del pasador G.....	65
Figura 2.27. Sección de pasador G.....	67
Figura 2.28. Sección del pasador G.....	68
Figura 2.29. Ubicación de pernos en la base de sujeción del dispositivo.....	71
Figura 2.30. Factor de seguridad de la estructura a carga estática.....	75
Figura 2.31. Área de perfiles estructurales no rotativos.....	80
Figura 2.32. Fuerza ejercida por el pistón hidráulico del dispositivo.....	85
Figura 2.33. Catalogo Cilindros simple efecto.....	88
Figura 2.34. Catalogo Cilindros simple efecto.....	89
Figura 2.35. Falla por pandeo.....	91
Figura 2.36. Catalogo "Bucher hydraulics" para selección de unidades hidráulicas.....	96
Figura 2.37. Catalogo Bucher hydraulics para selección de unidades hidráulicas.....	97
Figura 2.38. Catalogo Bucher hydraulics para selección de Bomba manual.....	98
Figura 2.39. Circuito Hidráulico.....	100
Figura 2.40. Circuito eléctrico.....	101
Figura 2.41. Habilitación de estados de la plataforma.....	103
Figura 2.42. Fin carrera Descenso – Despliegue.....	104
Figura 2.43. Fin carrera Ascenso – Despliegue.....	104
Figura 2.44. Circuito electrónico sensor de proximidad.....	106
Figura 2.45. Circuito de transformación de voltaje.....	107
Figura 2.46. Circuito electrónico sensor de proximidad.....	108
Figura 2.47. Circuito de transformación de voltaje.....	109
Figura 3.1. Plancha de metal expandido.....	110

Figura 3.2. Plancha para construcción de plataforma.....	114
Figura 3.3. Plataforma.....	115
Figura 3.4. Vigas distribuidas a lo largo de la plataforma.....	115
Figura 3.5. Detalle de los brazos del dispositivo de elevación.....	116
Figura 3.6. Plancha de acero A36.....	116
Figura 3.7. Proceso de cortado de la plancha.....	117
Figura 3.8. Medición de material para obtener los brazos de sujeción.....	117
Figura 3.9. Ubicación de la plancha en la maquina dobladora.....	118
Figura 3.10. Doblado de la plancha.....	118
Figura 3.11. Obtención de la primera cara doblada.....	119
Figura 3.12. Obtención de la segunda cara doblada.....	119
Figura 3.13. Taladrado de los brazos de elevación.....	120
Figura 3.14. Eliminación de aristas vivas.....	120
Figura 3.15. Brazo B-E.....	121
Figura 3.16. Brazos B-C y A-D.....	121
Figura 3.17. Medición de material.....	122
Figura 3.18. Mecanizado de Material.....	122
Figura 3.19. Cilindros hidráulicos.....	123
Figura 3.20. Ubicación de cilindros hidráulicos en la base del dispositivo.....	123
Figura 3.21. Sujeción de la base del dispositivo en el bastidor.....	124
Figura 3.22. Ensamblaje brazo C-B.....	124
Figura 3.23. Pasador C.....	125
Figura 3.24. Muelles de retracción.....	125
Figura 3.25. Ensamblaje brazos B-E y A-D.....	126
Figura 3.26. Ensamblaje brazos G-H y H-J.....	127
Figura 3.27. Ensamblaje del eje E.....	127
Figura 3.28. Dispositivo ensamblado.....	128
Figura 3.29. Roll Stop (posición 1).....	128
Figura 3.30. Roll Stop (posición 2).....	129
Figura 3.31. Componentes Roll Stop.....	130
Figura 3.32. Funcionamiento Roll Stop.....	130

Figura 3.33. Circuito Hidráulico.....	132
Figura 3.34. Unidad Hidráulica.....	133
Figura 3.35. Despiece de la unidad hidráulica.....	134
Figura 3.36. Ubicación de la unidad hidráulica.....	135
Figura 3.37. Funcionamiento de la leva e interruptores de final de carrera.....	137
Figura 3.38. Esquema circuito eléctrico.....	138
Figura 3.39. Diagrama del circuito impreso (sensor de movimiento).....	139
Figura 3.40. Diagrama del circuito impreso (sensor de proximidad).....	139
Figura 3.41. Selección de componentes electrónicos.....	140
Figura 3.42. Ensamblaje de los componentes electrónicos en la placa.....	140
Figura 3.43. Soldado de los componentes electrónicos en la placa.....	141
Figura 3.44. Ubicación de los sensores de seguridad en el bus urbano.....	141
Figura 3.45. Sensor de proximidad (vista 1).....	142
Figura 3.46. Sensor de proximidad (vista 2).....	142
Figura 3.47. Sensor de movimiento.....	143
Figura 4.1. Datos de la vida útil del dispositivo de accesibilidad, obtenido del software de elementos finitos “ANSYS”.....	149

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Proforma emitida por “Talleres y Construcciones Verdugo” de los costos y mecanizado de los materiales para la construcción del dispositivo de accesibilidad...	159
Anexo 2. Catálogo “IPAC” de especificación de planchas de acero laminadas en frio y caliente.....	160

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO DE ACCESIBILIDAD PARA SILLA DE RUEDAS PARA BUSES URBANOS

RESUMEN

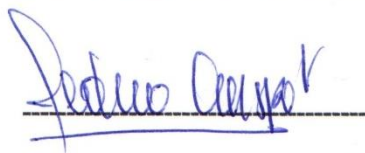
El proyecto de investigación se fundamenta en la necesidad que tienen las personas con movilidad reducida al tratar de acceder de una forma cómoda y digna a los buses urbanos, construidos bajo la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2205.

En base a esta normativa, se procedió a la parametrización para el diseño del dispositivo de accesibilidad.

Mediante los datos obtenidos se realizaron los cálculos para el diseño: mecánico, hidráulico, eléctrico y electrónico; selección de materiales y componentes de los diferentes sistemas que conforman el mecanismo, procediendo a la construcción y ensamble del dispositivo.

Se realizó un análisis de pruebas para garantizar el correcto funcionamiento del dispositivo, así como un análisis de costos de construcción y ensamblaje y un plan de mantenimiento.

Palabras Claves: Bus urbano, elevador hidráulico, accesibilidad, movilidad reducida.



Pedro José Crespo Vintimilla
Director de Tesis



Pablo Francisco Arpi Torres



Diego Francisco Torres Moscoso
Director de Escuela



David Francisco Ochoa Pacurucu

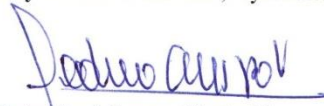
Autores

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A WHEELCHAIR ACCESSIBILITY DEVICE FOR URBAN BUSES

ABSTRACT

The research project is based on the need mobility-impaired passengers have when trying to access, in a comfortable and dignified way, to urban buses built under the INEN 2205 Ecuadorian Technical Standard. Based on this legislation, we proceeded to establish the parameters for the design of the accessibility device. With the data obtained, we carried out the calculations for the mechanical, hydraulic, electrical and electronic design, as well as the selection of materials and components of the different systems that make up the mechanism, proceeding with the construction and assembly of the device. We performed an analysis tests to confirm the proper functioning of the device, a cost analysis of its construction and assembly, and a maintenance plan.

Keywords: Urban Bus, Hydraulic Lift, Accessibility, Mobility.



Pedro José Crespo Vintimilla

Thesis Director



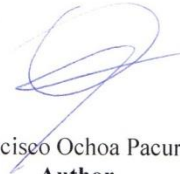
Diego Francisco Torres Moscoso

School Director



Pablo Francisco Arpi Torres

Author

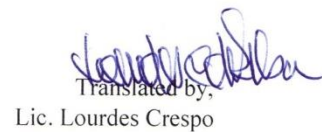


David Francisco Ochoa Pacurucu

Author



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Arpi Torres Pablo Francisco

Ochoa Pacurucu David Francisco

Trabajo de Graduación

Ing. Pedro José Crespo Vintimilla

Agosto 2015

DISPOSITIVO DE ACCESIBILIDAD PARA SILLAS DE RUEDAS PARA BUSES URBANOS

INTRODUCCIÓN

Según el CONSEJO NACIONAL DE IGUALDAD DE DISCAPACIDADES en la provincia del Azuay, 14681 personas tienen discapacidad física (CONADIS 2013) quienes necesitan movilizarse en silla de ruedas y a su vez transportarse en automóvil o tomar el autobús para realizar sus labores cotidianas. Los autobuses de la ciudad de Cuenca, se fabrican de acuerdo a la norma INEN 2205, sin embargo aún no cuentan con dispositivos de accesibilidad para sillas de ruedas, que les permita utilizar este medio de transporte de forma cómoda, lo que conlleva a que estas personas tengan dificultad de acceder a diferentes lugares de la ciudad.

El proyecto consiste en diseñar y construir un dispositivo de accesibilidad para buses urbanos, bajo los parámetros establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2205. El dispositivo en mención contribuye a las personas con movilidad reducida en silla de ruedas, brindándoles un servicio que les permita integrarse de manera digna, cómoda y eficiente a este medio de transporte. El dispositivo está compuesto por un elevador hidráulico que se desprende desde la puerta del autobús y mediante una plataforma plegable lleva un pasajero en silla de ruedas desde la acera o piso de la carretera dentro del autobús. El diseño del dispositivo está enfocado a brindar seguridad a sus ocupantes, y la construcción del mismo se realiza con materiales y tecnología que se puede encontrar fácilmente dentro del mercado local.

CAPITULO I

ESPECIFICACIONES NORMA INEN 2205

A continuación se indican algunos literales que constan en la norma en mención, en los cuales se basa el proyecto de investigación para el diseño e implementación del dispositivo de accesibilidad, estos literales son:

1.1. Bus urbano

El bus urbano es un vehículo automotor diseñado y equipado para uso en zonas urbanas, con una capacidad igual o superior a 60 pasajeros. Esta clase de vehículo dispone de asientos, además espacios considerados para pasajeros de pie.

1.1.1 Chasis para bus urbano de piso alto

En el numeral 5.1.2.2 de esta norma se indica la descripción del chasis para bus urbano de piso alto: “Permite el diseño de la carrocería con un conjunto de peldaños para el ascenso y descenso de pasajeros”.

De igual forma en el numeral 5.1.2.3 se detalla las especificaciones del piso del bus urbano: “La superficie del piso y de los accesos a las puertas de ingreso y salida, deben ser de material antideslizante y resistente al tráfico.”

1.1.2 Organización externa

En el literal 5.1.2.4 de la norma se detallan las especificaciones que deben tener todas las partes externas que conforman el bus urbano; a continuación se describen algunos literales que influyen directamente en el diseño y construcción del dispositivo de accesibilidad:

1.1.2.1 Puertas de servicio.

Deben estar en el lado derecho, pueden ser abatibles de una o doble hoja, plegables a los lados o corredizas. No deben obstaculizar la visibilidad del conductor a través del retrovisor.

1.1.2.2 Posición y número de puertas

En la tabla 1.1 se indica la posición y número de puertas que de los buses urbanos y minibuses urbanos

Tabla 1.1 Puertas de servicio

Tipo	Numero de puertas de servicio	Ubicación puerta delantera	Ubicación puertas(s) posteriores
Minibus urbano	1	Entre ejes	
	2	Delante del eje frontal	Entre ejes o detrás del eje posterior
Bus Urbano	2 o 3 (ver nota2)	Delante del eje frontal	Una puerta posterior: entre ejes (ver nota 3) Dos puertas posteriores: una entre ejes y otra detrás del eje posterior
NOTA 2. Será obligatorio 3 puertas cuando la capacidad de pasajeros sea mayor a 70.			
NOTA 3. Ubicación obligatoria para los buses que dispongan de 2 puertas en total.			

Fuente:(INEN, Instituto Ecuatoriano de normalización, año 2010,
<http://www.inen.gob.ec/>)

- Las áreas de ingreso y salida deben ser libres y no estar bloqueadas por asientos, asideros intermedios u otros elementos.

- Cuando el vehículo se encuentre detenido, las puertas podrán ser abiertas desde el interior del vehículo. En situaciones de emergencia las puertas serán fácilmente abiertas manualmente desde el exterior o el interior del vehículo.

1.1.2.3 Dimensiones

- Altura de la puerta para mini bus y bus urbano: 2000 mm.
- Ancho libre de la puerta para minibús: 800 mm.
- Ancho libre de la puerta para bus urbano: 900 mm. para puerta delantera y 1000 mm. para segunda y tercera puerta.

1.1.2.4 Materiales.

Acero o aluminio combinado con vidrio de seguridad para uso automotor.

1.1.2.5 Controles.

Los controles para las puertas delantera y trasera serán accionados desde el lugar del conductor, a través de sistemas manuales (mecánicos) y/o servo mecánicos (hidráulico, neumático, eléctrico, etc.).

1.1.2.6 Protecciones

Los bordes libres de las puertas dispondrán de bandas elásticas flexibles para cada hoja abatible, para un cierre hermético sin causar rozamiento entre hojas y sin que puedan producir daños a las manos o dedos de los usuarios.

1.2 Entrada y salida de pasajeros

En el literal 5.1.2.5 de la norma se lista especificaciones importantes y esenciales para el diseño del dispositivo de accesibilidad las mismas que se puntualizan a continuación:

1.2.1 Peldaños.

La estructura de soporte de los peldaños tiene que conformar una caja de gran resistencia, el número máximo de peldaños será de tres con las siguientes dimensiones:

- Contrahuella de los peldaños interiores: máximo 220 mm.
- Huella en el primer peldaño: mínimo 300 mm.
- Huella en los peldaños interiores: mínimo 250 mm.

1.2.2 Estribo.

Escalón para subir o bajar de un vehículo, la altura máxima del estribo desde la calzada debe ser 450 mm.

1.2.3 Área para personas en silla de ruedas.

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.

- Las dimensiones mínimas libres deben ser de 1 200 mm de ancho.
- Los espacios destinados en el interior del vehículo, deben contar con la señalización vertical respectiva, de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 2 240, que identifica el uso exclusivo de los mismos.

En la figura 1.1 se indica la distribución del área destinada para personas con movilidad reducida dentro de un bus urbano.

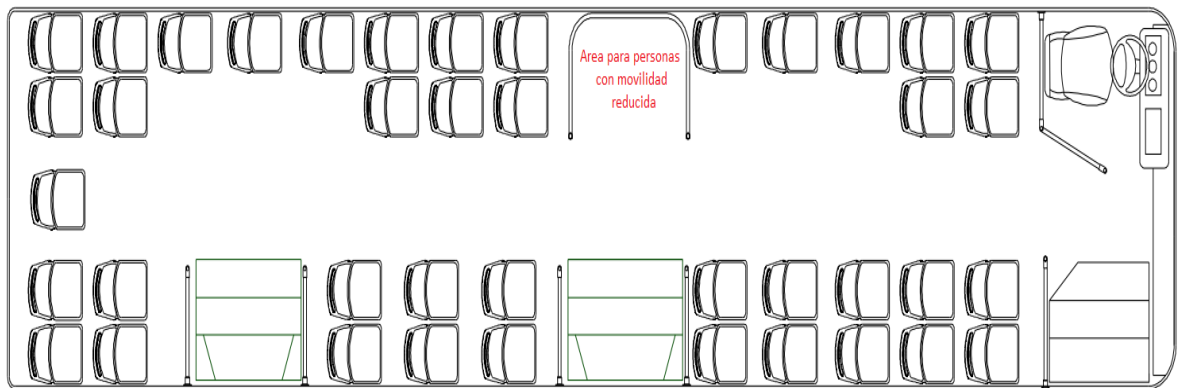


Figura 1.1 Esquemas de referencia sobre la distribución de asientos en un bus urbano

Fuente: <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/2205.pdf>

1.3 Diseño del dispositivo

En la figura 1.2 se detallan los principales elementos que constituirá el dispositivo de accesibilidad.

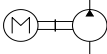
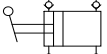
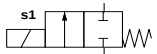
Simbología de los principales elementos que constituirá el dispositivo de accesibilidad.				
				
Cilindros de elevación hidráulicos	Unidad Hidráulica	Palanca de la bomba auxiliar manual	Válvulas Hidráulicas	Depósito de fluido

Figura 1.2 Simbología de los principales elementos que constituirá el dispositivo de accesibilidad.

Fuente: Los Autores

1.3.1 Cilindros de elevación hidráulicos

Cilindros telescópicos que convierten la presión hidráulica en fuerza de elevación de la plataforma.

“Un cilindro hidráulico es un componente que convierte la potencia de fluido en fuerza mecánica y movimiento lineal. Usualmente consiste de un elemento movable, como un pistón, un vástago, etc., actuando dentro de un cilindro”. (Educando para el futuro, Hidráulica, 2010).

1.3.2 Unidad hidráulica

Está conformado por una bomba accionada por un motor eléctrico la cual produce presión hidráulica que acciona al cilindro para levantar y plegar el elevador, a la vez contiene una válvula para liberar la presión del sistema y permitir que el elevador baje.

1.3.3 Palanca de la bomba auxiliar manual

Se usa para accionar la bomba de apoyo manual cuando no se dispone de energía eléctrica

1.3.4 Plataforma con eje de pivote y roll stop

La plataforma es el lugar en donde se colocará la persona en silla de ruedas para ingresar al autobús debe ser construido de material resistente y liviano, generalmente se los construye de malla metálica, también se los recubre con material antideslizante, debe contener una barrera de protección llamada roll stop para evitar que el pasajero ruede hacia atrás o caiga de la plataforma.

1.3.5 Brazos de elevación

Es el mecanismo que se encarga de levantar la plataforma mediante la fuerza generada por los cilindros hidráulicos, consta de un punto de giro de manera que pivote junto con la plataforma elevadora.

1.3.6 Válvulas hidráulicas

Conjunto de elementos que reciben alimentación hidráulica de una bomba, su función es permitir o impedir presión de aceite cuando lo requiera para desplazar un mecanismo.

Son utilizadas para:

- Limitar la presión máxima de un sistema.
- Regular la presión reducida en ciertos circuitos.
- Evitar sobrecargas en la bomba.
- Absorber picos de presión.

Se dividen en:

- Acción directa
- Pilotadas

1.3.7 Depósito de fluido

Lugar para almacenar el aceite del circuito hidráulico.

1.3.8 Cañerías de presión hidráulica

Conducto para alimentar el circuito hidráulico.

1.4 Características mecánicas del dispositivo

En el numeral 5.1.2.7 de la norma en mención se establece los requisitos que debe cumplir el elevador del dispositivo de accesibilidad, siendo estos los siguientes:

1.4.1 Requisitos mecánicos del elevador

- Capacidad de elevación. La capacidad mínima de elevación del elevador deberá ser de 1960 N. Queda excluido el peso del acompañante, plataforma y elementos desplazables con la misma.
- Como medida de seguridad es imprescindible tener en cuenta que a cualquier accionamiento en los mandos corresponde una respuesta inmediata en la maniobra.
- 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.

1.4.2 Protecciones del elevador

- La plataforma debe estar provista de protecciones que eviten que la silla de ruedas salga de la misma por sí sola.
- Barrera de protección. En el flanco de acceso a la plataforma desde el exterior, debe colocarse una protección abatible.
- Accionamiento de la barrera de protección. Esta protección deberá accionarse automáticamente al perderse el contacto en la plataforma y el suelo. También debe accionarse mediante un mando; en este caso su funcionamiento formará parte de un ciclo y la plataforma no deberá continuar su desplazamiento mientras dicha protección no esté activada.
- Barandas. La plataforma en posición de trabajo debe disponer al menos de una baranda lateral, la cual se deberá desplazar solidaria con la plataforma.
- 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.
- Dimensiones de la plataforma. La plataforma deberá tener un ancho útil mínimo de 800 mm y una profundidad útil de 1 000 mm.

- Flexión útil de la plataforma. La plataforma en todo su recorrido no deberá 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 quedará libre de esta particularidad.
- Velocidad de desplazamiento de la plataforma. La velocidad de desplazamiento de la plataforma y partes de la misma no deberá ser superior a 0,22 m/s. En despliegue y repliegue, la velocidad no deberá ser superior a 0,33 m/s.
- Acceso a la plataforma. La plataforma se deberá diseñar de tal forma que permita su acceso por sus dos frentes, tanto hacia adelante como hacia atrás.
- Protecciones. Cualquier parte del elevador deberá estar debidamente protegida para que no pueda lastimar al usuario.
- Resistencia a las vibraciones. Todos los componentes del elevador que estuvieran en tensión deberá estar diseñados de forma que no se aflojen con las vibraciones del vehículo.
- Avisador acústico. Deberá existir una alerta acústica durante el ciclo de funcionamiento de este dispositivo (INEN, Instituto Ecuatoriano de normalización, año 2005, <http://www.inen.gob.ec/>)

1.5 Sistemas existentes.

En la actualidad existen varios tipos de dispositivos de elevación para sillas de ruedas, estos han sido diseñados según la necesidad del vehículo en donde se va a utilizar. Algunos dispositivos se colocan en la parte inferior del chasis, otros son compatibles con la pared lateral del vehículo y otros son autosuficientes y se pueden plegar y desplegar en la puerta del vehículo.

Algunos tipos de estos dispositivos se encuentran generalmente en una serie de patentes asignadas a Ricon Corp, tipificada por la patente US. No. 5.605.431 expedida el 25 de febrero de 1997 o a la empresa Braun Corporation.

Se puede citar algunos tipos de elevadores como son:

1.5.1 Dispositivos que se colocan en la parte inferior del chasis

En la figura 1.3 se indica la ubicación del dispositivo que se acopla bajo la grada del bus, este tipo de elevadores son utilizados en buses de piso bajo.



Figura 1.3 Dispositivo de accesibilidad para bus de piso bajo.

Fuente: (http://www.riconcorp.com/pages/products_motorcoach_mirage_f9t.asp)

1.5.2 Elevadores Swing-A-way

En la figura 1.4 se indica la ubicación del elevador Swing-A-way, el mismo que permite acceder al vehículo en paralelo, la plataforma se extiende según se incorpora en ella.



Figura 1.4 Dispositivo Swing-A-way

Fuente: (<http://www.outlandish.com.ar/Product.aspx?Id=172&FirstParentId=401>)

1.5.3 Ascensores de tipo cadena

En la figura 1.5 se indica el ascensor de tipo cadena, este tipo de ascensores es ideal para lugares reducidos donde no es factible la instalación de una plataforma.



Figura 1.5 Ascensor tipo cadena

Fuente: <http://www.nival.es/homeglideextra.html>

1.5.4 Ascensores tipo paralelogramo

Se basa en un mecanismo de 4 barras, el cual incluye una plataforma móvil para recibir la silla de ruedas, un sistema hidráulico para el accionamiento de la plataforma y una unidad de control que permite generar los movimientos de la estructura. En la figura 1.6 se indica el ascensor de tipo paralelogramo



Figura 1.6 Ascensor tipo paralelogramo

Fuente: <http://www.kersey-mobility.com/mobility-products/wheelchair-lifts.php>

1.6 Selección de tipo de elevador.

La selección del tipo de elevador se fundamenta en 2 puntos principales:

- Requisitos de construcción indicados en la norma NTE INEN 2205 y el reglamento RTE INEN 038 tanto para los buses urbanos como para la plataforma elevadora.
- Accesibilidad y costos de los componentes y materiales de construcción del dispositivo.

En base a los 2 puntos detallados anteriormente, se ha seleccionado el esquema de los elevadores de tipo paralelogramo.

Este tipo de elevador está basado en un mecanismo de 4 barras o cuadrilátero articulado. El concepto de mecanismo de 4 barras dice que es un sistema formado por 3 barras móviles y una cuarta fija, unidas mediante nudos articulados, las barras móviles están unidas a la barra fija mediante pivotes. Las barras que constan en este mecanismo cumplen las siguientes funciones:

- Barra que proporciona el movimiento al mecanismo
- Barra que recibe el movimiento
- Barra superior
- Barra imaginaria que vincula la unión de la revoluta de la barra que proporciona el movimiento al mecanismo con la unión de revoluta con la barra que recibe el movimiento.

Para analizar el movimiento que hará el mecanismo de cuatro barras, se utiliza la ley de Grashof, la misma que dice lo siguiente: “para que exista un mecanismo continuo entre las barras la suma de la barra más corta y la barra más larga no puede ser mayor que la suma de las barras restantes”

En la figura 1.7 se indica los diferentes tipos de movimientos que producen los mecanismos de cuatro barras.

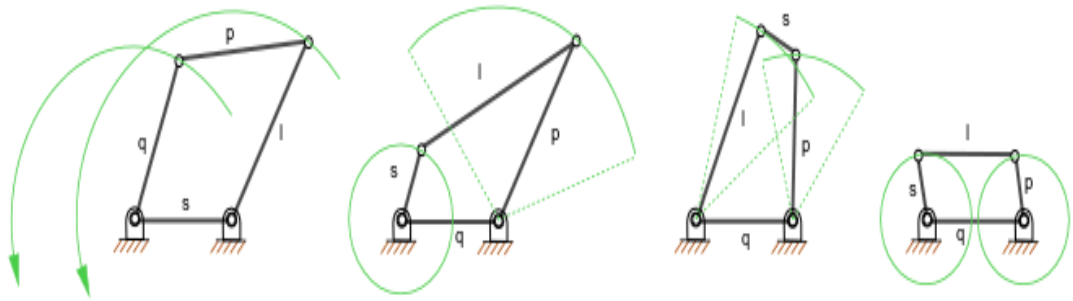


Figura 1.7 Mecanismos de 4 barras

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Mecanismo_de_cuatro_barras

Para el análisis de diseño se ha basado en los elevadores de tipo paralelogramo en el que se ha analizado lo siguiente

En este caso se necesita un movimiento continuo del mecanismo de 4 barras, para evitar trabas durante el desplazamiento del dispositivo hasta el suelo, el mismo que se desplazara en un máximo de 110 grados.

La estructura de paralelogramo permite a la plataforma ir del nivel del suelo en una forma horizontal oscilar un arco de 90 grados para llegar a su posición vertical de almacenamiento. El diseño permite al pasajero ir del nivel del suelo al interior del bus de una manera fija segura y eficiente. La estructura de paralelogramo está constituida por dos partes principales como indica la figura 1.8

La una está situada a cada lado de la plataforma tras el accionamiento hidráulico pueden abrir o plegar según el movimiento indicado.

En la segunda estructura está en acoplamiento deslizante con la estructura indicada anteriormente, esta facilita la estiba y otras orientaciones de accionamiento de la plataforma.

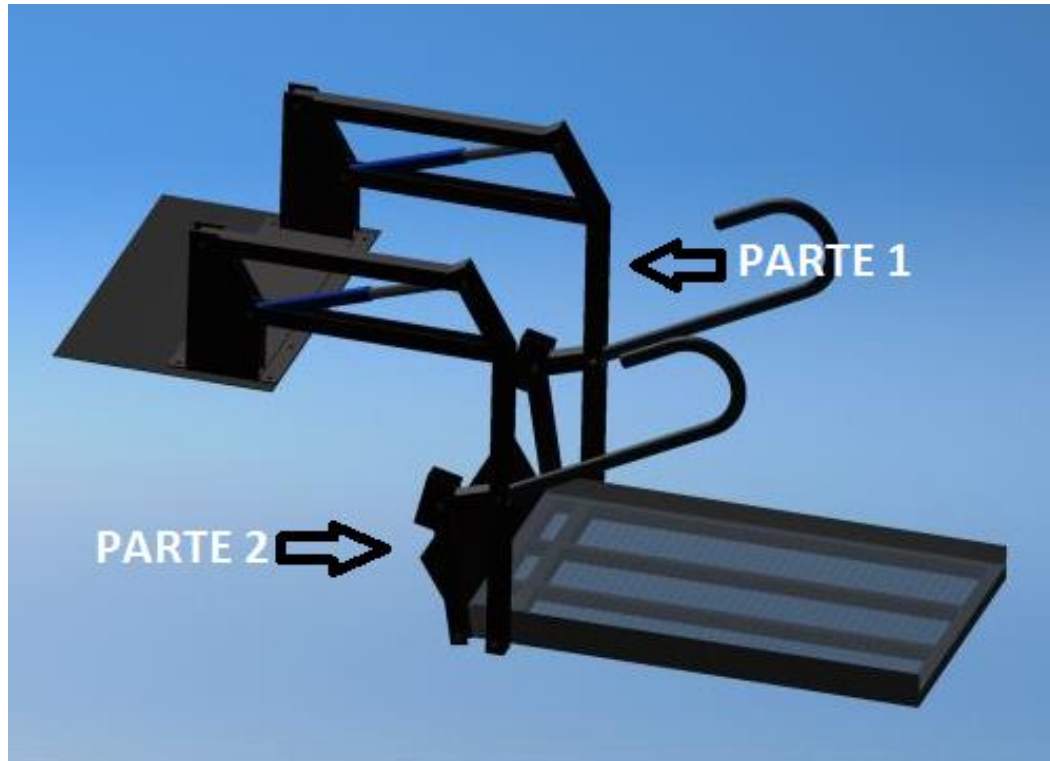


Figura 1.8 Dispositivo de accesibilidad

Fuente: Los Autores

Movimientos de la plataforma

En la figura 1.9 se indican los diferentes movimientos que realizan el dispositivo durante un ciclo de funcionamiento:

1. Plataforma en la calzada
2. Ascenso de la plataforma al piso del bus
3. Plataforma en el piso del bus
4. Plataforma en el piso del bus
5. Repliegue de la plataforma
6. Plataforma replegada

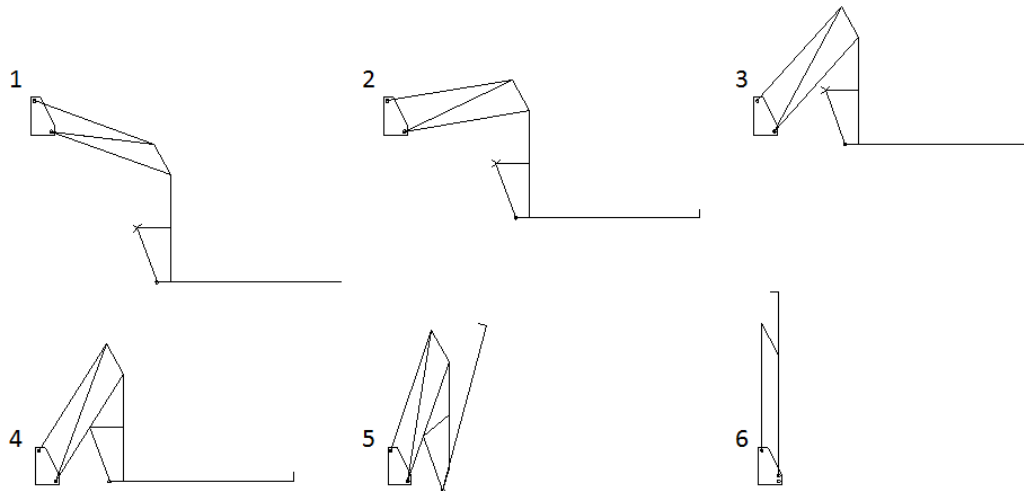


Figura 1.9 Movimientos de la plataforma

Fuente: Los Autores

Cuando el sistema hidráulico se acciona resultando la elevación de la plataforma existe un mecanismo de seguridad que cumple dos funciones, la una es de evitar que la silla ruede fuera de la plataforma, y la otra de puente entre el elevador y el interior del bus, como indica la figura 1.10

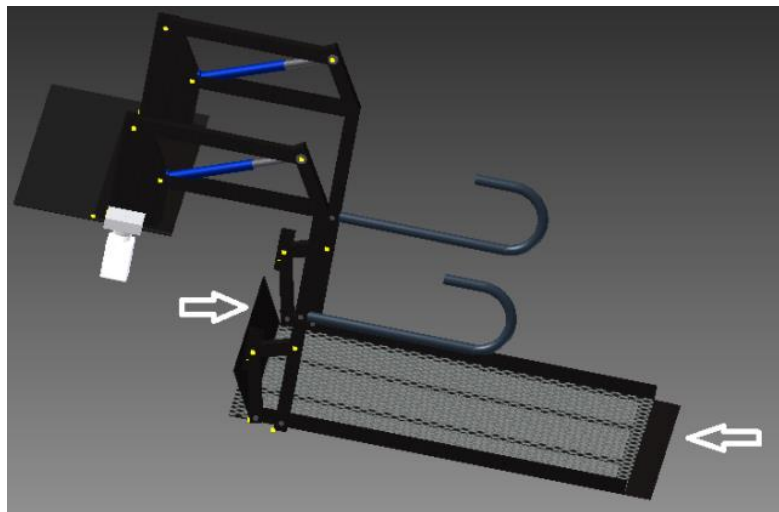


Figura 1.10 Mecanismos de seguridad de la plataforma

Fuente: Los Autores

CAPITULO II

DISEÑO DEL DISPOSITIVO DE ACCESIBILIDAD Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES.

2.1 Análisis de alternativas previo al diseño y construcción del dispositivo de accesibilidad.

Antes de proceder con el diseño del elevador de silla de ruedas, es necesario analizar las alternativas que presentan los buses urbanos, en donde se pueden ubicar los dispositivos de accesibilidad, las cuales son:

- Carrocerías de dos puertas (Figura 2.1)
- Carrocería de tres puertas (Figura 2.2)

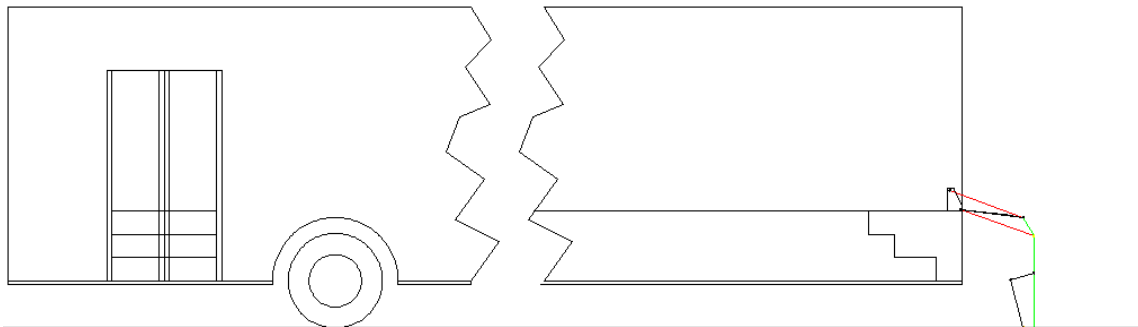


Figura 2.1 Bus con carrocería de 2 puertas.

Fuente: Los Autores

2.1.1 Detalle de funcionamiento de carrocería de dos puertas.

Según la norma INEN 2205, indica que el chasis de bus urbano para piso alto, posee un conjunto de peldaños para acenso y descenso de pasajeros. Las puertas de servicio deben estar ubicadas al lado derecho y pueden ser abatibles hacia el interior del vehículo, de una o doble hoja, plegables a los lados o corredizas. El número máximo de peldaños debe ser de 3 con las siguientes dimensiones.

- Contrahuella de los peldaños interiores máximo 220 mm.
- Huella en el primer peldaño mínimo de 300 mm.
- Huella en los peldaños interiores mínimo de 250 mm.
- Altura del estribo desde la calzada máximo 450 mm.

A continuación se detallan las ventajas y desventajas del uso de la carrocería de dos puertas para el uso y ubicación del dispositivo de accesibilidad.

2.1.1.1 Ventajas.

- No necesita modificaciones en el diseño original de la carrocería.
- Optimiza espacio en el interior del bus

2.1.1.2 Desventajas.

- Costo más elevado
- Diseño más complejo
- Al obstaculizar la entrada y salida de los pasajeros con el dispositivo puede crear inconvenientes a los usuarios.
- Los peldaños impiden un correcto repliegue y despliegue de la plataforma

2.1.2 Detalle de funcionamiento carrocería de tres puertas.

Esta carrocería presenta un acceso exclusivo para personas con movilidad reducida, el diseño de la puerta de entrada y salida de pasajeros mantiene las medidas originales que indica la norma INEN 2205. Existirán modificaciones para la instalación del dispositivo, en la que se eliminan los peldaños para el montaje y ensamblaje del dispositivo de accesibilidad.

A continuación se detallan las ventajas y desventajas del uso de la carrocería de tres puertas para el uso y ubicación del dispositivo de accesibilidad.

2.1.2.1 Ventajas.

- Facilidad de ensamblaje dentro del autobús
- Menos costoso
- Facilidad de mantenimiento
- Independiente de otros accesos

- Mayor espacio útil para el acceso de la persona de movilidad reducida.

2.1.2.2 Desventajas.

- Modificación de la carrocería
- Reducción a una sola puerta de salida de pasajeros.

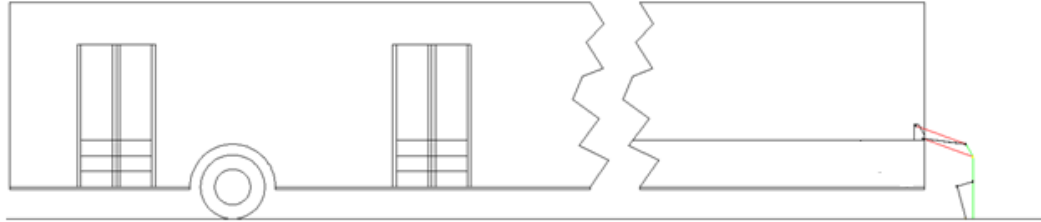


Figura 2.2. Bus urbano con puerta exclusiva para entrada ya salida de pasajeros con movilidad reducida.

Fuente: Los Autores

Partiendo de estas dos alternativas, se escoge la opción que satisfaga mejor la ubicación del mecanismo.

Los puntos que se toman en cuenta para la selección de tipo de carrocería adecuado son los siguientes:

Costos de construcción y ensamble

Se debe seleccionar los materiales más adecuados para el diseño, con el menor costo posible para que el diseño sea asequible.

Proceso de construcción y ensamblaje

Se debe tomar en cuenta los elementos que van a ser utilizados en el diseño de este mecanismo, para que este no sea complejo. Haciendo uso de la tecnología que tenemos a nuestra disposición de forma inmediata.

Mantenimiento

Se debe tomar en cuenta el mantenimiento adecuado que se debe dar al dispositivo cada cierto tiempo, para tener un correcto funcionamiento y evitar daños en el equipo al momento de requerir el uso del mismo.

Funcionalidad

El diseño debe cumplir con todas las funciones para las que fue creada.

2.2. Evaluación de las alternativas.

Se procede a dar una valoración numérica a cada factor que se detalló anteriormente, para posterior a esto escoger la mejor alternativa que será la que reúne el puntaje más alto.

Para esto se utiliza la representación de datos en un gráfico radial como se detalla a continuación.

2.2.1 Calificación de alternativas.

En las tablas 2.1 y 2.2 se indican la puntuación asignada a cada tipo de carrocería según los parámetros establecidos

Tabla 2.1 Clasificación de alternativas para carrocería de 2 puertas

Parámetros de puntuación	Puntaje asignado	Costo	Facilidad de construcción y ensamblaje	Simplicidad en proceso de mantenimiento	Funcionalidad
Alto	6				X
medio	4		X		
Bajo	2	X		X	

Fuente: Los Autores

Tabla 2.2 Clasificación de alternativas para carrocería de 3 puertas

Parámetros de puntuación	Puntaje asignado	Costo	Facilidad de construcción y ensamblaje	Simplicidad en proceso de mantenimiento	Funcionalidad
Alto	6		X	X	X
medio	4	X			
Bajo	2				

Fuente: Los Autores

En las figuras 2.3 y 2.4 se emplean gráficos radiales donde se muestran las variables dominantes que permiten escoger la mejor alternativa.

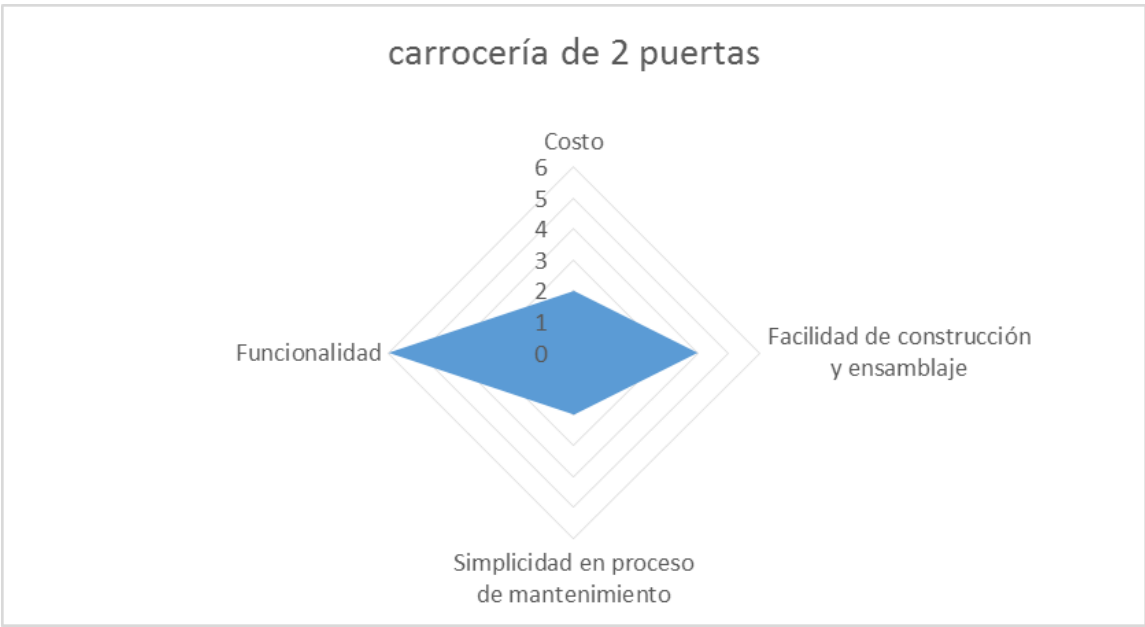


Figura 2.3. Grafico radial carrocerías 2 puertas

Fuente: Los Autores

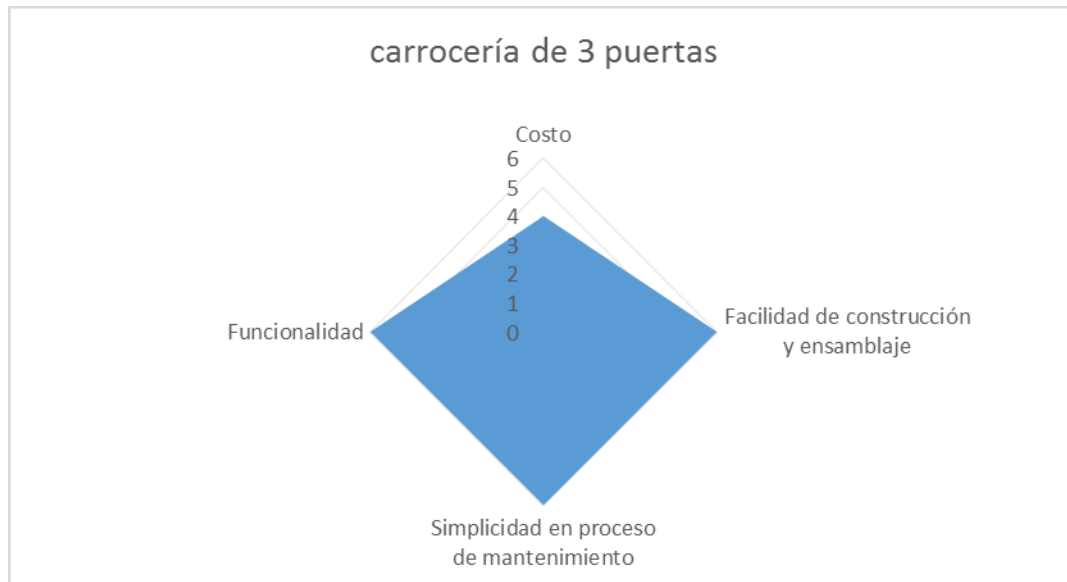


Figura 2.4. Grafico radial carrocería 3 puertas

Fuente: Los Autores

De acuerdo a los gráficos anteriores, se obtiene que la utilización de una puerta exclusiva para personas con movilidad reducida es más viable. Razón por la cual se ha elegido implementar el dispositivo de accesibilidad en este sistema.

2.3 Parámetros de diseño.

Calculo de medidas de diseño según requisitos de la norma INEN 2205

A continuación se detallan las medidas principales que exige la norma INEN 2205, para el diseño de la plataforma elevadora:

- Altura de la calzada hasta el piso del interior del bus 1110 mm
(Altura máxima del estribo desde la calzada igual a 450 mm)
(Contrahuella de los peldaños interiores igual a 220 mm, máximo 3 peldaños)
- Capacidad de elevación 200 kg, queda excluido el peso de la persona, plataforma y elementos desplazables.
- Ancho útil de la plataforma 800 mm
- Profundidad útil 1000 mm

- Flexión máxima 3 grados incluido el peso máximo
- Velocidad máxima de desplazamiento despliegue 0,22 m/s y repliegue 0,33 m/s

En base a estas medidas se procede a realizar el diseño del dispositivo de accesibilidad.

El elevador debe transportar a una persona en silla de ruedas desde la calzada hasta el piso del interior del bus una altura de 1110 mm, en base a esta referencia se procede a diseñar la medida de los brazos como se indica en la figura 2.5

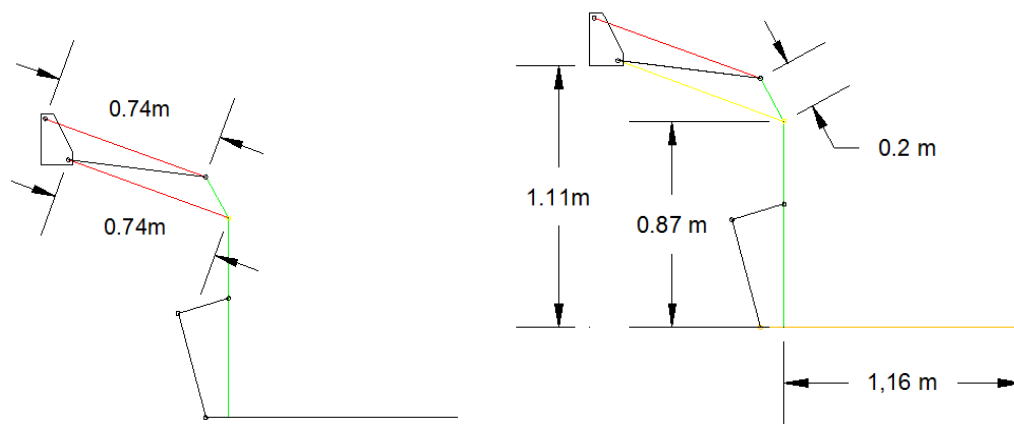


Figura 2.5. Medidas del mecanismo según norma 2205

Fuente: Los Autores

2.4 Diseño mecánico

En esta sección se procede con el diseño mecánico del dispositivo, en el cual se toma en cuenta los factores determinantes en la construcción de este proyecto

En la mayoría de elementos diseñados en este proyecto se utiliza material de acero A36, ya que este tipo de acero es económico y comercial

Las propiedades y aplicaciones de este acero se indican en la tabla 2.3

Tabla 2.3 Aplicaciones y propiedades mecánicas del acero A36.

Aplicaciones	Propiedades Mecánicas
Industria Automotriz	Resistencia a la fluencia S_y : 250MPA
Plataformas	Resistencia a la tensión S_{ut} : 400mpa
Estructuras	Módulo de elasticidad (E) = 207 GPA
Tanques	
Tuberías, etc.	

Fuente: Los Autores

En el presente diseño, se utiliza las formulas concernientes a las cargas estáticas en lo que respecta a: esfuerzos axiales, cortantes y flexionantes; y así obtener un factor de seguridad que cumpla con los requerimientos del dispositivo.

La carga máxima del elevador está dada por la norma INEN 2205, esta carga máxima se dividirá para los 2 grupos de brazos de accionamiento que sostienen y proporcionan el movimiento a la plataforma elevadora.

2.4.1 Cálculo de esfuerzos y fallas resultantes de carga estática de la estructura

El procedimiento de cálculos se realiza de la siguiente forma

- Diseño de la plataforma
- Diseño de los brazos de elevación
- Diseño de los pasadores
- Diseño de los pernos

En la figura 2.6 se procede a dar nomenclaturas a cada punto de union de los brazos de la estructura para que sean puntos de referencia en los calculos.

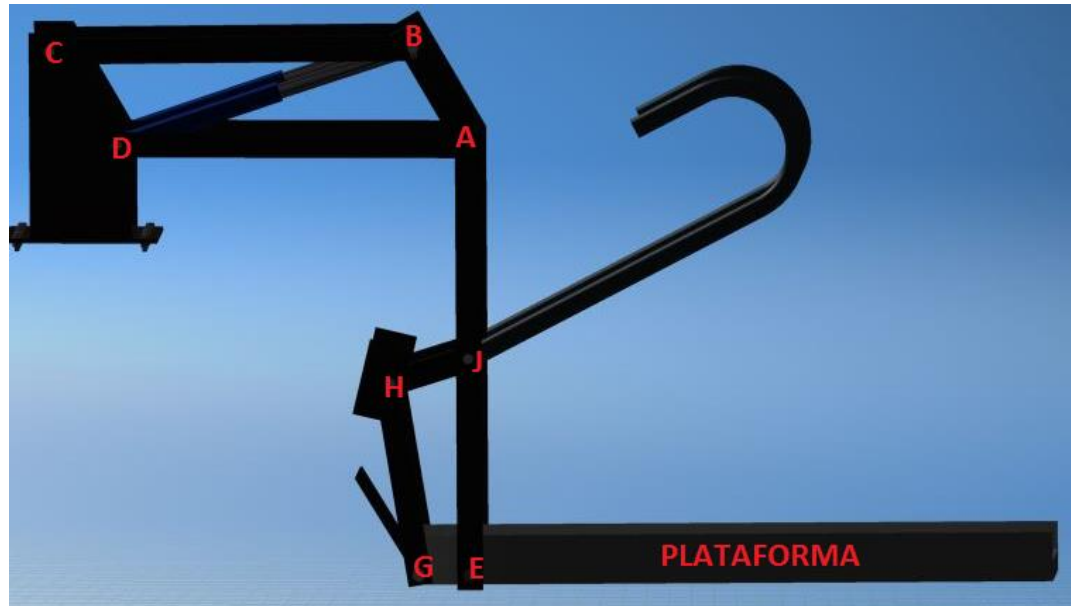


Figura 2.6. Puntos de referencia de la estructura

Fuente: Los Autores

2.4.1.1 Diseño de la plataforma

Se aplica las cargas que requiere la norma INEN 2205, tanto en cargas admisibles y dimensiones de la estructura.

Calculo de la carga total que actua sobre la plataforma.

$$F = \frac{W_t + W_m}{2} \quad (2.1)$$

Donde:

F = Carga total que actua sobre la plataforma (N)

Wt = Carga maxima según norma INEN 2205 (N)

W_m = Peso de la plataforma y elementos móviles (N)

$$F = \frac{1960 + 460.6}{2} = 1210.3 \text{ N}$$

En la figura 2.7 se indica la fuerza máxima que se ejerce sobre la plataforma es de 2.4 KN, al ser vigas empotradas en ambos extremos el momento máximo ocurre cuando esta fuerza se aplica en la mitad de la viga

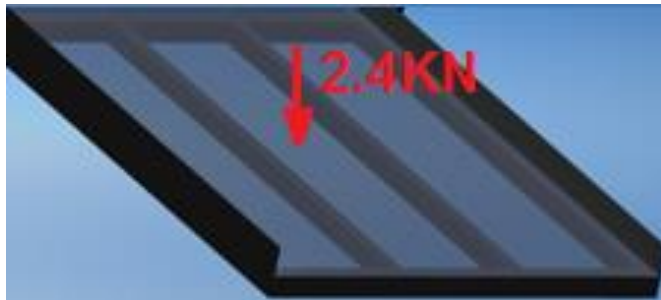


Figura 2.7. Fuerza máxima ejercida sobre la plataforma

Fuente Los Autores

En la figura 2.8 se indican la ubicación de las reacciones y los momentos flectores producidos por la fuerza de 1.2 KN en la plataforma

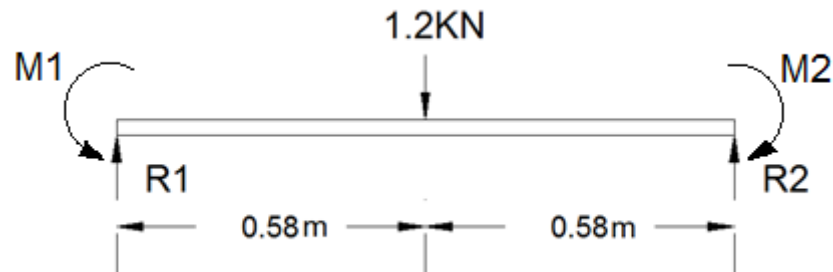


Figura 2.8. Reacciones en la plataforma

Fuente: Los Autores

Se procede a calcular las reacciones en la plataforma mediante la sumatorias de fuerzas en el eje vertical y sumatorias de momentos

$$R1 = R2 = \frac{F}{2} \quad (2.2)$$

Donde:

R1 = Reacción que actúa en el extremo izquierdo de la plataforma (KN)

R2 = Reacción que actúa en el extremo derecho de la plataforma (KN)

F = Carga total que actúa sobre la plataforma (KN)

$$R1 = R2 = \frac{1.2KN}{2}$$

$$R1 = R2 = 0.6KN$$

Calculo de momento flexionante máximo sobre la plataforma

$$M = \frac{F * L}{8} \quad (2.3)$$

Donde:

M1 = Momento que actúa en el extremo izquierdo de la plataforma (KNm)

M2 = Momento que actúa en el extremo derecho de la plataforma (KNm)

F = Carga total que actúa sobre la plataforma (KN)

L = Longitud de la viga que soporta a la plataforma (m)

$$M1 = M2 = \frac{1.2KN * 1.16m}{8}$$

$$M1 = M2 = 0.174KNm$$

Cálculo de momentos de inercia en la plataforma

Se procede a obtener el momento de inercia del tubo cuadrado según las medidas establecidas en la figura 2.9

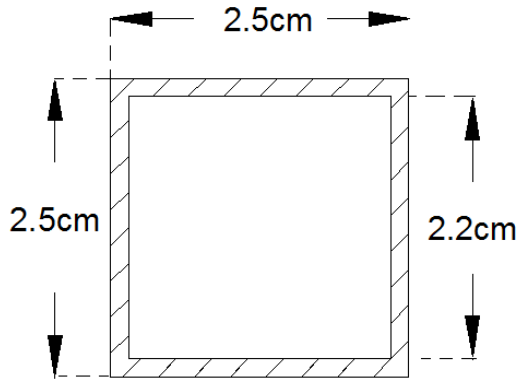


Figura 2.9. Sección de barra de sujeción de la plataforma

Fuente: Los Autores

$$I_x = \left(\frac{b_1 * h_1^3}{12} \right) - \left(\frac{b_2 * h_2^3}{12} \right) \quad (2.4)$$

Donde:

I_x = Momento de inercia de la viga que soporta a la plataforma (mm^4)

b = Base de viga (mm)

h = Altura de viga (mm)

$$I_x = \left(\frac{25\text{mm} * (25\text{mm})^3}{12} \right) - \left(\frac{22\text{mm} * (22\text{mm})^3}{12} \right)$$

$$I_x = 13030.75\text{mm}^4 = 1.33075\text{E} - 8\text{m}^4$$

Calculo de esfuerzo flexionante de las vigas de la plataforma

$$\sigma_{\text{Flex}} = \frac{M_{\text{max}} * Y}{I_{x1}} \quad (2.5)$$

Donde:

σ_{Flex} = Esfuerzo flexionante de la viga de la plataforma (KN/m²)

M_{max} = Momento máximo que actúa en la plataforma (KNm)

I_{x1} = Momento de inercia de la viga que soporta a la plataforma (m⁴)

$$\sigma_{\text{Flex}} = \frac{0.174\text{KN} * 0.0125\text{m}}{1.33075\text{E} - 8\text{m}^4}$$

$$\sigma_{\text{Flex}} = 163441.66\text{KN/m}^2 = 167.3\text{N/m}^2$$

$$\sigma_{\text{Flex}} = 167.3\text{Mpa}$$

Calculo de factor de seguridad por flexión en las vigas de la plataforma

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{\text{Flex}}} \quad (2.6)$$

Donde:

n = factor de seguridad por flexión en las vigas de la plataforma

S_y = Resistencia a la fluencia del acero A500 Tipo C

σ_{Flex} = Esfuerzo flexionante de la viga de la plataforma (Mpa)

$$n = \frac{351\text{Mpa}}{167.3\text{Mpa}}$$

$$n = 2.09$$

Deformación de la plataforma

$$Y_{\max} = \frac{F * l^3}{192 * E * I} \quad (2.7)$$

Donde:

$Y_{\max}$ = Deformación de la plataforma (m)

F = Carga total que actúa sobre la plataforma (N)

l = Longitud de la plataforma (m)

E = Modulo de elasticidad del acero (Pa)

I = Momento de inercia de la viga que soporta a la plataforma (m⁴)

$$Y_{\max} = \frac{1200N(1.16m)^3}{(192)(207E9Pa)(1.33E - 8m^4)}$$

$$Y_{\max} = 3.64E - 3m = 3.64mm$$

Comprobación de la flexión máxima de la plataforma

Luego de haber obtenidos los resultados de los cálculos realizados anteriormente, se ha analizado en un software de elementos finitos, la estructura tal como se ha diseñado, llegando a la conclusión que la esta soporta las cargas establecidas por la norma INEN 2205, como indica la siguiente figura 2.10.

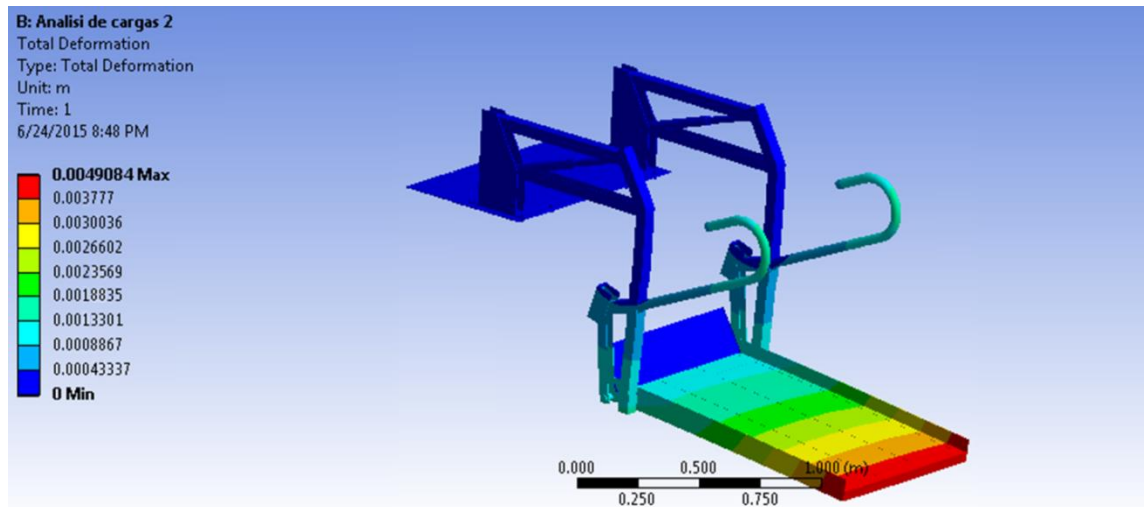


Figura 2.10. Calculo de flexión máxima en software de elementos finitos

Fuente: Los Autores

2.4.1.2 Diseño de la soldadura en las vigas de la plataforma

Se calcula el factor de seguridad de la soldadura del tubo cuadro que conforma la plataforma

En la figura 2.11 se detallan las propiedades flexionantes de la soldadura

$$A = 1.414h(b + d)$$

$$\bar{x} = b/2$$

$$\bar{y} = d/2$$

$$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$$

Figura 2.11. Propiedades flexionantes de las soldaduras

Fuente: Diseño de ingeniería mecanica de Shigley tabla 9-2

Calculo de soldadura en las vigas de la plataforma con electrodo 6010

$$A = 1.414 (h)(b + d) \quad (2.8)$$

Donde:

A = Área de garganta de soldadura (m^2)

b = Base de tubo (m)

d = Altura de tubo (m)

$$A = 1.414 (6E - 3m)(0.025m + 0.025m)$$

$$A = 4.242E - 4m^2$$

$$I_u = \frac{d^2}{6} (3b + d) \quad (2.9)$$

Donde:

I_u = Momento de inercia unitario de la viga que soporta a la plataforma (m^3)

b = Base de tubo (m)

d = Altura de tubo (m)

$$I_u = \frac{(0.025m)^2}{6} (3 * 0.025m + 0.025m)$$

$$I_u = 1.0416E - 5m^3$$

$$I = 0.707h * I_u \quad (2.10)$$

Donde:

I = Segundo momento unitario de área de la viga que soporta a la plataforma (m^4)

h = Garganta de soldadura (m)

$$I = (0.707)(6E - 3m)(1.0416E - 5m^3)$$

$$I = 4.4184 \text{ E} - 8 \text{ m}^4$$

Calculo del esfuerzo cortante primario

$$T' = \frac{F}{A} \quad (2.11)$$

Donde:

T' = Esfuerzo cortante primario de soldadura en las vigas de la plataforma (N/m^2)

A = Área de garganta de soldadura (m^2)

$$T' = \frac{1200\text{N}}{4.242\text{E} - 4\text{m}^2}$$

$$T' = 2.828\text{Mpa}$$

Calculo de la distancia (r) desde el centroide del grupo de soldaduras, hasta el punto en la soldadura de interés

$$r = \frac{d}{2} \quad (2.12)$$

Donde:

d = altura del tubo (m)

$$T'' = \frac{Mr}{I} \quad (2.13)$$

Donde:

T'' = Esfuerzo cortante secundario de soldadura en las vigas de la plataforma (N/m^2)

$$T'' = \frac{(174\text{Nm})(0.0125\text{m})}{4.4184 \text{ E} - 8\text{m}^4}$$

$$T'' = 49225964.15\text{N/m}^2 = 49.22\text{Mpa}$$

$$T_R = \sqrt{(T')^2 + (T'')^2} \quad (2.14)$$

Donde:

TR = Esfuerzo cortante total de soldadura en las vigas de la plataforma (Mpa)

$$TR = \sqrt{(2.828\text{Mpa})^2 + (49.22\text{Mpa})^2}$$

$$TR = 49.30\text{Mpa}$$

Calculo del factor de seguridad de la soldadura

$$n = \frac{0.577S_{ut}}{TR} \quad (2.15)$$

Donde:

n = Factor de seguridad a esfuerzo cortante de la soldadura en las vigas de la plataforma

$$n = \frac{0.577 * 427\text{Mpa}}{49.30\text{Mpa}} = 4.99$$

2.4.1.3 Diseño de los brazos de elevacion

Para el diseño de los brazos de soporte y elevacion se procede a realizar el analisis estatico y dinamico de cada uno de ellos.

En la figura 2.12 se indican los diferentes brazos que conforman el dispositivo de accesibilidad, los cálculos se realizan en cada uno de los brazos según las reacciones obtenidas

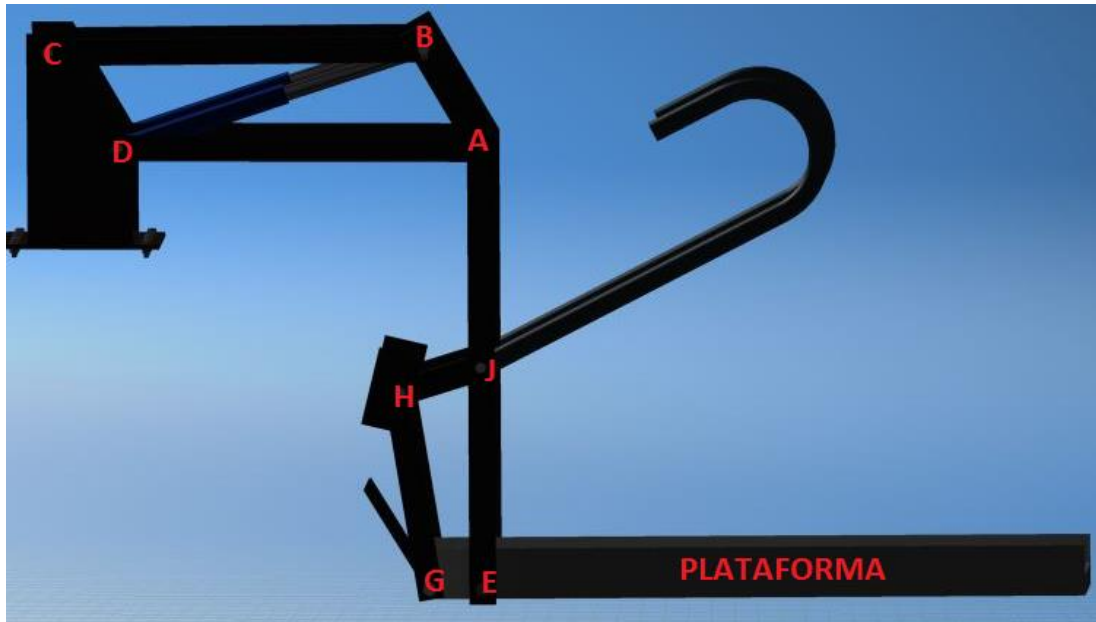


Figura 2.12. Brazos de elevación

Fuente: Los Autores

Cálculo de reacciones en los brazos de elevación

Se procede a calcular las reacciones que se producen en los brazos de elevación, a consecuencia del peso sometido en la plataforma

En la figura 2.13 se indica la ubicación de las reacciones que actúan sobre los brazos de elevación

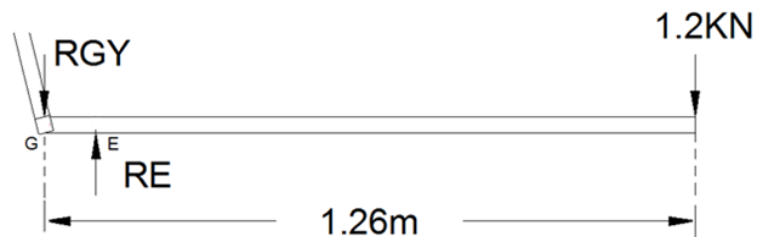


Figura 2.13. Reacciones producidas por el peso en la plataforma

Fuente: Los Autores

Cálculo de las reacciones producidas por el peso en la plataforma

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_E - R_{GY} - 1.2\text{KN} = 0 \quad (2.16)$$

Donde:

R_E = Reacción en el punto E (KN)

R_{GY} = Reacción vertical en el punto G (KN)

$$\sum M_E = 0$$

$$-1.16\text{m} * W_t + 0.1\text{m} * R_{GY} = 0 \quad (2.17)$$

Donde:

W_t = Fuerza puntual ejercida sobre la plataforma (KN)

R_{GY} = Reacción vertical en el punto G (KN)

$$-1.16\text{m} * 1.2\text{KN} + 0.1\text{m} * R_{GY} = 0$$

$$R_{GY} = 13.92\text{KN}$$

Remplazamos R_{GY} en la ecuación (2.16) y obtenemos R_E

$$R_E = 1.21\text{KN} + R_{GY}$$

$$R_E = 15.13\text{KN}$$

Análisis de esfuerzos en el punto “G”

En la figura 2.14 se indican las componentes de la reacción RGY según el ángulo de inclinación del brazo G-H

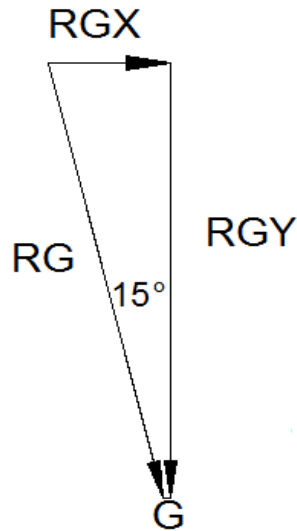


Figura 2.14. Componentes de la reacción RGY, según el ángulo de inclinación del brazo G-H

Fuente: Los Autores

Calculo de reacción RGY según el ángulo de inclinación del brazo G-H

$$\cos 15^\circ = \frac{RGY}{RG} \quad (2.18)$$

Donde:

RGY = Reacción vertical en el punto G (KN)

RG = Reacción paralela al brazo G-H (KN)

$$RG = \frac{13.92KN}{\cos 15^\circ}$$

$$RG = 14.41\text{KN}$$

$$\sin 15^\circ = \frac{RGX}{RG} \quad (2.19)$$

Donde:

RGX = Reacción horizontal en el punto G (KN)

RG = Reacción paralela al brazo G-H

$$RGX = 14.41\text{KN} \sin 15^\circ$$

$$RGX = 3.72\text{KN}$$

2.4.1.3.1 Diseño brazo G – H

Se realiza los cálculos de los esfuerzos que actúan en el brazo G-H

En la figura 2.15 se indica la longitud del brazo G-H y la fuerza axial que actúan en el mismo

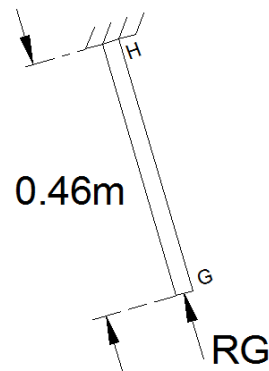


Figura 2.15. Brazo G-H

Fuente: Los Autores

Cálculo de esfuerzos que actúan en el brazo G-H

En la figura 2.16 se indica la sección de la viga rectangular cuadrada G-H. Al ser una figura compuesta se procede a obtener el momento de inercia de la siguiente forma:

- Se calcula el área total de la figura compuesta
- Se divide a la figura compuesta en 2 rectángulos (1 y 2)
- Se suman los momentos de estas áreas respecto al borde superior
- Se calcula el segundo momento de área de cada rectángulo respecto a su propio eje centroidal
- Se calcula las distancias (d_1 y d_2), son las distancias desde el eje centroidal de la figura compuesta al eje centroidal de cada rectángulo
- Se emplea el teorema de los ejes paralelos para obtener el segundo momento de área de la figura compuesta, respecto a su eje centroidal

En la figura 2.16 se indica la sección en la viga G-H

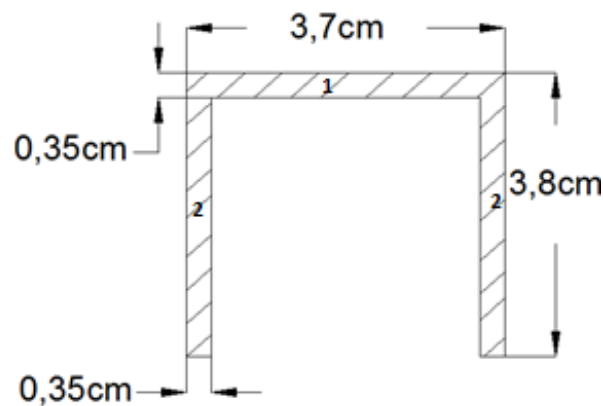


Figura 2.16 Sección en la viga G-H

Fuente: Los Autores

Cálculo del área de la sección de la viga

$$A = (b_1 * h_1) + 2(b_2 * h_2) \quad (2.20)$$

Donde:

A = Área de sección de la viga G-H (cm²)

b₁= Base del rectángulo 1 (cm)

h₁= altura del rectángulo 1 (cm)

b₂= Base del rectángulo 2 (cm)

h₂= altura del rectángulo 2 (cm)

$$A = (3.7\text{cm} * 0.35\text{cm}) + 2[(3.8\text{cm} - 0.35\text{cm}) (0.35\text{cm})]$$

$$A = 3.71 \text{ cm}^2$$

Sumatoria de momentos de áreas compuestas respecto a la fibra superior

$$A * C_1 = b_1 * h_1 * y_1 + 2(b_2 * h_2 * y_2) \quad (2.21)$$

Donde:

C₁ = distancia del centroide de la sección compuesta a la fibra superior (cm)

y₁ = distancia del eje neutro del rectángulo 1 a la fibra superior (cm)

y₂ = distancia del eje neutro del rectángulo 2 a la fibra superior (cm)

$$3.71\text{cm}^2 * C_1 = 3.7\text{cm} * 0.35\text{cm} * 0.175\text{cm} + 2(0.35\text{cm} * 3.45\text{cm} * 2.075\text{cm})$$

$$C_1 = 1.54\text{cm}$$

Restamos la altura (h) del rectángulo 2 menos la distancia C₁ para obtener la distancia C₂, esta es la distancia del centroide de la sección compuesta a la fibra inferior

$$C_2 = 2.26\text{cm}$$

Calculo del segundo momento de área de cada rectángulo respecto a su eje centroidal.

$$I = \frac{b1 * h1^3}{12} \quad (2.22)$$

Donde:

I = Segundo momento de área respecto a su propio eje centroidal

$$I1 = \frac{3.7\text{cm}(0.35\text{cm})^3}{12}$$

$$I2 = 0.0132\text{cm}^4$$

$$I2 = \frac{b2 * h2^3}{12}$$

$$I2 = \frac{0.35\text{cm}(3.45\text{cm})^3}{12}$$

$$I2 = 1.19\text{cm}^4$$

Donde:

I1 = Segundo momento de área del rectángulo 1 respecto a su propio eje centroidal

I2 = Segundo momento de área del rectángulo 2 respecto a su propio eje centroidal

Teorema de ejes paralelos

$$\bar{I}z = I_{cg} + A * d^2 \quad (2.23)$$

Donde:

I_{cg} = Segundo momento de área respecto a su propio eje centroidal (cm⁴)

$\bar{I}z$ = Segundo momento del área respecto de cualquier eje paralelo que este alejado una distancia d. (cm⁴)

Distancia d1 (rectángulo 1)

$$d1 = C1 - 0.175\text{cm} \quad (2.24)$$

$$d1 = 1.235\text{cm}$$

Distancia d2 (rectángulo 2)

$$d2 = C2 - 1.725\text{cm} \quad (2.25)$$

$$d2 = 0.665\text{cm}$$

$$\bar{I}_z = I1 + b1 * h1 * d1^2 + 2(I2 + b2 * h2 * d2^2) \quad (2.26)$$

$$\bar{I}_z = (0.0132\text{cm} + 3.7\text{cm} * 0.35\text{cm}(1.235\text{cm})^2) + 2(1.79\text{cm} + 0.35\text{cm} * 3.45\text{cm}(0.665\text{cm})^2)$$

$$\bar{I}_z = 5.42\text{cm}^4 = 5.42\text{E} - 8\text{m}^4$$

Se procede a calcular el esfuerzo axial (σ_{axial}) que actúa sobre este brazo

$$RG = \text{Fuerza axial} = 14.41\text{KN}$$

$$\sigma_{\text{axial}} = \frac{RG}{A} \quad (2.27)$$

Donde:

σ_{axial} = Esfuerzo axial en el brazo G-H (KN/m^2)

RG = Reacción paralela al brazo G-H (KN)

A = Área de sección del brazo G-H (m^2)

$$\sigma_{\text{axial}} = \frac{14.41\text{KN}}{3.71\text{E} - 4\text{m}^2}$$

$$\sigma_{\text{axial}} = 38.84\text{KN}/\text{m}^2 = 38.84\text{Mpa}$$

Calculo del factor de seguridad a esfuerzo axial del brazo G-H (n)

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{axial}} \quad (2.28)$$

Donde:

n = Factor de seguridad del brazo G-H

S_y = Resistencia a la fluencia del acero A36 (250Mpa)

σ_{axial} = Esfuerzo axial en el brazo G-H

$$n = \frac{250\text{Mpa}}{38.84\text{Mpa}}$$

$$n = 6.43$$

2.4.1.3.2 Diseño brazo H –J

En la figura 2.17 se indica las componentes de las reacciones que actúan en el brazo H-J según el ángulo de inclinación de este brazo

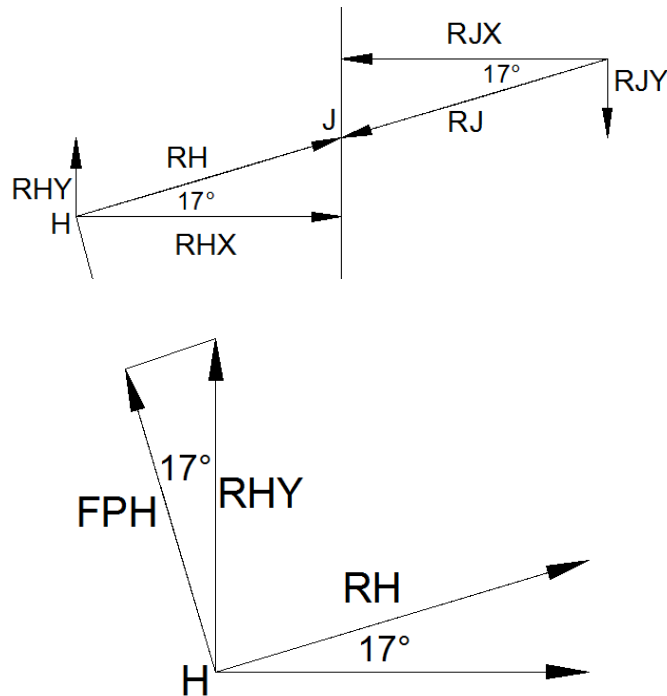


Figura 2.17. Componentes de las reacciones que actúan en el brazo H-J

Fuente: Los Autores

Calculo de las componentes de las reacciones que actúan en el brazo H-J

$$\sum F_x = 0$$

$$RGX - RHX = 0 \quad (2.29)$$

Donde:

RGX = Componente horizontal de la reacción RG (KN)

RHX = Componente horizontal de la reacción RH (KN)

$$3.72\text{KN} - RHX = 0$$

$$RHX = 3.72\text{KN}$$

Cálculo la reacción RH según la inclinación del brazo H-J

$$RH = \frac{RHX}{\cos 17^\circ} \quad (2.30)$$

Donde:

RH = Reacción paralela al brazo H-J (KN)

RHX = Reacción horizontal en el punto H (KN)

$$RH = \frac{3.72\text{KN}}{\cos 17^\circ}$$

$$RH = 3.88\text{KN}$$

Cálculo de la componente vertical (RHY) de la reacción RH según la inclinación del brazo H-J

$$RHY = RHX \tan 17^\circ \quad (2.31)$$

Donde:

RHY = Reacción vertical al brazo H-J (KN)

R_{HX} = Reacción horizontal en el punto H (KN)

$$R_{HY} = 3.88 \text{KN} \tan 17^\circ$$

$$R_{HY} = 1.18 \text{KN}$$

En la figura 2.18 se indica la ubicación de la fuerza perpendicular (FPH) que actúa sobre el brazo H-J, la misma que produce el momento flexionante en este brazo

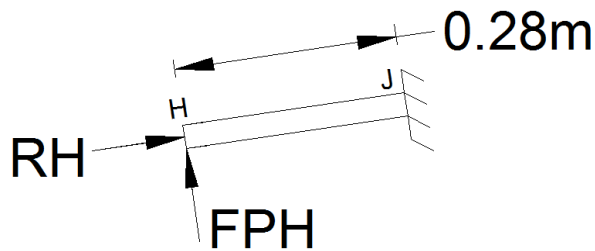


Figura 2.18. Fuerza perpendicular al brazo H-J (FPH)

Fuente: Los Autores

Se calcula fuerza perpendicular al brazo H-J y el momento máximo

$$F_{PH} = R_{HY} \cos 17^\circ \quad (2.32)$$

Donde:

F_{PH} = Fuerza perpendicular al brazo H-J (KN)

R_{HY} = Reacción vertical al brazo H-J (KN)

$$F_{PH} = 1.18 \cos 17^\circ$$

$$F_{PH} = 1.12 \text{ KN}$$

Calculo del Momento Máximo ejercido en el brazo H-J (M_{max})

$$M_{max} = 0.288 \text{m} * F_{PH} \quad (2.33)$$

Donde:

$M_{\max}$ = Momento Máximo ejercido en el brazo H-J (KNm)

F_{PH} = Fuerza perpendicular al brazo H-J (KN)

$$M_{\max} = 0.288\text{m} * 1.12\text{KN}$$

$$M_{\max} = 0.32\text{KNm}$$

En la figura 2.19 se indica la sección del brazo H-J

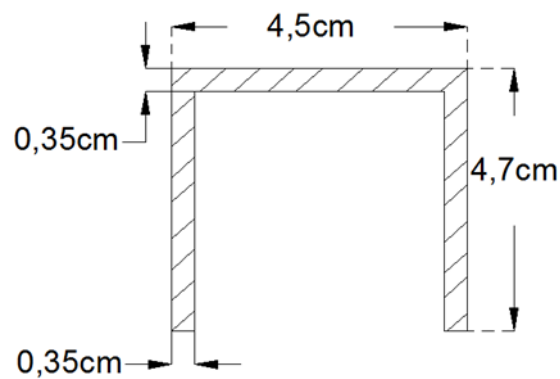


Figura 2.19. Sección del brazo H-J

Fuente: Los Autores

Calculo del segundo momentos de área en el brazo H-J

Área de sección en el brazo H-J

De la ecuación 2.20 se obtiene:

$$A = (b_1 * h_1) + 2(b_2 * h_2)$$

Donde:

A = Área de sección de la viga H-J (cm^2)

b_1 = Base del rectángulo 1 (cm)

h_1 = altura del rectángulo 1 (cm)

b2= Base del rectángulo 2 (cm)

h2= altura del rectángulo 2 (cm)

$$A = (4.5\text{cm} * 0.35\text{cm}) + 2[(4.7\text{cm} - 0.35\text{cm})(0.35)]$$

$$A = 4.35\text{cm}^2$$

Sumatoria de momentos de áreas compuestas respecto a la fibra superior.

De la ecuación 2.21 se obtiene

$$A * C1 = b1 * h1 * y1 + (b2 * h2 * y2)$$

Donde:

C1 = distancia del centroide de la sección compuesta a la fibra superior (cm)

y1 = distancia del eje neutro del rectángulo 1 a la fibra superior (cm)

y2 = distancia del eje neutro del rectángulo 2 a la fibra superior (cm)

$$4.35\text{cm}^2 * C1 = 4.5\text{cm} * 0.35\text{cm} * 0.175\text{cm} + 2(0.35\text{cm} * 3.95\text{cm} * 2.325\text{cm})$$

$$C1 = 1.54\text{cm}$$

Restamos la altura (h) del rectángulo 2 menos la distancia C1 para obtener la distancia C2, esta es la distancia del centroide de la sección compuesta a la fibra inferior

$$C2 = 3.16\text{cm}$$

Calculo de segundo momento de área de cada rectángulo respecto a su eje centroidal.

De la ecuación 2.22 se obtiene:

$$I1 = \frac{b1 * h1^3}{12}$$

Donde:

I = Segundo momento de área respecto a su propio eje centroidal

$$I_1 = \frac{4.5\text{cm}(0.35\text{cm}^3)}{12}$$

$$I_1 = 0.016\text{cm}^4$$

$$I_2 = \frac{b_2 * h_2^3}{12}$$

$$I_2 = \frac{0.35\text{cm}(3.95\text{cm})^3}{12}$$

$$I_2 = 1.79\text{cm}^4$$

Donde:

I_1 = Segundo momento de área del rectángulo 1 respecto a su propio eje centroidal

I_2 = Segundo momento de área del rectángulo 2 respecto a su propio eje centroidal

Teorema de ejes paralelos

De la ecuación 2.23 se obtiene

$$\bar{I} = I_{cg} + A * d^2$$

Donde:

I_{cg} = Segundo momento de área respecto a su propio eje centroidal (cm^4)

$\bar{I}$ = Segundo momento del área respecto de cualquier eje paralelo que este alejado una distancia d . (cm^4)

Distancia d_1 (rectángulo 1)

De la ecuación 2.24 se obtiene:

$$d_1 = C_1 - 0.175\text{cm}$$

$$d1 = 1.54\text{cm} - 0.175\text{cm}$$

$$d1 = 1.365\text{cm}$$

Distancia d2 (rectángulo 2)

De la ecuación 2.25 se obtiene

$$d2 = C2 - 1.98\text{cm}$$

$$d2 = 3.16\text{cm} - 1.98\text{cm}$$

$$d2 = 1.18\text{cm}$$

De la ecuación 2.26 se obtiene

$$\bar{I}_Z = I1 + b1 * h1 * d1^2 + 2(I2 + b2 * h2 * d2^2)$$

$$\begin{aligned}\bar{I}_Z &= (0.016\text{cm} + 4.5\text{cm} * 0.35\text{cm}(1.365\text{cm})^2) \\ &+ 2(1.79\text{cm} + 0.35\text{cm} * 3.95\text{cm}(1.18\text{cm})^2)\end{aligned}$$

$$\bar{I}_Z = 8.21\text{cm}^4 = 8.21\text{E} - 8\text{m}^4$$

Calculo de esfuerzo axial que actúa en el brazo H-J (σ_{axial})

$$\text{Fuerza axial} = R_H = 3.88\text{KN}$$

$$\sigma_{\text{axial}} = \frac{R_H}{A}$$

$$\sigma_{\text{axial}} = \frac{3.88\text{KN}}{4.35\text{E} - 4\text{m}^2}$$

$$\sigma_{\text{axial}} = 8.91\text{Mpa}$$

Calculo de esfuerzo flexionante que actúa en el brazo H-J (σ_{Flex})

$$y = 0.78\text{cm} = 7.8\text{E} - 3\text{m}$$

De la ecuación 2.5 se obtiene

$$\sigma_{Flex} = \frac{M_{max} * y}{I_x}$$

Donde:

σ_{Flex} = Esfuerzo flexionante que actúa en el brazo H-J (KN/m²)

y = altura (m)

I_x = Momento de inercia de sección del brazo H-J (m⁴)

Calculo de esfuerzo total ejercido en el brazo H-J

$$\sigma_{Flex} = \frac{0.32\text{KNm} * 7.8\text{E} - 3\text{m}}{8.21\text{E} - 8\text{m}^4}$$

$$\sigma_{Flex} = 30.40 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{Total} = \sigma_{axial} + \sigma_{flex}$$

$$\sigma_{Total} = 8.91\text{Mpa} + 30.40\text{Mpa}$$

$$\sigma_{Total} = 39.31\text{Mpa}$$

Factor de seguridad a carga axial y flexionante sobre el brazo H-J

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{Total}} \quad (2.34)$$

$$n = \frac{250\text{Mpa}}{39.31\text{Mpa}}$$

$$n = 6.35$$

2.4.1.3.3 Diseño brazo E-A

En la figura 2.20 se indican las reacciones que actúan en el brazo E-A

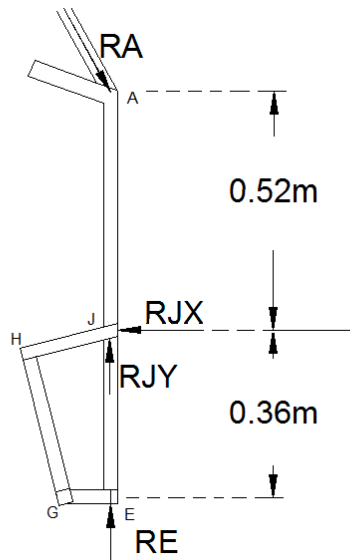


Figura 2.20. Reacciones que actúan en el brazo E-A

Fuente: Los Autores

$$R_H = R_J = 3.88 \text{KN}$$

$$R_{HY} = R_{JY} = 1.18 \text{KN}$$

$$R_{HX} = R_{JX} = 3.72 \text{KN}$$

Calculo de reacciones ejercidas en el brazo E-A

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_E - R_{JY} - R_{AY} = 0 \quad (2.35)$$

Donde:

R_E = Reacción en el punto E (KN)

R_{JY} = Reacción vertical en el punto J (KN)

R_{AY} = Reacción vertical en el punto A (KN)

$$R_{AY} - 15.13\text{KN} - 1.18\text{KN} = 0$$

$$R_{AY} = 16.31\text{KN}$$

En la figura 2.21 se indican las componentes de las reacciones que actúan en el punto A

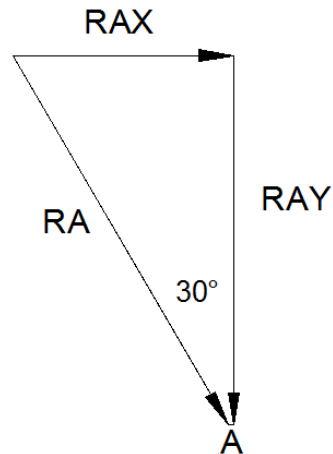


Figura 2.21. Componentes de la reacción que actúa en el punto "A"

Fuente: Los Autores

Calculo de la reaccion paralela al brazo A-B

$$R_A = \frac{R_{AY}}{\cos 30^\circ} \quad (2.36)$$

R_A = Reacción paralela al brazo A-B (KN)

R_{AY} = Reacción vertical en el punto A (KN)

$$R_A = \frac{16.31 \text{KN}}{\cos 30^\circ}$$

$$R_A = 18.8 \text{KN}$$

En la figura 2.22 se indica la sección del brazo E-A

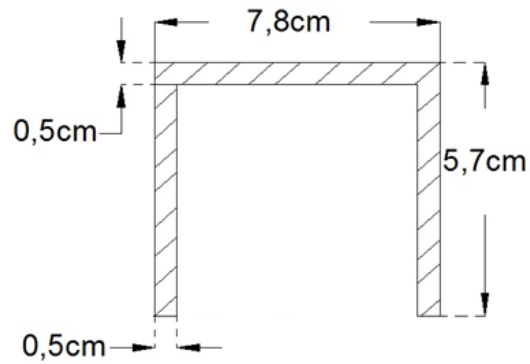


Figura 2.22. Sección en el brazo E-A

Fuente: Los Autores

Calculo de momentos de inercia en el brazo E-A

De la ecuación 2.20 se obtiene

$$A = (b_1 * h_1) + 2(b_2 * h_2)$$

Donde:

A = Área de sección de la viga E-A (cm^2)

b_1 = Base del rectángulo 1 (cm)

h_1 = altura del rectángulo 1 (cm)

b_2 = Base del rectángulo 2 (cm)

h_2 = altura del rectángulo 2 (cm)

$$A = (7.8\text{cm} * 0.5\text{cm})0.5 + 2[(5.7\text{cm} - 0.5)(0.5\text{cm})]$$

$$A = 9.1\text{cm}^2$$

Sumatoria de momentos de áreas compuestas respecto a la fibra superior

De la ecuación 2.21 se obtiene

$$A * C1 = b1 * h1 * y1 + 2(b2 * h2 * y2)$$

Donde:

C1 = distancia del centroide de la sección compuesta a la fibra superior (cm)

y1 = distancia del eje neutro del rectángulo 1 a la fibra superior (cm)

y2 = distancia del eje neutro del rectángulo 2 a la fibra superior (cm)

$$9.1\text{cm}^2 * C1 = 7.8\text{cm} * 0.5\text{cm} * 0.25\text{cm} + 2(0.5\text{cm} * 5.2\text{cm} * 3.1\text{cm})$$

$$C1 = 1.87\text{cm}$$

Restamos la altura (h) del rectángulo 2 menos la distancia C1 para obtener la distancia C2, esta es la distancia del centroide de la sección compuesta a la fibra inferior

$$C2 = 3.83\text{cm}$$

Calculo de segundo momento de área de cada rectángulo respecto a su eje centroidal

De la ecuación 2.22 se obtiene

$$I = \frac{b1 * h1^3}{12}$$

Donde:

I = Segundo momento de área respecto a su propio eje centroidal (cm⁴)

$$I1 = \frac{7.8\text{cm}(0.5\text{cm}^3)}{12}$$

$$I_1 = 0.08125\text{cm}^4$$

$$I_2 = \frac{b_2 * h_2^3}{12}$$

$$I_2 = \frac{0.5\text{cm}(5.2\text{cm})^3}{12}$$

$$I_2 = 5.86\text{cm}^4$$

Donde:

I_1 = Segundo momento de área del rectángulo 1 respecto a su propio eje centroidal

I_2 = Segundo momento de área del rectángulo 2 respecto a su propio eje centroidal

Teorema de ejes paralelos

De la ecuación 2.23 se obtiene

$$\bar{I}_Z = I_{cg} + A * d^2$$

Donde:

I_{cg} = Segundo momento de área respecto a su propio eje centroidal (cm^4)

$\bar{I}_Z$ = Segundo momento del área respecto de cualquier eje paralelo que este alejado una distancia d. (cm^4)

Distancia d1 (rectángulo 1)

De la ecuación 2.24 se obtiene

$$d_1 = C_1 - 0.25\text{cm}$$

$$d_1 = 1.87\text{cm} - 0.25\text{cm}$$

$$d_1 = 1.62\text{cm}$$

Distancia d2 (rectángulo 2)

De la ecuación 2.25 se obtiene

$$d2 = C2 - 2.6\text{cm}$$

$$d2 = 3.83\text{cm} - 1.98\text{cm}$$

$$d2 = 1.23\text{cm}$$

De la ecuación 2.26 se obtiene

$$\bar{I}_Z = I1 + b1 * h1 * d1^2 + 2(I2 + b2 * h2 * d2^2)$$

$$\bar{I}_Z = (0.08125\text{cm} + 7.8\text{cm} * 0.5\text{cm}(1.62\text{cm})^2) + 2(5.86\text{cm} + 0.5\text{cm} * 5.2\text{cm}(1.23\text{cm})^2)$$

$$\bar{I}_Z = 29.89\text{cm}^4 = 2.989\text{E} - 7\text{m}^4$$

Calculo de momento máximo que actúa en el brazo EA.

$$M_{\text{max}} = R_{JX}(0,36\text{m}) \quad (2.37)$$

Donde:

M_{max} = Momento máximo en el brazo E-A (Nm)

R_{JX} = Reacción horizontal en el punto J (N)

$$M_{\text{max}} = 3720\text{N}(0,36\text{m}) = 1330\text{Nm}$$

Calculo de esfuerzo axial que actúa en el brazo E-A

$$\sigma_{\text{axial}} = \frac{R_E + R_{JY}}{A} \quad (2.38)$$

Donde:

A = Área de sección en el brazo EA

σ_{axial} = Esfuerzo axial en el brazo EA (N/m²)

R_E = Reacción en el punto E (N)

R_{JY} = Reacción vertical en el punto J (N)

$$\sigma_{\text{axial}} = \frac{15130\text{N} + 1180\text{N}}{9.1\text{E} - 4\text{m}^2}$$

$$\sigma_{\text{axial}} = 17.92\text{Mpa}$$

Calculo de esfuerzo flexionante que actúa en el brazo E-A

$$\sigma_{\text{flex}} = \frac{M_{\text{max}} * C}{I} \quad (2.39)$$

Donde:

σ_{flex} = Esfuerzo flexionante que actúa en el brazo E-A (KN/m²)

M_{max} = Momento máximo que actúa en el brazo EA.

I = Segundo momento del área Momento en la sección del brazo E-A

$$\sigma_{\text{flex}} = \frac{1330\text{Nm} * 0.0187}{2.989\text{E} - 7\text{m}^4}$$

$$\sigma_{\text{flex}} = 83.20\text{Mpa}$$

$$\sigma_{\text{Total}} = \sigma_{\text{axial}} + \sigma_{\text{flex}} \quad (2.40)$$

$$\sigma_{\text{Total}} = 17.92\text{Mpa} + 83.20\text{Mpa}$$

$$\sigma_{\text{Total}} = 101.12\text{Mpa}$$

Factor de Seguridad a carga axial y flexionante en el brazo E-A

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{\text{Total}}} \quad (2.41)$$

Donde:

S_y = Resistencia a la fluencia del acero A36 (250Mpa)

σ_{Total} = Esfuerzo total (Mpa).

n = Factor de seguridad en el brazo E-A

$$n = \frac{250\text{Mpa}}{101.12\text{Mpa}}$$

$$n = 2.47$$

2.4.1.3.4 Diseño de los brazos A-D Y B-C

En la figura 2.23 se indica la ubicación de las reacciones que actúan en el punto B según el ángulo de inclinación del brazo C-B

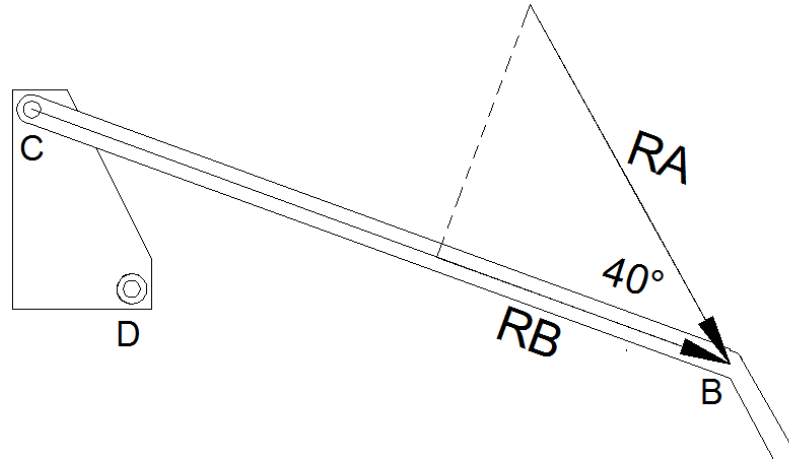


Figura 2.23. Reacciones que actúan en el punto B

Fuente: Los Autores

Calculo de esfuerzos en el brazo B-C

$$RB = RA \cos 40^\circ \quad (2.42)$$

Donde:

RB = Reacción paralela al brazo B-C (KN)

RA = Reacción paralela al brazo A-B (KN)

$$RB = 18.8\text{KN} \cos 40^\circ$$

$$RB = 14.40\text{KN}$$

En la figura 2.24 se indica la sección de los brazos B-C y D-A

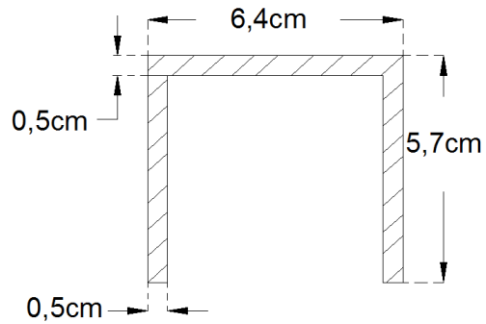


Figura 2.24. Sección de los brazos B-C y D-A

Fuente: Los Autores

Calculo de los momentos de inercia de los brazos B-C y D-A

Cálculo del área de la sección de la viga

De la ecuación 2.20 se obtiene

$$A = (b_1 * h_1) + 2(b_2 * h_2)$$

Donde:

A = Área de sección de la viga G-H (cm^2)

b_1 = Base del rectángulo 1 (cm)

h_1 = altura del rectángulo 1 (cm)

b_2 = Base del rectángulo 2 (cm)

h_2 = altura del rectángulo 2 (cm)

$$A = (6.4\text{cm} - 0.5\text{cm} - 0.5)0.5 + 2(5.7\text{cm} * 0.5\text{cm})$$

$$A = 8.4\text{cm}^2$$

Sumatoria de momentos de áreas compuestas respecto a la fibra superior

De la ecuación 2.21 se obtiene

$$A * C_1 = b_1 * h_1 * y_1 + 2(b_2 * h_2 * y_2)$$

Donde:

$C1$ = distancia del centroide de la sección compuesta a la fibra superior (cm)

$y1$ = distancia del eje neutro del rectángulo 1 a la fibra superior (cm)

$y2$ = distancia del eje neutro del rectángulo 2 a la fibra superior (cm)

$$8.4\text{cm}^2 * C1 = 6.4\text{cm} * 0.5\text{cm} * 0.25\text{cm} + 2(0.5\text{cm} * 5.2\text{cm} * 3.1\text{cm})$$

$$C1 = 2.01\text{cm}$$

Restamos la altura (h) del rectángulo 2 menos la distancia $C1$ para obtener la distancia $C2$, esta es la distancia del centroide de la sección compuesta a la fibra inferior

$$C2 = 3.69\text{cm}$$

Calculo de segundo momento de área de cada rectángulo respecto a su eje centroidal

De la ecuación 2.22 se obtiene

$$I = \frac{b1 * h1^3}{12}$$

Donde:

I = Segundo momento de área respecto a su propio eje centroidal (cm^4)

$$I1 = \frac{b1 * h1^3}{12}$$

$$I1 = \frac{6.4\text{cm}(0.5\text{cm}^3)}{12}$$

$$I1 = 0.067\text{cm}^4$$

$$I2 = \frac{b2 * h2^3}{12}$$

$$I2 = \frac{0.5\text{cm}(5.2\text{cm})^3}{12}$$

$$I2 = 5.86\text{cm}^4$$

Donde:

I_1 = Segundo momento de área del rectángulo 1 respecto a su propio eje centroidal

I_2 = Segundo momento de área del rectángulo 2 respecto a su propio eje centroidal

Teorema de ejes paralelos

De la ecuación 2.23 se obtiene

$$\bar{I}_Z = I_{cg} + A * d^2$$

Donde:

I_{cg} = Segundo momento de área respecto a su propio eje centroidal (cm^4)

$\bar{I}_Z$ = Segundo momento del área respecto de cualquier eje paralelo que este alejado una distancia d . (cm^4)

Distancia d_1 (rectángulo 1)

De la ecuación 2.24 se obtiene

$$d_1 = C_1 - 0.25\text{cm}$$

$$d_1 = 2.01\text{cm} - 0.25\text{cm}$$

$$d_1 = 1.76\text{cm}$$

Distancia d_2 (rectángulo 2)

$$d_2 = C_2 - 2.6\text{cm}$$

$$d_2 = 3.69\text{cm} - 2.6\text{cm}$$

$$d_2 = 1.09\text{cm}$$

De la ecuación 2.26 se obtiene:

$$\bar{I}_Z = I_1 + b_1 * h_1 * d_1^2 + 2(I_2 + b_2 * h_2 * d_2^2)$$

$$\begin{aligned}\bar{I}_Z &= (0.067\text{cm} + 6.4\text{cm} * 0.5\text{cm}(1.76\text{cm})^2) + \\ &2(5.86\text{cm} + 0.5\text{cm} * 5.2\text{cm}(1.09\text{cm})^2) \\ \bar{I}_Z &= 27.86\text{cm}^4 = 2.786\text{E} - 7\text{m}^4\end{aligned}$$

Calculo de esfuerzo axial (σ_{axial})

$$\sigma_{\text{axial}} = \frac{R_B}{A} \quad (2.43)$$

Donde:

R_B = Reacción paralela al brazo A-B

$$R_B = 14.40\text{KN} = 1440\text{N}$$

Calculo de esfuerzo axial que actúa en el brazo B-C

$$\sigma_{\text{axial}} = \frac{1440\text{N}}{8.4\text{E} - 4\text{m}^2}$$

Donde:

σ_{axial} = Esfuerzo axial que actúa en el brazo B-C

$$\sigma_{\text{axial}} = 17.14\text{Mpa}$$

Factor de seguridad a carga axial en brazo B-C

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{\text{axial}}} \quad (2.44)$$

Donde:

S_y = Resistencia a la fluencia del acero A36 (250Mpa)

σ_{axial} = Esfuerzo axial (Mpa).

n = Factor de seguridad en el brazo B-C

$$n = 14.58$$

2.4.1.2 Diseño de los pasadores

En esta sección se realiza el análisis y diseño de los pasadores, los mismos que sirven de unión no permanente entre los brazos de elevación. (Figura 2.25)

Al ser todos los pasadores del mismo material y diámetro, se procede a calcular el factor de seguridad en el pasador donde se ejerce la mayor fuerza.

Estos pasadores están sometidos a esfuerzo cortante, por lo que se procede a analizar a los pasadores de acuerdo a las siguientes fallas.

- Cortante puro
- Falla por tensión en las placa
- Aplastamiento

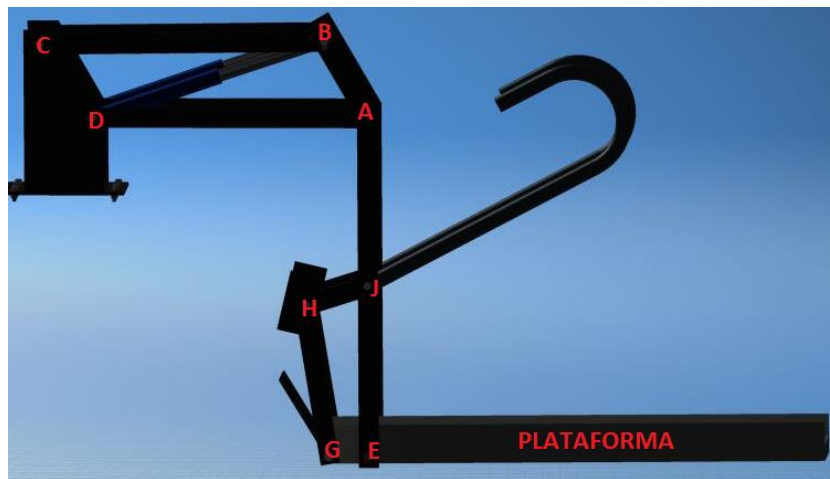


Figura 2.25. Detalle de los puntos de unión de los brazos.

Fuente: Los Autores

2.4.1.2.1 Diseño de pasadores en el punto G

Se procede a analizar los esfuerzos

Falla por cortante puro

En la figura 2.26 se indica la sección del pasador G

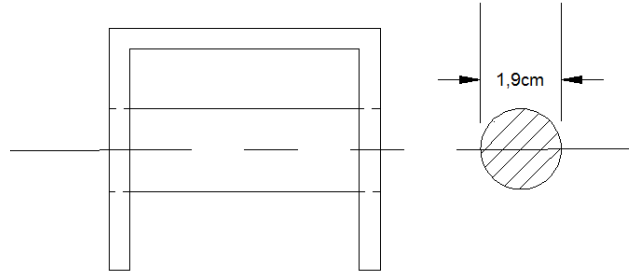


Figura 2.26. Sección del pasador G.

Fuente: Los Autores

$$A = \frac{\pi * dp^2}{4} \quad (2.45)$$

Donde:

A: Área del pasador (m²)

dp: Diámetro pasador (m)

$$A = \frac{\pi * 0,019m^2}{4}$$

$$A = 2,835 E - 4 m^2$$

Calculo del esfuerzo cortante del pasador G

$$T = \frac{RG}{2A} \quad (2.46)$$

Donde:

T: Esfuerzo cortante en el pasador (Mpa)

RG: Fuerzo cortante en le pasador (N)

A: Área del pasador (m²)

$$T = \frac{14410N}{2(2.835E - 4m^2)}$$

$$T = 25.41Mpa$$

Factor de seguridad del pasador G

$$n = \frac{Sp * 0.577}{T} \quad (2.47)$$

Donde:

Sp: Resistencia de prueba mínima (Mpa)

T: Esfuerzo cortante en el pasador (Mpa)

n: Factor de seguridad

$$n = \frac{225Mpa * 0.577}{25.41Mpa}$$

$$n = 5.1$$

Falla por tensión en las placas

En la figura 2.27 se indica la sección del pasador G y la fuerza que produce la falla por tensión en las placas

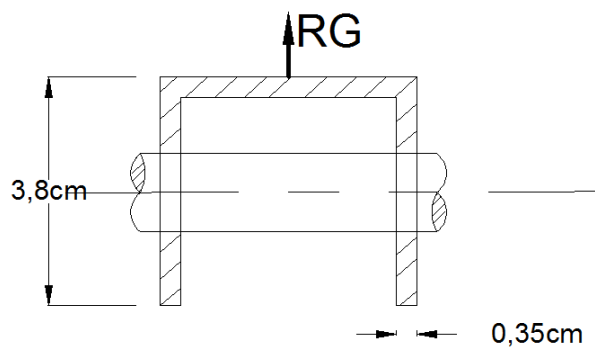


Figura 2.27. Sección de pasador G.

Fuente: Los Autores

A = Área de incidencia por tensión en las placas

$$A = 2(3.8\text{cm} * 0.35\text{cm} - 0.35\text{cm} * 1.9\text{cm})$$

$$A = 1.33\text{E} - 4\text{m}^2$$

Calculo del esfuerzo axial (σ)

$$\sigma = \frac{RG}{A} \quad (2.48)$$

Donde:

A : Área de incidencia por tensión en las placas (m^2)

RG : Fuerza axial en el punto G (N)

$$\sigma = \frac{14410\text{N}}{1.33\text{E} - 4\text{m}^2}$$

$$\sigma = 108345864.7 \text{ N/m}^2 = 108.34\text{Mpa}$$

Factor de seguridad del pasador G

$$n = \frac{Sy \text{ (placas)}}{\sigma} \quad (2.49)$$

Donde:

Sy : Resistencia a la fluencia del acero A36 (250Mpa)

σ : Esfuerzo axial

n : factor de seguridad

$$n = \frac{250\text{Mpa}}{108.34\text{Mpa}}$$

$$n = 2,3$$

Falla por aplastamiento

En la figura 2.28 se indica la sección del pasador G y el área sometida a falla por aplastamiento

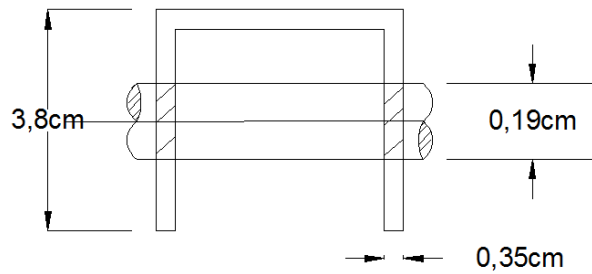


Figura 2.28. Sección del pasador G

Fuente: Los Autores

Calculo del área de incidencia de falla por aplastamiento (A)

$$A = 1,19\text{cm}^2 * 0,35\text{cm}^2$$

$$A = 0,4165 \text{ cm}^2 = 4.16 \text{ E} - 5\text{m}^2$$

Calculo del esfuerzo axial (σ)

$$\sigma = \frac{RG}{A} \quad (2.50)$$

Donde

RG: Fuerza axial en el punto G (N)

A: Área de incidencia de falla por aplastamiento (m^2)

$$\sigma = \frac{14410\text{N}}{2(4.16 \text{ E} - 5\text{m}^2)}$$

$$\sigma = \frac{14410\text{N}}{8.33 \text{ E} - 5\text{m}^2}$$

$$\sigma = 172,98\text{Mpa}$$

Factor de seguridad

De la ecuación 2.49 se obtiene

$$n = \frac{S_y (\text{placas})}{\sigma}$$

Donde:

S_y : Resistencia a la fluencia del acero A36 (250Mpa)

σ : Esfuerzo axial

n : factor de seguridad

$$n = \frac{250\text{Mpa}}{172.98 \text{ Mpa}} \quad (2.51)$$

$$n = 1.44$$

2.4.1.2.2 Diseño de pasadores en el punto E

Calculo del Esfuerzo cortante (σ) en el pasador E

$$\sigma = \frac{4(RE)}{\pi d^2} \quad (2.52)$$

Donde:

RE : Reacción sobre pasador E (N)

d : diámetro del pasador E

$$\sigma = \frac{4(15130)}{\pi 0,025^2} = 308 \text{ Mpa}$$

Factor de seguridad del pasador E

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{\text{cortante}}} \quad (2.53)$$

Donde:

S_y : Resistencia mínima a la fluencia pasador (acero 1018) 370 Mpa

$$n = \frac{370 \text{ Mpa}}{308 \text{ Mpa}}$$

$$n = 1.20$$

2.4.1.4 Diseño de los pernos de la base

En la figura 2.29 se indica la base del dispositivo, la misma que está sujeta mediante pernos al piso del bus

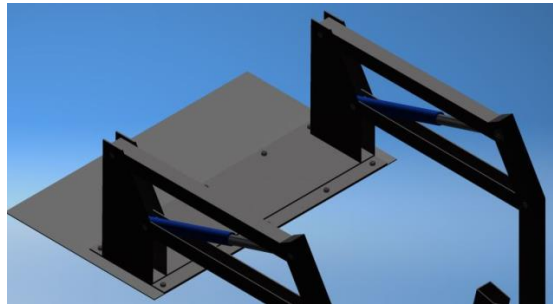


Figura 2.29. Ubicación de pernos en la base de sujeción del dispositivo

Fuente: Los Autores

En esta sección se calcula una parte crítica y fundamental del diseño, se trata de la base del dispositivo de accesibilidad, la misma que está encargada de unir la estructura del dispositivo y el piso del bus.

Los pernos utilizados tienen las siguientes características:

Diámetro: M10 (rosca gruesa)

Clase de propiedad: ISO 8.8

Cálculo del área de la parte sin rosca del perno (Ad)

De la ecuación 2.45 se obtiene:

$$Ad = \frac{\pi d^2}{4}$$

Donde:

d: Diámetro del perno (m)

Ad: Área de la parte sin rosca del perno (m²)

$$Ad = \frac{\pi * 0,01^2}{4}$$

$$Ad = 7,85 \text{ E} - 5 \text{ m}^2$$

Calculo de la rigidez efectiva estimada (Kb)

$$Kb = \frac{Ad * At * E}{(Ad * lt) + (At * ld)} \quad (2.54)$$

Donde:

Ad: Área de la parte sin rosca del perno (m²)

At: Área de esfuerzo de tensión (m²) (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley tabla 8-2)

E: Módulo de elasticidad acero (207 Gpa)

Lt: Longitud de la parte roscada de agarre (m)

Ld: Longitud de la parte sin rosca en agarre (m)

$$K_b = \frac{7.8E - 5m^2 * 5.8E - 5m^2 * 207E9Pa}{(7.8E - 5m^2 * 0.04m) + (5.8E - 5m^2 * 0)}$$

$$K_b = 300150000$$

Cálculo de la rigidez del elemento (km)

$$K_m = \frac{0.5774 * \pi * E * d}{2 \ln \left(5 \left(\frac{0.5774 * l + 0.05 * d}{0.5774 * l + 2.5 * d} \right) \right)} \quad (2.55)$$

Donde:

E: Módulo de elasticidad acero (207 Gpa)

d: Diámetro del perno (m)

l: Longitud del perno (m)

$$K_m = \frac{0.5774 * \pi * 207E9 * 0.01m}{2 \ln \left(5 \left(\frac{0.5774 * 0.04m + 0.5 * 0.01m}{0.5774 * 0.04m + 2.5 * 0.01m} \right) \right)}$$

$$K_m = 1751565812$$

Cálculo de la fracción de la carga externa soportada por el perno (C)

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m} \quad (2.56)$$

$$C = \frac{300150000}{300150000 + 1751565812}$$

$$C = 0.14$$

Calculo de la carga de prueba (Fp)

$$F_p = A_t S_p \quad (2.57)$$

Donde:

A_t : Área de esfuerzo de tensión (m^2) (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley tabla 8-2)

S_p : Resistencia de prueba mínima (600 Mpa) (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley tabla 8-11)

$$F_p = 5.8E - 5 m^2 * 600E 6 N/m^2$$

$$F_p = 34800N$$

Cálculo de la precarga del perno (Fi)

$$F_i = 0.75 F_p \quad (2.58)$$

$$F_i = 0.75(34800N)$$

$$F_i = 26100N$$

Factor de seguridad del perno (n)

$$n = \frac{(S_p * A_t) - F_i}{C \frac{P}{N_p}} \quad (2.59)$$

Dónde:

S_p : Resistencia de prueba mínima (600 Mpa) (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley tabla 8-11)

A_t : Área de esfuerzo de tensión (m^2) (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley tabla 8-2)

F_i : Precarga del perno (N)

C : fracción de la carga externa soportada por el perno

P: Carga externa a la tensión

Np: Numero de pernos

$$n = \frac{(600 \text{E}6 \text{N/m}^2 * 5.8 \text{E} - 5 \text{m}^2) - 26100 \text{N}}{0.14 \left(\frac{16310 \text{N}}{10} \right)}$$

$$n = 38.10$$

2.4.1.5 Comprobación de la fiabilidad del diseño mecánico.

Luego de haber obtenidos los resultados de los cálculos realizados anteriormente, se analizó en un software de elementos finitos, la estructura tal como se ha diseñado, llegando a la conclusión que esta soporta las cargas establecidas por la norma INEN 2205, como indica la siguiente figura 2.30

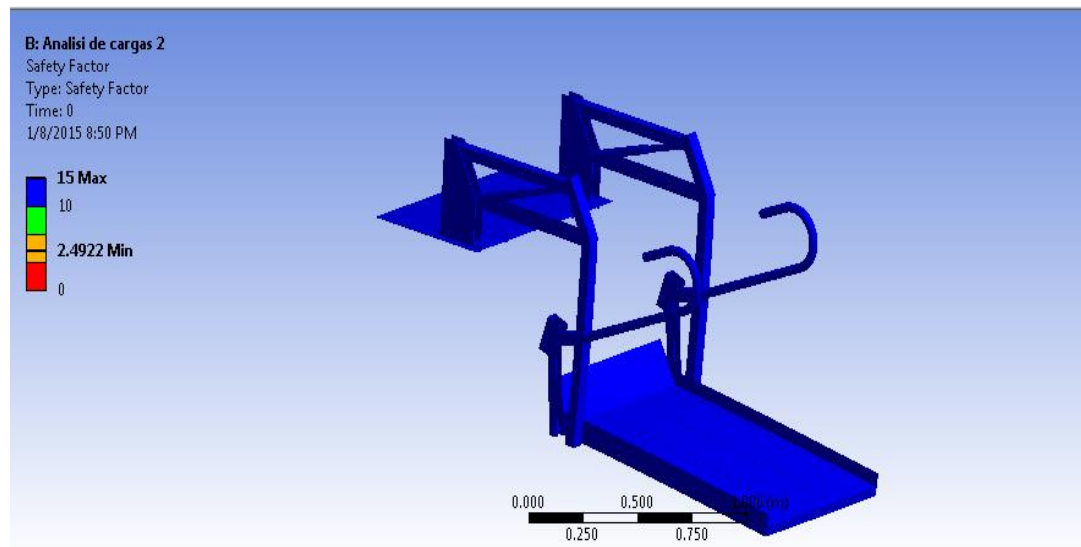


Figura 2.30. Factor de seguridad de la estructura a carga estática.

Fuente: Los Autores

2.4.2 Cálculo de esfuerzos y falla resultantes de carga variable de la estructura

Se analiza la estructura bajo la acción de los esfuerzos fluctuantes

2.4.2.1 Diseño de la plataforma

Cálculo del límite de resistencia a la fatiga

$$S_e' = (0,5)S_{ut} \quad (2.60)$$

Donde:

S_e' : límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria (Mpa)

S_{ut} : Resistencia ultima a la tensión del acero A500 Tipo C

$$S_e' = (0,5)436 = 218\text{Mpa}$$

Cálculo factor de modificación a la condición superficial (K_a)

$$k_a = aS_{ut}^b \quad (2.61)$$

Acabado Superficial = Maquinado o laminado en frio

Factor "a" = 4.51 (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley tabla 6-2)

Factor "b" = -0,265 (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley tabla 6-2)

$$K_a = 4,51(436)^{-0,265} = 0.90$$

Calculo factor de modificación de tamaño (K_b)

$$k_b = 0,808(hb)^{1/2} \quad (2.62)$$

Donde:

de: diámetro efectivo sección cuadrada (mm)

h: dimensión lado (mm)

b: dimensión lado (mm)

$$de = 0,808(625)^{1/2} = 20.2\text{mm}$$

$$kb = 1,24d^{-0,107} \quad (2.63)$$

$$kb = 1,24(20,2)^{-0,107} = 0,90$$

Cálculo del factor de modificación de carga (Kc)

Kc=1 (valor unitario por flexión)

Cálculo del factor de modificación de temperatura (Kd)

Kd=1 (valor unitario por temperatura ambiente)

Cálculo del factor de confiabilidad (Ke)

Ke=1 (confiabilidad 50%)

Calculo factor de modificación de efectos varios (Kf)

$$Kf = 1 + q(kt - 1) \quad (2.64)$$

Donde:

q: Sensibilidad a la muesca (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley figura 6-20)

kt: factor de concentración de esfuerzo (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley figura A-15-2)

$$Kf=1+0(3-1)$$

$$K_f=1$$

Cálculo del límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso (Se)

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e' \quad (2.65)$$

$$S_e = (0,90) (0,90) (1) (1) (1) (1) (218\text{Mpa})$$

$$S_e = 176,58\text{Mpa}$$

Cálculo del factor de seguridad

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad (2.66)$$

Donde:

σ_m : Componente de esfuerzo medio (Mpa)

$\sigma_{\max}$: Esfuerzo máximo (Mpa)

$\sigma_{\min}$: Esfuerzo mínimo (Mpa)

$$\sigma_m = \frac{167,3}{2} = 83,65\text{Mpa}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \quad (2.67)$$

Donde:

σ_a : Componente de amplitud (Mpa)

$\sigma_{\max}$: Esfuerzo máximo (Mpa)

$\sigma_{\min}$: Esfuerzo mínimo (Mpa)

$$\sigma_a = \frac{167,3}{2} = 83,65\text{Mpa}$$

nf= Factor de seguridad "Criterio de falla de Goodman modificado"

$$nf = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}} \quad (2.68)$$

$$nf = \frac{1}{\frac{83,65}{176,58} + \frac{83,65}{436}} = 1,51$$

2.4.2.2 Calculo de la soldadura en las vigas

Factor de concentración de esfuerzo (kfs)

Kfs = 2 (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley tabla 9-5)

Cálculo del límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso (Se)

Se soldadura de plataforma= (0,90) (0,90) (1) (1) (1) (1/2) (218)= 88,3

Factor de seguridad Criterio de falla de "Gerber"

$$nf = \frac{1}{2} \left(\frac{S_{ut}}{\sigma_m} \right)^2 \frac{\sigma_a}{S_e} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2\sigma_m S_e}{S_{ut} \sigma_a} \right)^2} \right] \quad (2.69)$$

Donde:

Sut: Resistencia última a la tensión del acero A500 Tipo C

σ_m : Componente de esfuerzo medio (Mpa)

σ_a : Componente de amplitud (Mpa)

Se: límite de resistencia a la fatiga

$$nf = \frac{1}{2} \left(\frac{436}{83,65} \right)^2 \frac{83,65}{88,3} \left[-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{2(83,65)(88,3)}{(436)(83,65)} \right)^2} \right] = 1,03$$

2.4.2.3 Diseño de los brazos de elevación

Cálculo del límite de resistencia a la fatiga

De la ecuación 2.60 se obtiene

$$S_e' = (0,5)S_{ut}$$

Donde:

S_e' : límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria (Mpa)

S_{ut} : Resistencia ultima a la tensión del acero A36

$$S_e' = (0,5)400 = 200 \text{ Mpa}$$

Cálculo factor de modificación a la condición superficial (K_a)

De la ecuación 2.61 se obtiene

$$K_a = aS_{ut}^b$$

Acabado Superficial = Maquinado o laminado en frio

Factor "a" = 4.51 (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley tabla 6-2)

Factor "b" = -0,265 (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley tabla 6-2)

$$K_a = 4,51(436)^{-0,265} = 0.90$$

Cálculo factor de modificación de tamaño (K_b)

Diámetro efectivo perfil C = de

$$de = \sqrt{\frac{A_{0,95}}{0,0766}} \quad (2.70)$$

En la figura 2.31 se indican las fórmulas para obtener el área de 95% de esfuerzo, la misma que permite obtener el diámetro efectivo del perfil estructural.

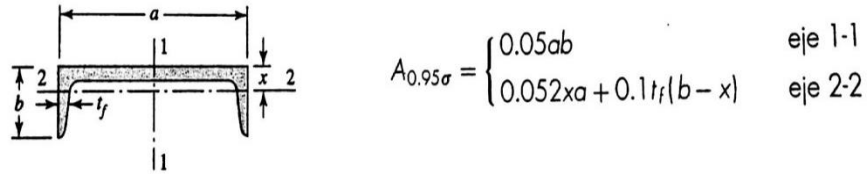


Figura 2.31. Área de perfiles estructurales no rotativos

Fuente: Diseño de ingeniería mecánica de Shigley tabla 6-3

$$A_{0.95} = 28 \text{ mm}^2$$

$$d_e = \sqrt{\frac{28}{0.0766}} = 19.11 \text{ mm}$$

De la ecuación 2.63 se obtiene

$$k_b = 1.24d^{-0.107}$$

$$k_b = 1.24(19)^{-0.107} = 0.90$$

Cálculo del factor de modificación de carga (K_c)

$K_c = 1$ (valor unitario por flexión)

Cálculo del factor de modificación de temperatura (K_d)

$K_d = 1$ (valor unitario por temperatura ambiente)

Cálculo del factor de confiabilidad (K_e)

$K_e = 1$ (confiabilidad 50%)

Cálculo factor de modificación de efectos varios (K_f)

De la ecuación 2.64 se obtienen

$$K_f = 1 + q (k_t - 1)$$

Donde:

q: Sensibilidad a la muesca (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley figura 6-20)

k_t: factor de concentración de esfuerzo (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley figura A-15-1)

$$K_f = 1 + 0 (3 - 1)$$

$$K_f = 1$$

Cálculo del límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso (S_e)

De la ecuación 2.65 se obtiene:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e'$$

$$S_e = (0,95) (0,90) (1) (1) (1) (1) (200 \text{ Mpa})$$

$$S_e = 171 \text{ Mpa}$$

Cálculo del factor de seguridad

De la ecuación 2.66 se obtiene:

$$\sigma_{\text{flexión}} = \frac{\sigma_{\text{max}} + \sigma_{\text{min}}}{2}$$

Donde:

σ_{m flexión} : Componente de esfuerzo de flexión medio (Mpa)

σ_{max}: Esfuerzo de flexión máximo (Mpa)

σ_{min}: Esfuerzo de flexión mínimo (Mpa)

$$\sigma_{\text{flexión}} = \frac{83,2}{2} = 41.6 \text{ Mpa}$$

De la ecuación 2.67 se obtiene:

$$\sigma_{\text{flexion}} = \frac{\sigma_{\text{max}} - \sigma_{\text{min}}}{2}$$

σ_a flexión: Componente de amplitud de flexión (Mpa)

$$\sigma_{\text{amflexión}} = \frac{83,2}{2} = 41.6 \text{ Mpa}$$

De la ecuación 2.66 se obtiene:

$$\sigma_{\text{maxial}} = \frac{\sigma_{\text{max}} + \sigma_{\text{min}}}{2}$$

σ_m axial : Componente de esfuerzo axial medio (Mpa)

σ_{max} : Esfuerzo axial máximo (Mpa)

σ_{min} : Esfuerzo axial mínimo (Mpa)

$$\sigma_{\text{maxial}} = \frac{17,92}{2} = 8.96$$

De la ecuación 2.67 se obtiene:

$$\sigma_{\text{aaxial}} = \frac{\sigma_{\text{max}} - \sigma_{\text{min}}}{2}$$

σ_a faxial: Componente de amplitud axial (Mpa)

$$\sigma_{\text{aaxial}} = \frac{17,92}{2} = 8.96$$

Combinaciones de modo de carga (Esfuerzo de von Mises)

$$\sigma'_a = k_f(\text{flexión})\sigma_a(\text{Flexión}) + k_f(\text{axial})\frac{\sigma_a(\text{axial})}{0,85} \quad (2.71)$$

$$\sigma'_m = k_f(\text{flexión})\sigma_m(\text{Flexión}) + k_f(\text{axial})\sigma_m(\text{axial}) \quad (2.72)$$

$$\sigma'_a = 41.6 + \frac{8,96}{0,85} = 52,14 \text{Mpa}$$

$$\sigma'_m = 41.6 + 8.96 = 50.56 \text{Mpa}$$

Factor de seguridad "Criterio de falla de Goodman modificado"

De la ecuación 2.69 se obtiene:

$$nf = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$

$$nf = \frac{1}{\frac{52,14}{171} + \frac{50,56}{400}} = 2.3$$

2.4.2.4 Diseño de los pernos de la base**Cálculo del esfuerzo de precarga (σ_i)**

$$\sigma_i = \frac{F_i}{A_t} \quad (2.73)$$

Donde:

F_i : Precarga (N)

A_t : Área de esfuerzo de tensión (m^2) (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley tabla 8-2)

$$\sigma_i = \frac{26100 \text{ N}}{5.8 \times 10^{-5} \text{ m}^2} = 450 \text{ Mpa}$$

Cálculo del esfuerzo alternante (σ_a)

$$\sigma_a = \frac{CP}{2A_t} \quad (2.74)$$

Donde:

C: fracción de la carga externa soportada por el perno

P: Carga externa a la tensión

A_t : Área de esfuerzo de tensión (m^2) (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley tabla 8-2)

$$\sigma_a = \frac{(0,14)(16310)}{2(5.8e^{-5}m)} = 19,6 \text{ Mpa}$$

Cálculo del esfuerzo medio (σ_m)

$$\sigma_m = \sigma_a + \sigma_i \quad (2.75)$$

$$\sigma_m = 19,6 + 450 = 469,6 \text{ Mpa}$$

Calculo del componente de la resistencia del lugar geométrico de falla (S_a)

$$S_a = \frac{S_e (S_{ut} - \sigma_i)}{S_{ut} + S_e} \quad (2.76)$$

Donde:

S_e : Resistencia a la fatiga (Mpa) (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley tabla 8-17)

S_{ut} : Resistencia mínima a la tensión (Mpa) (Diseño de ingeniería mecánica de Shigley tabla 8-11)

σ_i : Precarga (N)

$$S_a = \frac{129 (830 - 450)}{830 + 129} = 51,11 \text{ Mpa}$$

Calculo del factor de seguridad

$$n_f = \frac{S_a}{\sigma_a} \quad (2.77)$$

$$nf = \frac{51.11\text{Mpa}}{19.6\text{Mpa}} = 2.60$$

2.5 Diseño hidráulico

2.5.1 Calculo fuerza del pistón (FP)

Mediante las reacciones calculadas en la sección anterior, y la carga indicada por la norma INEN 2205 se procede a calcular la fuerza que necesitan los pistones para poder elevar dicha carga. (Figura 2.32)

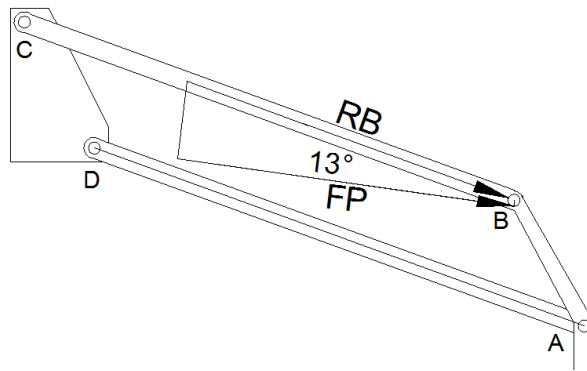


Figura 2.32. Fuerza ejercida por el pistón hidráulico del dispositivo.

Fuente: Los Autores

$$RB = 14.40\text{KN}$$

$$FP = 14.40\text{KN} \cos 13^\circ$$

$$FP = 14.03\text{KN}$$

2.5.2 Diseño del cilindro

El cilindro está sometido a una presión nominal de $p_n = 15 \text{ MPa}$ que genera el fluido, de acuerdo a los manuales del fabricante.

La fuerza máxima que debe transmitir cada cilindro en su posición crítica es de 14.03 KN.

Con los datos obtenidos, se procede a calcular el área del cilindro.

Donde:

Presión Nominal (PN) = $15 \text{ E } 6 \text{ N/m}^2$ 1,5 - Mpa (datos según el fabricante)

Fuerza del pistón = 14.03 KN

A la fuerza del pistón se incrementa el 10% de su fuerza para garantizar su efectividad

$$F_p = (14.03 \text{ KN}) + 10\% = 15,43 \text{ KN}$$

Cálculo del área del cilindro

$$A = \frac{F_p}{P_n} \quad (2.78)$$

Donde:

A: área del cilindro (m^2)

F_p : Fuerza del pistón (KN)

P_n : presión nominal (Mpa)

$$A = \frac{15433 \text{ N}}{15 \text{ E } 6 \text{ N/m}^2}$$

$$A = 1.2 \text{ E } - 3 \text{ m}^2$$

Se procede a calcular el diámetro del cilindro. (d_c)

$$d_c = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (2.79)$$

$$d_c = \sqrt{\frac{4(1.02 \text{ E } - 3 \text{ m}^2)}{\pi}}$$

$$d_c = 0.036 \text{ m} = 3.6 \text{ cm}$$

No se puede encontrar cilindros con datos exactos a lo calculado, por lo que se ha seleccionado según datos de los catálogos del cilindro hidráulico con medidas aproximadas. (Figura 2.33 – 2.34)

Diámetro interno (di)= 40 mm

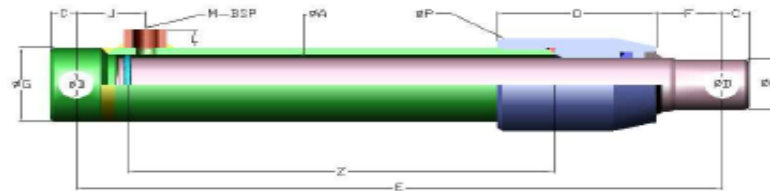
Diámetro externo (de) 50 mm



INNOVACIONES Hidráulicas, S.A.

CILINDROS SIMPLE EFECTO DE SERIE. (TIPO BUZO)

DISEÑO CILINDROS OA 40 ► 90.



REF:	A	CARRERA -Z-	E	C	D	F	G	H	J	O	P	L	M	VOL (l).	PESO (Kg).
80200	40	200	329	16	20.5	35	55	38	43	105	75	15	3/8	0.32	6
80201		300	429											0.48	7.6
80202		400	529											0.64	9.3
80203		500	629											0.8	11
80204		600	719											0.96	12.30
80205	50	200	349	20	25.5	40	65	48	47	115	85	15	3/8	0.48	8.9
80206		300	449											0.71	11.2
80207		400	549											0.95	13.5
80208		550	699											1.31	16.8
80209		700	849											1.66	20.4
80210	60	200	369	25	30.5	45	75	57	50	127	95	15	3/8	0.66	12.6
80211		300	469											1.00	15.7
80212		400	569											1.33	18.7
80213		550	719											1.83	23.3
80214		700	869											2.32	28.4
80215	70	300	483	25	30.5	45	85	67	52	137	105	17	1/2	1.33	25.1
80216		400	583											1.77	29.6
80217		550	733											2.43	36.5
80218		700	883											3.09	43.4
80219		900	1083											3.97	52.4
80220	80	300	503	25	35.5	55	95	77	52	152	115	17	1/2	1.70	31.80
80221		400	603											2.24	42.40
80222		550	753											3.08	58.30
80223		700	903											3.97	74.20
80224		900	1103											5.10	95.40
80225	90	300	518	25	40.5	60	110	87	52	167	125	17	1/2	2.13	41.30
80226		400	618											2.83	55.08
80227		550	718											3.90	75.74
80228		700	918											4.96	96.39
80229		900	1118											6.37	124

Figura 2.33. Catalogo Cilindros simple efecto.

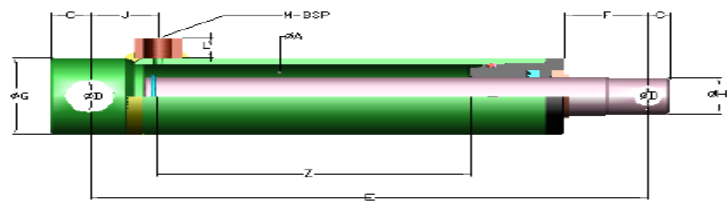
Fuente: Innovaciones Hidráulicas, 2015



INNOVACIONES Hidráulicas, S.A.

CILINDROS DE SIMPLE EFECTO DE SERIE.

DISEÑO CILINDROS OA 25 ▶ 35.



REF:	A	CARRERA -Z-	E	C	D	F	G	H	J	O	P	L	M	VOL (l).	PESO (Kg).
60100	25	100	196	14	14.2	24	45	22	40			12	1/4	0.08	1.5
60101		200	296											0.16	2.3
60102		300	396											0.24	3
60103	30	200	300	17	16.2	26	50	27	42			15	3/8	0.25	3.6
60104		300	400											0.38	4.7
60105		400	500											0.50	6.0
60106	35	100	210	20	20.25	32	55	32	47			15	3/8	0.32	4.7
60107		200	310											0.48	6.1
60108		300	410											0.64	7.5
60109		400	510											0.79	8.9

Figura 2.34. Catalogo Cilindros simple efecto.

Fuente: Innovaciones Hidráulicas, 2015

Los datos del tipo de material tanto del vástago y el cilindro que indica el catalogo son los siguientes:

El material del vástago es de acero F 1140 Cromado (20μ min)

El cilindro acero St – 52 BK Según norma DIN 2393, 2391

2.5.3 Cálculo de esfuerzos producidos por el cilindro

$$St = \frac{Pn * di}{2t} \quad (2.80)$$

Donde:

Pn: presión nominal (Mpa)

di: diámetro interno del cilindro

t: espesor de la pared del cilindro

$$St = \frac{15 \text{ E } 6 \text{ N/m}^2 * 0.04\text{m}}{2(0.01\text{m})}$$

$$St = \frac{15 \text{ E } 6 * 0,04\text{m}}{2 * 0,01\text{m}}$$

$$St = 30\text{Mpa}$$

El tubo seleccionado cumple satisfactoriamente la presión generada por el sistema ya que el esfuerzo tangencial calculado supera el esfuerzo tangencial diseñado.

$$30\text{Mpa} > 15 \text{ Mpa}$$

2.5.4 Diseño del vástago del cilindro

Al vástago se le considera como una columna empotrada y libre en el otro extremo como se muestra en la figura 2.35



Figura 2.35. Falla por pandeo

Fuente: Los Autores

2.5.4.1 Cálculo de la longitud efectiva del vástago

Se procede a calcular la longitud efectiva del vástago con los datos indicados a continuación:

$$K = \frac{D}{4} \quad (2.81)$$

Donde:

K: Radio de giro (m)

D: Diámetro del vástago (m)

$$K = \frac{0,03m}{4}$$

$$K = 7,5 \text{ E} - 3 \text{ m}$$

Cálculo de la relación de esbeltez (Re)

$$Re = \frac{L_p}{K} \quad (2.82)$$

Donde:

L_p : Longitud de pandeo (2L por ser empotrada en un extremo y libre en el otro extremo)

K : Radio de giro (m)

$$Re = \frac{2(0,4m)}{7,5 E - 3 m}$$

$$Re = 106,67$$

Coefficiente de seguridad ($\frac{l}{k} \int$)

$$\frac{l}{k} \int = \sqrt{\frac{2 * C * \pi^2 * E}{S_y}} \quad (2.83)$$

Donde:

C : Constante de sujeción

E : Módulo de elasticidad del acero (Gpa)

S_y : Resistencia a la fluencia del acero St – 52 BK (Mpa)

$$\frac{l}{k} \int = \sqrt{\frac{2 * 0,25m * \pi^2 * 207 \text{ Gpa}}{800\text{Mpa}}}$$

$$\frac{l}{k} \int = 35,73$$

Se analiza si se trata de una columna corta o una larga utilizando la siguiente ecuación

$$\frac{l}{K} \geq \frac{l}{K} \int \quad (2.84)$$

$$\frac{1}{K} = \frac{0.4m}{7.5E - 3m} = 53.33$$

$$53.33 \geq 35.73$$

De esta relación se determina que se trata de una columna larga, por lo tanto se calcula la columna mediante la ecuación de Euler

Cálculo del área del vástago

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

Donde:

A: Área del vástago (m²)

d: Diámetro del vástago

$$A = \frac{\pi(0.03m)^2}{4}$$

$$A = 7.068E - 4m^2$$

Cálculo de la carga critica Wc (N)

$$W_c = \frac{C * \pi^2 * E * A}{\left(\frac{l}{K}\right)^2} \quad (2.85)$$

Donde:

C: Constante de sujeción

E: Módulo de elasticidad del acero (Gpa)

A: Área del vástago (m²)

K: Radio de giro (m)

$$W_c = \frac{0.25 * \pi^2 * 207 \text{Gpa} * 7.06 \text{E} - 4 \text{m}^2}{(53.33)^2}$$

$$W_c = 126173.60 \text{N}$$

Cálculo del factor de seguridad del vástago

$$n = \frac{W_c}{F_p} \quad (2.86)$$

Donde:

W_c . Carga crítica (N)

F_p : Fuerza del pistón (N)

$$n = \frac{126173.60 \text{N}}{15433 \text{N}}$$

$$n = 8.17$$

2.5.5 Selección de la unidad hidráulica

2.5.5.1 Cálculo del caudal de la bomba (Q)

Se procede a calcular el caudal necesario que debe emitir la unidad hidráulica para el correcto funcionamiento del desmotivo de accesibilidad

$$Q = V * A \quad (2.87)$$

Donde:

V : velocidad del fluido (m/s)

A : Área del cilindro (m)

$$Q = 0,2 \text{ m/s} * 7,06 \text{ E} - 4 \text{ m}^2$$

$$Q = 1,417 \text{ E} - 4 \text{ m}^3/\text{s}$$

El dato del caudal en ciertas unidades hidráulicas viene especificado en galones por minuto (GPM), por lo que se procede a realizar la conversión de unidades

1 m³/s equivale a 15852,047GPM

$$\frac{1,417 \text{ E} - 4 \text{ m}^3/\text{s}}{1} * \frac{15852,047\text{GPM}}{1 \text{ m}^3/\text{s}} = 2,241\text{GPM}$$

Al considerar 2 cilindros el caudal es igual a 4,48 GPM

2.5.5.2 Cálculos de la potencia del motor eléctrico

La potencia del motor eléctrico se calcula en función de la presión y el caudal que va a generar la bomba.

$$\text{Pot} = \frac{\text{Presion} * Q}{1714} \quad (2.88)$$

Donde:

Presión: Presión generada por los cilindros (PSI)

$$\text{Pot} = \frac{2175.56\text{PSI} * 2,241 \text{ Gpm}}{1714}$$

$$\text{Pot} = 2,84\text{Hp}$$

2.5.5.3 Selección de elementos hidráulicos

De los datos obtenidos se procede a verificar mediante el catalogo del fabricante la unidad hidráulica y a su vez la bomba manual que satisfaga con las necesidades que se busca para el diseño.

Para este diseño se ha usado el catalogo “Bucher Hydraulics” el mismo que indica en una forma detallada el procedimiento de selección de la mejor alternativa según nuestra necesidad. (Figura 2.36, 2.37, 2.38)

Primero: se escoge en el catálogo la unidad hidráulica que satisfaga a las necesidades que se busca (tanto el motor eléctrico y la bomba hidráulica).



2.2 M-400 Series Pump/Motor Performance Data

Pump Code	Displacement	RPM	GPM	Input HP Required at Pressure (PSI)					
	In ³ / Rev (Cm ³ / Rev)			500	1000	1500	2000	2500	3000
12637-150 (72) *	0.032 (0.524)	1725	0.24	0.20	0.30	0.35	0.50	0.55	0.75
		3450	0.48	0.40	0.60	0.70	1.00	1.10	1.50
12637-270 (62) *	0.057 (0.934)	1725	0.42	0.20	0.35	0.45	0.60	0.70	0.90
		3450	0.85	0.40	0.70	0.90	1.20	1.40	1.80
12172-150 (42)	0.077 (1.26)	1725	0.58	0.25	0.45	0.60	0.80	1.00	1.15
		3450	1.15	0.50	0.90	1.20	1.60	2.00	2.30
12172-200 (43)	0.099 (1.66)	1725	0.74	0.35	0.55	0.80	1.05	1.30	1.50
		3450	1.48	0.70	1.10	1.60	2.10	2.60	3.00
12172-250 (03)	0.125 (2.13)	1725	0.93	0.45	0.75	1.10	1.40	1.70	2.15
		3450	1.87	0.90	1.50	2.20	2.80	3.40**	3.95**
12172-270 (51)	0.137 (2.31)	1725	1.02	0.50	0.80	1.15	1.50	2.00	2.25
		3450	2.05	1.00	1.60	2.30	3.00	3.60**	
12172-330 (55)	0.168 (2.76)	1800	1.31		1.04	1.49	1.94	2.39	2.84
		3600	1.31		2.09	2.99	3.89	4.79	5.69
12172-380 (05)	0.193 (3.23)	1725	1.44	0.60	1.10	1.50	2.00	2.50	3.00
		3450	2.88	1.20	2.20	3.00	3.90**		
12172-510 (07)	0.251 (4.11)	1725	1.85	1.00	1.65	2.50	3.00	3.75**	
		3450	3.70	2.00	3.30**				

** = Intermittent Service Only. Contact the Monarch Factory or your Distributor for operating limits. The above pumps tested using Mobil DTE 24 at 100°F 165 SUS, 95 Viscosity. Note: kW = HP x 0.746

* = Denotes I-Pump

Recommended Operating Conditions for M-400 Series Pumps:

Oil Temperature Range: 10°F to 170°F (-25°C to 77°C)

Operating Temperature: 50°F to 130°F (10°C to 54°C)

Oil Viscosity:

- Optimum 100 to 350 SUS (Cat = .22 x SUS - 135/SUS)

- Minimum 100 SUS at Operating

- Maximum Start Up 4000 SUS

Recommended Filtration:

- 10 micron nominal or better

Recommended Fluid for indoor use:

- Mobil DTE 24 or equal

Recommended Fluid for outdoor use:

- Mobil DTE 13 or equal

Recommended Fluid for outdoor use:

- ATF Dexron II or equal

Contact factory for use with non-petroleum based fluids and availability of special seals.

STANDARD PUMP FEATURES:

- Fixed Displacement, External Tooth, Powdered Metal Gears
- Hardcoat Processed Internal Pump Surfaces Extend Service Life
- Extremely Tolerant of Fluid Contaminants and Resistant to Galling Caused by Low Viscosity Start-up
- Wide Temperature and Viscosity Operation
- Cost Effective
- 100% Tested for Volumetric Efficiency and Pressure
- Over Five Million Power Units Sold

Figura 2.36. Catalogo "Bucher hydraulics" para selección de unidades hidráulicas

Fuente: Bucher hydraulics

Segundo: despues de escoger la unidad hidraulica, se procede a revisar en el catalogo las caraterisricas de la misma.



3 D.C. Hydraulic Power Systems

3.1 Model M-3226 Mini System (Formerly M-255)

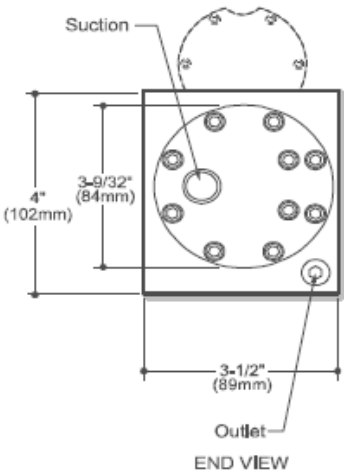
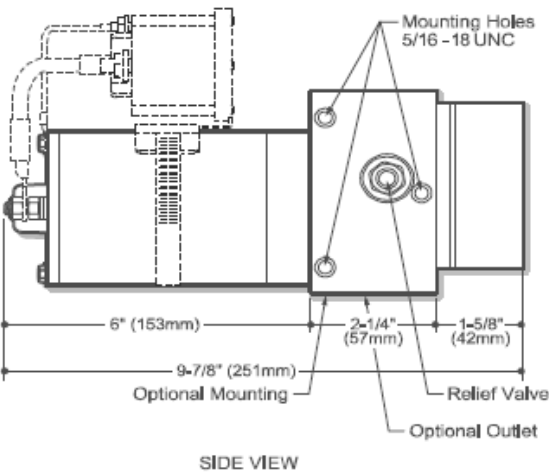
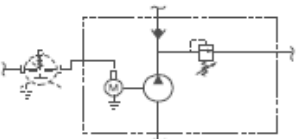
Description

- Pump Motor Unit
- Check Valve
- Externally Adjustable Relief Valve
- .375 Inch NPT Suction
- 7/16-20 SAE Outlet Port

Popular Options

- Motor Start Solenoid and Cable

Schematic



How to Order Your M-3226 Mini System

Comprehensive information may be found on the page referenced below each selection category.

Shown as standard with:

Pump	Motor	Voltage	Motor Start Switch	Accessories
i-pump (req'd.)	08053	12		
Ref. Page 51	Ref. Page 62		Ref. Page 99	Ref. Page 102

Figura 2.37. Catalogo Bucher hydraulics para selecci3n de unidades hidr3ulicas

Fuente: Bucher hydraulic

Tercero: la norma INEN 2205 indica que el dispositivo de accesibilidad debe tener autonomía en caso de falta de energía, por lo que también se debe añadir una bomba de tipo manual al sistema hidráulico



6.15 Monarch Hand Pumps

Standard - Standard Displacement (0.50 In³/Stroke) High Pressure - Low Displacement (0.25 In³/Stroke) High Pressure/ Heavy Duty - Standard Displacement (0.50 In³/Stroke)

Note: It is recommended that pins and piston be periodically lubricated to prolong hand pump life.

6.16 Standard Hand Pumps

Description

- 0.50 In³/Stroke (8.20 Cm³/Stroke)
- Single Acting
- 2000 PSI (138 Bar)
- Outlet Port: 1/4" NPTF
- Ideal For Emergency Back-Up Application in Case of Primary Pump Failure
- Horizontal or Vertical Mounting
- Designed for Mounting Directly to Monarch Power Units
- Handle May Positioned in any Direction
- Release Valve (Use Handle for Actuating)
- Supplied with Painted Steel "Comfort Grip" Handle
- All Exposed Materials are Aluminum or Plated Steel for Corrosion Resistance

Popular Options

- Remote Mounting
- Ports, Other Styles Available
- Relief Valve
- Integral Reservoir

Schematic

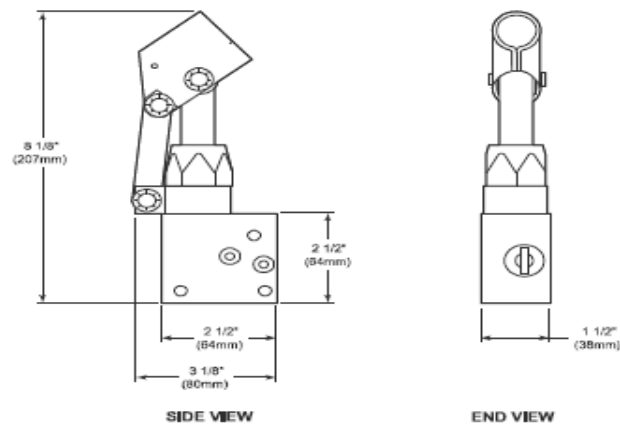
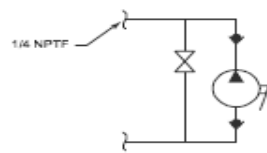


Figura 2.38. Catalogo Bucher hydraulics para selección de Bomba manual

Fuente: Bucher hydraulics

- Cuarto: se procede a calcular la capacidad que debe tener el depósito de aceite hidráulico.

Para esto se debe calcular el volumen de aceite en los cilindros

$$V_c = (A * C_u) * 2 \text{ cilindros} \quad (2.89)$$

Donde:

V_c : volumen de los cilindros (m^3)

C_u : Carrera útil del pistón (m)

$$V_c = (7,065 \text{ E} - 4 m^2 * 0,4m) * 2$$

$$V_c = 5.652 \text{ E} - 4 m^3$$

Conversión a galones

$$1 m^3 = 264 \text{ Gl} \quad (2.90)$$

$$5.652 \text{ E} - 4 m^3 * \frac{264 \text{ Gl}}{1 m^3} = 0,14 \text{ Gl}$$

Conversión a litros

$$1 \text{ Gl} = 3,75 \text{ l} \quad (2.91)$$

$$0,14 \text{ Gl} * \frac{3,75 \text{ l}}{1 \text{ Gl}} = 0,525 \text{ l}$$

El volumen mínimo del reservorio de aceite hidráulico requerido es de 0,14 Gl o 0,525l

2.5.5.4 Diagrama del circuito hidráulico

Después de obtener todos los datos necesarios para la construcción del circuito hidráulico, se realiza el esquema tentativo en el software “Automation Studio 5.0” que simula el circuito hidráulico y se puede comprobar que el mismo funcione de una manera correcta (Figura 2.39)

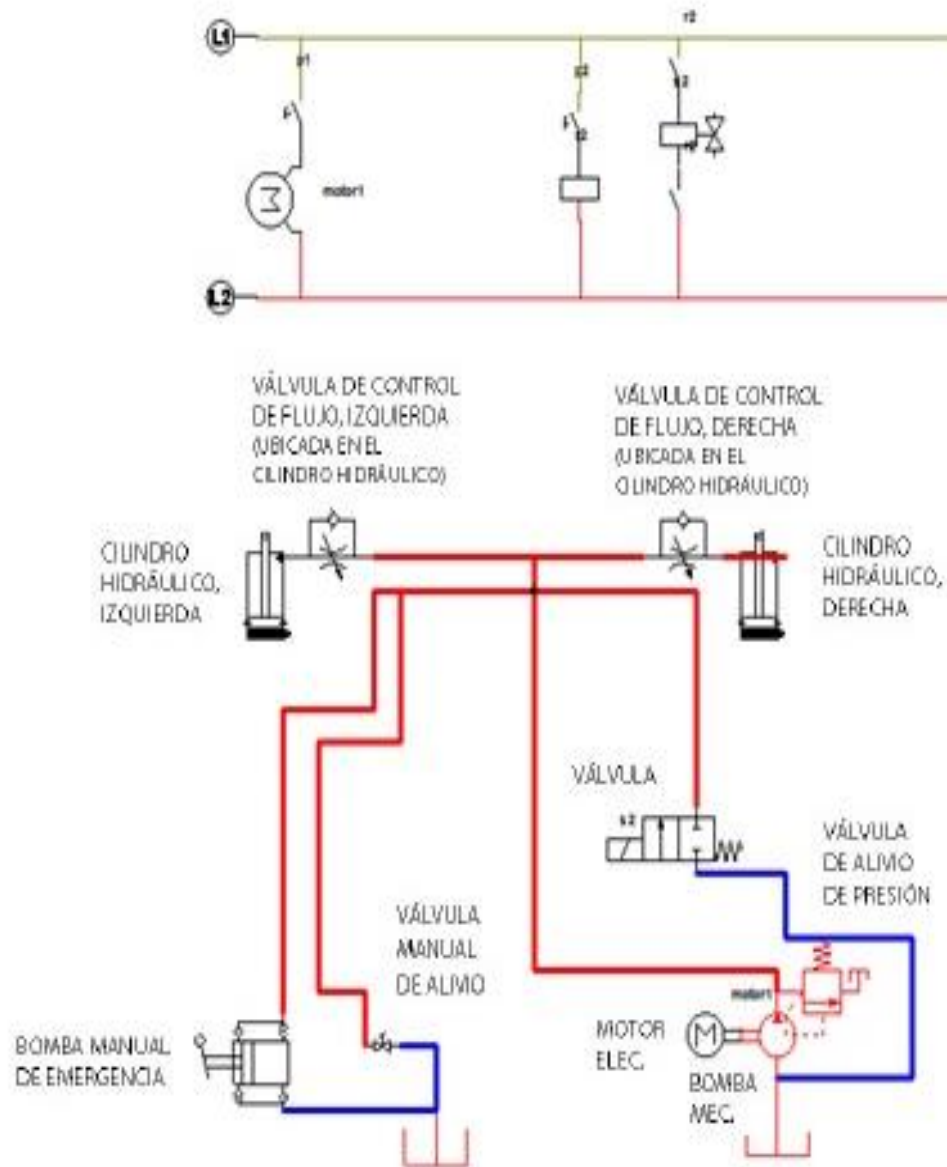


Figura 2.39. Circuito Hidráulico

Fuente: Los Autores

2.6 Diseño eléctrico

En la figura 2.40 se detalla el esquema eléctrico del dispositivo de accesibilidad.

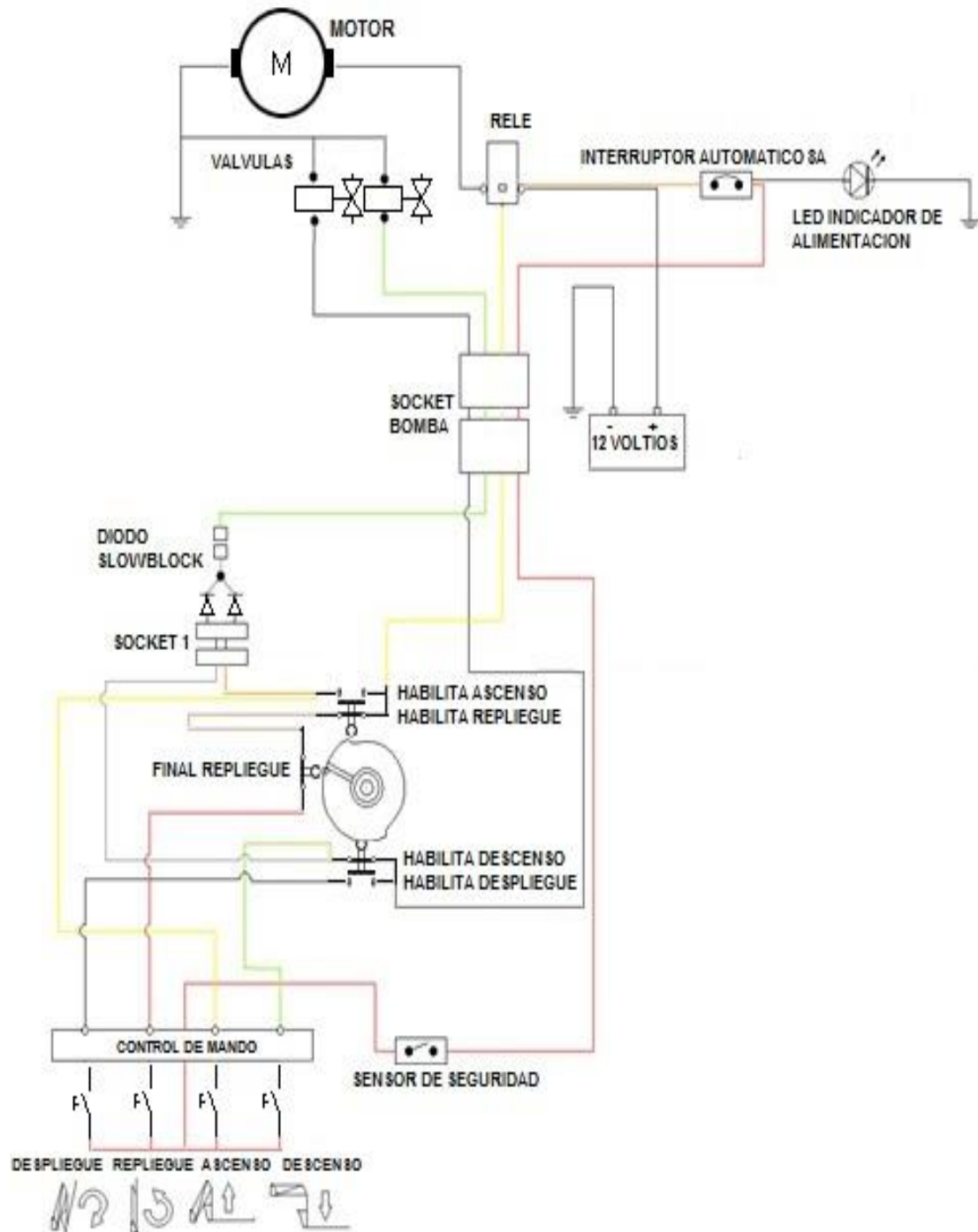


Figura 2.40. Circuito eléctrico

Fuente: Los Autores

2.6.1 Funcionamiento del circuito eléctrico.

El circuito eléctrico consta de una fuente de 12 voltios que alimenta a todo el sistema.

Según especificaciones del fabricante de la unidad hidráulica, recomienda el uso de un fusible de 90 amperios entre la fuente eléctrica y la unidad hidráulica para proteger la integridad de la misma.

El borne positivo de la fuente está conectado al fusible de 90 amperios, este a su vez está conectado a un led que indicara si el circuito esta alimentado.

Posteriormente se conecta en paralelo a los contactos de alimentación de la bomba y el interruptor automático de 8 amperios el mismo que protege el circuito electrónico de control.

Por borne negativo de la fuente, está conectado a tierra directamente en el chasis de bus, con lo cual evita una conexión directa entre el circuito electrónico y el borne negativo de la fuente.

El circuito consta de un solenoide el mismo que activa la válvula de alivio para liberar la descarga de aceite hidráulico, para que la plataforma se despliegue y baje del piso del bus a la calzada.

Para el movimiento de la calzada al piso y repliegue de la plataforma, el circuito consta de un motor, con dos relés conectados en serie que activan y desactivan el motor encargado de hacer funcionar la unidad hidráulica para que proporcione presión necesaria para activar los pistones.

El circuito electrónico consta de 3 fin carreras, que brindan seguridad al ocupante.

Los mismos que habilitan o deshabilitan las operaciones que se quiera realizar mediante el control de mando (Figura 2.41).

El objetivo del fin carrera es limitar el movimiento de la plataforma hasta que llegue a cierta posición, al llegar la plataforma a la posición requerida se deberá accionar otro interruptor para que continúe el movimiento y así garantizar seguridad al ocupante

La plataforma al ir del movimiento de despliegue hasta el piso del bus, se deberá accionar otro interruptor para que continúe el movimiento desde el piso del bus hasta la calzada, de igual forma; la plataforma al ir desde la calzada hasta el piso del bus, deberá accionar otro interruptor para que de paso al movimiento siguiente, es decir desde el piso del bus hasta la posición de replegado de la plataforma.

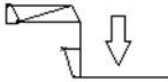
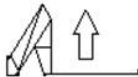
POSICIÓN DE LA PLATAFORMA \ INTERRUPTORES HABILITADOS	DESPLIEGUE	DESCENSO A LA CALZADA	ASCENSO AL PISO DEL BUS	REPLIEGUE
DESPLIEGUE 	✓	✗	✗	✓
DESCENSO A LA CALZADA 	✗	✓	✓	✗
ASCENSO AL PISO DEL BUS 	✗	✓	✓	✗
REPLIEGUE 	✓	✗	✗	✓

Figura 2.41. Habilidad de estados de la plataforma.

Fuente: Los Autores

2.7 Funcionamiento de fin carrera

Fin carrera despliegue y descenso de plataforma. Este fin carrera permitirá controlar los movimientos de descenso y de despliegue de la plataforma, activando o desactivando el solenoide que controla la válvula de alivio de presión de los cilindros. Cabe recalcar que

el fin carrera permitirá tan solo uno de los movimientos de despliegue o descenso y no permitirá los dos movimientos simultáneamente (Figura 2.42)

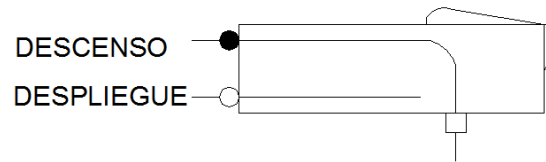


Figura 2.42. Fin carrera Descenso – Despliegue

Fuente: Los Autores

Fin carrera repliegue y ascenso de la plataforma. Este fin carrera permitirá controlar los movimientos de ascenso y repliegue de la plataforma, activando y desactivando los relés que están conectados al motor de la bomba que alimenta los pistones. Cabe recalcar que el fin carrera permitirá tan solo uno de los movimientos de repliegue o ascenso y no permitirá los dos movimientos simultáneamente (Figura 2.43)

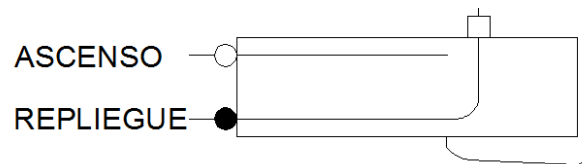


Figura 2.43. Fin carrera Ascenso – Despliegue

Fuente: Los Autores

Fin carrera de seguridad y repliegue. Este fin carrera servirá para permitir el repliegue de la plataforma (conectado en serie al pin de repliegue del segundo fin carrera) y un sistema de seguridad como por ejemplo un control de cierre o apertura de la puerta del autobús cuando la plataforma este en movimiento.

2.8 Sensores de seguridad

Para garantizar la seguridad durante la operación del dispositivo de accesibilidad, se ha diseñado sensores de seguridad, los mismos que se detallan a continuación:

Sensor de movimiento

Objetivo del sensor de movimiento

La finalidad de este sensor es detectar el movimiento mediante un sensor de efecto Hall, el mismo que puede ser colocado en la rueda del vehículo, al estar en movimiento esta, impedirá el funcionamiento del dispositivo de accesibilidad.

El circuito está constituido por un sensor de efecto Hall, que detecta el paso de un imán colocado en la rueda para censar.

Dicho sensor actúa cuando detecta el movimiento de los imanes enviando pulsos al micro controlador, al recibir estos pulsos, mediante su programación interna activa un relé y al mismo tiempo enciende diodos LED para indicar de forma visual el estado de la activación:

El color rojo indica movimiento y el color verde indica que no existe movimiento.

En la figura 2.44 se indica el esquema de funcionamiento del sensor de proximidad

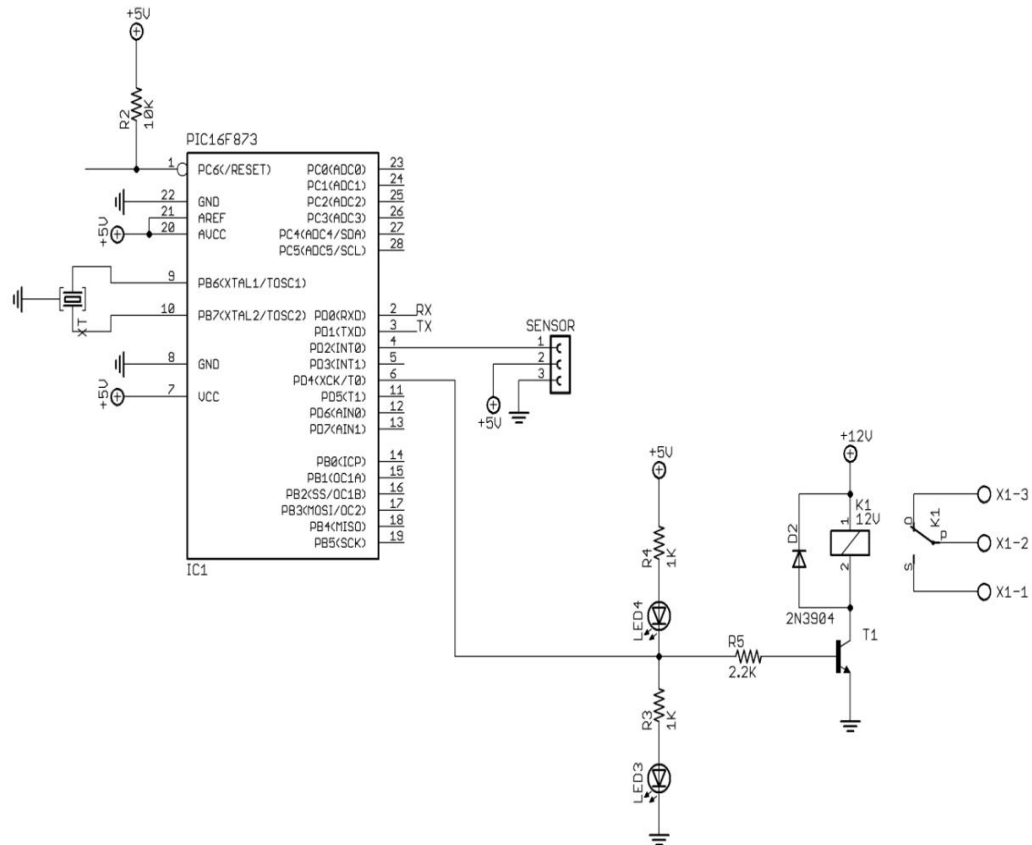


Figura 2.44. Circuito electrónico sensor de proximidad

Fuente: Los Autores

Funcionamiento del circuito

El circuito esta alimentado con un voltaje de 5 voltios, para esto se utiliza un regulador de voltaje de transformando la alimentación de 12V a 5V.

Este circuito está constituido principalmente por un circuito integrado LM7805 y condensadores para filtrar el voltaje (Figura 2.45)

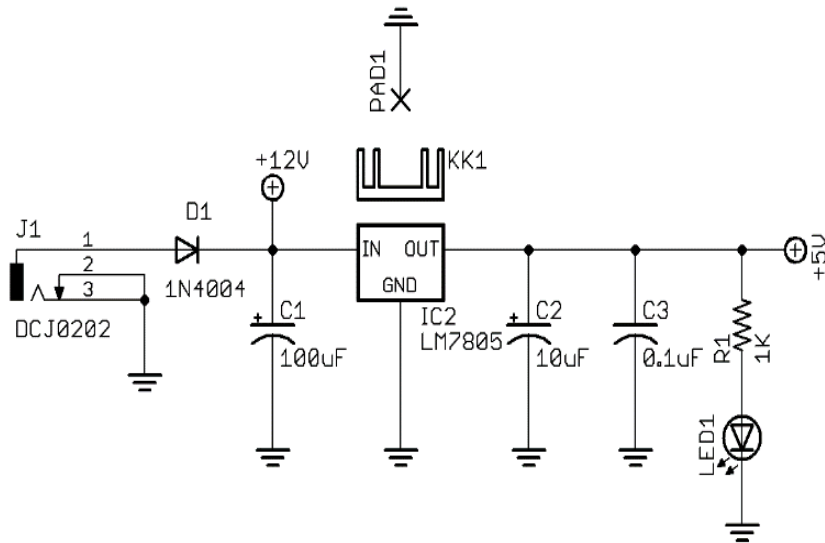


Figura 2.45. Circuito de transformación de voltaje

Fuente: Los Autores

Sensor de proximidad

Objetivo del sensor de proximidad

La finalidad del sensor de movimiento es detectar que no exista presencia de personas delante de la plataforma, ya que si este detecta movimiento no permitirá el funcionamiento de la misma.

Este circuito está diseñado para detectar distancia mediante proximidad, para esto se utilizan dos sensores ultrasonidos, estos están contruidos mediante un emisor y un receptor de ultrasonido, de 40khz, este sonido no es perceptible por el oído humano, este sonido es emitido hacia el espacio si choca sobre cualquier objeto rebota y el mismo modulo calcula el tiempo de demora de rebote y de esta manera detecta si un objeto esta próximo.

Este circuito está constituido principalmente por un circuito integrado LM7805 y condensadores para filtrar el voltaje (Figura 2.47)

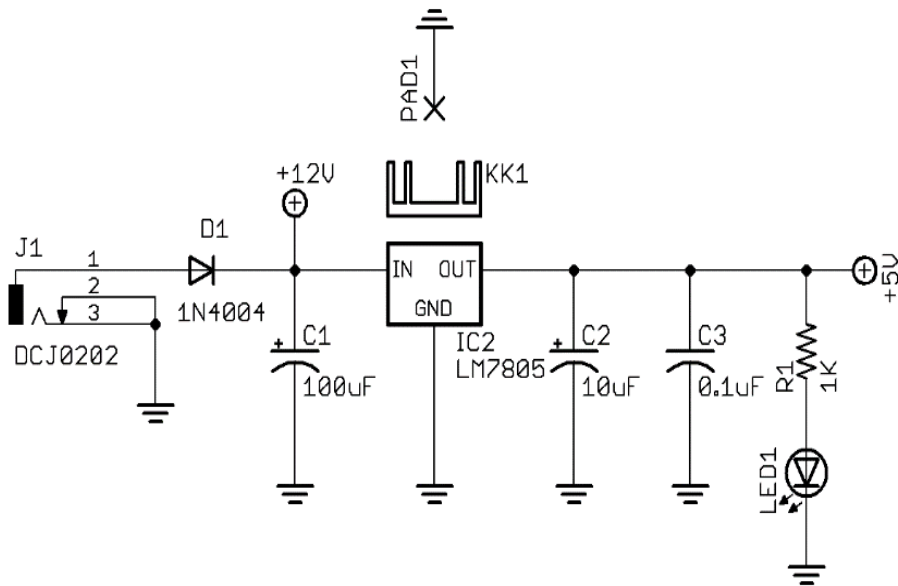


Figura 2.47. Circuito de transformación de voltaje

Fuente: Los Autores

CAPITULO III

CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DEL DISPOSITIVO

3.1 Construcción del sistema mecánico

3.1.1 Introducción a la construcción del dispositivo

En este capítulo se procede a detallar los parámetros que se deben seguir para la construcción del dispositivo de accesibilidad, partiendo de los datos obtenidos en el capítulo 2, tanto las medidas, cálculos y los materiales seleccionados

3.1.2 Requerimientos para la construcción

Para la construcción del dispositivo, se requieren de:

Materiales, equipos, maquinas, herramientas, e instrumentos.

3.1.2.1 Materiales para la estructura

3.1.2.1.1 Plancha de metal expandido

En la figura 3.1 se indica la ubicación de las diagonales que conforman los agujeros de la plancha de metal expandido

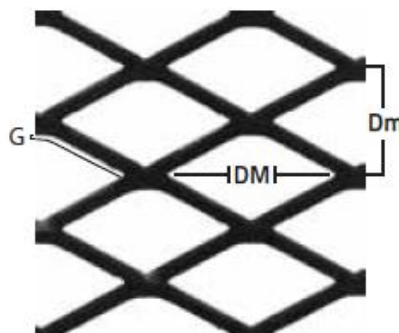


Figura 3.1. Plancha de metal expandido

Fuente: Catálogo Acerimallas

En la tabla 3.1 se indica la descripción de la simbología utilizada en la figura 3.1, la misma que nos sirve para escoger la plancha de metal expandido que conforma la plataforma del dispositivo de elevación.

Tabla 3.1 Denominación de las medidas de la plancha de metal expandido

DM: Diagonal Mayor
Dm: Diagonal Menor
G: Paso
E: Espesor de la Lámina

Fuente: Catálogo Acerimallas

En la tabla 3.2 se indica las medidas de la plancha de metal expandido según el catálogo del fabricante

Tabla 3.2 Medidas de la plancha de metal expandido

E (MM.)	Dm (MM.)	DM (MM.)	G (MM.)	Dimensión (MM.)
1.4	15	30,0	1.5	1220 x 2440 mm.

Fuente: Catálogo Acerimallas

3.1.2.1.2 Plancha Acero A36

En la tabla 3.3 se indica las características la plancha de acero A36

Tabla 3.3 Características de la plancha de acero A36

Ancho	Largo	Espesor	Peso Aproximado
Mm	mm	Mm	kg
1220	2440	5	116.84
1220	2440	3.5	70.1

Fuente: Catálogo IPAC

3.1.2.1.3 Eje de acero de 25,4 cm (Material acero 1018)

3.1.2.1.4 Viga de acero 24,5 x 24,5 cm (Material acero 1018)

3.1.2.1.5 Elementos Normalizados

Pernos M10

Tuercas hexagonales M10

Muelles

3.1.2.2 Equipos industriales:

Dobladora de planchas de acero

Cortadora de planchas de acero

Soldadura Mic

Torno

Fresadora

Entenalla

Esmeril

Taladro

3.1.2.3 Herramientas

Brocas

Martillo

Sierra de arco

Limas

Escuadras

Llaves

3.1.2.4 Herramientas de medición y verificación

Flexómetro

Calibrador

Nivel

3.1.2.5 Equipos de protección personal

Gafas de protección

Guantes

Mandil

3.1.3 Componentes a construir

Plataforma

Vigas distribuidas a lo largo de la plataforma

Brazos de elevación

Brazos de sujeción a la plataforma

Eje de soporte de plataforma

Pasadores en los puntos de unión

3.1.4 Proceso de construcción

3.1.4.1 Plataforma

Paso 1.- Seleccionamos la plancha con la que vamos a construir la plataforma, y se procede a trazar las medidas necesarias (figura 3.2)

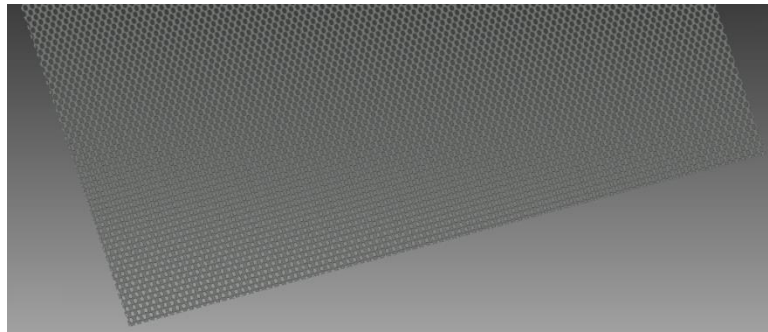


Figura 3.2. Plancha para construcción de plataforma

Fuente: Los Autores

Paso 2.- Cortamos la plancha de tal manera que esta tome la forma de un rectángulo de 1,26 cm x 77 cm

Paso 3.- En los extremos laterales de la plataforma se acoplo barreras de protección para evitar que la silla de ruedas se salga de la misma por sí sola. (Figura 3.3)



Figura 3.3. Plataforma

Fuente: Los Autores

3.1.4.2 Vigas distribuidas a lo largo de la plataforma

Para el soporte de la plataforma, se procedió a seleccionar vigas cuadradas de 25,4 x 25,4 mm existentes en nuestro mercado. Se colocaron 4 vigas a lo largo de la plataforma y 2 a lo ancho de la misma. (Figura 3.4)



Figura 3.4. Vigas distribuidas a lo largo de la plataforma

Fuente: Los Auotres

3.1.4.3 Construcción de los brazos de sujeción a la plataforma

Los brazos de sujeción G-H, H-J, E-A, A-B, C-B y D-A detallados en la figura 3.5, se fabrican en pares.

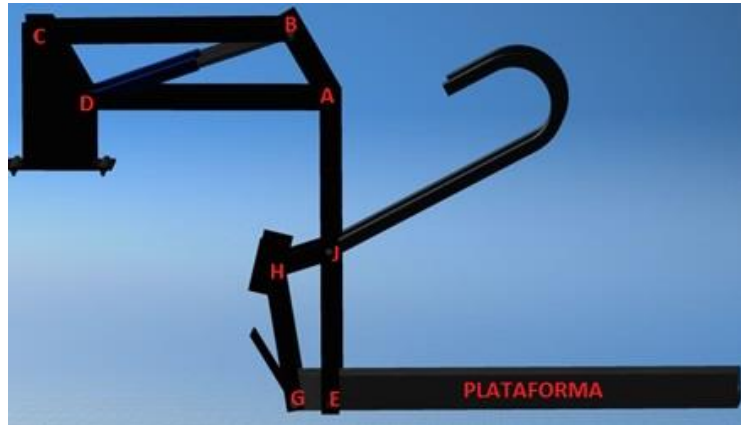


Figura 3.5. Detalle de los brazos del dispositivo de elevación

Fuente: Los Autores

La construcción de todos los brazos se realiza mediante el mismo proceso, el cual se detalla a continuación

Paso 1.- Se selecciona la plancha de acero A36. (Figura 3.6)



Figura 3.6. Plancha de acero A36

Fuente: Los Autores

Paso 2.- Una vez seleccionada la plancha se corta un tramo de una longitud tal, que nos permita manipular la plancha con facilidad y así poder construir. (Figura 3.7)



Figura 3.7. Proceso de cortado de la plancha

Fuente: Los Autores

Paso 3.- Se realiza el trazo de líneas como indica la figura 3.8 para obtener un perfil en C.



Figura 3.8. Medición de material para obtener los brazos de sujeción

Fuente: Los Autores

Paso 4.- Se realiza el doblado de la plancha (Figuras 3.9, 3.10)



Figura 3.9. Ubicación de la plancha en la maquina dobladora

Fuente: Los Autores



Figura 3.10. Doblado de la plancha

Fuente: Los Autores

Obtención de la primera cara doblada (Figura 3.11)



Figura 3.11. Obtención de la primera cara doblada

Fuente: Los Autores

Obtención de la segunda cara doblada (Figura 3.12)



Figura 3.12. Obtención de la segunda cara doblada

Fuente: Los Autores

Paso 5.- Se realiza el taladrado en donde se colocan los pasadores que sirven de unión con los otros brazos. (Figura 3.13)



Figura 3.13. Taladrado de los brazos de elevación

Fuente: Los Autores

Paso 6.- Se quitan las aristas vivas en los extremos de los brazos. (Figura 3.14)



Figura 3.14. Eliminación de aristas vivas

Fuente: Los Autores

Con el proceso indicado se obtuvieron todos los brazos del dispositivo como indican las figuras 3.15, 3.16



Figura 3.15. Brazo B-E

Fuente: Los Autores



Figura 3.16. Brazos B-C y A-D

Fuente: Los Autores

3.1.4.4 Construcción pasadores

Paso 1.- Se seleccionó el eje de transmisión acero 1018

Paso 2.- Se trazaron las medidas para proceder con el refrentado del mismo, de acuerdo a las medidas obtenidas en el diseño (Figura 3.17)



Figura 3.17. Medición de material

Fuente: Los Autores

Paso 3.- Se mecanizó el pasador a la medida diseñada. (Figura 3.18)



Figura 3.18. Mecanizado de Material

Fuente: Los Autores

3.2 Ensamblaje del dispositivo

Paso 1.- Se ensambla los cilindros hidráulicos en la base del dispositivo mediante pasadores (Figuras 3.19, 3.20)



Figura 3.19. Cilindros hidráulicos

Fuente: Los Autores

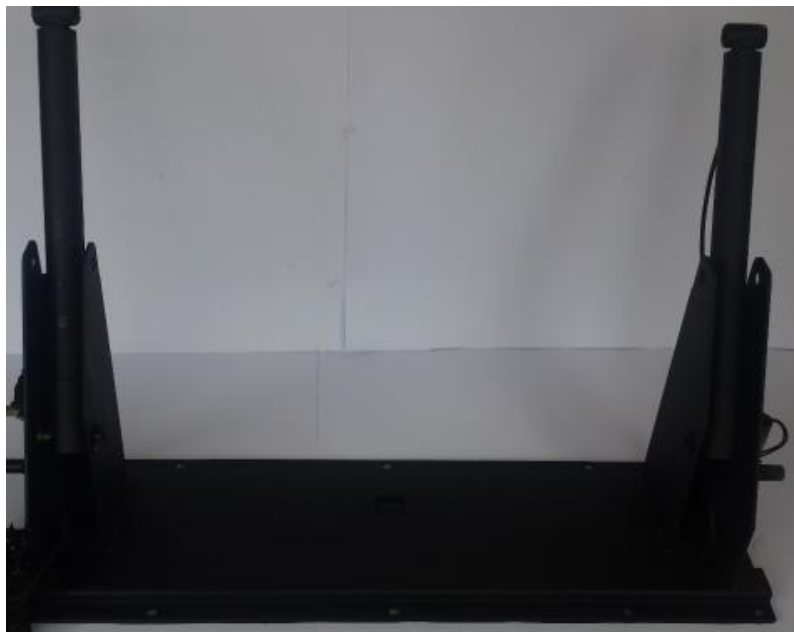


Figura 3.20. Ubicación de cilindros hidráulicos en la base del dispositivo

Fuente: Los Autores

Paso 3.- Se sujeta la base del dispositivo en el bastidor de la estructura (Figura 3.21)



Figura 3.21. Sujeción de la base del dispositivo en el bastidor

Fuente: Los Autores

Paso 4.- Se ensambla el brazo B-C mediante los pasadores C y B respectivamente. (Figura 3.23)

El uno colocado en la base del dispositivo de accesibilidad y el otro sujeto en la parte superior del cilindro hidráulico (Figura 3.22)



Figura 3.22. Ensamblaje brazo C-B

Fuente: Los Autores



Figura 3.23. Pasador C

Fuente: Los Autores

Paso 5. Se colocan los muelles de retracción entre el brazo y la base del dispositivo, los mismos que impulsan al brazo hacia afuera al aliviar la válvula del sistema hidráulico para generar el movimiento de despliegue y descenso (Figura 3.24)



Figura 3.24. Muelles de retracción

Fuente: Los Autores

Paso 6. Se ensambla el brazo B-E mediante el pasador B, colocado en la parte superior de este brazo, uniéndolo al brazo B-C y al cilindro hidráulico.

La parte inferior de este brazo se sujetará a la plataforma de elevación mediante un eje

Paso 7. Se ensambla el brazo A-D mediante el pasador D que sujeta a la parte inferior del brazo con la base del dispositivo y la parte inferior del cilindro hidráulico (Figura 3.25)



Figura 3.25. Ensamblaje brazos B-E y A-D

Fuente: Los Autores

Paso 8. Se ensambla el conjunto de brazos G-H y H-J mediante los pasadores J, H y G

El pasador J sirve de unión del brazo H-J, el brazo B-E y la baranda de sujeción del ocupante

El pasador H sirve de unión de los brazos H-J, H-G y el pin de anclaje, los mismos que sirven para generar el movimiento de plegado de la plataforma

Entre estos brazos se colocan los muelle de retracción, el mismo que sirve para dar un movimiento progresivo en la fase de plegado (Figura 3.26)



Figura 3.26. Ensamblaje brazos G-H y H-J

Fuente: Los Autores

Paso 9. Se ensambla la plataforma mediante el eje E y el pasador G en los brazos correspondientes (Figura 3.27)



Figura 3.27. Ensamblaje del eje E

Fuente: Los Autores

En la figura 3.28 se muestra todo el dispositivo ensamblado



Figura 3.28. Dispositivo ensamblado

Fuente: Los Autores

3.3 Roll Stop

Es un mecanismo de seguridad que ofrece 2 posiciones para el ocupante.

3.3.1 Posición 1

Una vez que la plataforma se ha desprendido de la calzada, cumple la función de evitar que el pasajero en silla de ruedas salga de la plataforma cuando esta esté en su fase de ascenso o descenso, ya que forma una barrera como se indica en la figura 3.29



Figura 3.29. Roll Stop (posición 1)

Fuente: Los Autores

3.3.2 Posición 2

La plataforma al asentarse en la calzada, permite que la barrera cambie su ángulo de inclinación y pase a ser una rampa para acceder con facilidad a la plataforma como se indica en la figura 3.30.



Figura 3.30. Roll Stop (posición 2)

Fuente: Los Autores

3.3.3 Funcionamiento del Roll Stop

El Roll Stop es un mecanismo de 2 brazos (A) y (B) unidos entre sí mediante un pasador (C) que está unido fijamente al brazo (B) y puede desplazarse por el canal del brazo (A).

El muelle de retracción (3) mantiene a la barrera en la posición 1, hasta que la plataforma se asienta en la calzada, es ahí cuando el peso de esta actúa sobre el brazo (B), pivotando en el eje (2), y haciendo que el pasador (C) se desplace verticalmente hacia arriba.

Por consecuencia de esta acción se ejerce una fuerza en el brazo (A), haciendo que este pivotee sobre el pasador (1) y permite que la barrera se coloque en la posición 2.

En las figuras 3.31 y 3.32 se indica los componentes del mecanismo Roll Stop y el funcionamiento del mismo, el cambio de la posición 1 a la posición 2.

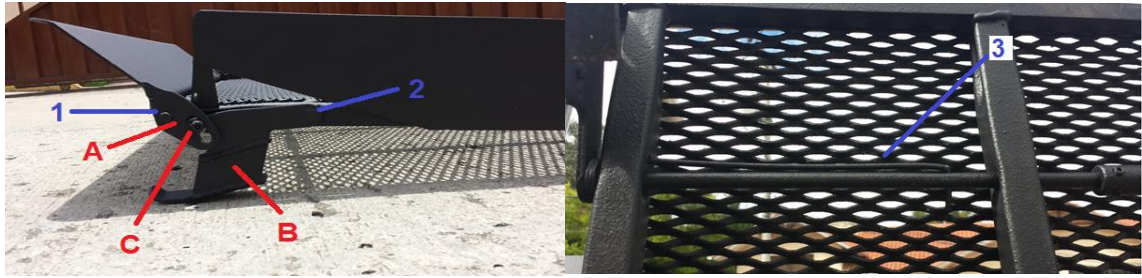


Figura 3.31. Componentes Roll Stop

Fuente: Los Autores

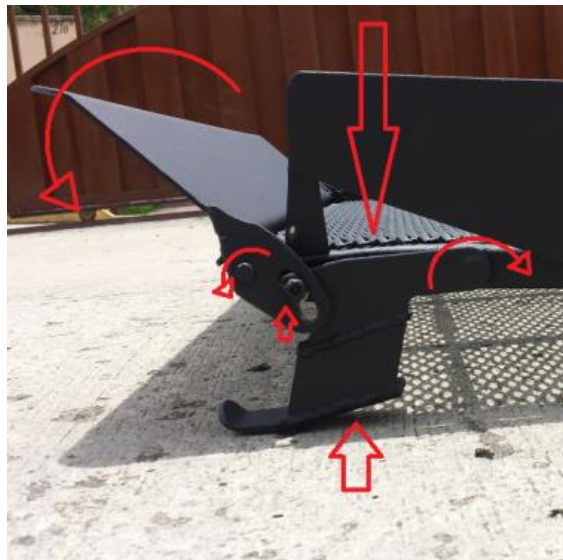


Figura 3.32. Funcionamiento Roll Stop

Fuente: Los Autores

3.4 Ubicación del elevador

Para la ubicación correcta del elevador en la puerta de acceso del vehículo se debe seguir los siguientes pasos:

- a. La superficie de instalación debe ser plana y estar bien nivelada. Se recomienda que el elevador se instale sobre un sub-piso de madera contrachapada de un mínimo de ½" de espesor, de la mejor calidad
- b. Comprobar que el espacio de recorrido hasta el marco de la puerta sea el adecuado.
- c. Con las puertas totalmente abiertas se debe colocar el elevador en el marco de la puerta del vehículo lo más cerca posible de ésta, con la placa de base del elevador situada en paralelo con el lateral del vehículo.
- d. Dejar una distancia de 3/4" si es posible, entre la puerta y la parte más cercana del elevador.
- e. Ajustar las posiciones del lado derecho e izquierdo para acomodar los largueros del bastidor.
- f. Verificar el espacio adecuado del marco de la puerta, de los asientos de los pasajeros, y del borde exterior del piso del vehículo y las posibles interferencias con cables, líneas hidráulicas, largueros del bastidor, etc.

3.5 Instrucciones para la instalación del elevador

El montaje del elevador es un paso muy importante. El rendimiento del elevador puede verse muy afectado por un montaje o fijación incorrectos del elevador.

Algunos principios generales para la fijación son los siguientes:

- a. Asegurarse de que todos los pernos de montaje estén correctamente instalados y ajustados. Los pernos más importantes son los que están situados en la parte posterior del elevador, puesto que esos pernos soportan la mayor parte de la carga.
- b. Una secuencia de ajuste incorrecta o un par de apriete de los pernos erróneo puede provocar que la placa de base se tuerza o se combe y, por lo tanto, hacer que el elevador funcione de modo desigual

El peso del elevador es aproximadamente de 350-375 lbs. Se debe tener cuidado con la instalación y ubicación del elevador, estas operaciones no lo puede hacer solo una persona

3.6 Ensamblaje del sistema hidráulico

En la figura 3.33 se indican los componentes principales que conforman el sistema hidráulico del dispositivo, estos componentes son:

- La unidad hidráulica
- Cilindros hidráulicos
- Acoples
- Cañerías



Figura 3.33. Circuito Hidráulico

Fuente: Los Autores

3.6.1 Unidad Hidráulica

A continuación se detalla los componentes y funcionamiento de la unidad hidráulica seleccionada en el capítulo anterior bajo los requerimientos necesarios de diseño

La unidad hidráulica se seleccionó del catálogo “Bucher hydraulics”

En la figura 3.34 muestra la unidad hidráulica a utilizarse en el dispositivo de accesibilidad y en la figura 3.35 se indica los componentes que conforman la unidad hidráulica.

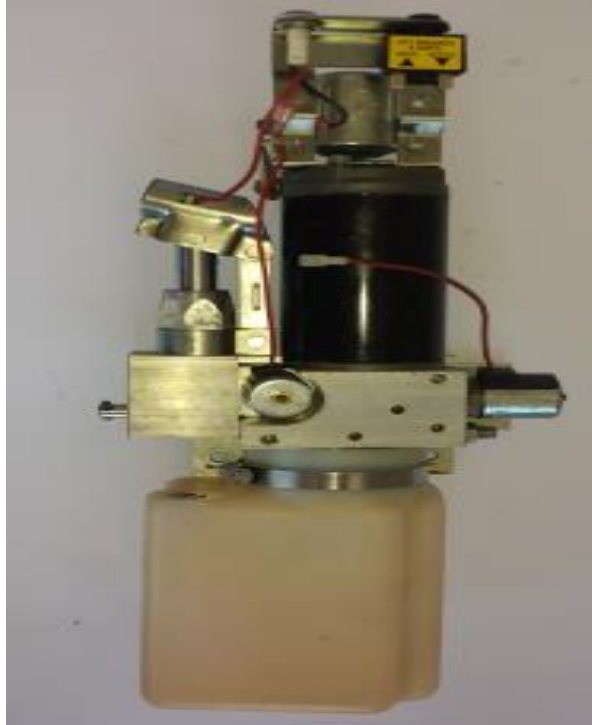


Figura 3.34. Unidad Hidráulica

Fuente: Los Autores

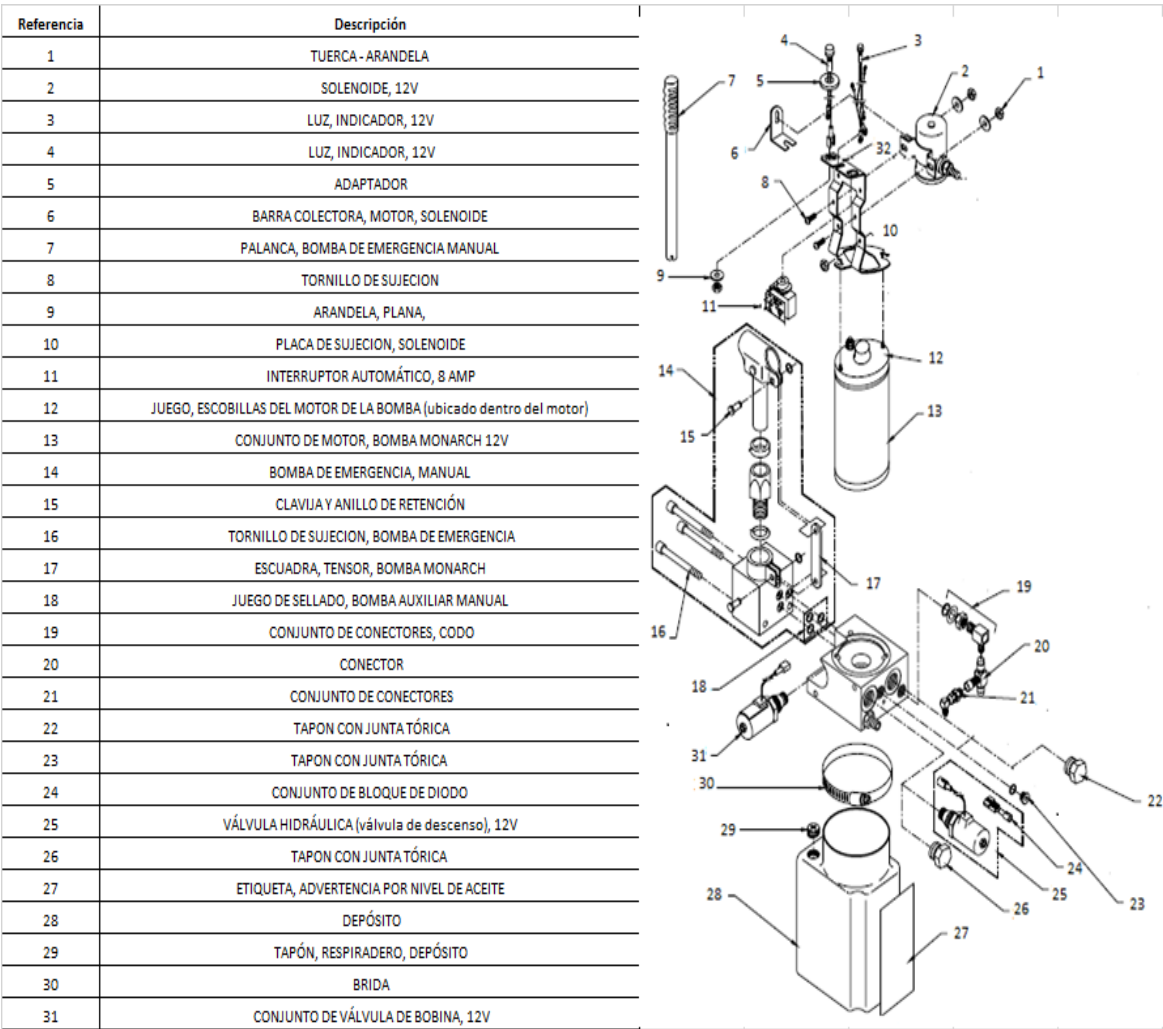


Figura 3.35. Despiece de la unidad hidráulica

Fuente: <http://www.riconcorp.com/pdfs/32dsst02/32dsst02c.pdf>:

La unidad hidráulica está compuesta por el solenoide (2) el mismo que energiza el motor (13) para accionar la bomba para suministrar fluido hidráulico a los cilindros.

Los acoples (19) (20) y (21) sirven de unión entre la unidad hidráulica y los cilindros mediante las cañerías

Para la descarga de fluido hidráulico de los cilindros, se acciona la válvula de control de flujo (25) y (31) las mismas que liberan la presión hidráulica de los cilindros hacia el depósito

La bomba de emergencia (14) permite accionar un circuito paralelo al mencionado anteriormente, esta bomba permite suministrar fluido hidráulico a los cilindros mediante una palanca de accionamiento manual, y la descarga de presión se realiza mediante el accionamiento de una válvula de alivio manual

3.6.2 Ubicación de los componentes del circuito hidráulico

En lo que respecta a la ubicación de la unidad hidráulica se debe colocar en un espacio donde sea visible, fácil de accionar, tenga sujeción segura en el dispositivo y no obstaculice otros componentes del dispositivo (Figura 3.36)



Figura 3.36. Ubicación de la unidad hidráulica

Fuente: Los Autores

3.7 Ensamblaje del circuito eléctrico

3.7.1 Instalación eléctrica

Para la correcta instalación eléctrica del elevador en el vehículo se debe seguir los siguientes pasos:

- a. No cambiar la posición de un cable mientras está conectado a la batería.
- b. Alejar los cables de las piezas móviles, de los conductos del sistema de frenado y del sistema de escape. Fijarlos sobre el vehículo.
- c. Al pasar los cables eléctricos a través del piso o los laterales del vehículo, usar arandelas aislantes para protegerlos del desgaste y de la corrosión.
- d. Comprobar la superficie inferior del vehículo antes de perforar, para evitar daños en los conductos de combustible, las líneas de ventilación, los conductos de frenado, o en los cables.

Como dispositivo de protección del circuito se facilita un interruptor automático de 8 amp. El acoplamiento del circuito debe ser capaz de soportar 8 amp de corriente continua.

Conexiones a masa

El elevador puede ser conectado a masa por medio del chasis y por lo tanto no requieren una conexión independiente con cable hasta la batería.

Interruptores de final de carrera

Los interruptores de final de carrera se ubican al costado del dispositivo de accesibilidad, la leva que los acciona trabaja conjuntamente con el pasador D del dispositivo ya que esta leva debe accionarse de forma sincronizada según la posición que se encuentre el elevador (Figura 3.37)

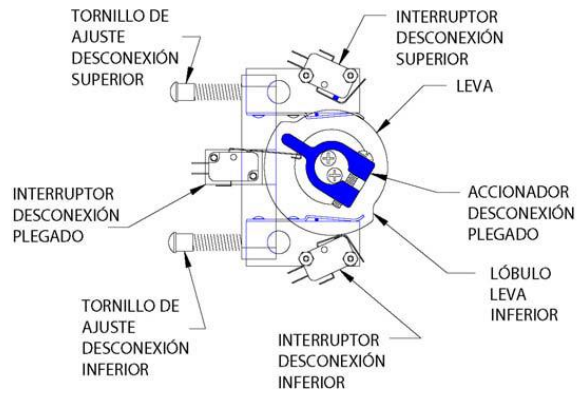


Figura 3.37. Funcionamiento de la leva e interruptores de final de carrera

Fuente: Los Autores

Con las indicaciones mencionadas anteriormente se procede a armar el circuito eléctrico según el esquema detallado en la figura 3.38

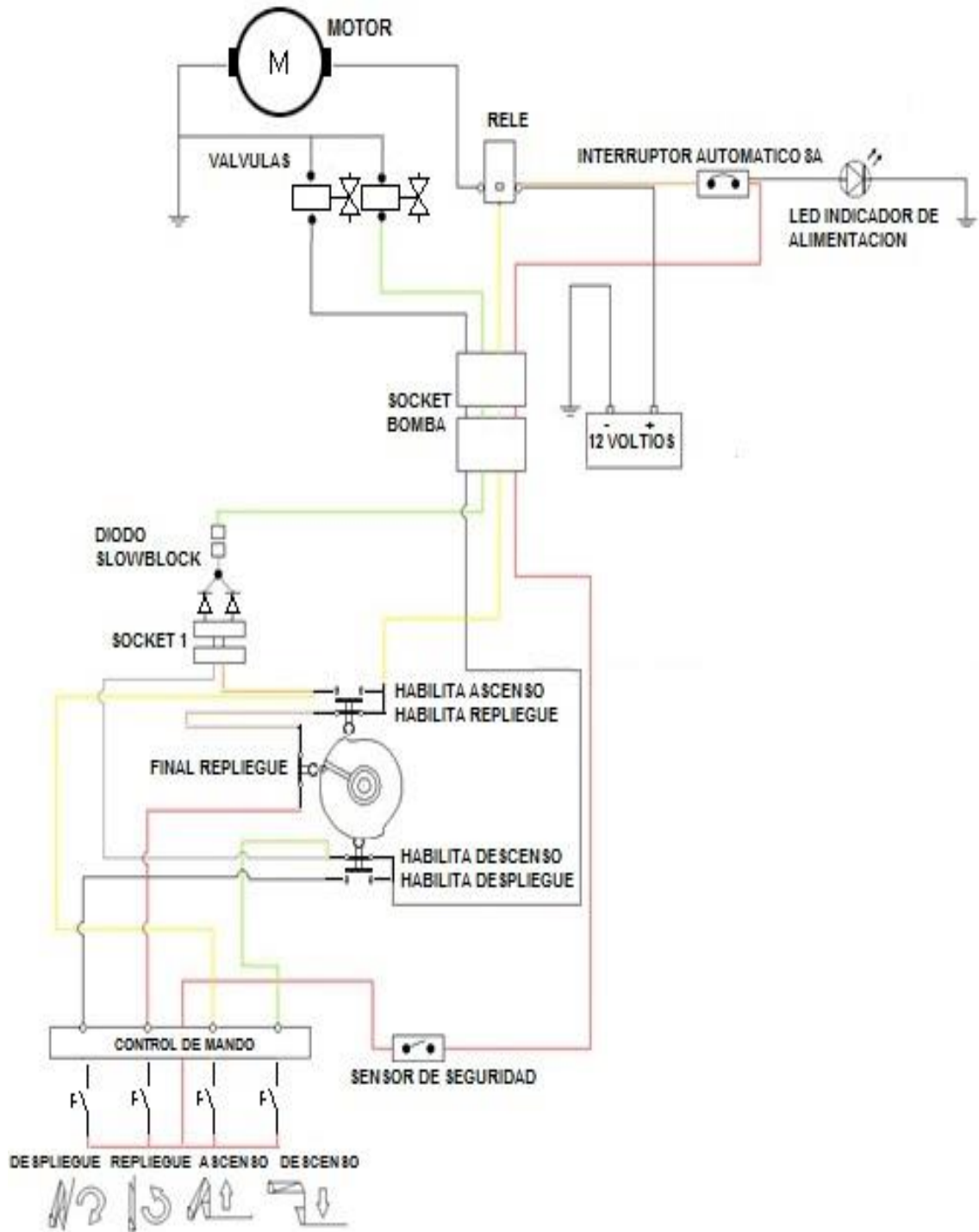


Figura 3.38. Esquema circuito eléctrico

Fuente: Los Autores

3.7.2 Sensores de Seguridad

Para el montaje del circuito de los sensores de seguridad, se utilizó una placa de circuito impreso. La misma fue fabricada por un Ing. Electrónico

En las figuras 3.39 y 3.40, se indica el circuito impreso, aquí se detalla la disposición de los componentes para ser soldados

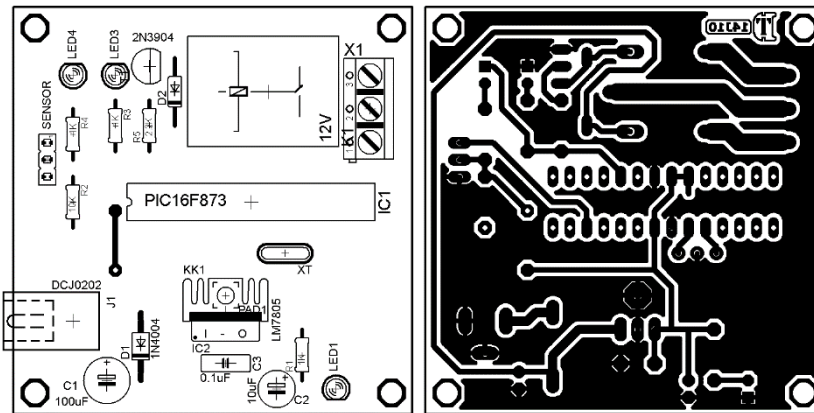


Figura 3.39. Diagrama del circuito impreso (sensor de movimiento)

Fuente: Deltrony

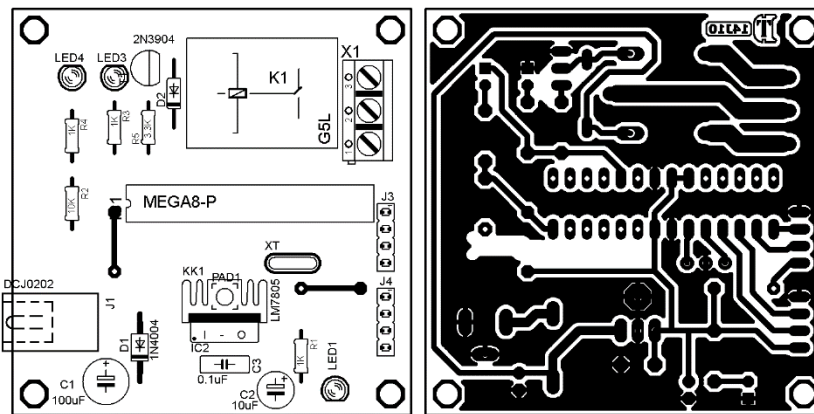


Figura 3.40. Diagrama del circuito impreso (sensor de proximidad)

Fuente: Deltrony

3.7.2.1 Procedimiento de soldado de componentes en los circuitos impresos.

En las figuras 3.41, 3.42 y 3.43 se indican los procesos de ensamble de los circuitos de los sensores de seguridad

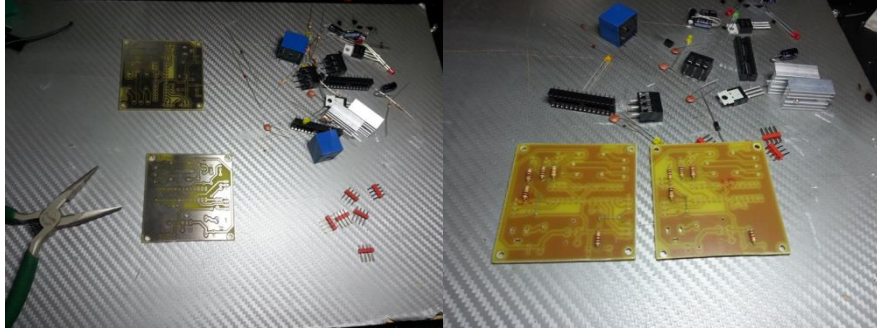


Figura 3.41. Selección de componentes electrónicos

Fuente: Deltrony

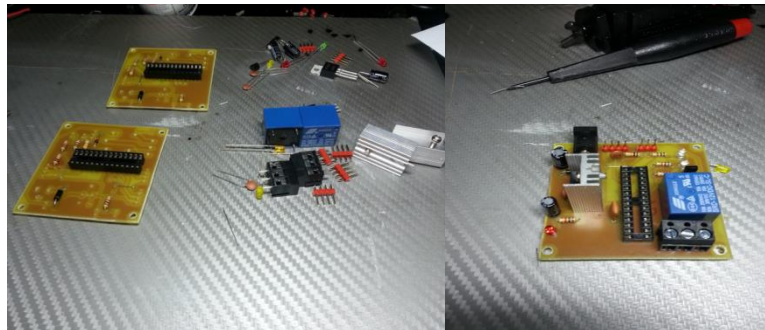


Figura 3.42. Ensamblaje de los componentes electrónicos en la placa

Fuente: Deltrony

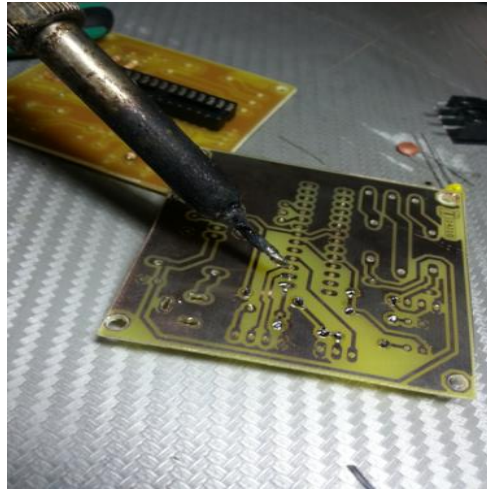


Figura 3.43. Soldado de los componentes electrónicos en la placa

Fuente: Deltrony

3.7.2.2 Montaje de los sensores de seguridad

En la figura 3.44 se detalla la ubicación de los sensores de seguridad en el bus urbano

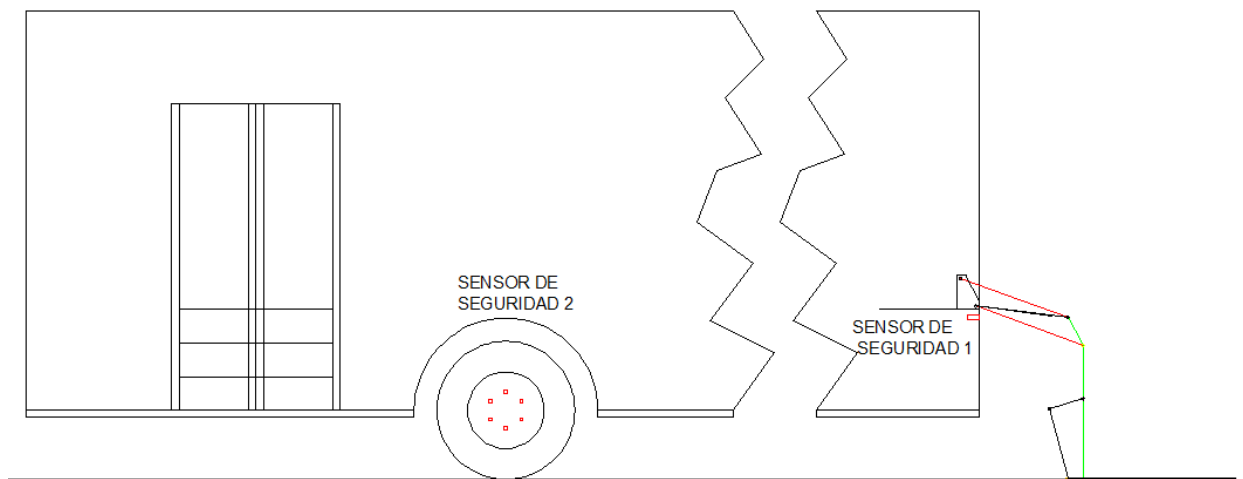


Figura 3.44. Ubicación de los sensores de seguridad en el bus urbano

Fuente: Los Autores

En las figura 3.45 y 3.46 muestras la ubicación del sensor de proximidad en el dispositivo de accesibilidad



Figura 3.45. Sensor de proximidad (vista 1)

Fuente: Los Autores

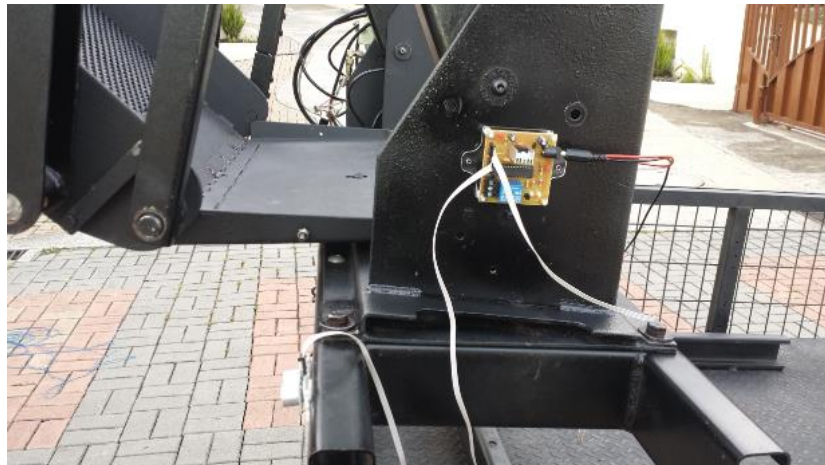


Figura 3.46. Sensor de proximidad (vista 2)

Fuente: Los Autores

En la figura 3.47 se indica la ubicación del sensor de movimiento en el dispositivo de accesibilidad

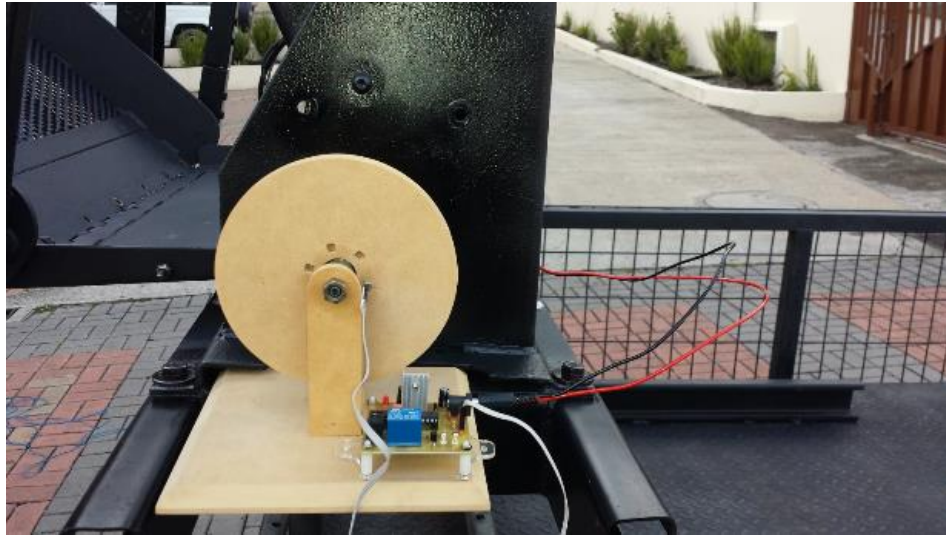


Figura 3.47. Sensor de movimiento

Fuente: Los Autores

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Análisis de pruebas y resultados

Se procede a realizar pruebas y analizar los resultados del mecanismo, las pruebas se realizan a los componentes mecánicos, hidráulicos y eléctricos. En las tablas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 se indican los resultados que se obtuvieron en cada prueba realizada.

Tabla 4.1 Pruebas y resultados sistema mecánico

Componentes a revisar	Función	Prueba	Funcionamiento	
			Correcto	Incorrecto
Plataforma, brazos de sujeción, pasadores y base del dispositivo	La plataforma se despliega/extiende fuera del vehículo desde su posición de almacenamiento	1	X	
Plataforma, brazos de sujeción, pasadores y base del dispositivo	La plataforma desciende desde el nivel del piso del vehículo hasta el suelo, soportando el peso máximo. El roll stop desciende automáticamente cuando la plataforma llega al suelo	2	X	
Plataforma, brazos de sujeción, pasadores y base del dispositivo	La plataforma asciende desde el suelo al nivel del piso del vehículo, soportando el peso máximo. El roll stop se levanta automáticamente cuando la plataforma deja el suelo	3	X	
Plataforma, brazos de sujeción, pasadores y base del dispositivo	La plataforma se pliega/almacena desde el nivel del piso del vehículo a la posición de almacenamiento.	4	X	

Fuente: Los Autores

Tabla 4.2 Pruebas y resultados sistema hidráulico

Componentes a revisar	Función	Prueba	Funcionamiento	
			Correcto	Incorrecto
Cilindros hidráulicos, cañerías, acoples, unidad hidráulica y bomba manual	La plataforma se despliega/extiende fuera del vehículo desde su posición de almacenamiento	5	X	
Cilindros hidráulicos, cañerías, acoples, unidad hidráulica y bomba manual	La plataforma desciende desde el nivel del piso del vehículo hasta el suelo, soportando el peso máximo. El roll stop desciende automáticamente cuando la plataforma llega al suelo	6	X	
Cilindros hidráulicos, cañerías, acoples, unidad hidráulica y bomba manual	La plataforma asciende desde el suelo al nivel del piso del vehículo, soportando el peso máximo. El roll stop se levanta automáticamente cuando la plataforma deja el suelo	7	X	
Cilindros hidráulicos, cañerías, acoples, unidad hidráulica y bomba manual	La plataforma se pliega/almacena desde el nivel del piso del vehículo a la posición de almacenamiento.	8	X	

Fuente: Los Autores

Tabla 4.3 Pruebas y resultados sistema eléctrico

Componentes a revisar	Función	Prueba	Funcionamiento	
			Correcto	Incorrecto
Batería 12V, Interruptores de accionamiento, cableado, conexiones a la unidad hidráulica, conexiones a masa	La plataforma se despliega/extiende fuera del vehículo desde su posición de almacenamiento	9	X	
Batería 12V, Interruptores de accionamiento, cableado, conexiones a la unidad hidráulica, conexiones a masa	La plataforma desciende desde el nivel del piso del vehículo hasta el suelo, soportando el peso máximo. El roll stop desciende automáticamente cuando la plataforma llega al suelo	10	X	
Batería 12V, Interruptores de accionamiento, cableado, conexiones a la unidad hidráulica, conexiones a masa	La plataforma asciende desde el suelo al nivel del piso del vehículo, soportando el peso máximo. El roll stop se levanta automáticamente cuando la plataforma deja el suelo	11	X	
Batería 12V, Interruptores de accionamiento, cableado, conexiones a la unidad hidráulica, conexiones a masa	La plataforma se pliega/almacena desde el nivel del piso del vehículo a la posición de almacenamiento.	12	X	

Fuente: Los Autores

Tabla 4.4 Pruebas y resultados sistema electrónico

Componentes a revisar	Función	Prueba	Funcionamiento	
			Correcto	Incorrecto
sensor de proximidad	al estar activo el sensor de proximidad, el dispositivo de accesibilidad queda deshabilitado en todas sus funciones	13	X	
sensor de proximidad	al estar inactivo el sensor de proximidad, el dispositivo de accesibilidad queda habilitado en todas sus funciones	14	X	
sensor de movimiento	al estar activo el sensor de movimiento, el dispositivo de accesibilidad queda deshabilitado en todas sus funciones	15	X	
sensor de movimiento	al estar inactivo el sensor de movimiento, el dispositivo de accesibilidad queda habilitado en todas sus funciones	16	X	

Fuente: Los Autores

4.2 Conclusión sobre las pruebas

4.2.1 Sistema mecánico

Al realizar las pruebas se aprecia que el diseño mecánico del dispositivo de accesibilidad es correcto, ya que el material elegido para la construcción del mismo soporta el peso máximo establecido por la norma INEN 2205.

El dispositivo cumple todas sus fases de funcionamiento de forma correcta

4.2.2 Sistema hidráulico.

Al realizar las pruebas en el sistema hidráulico se constata que la unidad hidráulica suministra la presión adecuada de aceite para que los cilindros accionen los brazos del dispositivo y este puede cumplir su función de forma correcta.

De igual manera se procedió a realizar pruebas en la bomba manual, cumpliendo esta su función, de suministrar presión hidráulica al ser activada mediante una palanca y regresar el aceite hidráulico de los cilindros al depósito mediante la válvula de alivio

4.2.3 Sistema eléctrico

Las pruebas realizadas en el sistema eléctrico demostraron que el mismo trabaja de forma idónea, al activar los interruptores se constató que cada uno cumple con la función por la que fue diseñado, corroborando que el esquema eléctrico diseñado es correcto.

4.2.4 Sensores de seguridad

Las pruebas realizadas en los sensores demostraron que los mismos cumplen con su objetivo, el mismo que es habilitar o deshabilitar la plataforma según su función.

4.3 Vida útil y proyección del sistema

Según los datos obtenidos del software de elementos finitos ANSYS, la estructura está diseñada para tener una vida útil de 10400000000 (1,04E+10) ciclos lo que nos dice que el sistema no va a fallar en lo referente a la parte mecánica. (Figura 4.1)

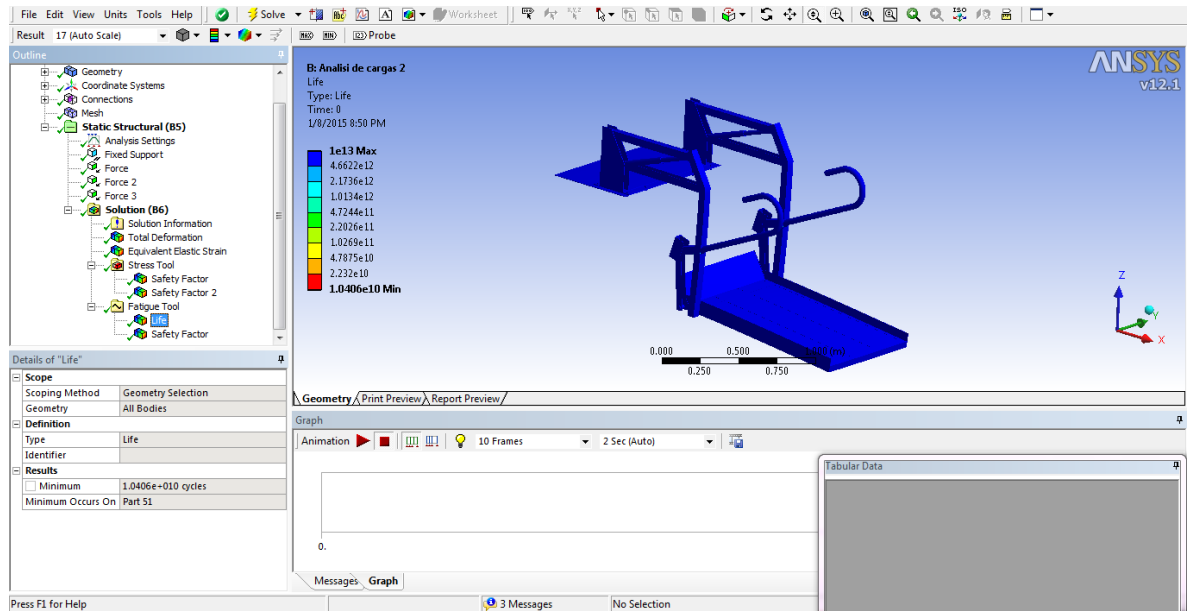


Figura 4.1. Datos de la vida útil del dispositivo de accesibilidad, obtenido del software de elementos finitos “ANSYS”

Fuente: Los Autores

El fabricante de la unidad hidráulica, “Bucher Hydraulics”, no establece un tiempo de vida útil de la misma, pero indica que en caso de falla de algún elemento, se puede sustituir y la unidad hidráulica funcionará normalmente.

4.4 Análisis económico

4.4.1 Costos de inversión

A continuación se determinan los recursos económicos empleados en la producción del dispositivo de accesibilidad

Se detallan los costos de inversión de los diferentes sistemas que conforman el dispositivo de accesibilidad y así obtener el costo final del mismo

4.4.1.1 Costos directos

A continuación se detallan los rubros correspondientes a los costos directos

- Materiales directos
- Componentes normalizados
- Costos de mecanizado (mano de obra directa)
- Costos de ensamblaje

4.4.1.1.1 Materiales directos

En la tabla 4.5 se detallan los materiales directos utilizados en la construcción de los elementos que conforman el dispositivo de accesibilidad.

Tabla 4.5 Costos materiales directos

Costos materiales directos			
Sistema mecánico			
Elemento	Precio unitario	Cantidad	Precio Total
Plancha de 5mm ASTM 36	\$ 100,82	1	\$ 100,82
Plancha antideslizante perforada	\$ 71,42	1	\$ 71,42
Eje acero de transmisión de 1"	\$ 10,71	1	\$ 10,71
Tubo cuadrado de 1"	\$ 3,00	4	\$ 12,00
Tubo cuadrado de 1 1/2"	\$ 4,00	2	\$ 8,00
Tubo redondo 1 1/16	\$ 4,10	2	\$ 8,20
Total			\$ 211,15

Fuente: Los Autores

4.4.1.1.2 Componentes normalizados

En la tabla 4.6 se detallan los componentes normalizados que conforman el dispositivo de accesibilidad

Tabla 4.6 Costos componentes normalizados

Componentes normalizados			
Elemento	Precio unitario	Cantidad	Precio Total
Sistema mecánico			
Pernos M10	\$ 0,40	10	\$ 4,00
Tuerca M10	\$ 0,25	10	\$ 2,50
Arandelas	\$ 0,30	10	\$ 3,00
Resortes	\$ 5,00	4	\$ 20,00
Cable de acero	\$ 5,00	1	\$ 5,00
Sistema eléctrico			
Interruptor fin carrera	\$ 12,00	3	\$ 36,00
Interruptores	\$ 2,00	2	\$ 4,00
Cable AWG 16	\$ 0,68	5 metros	\$ 3,40
Batería	\$ 200,00	1	\$ 200,00
Juego de cables para cargar batería	\$ 24,00	1	\$ 24,00
Sistema hidráulico			
Cilindros Hidráulicos	\$ 100,00	2	\$ 200,00
Unidad Hidráulica	\$ 700,00	1	\$ 700,00
Mangueras	\$ 15,00	2	\$ 30,00
Acoples	\$ 30,00	1	\$ 30,00
Aceite	\$ 18,00	1 Galón	\$ 18,00
Total			\$ 1.279,90

Fuente: Los Autores

4.4.1.1.3 Costo de mecanizado

En la tabla 4.7 se detallan los costos de los diferentes procesos realizados en los materiales para obtener los elementos constitutivos del dispositivo de accesibilidad

Tabla 4.7 Costos de mecanizado

Costos de mecanizado			
Proceso	Precio unitario	Cantidad	Precio Total
Cortes de plancha	\$ 1,07	56	\$ 59,92
Dobleces de plancha	\$ 1,34	28	\$ 37,52
Perforaciones	\$ 0,50	68	\$ 34,00
Torneado pasadores	\$ 5,36	12	\$ 64,29
Suelda	\$ 40,00	1	\$ 40,00
Total			\$ 235,73

Fuente: Los Autores

4.4.1.1.4 Componentes electrónicos

En la tabla 4.8 se detalla el costo de los sensores de seguridad adaptados en el dispositivo de accesibilidad

Tabla 4.8 Costos componentes electrónicos

Componentes electrónicos	
sensor de movimiento	\$ 95,00
sensor de proximidad	\$ 135,00

Fuente: Los Autores

4.4.1.1.5 Costos de ensamblaje

En la tabla 4.9 se detallan los costos empleados en el montaje de las partes del dispositivo de accesibilidad

El costo hora-hombre se obtiene a partir de la tabla de salarios otorgada por la contraloría general del estado, correspondiente a un operador de equipo liviano

Sueldo mensual: \$368,48

Tabla 4.9 Costos de montaje

Costos de montaje			
Horas de trabajo	Obreros	Costo Hora-Hombre	Costo Total
16	2	\$3,22	\$ 103,04

Fuente:http://www.contraloria.gob.ec/documentos/SAL0115_16%20ENERO%202015.pdf

4.4.1.2 Costos indirectos

A continuación se detallan los rubros correspondientes a los costos indirectos

- Costos materiales indirectos
- Gastos indirectos

4.4.1.2.1 Costos materiales indirectos

En la tabla 4.10 se detallan los costos de los materiales indirectos

Tabla 4.10 Costos materiales indirectos

Costos materiales indirectos			
Elemento	Precio unitario	Cantidad	Precio Total
Lija	\$ 0,75	5 pliegos	\$ 3,75
Pintura	\$ 7,00	1 Galón	\$ 7,00
Guaípe	\$ 1	1.5 libras	\$ 1,50
teflón	\$ 4,00	1	\$ 4,00
Varios	\$ 10,00	1	\$ 10,00
Total			\$ 26,25

Fuente: Los Autores

4.4.1.2.2 Gastos indirectos

Estos gastos se relacionan con la movilización de personas y transporte de material

El costo estimado de gastos indirectos para este proyecto es de \$100

4.4.2 Costo Total del dispositivo de accesibilidad

En la tabla 4.11 se procede a sumas todos los costos detallados anteriormente para obtener el costo total del dispositivo de accesibilidad.

Tabla 4.11 Costo total de dispositivo de accesibilidad

Costo Total	
Descripción	Valor
Costos materiales directos	\$ 211,15
Componentes normalizados	\$ 1.279,90
Componentes electrónicos	\$ 230,00
Costos de mecanizado	\$ 235,73
Costos de montaje	\$ 103,04
Costos materiales indirectos	\$ 26,25
Gatos indirectos	\$ 100,00
TOTAL	\$ 2.186,07

Fuente: Los Autores

4.5 Mantenimiento

4.5.1 Limpieza

La limpieza regular y el secado meticuloso protegen las superficies pintadas del elevador. La Asegurarse de que los puntos basculantes del elevador permanezcan libres y limpios antes de lubricarlos

4.5.2 Lubricación

No lubricar el motor eléctrico ni los demás componentes eléctricos. La lubricación de los componentes eléctricos pueden crear cortocircuitos involuntarios la lubricación debe llevarse a cabo cada seis meses o antes, dependiendo del uso.

4.6 Programa de mantenimiento

En la tabla 4.12 se indica el programa de mantenimiento para el correcto funcionamiento y conservación del dispositivo de accesibilidad.

Tabla 4.12 Programa de mantenimiento

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	
Punto de servicio	Acción a ejecutar
<u>Verificación diaria de seguridad</u>	
Condición general	Escuchar para ver si se detecta ruidos anormales cuando el elevador está funcionando (por ejemplo, ruidos de rechinar o de trabado).
Control de mando	Verificar que el control de mando no esté dañado y que los conectores de los cables estén bien apretados.
<u>Verificación de seguridad cada dos semanas</u>	
Condición general	Escuchar para ver si se detecta ruidos anormales cuando el elevador está funcionando (por ejemplo, ruidos de rechinar o de trabado).
Control de mando	Verificar que el control de mando no esté dañado y que los conectores de los cables estén bien apretados.
Circuito eléctrico	Inspeccionar el circuito eléctrico para ver si hay cables gastados por frotación, conectores sueltos, etc.
Montajes y puntos de soporte del elevador	1. Asegurar de que todos los montajes y puntos de soporte estén en buena condición
	2. Asegurar de que todos los pernos de los montajes estén suficientemente apretados.
Pivotes principales de elevación	Asegurar de que todos los pasadores del bastidor del elevador estén instalados apropiadamente, libres de daños y trabados en su posición correcta.
Plataforma y puntos de sujeción de la plataforma	Asegurar que la plataforma opera correctamente y sin obstrucciones durante las funciones del elevador.
Roll Stop	1. Asegurar que el Roll Stop opere apropiadamente y sin obstrucciones durante las funciones del elevador.
	2. Asegurar de que el Roll Stop opera apropiadamente y sin obstrucciones cuando hace contacto con el suelo.
Unidad Hidráulica	1. No añadir fluido sino hasta que la plataforma haya llegado al suelo. Si se añade fluido mientras el elevador está almacenado, el fluido del tanque rebosará cuando descienda la plataforma.
	2. Verificar si hay fugas visibles de fluido hidráulico.
	3. Asegurar de que la válvula de liberación de la bomba manual de reserva esté ligeramente apretada
<u>Verificación de seguridad cada tres meses (o a 1500 ciclos de operación)</u>	
Limpieza y lubricación	1. Limpiar el elevador con un jabón suave y secarlo. Para evitar la oxidación del material, frotar todas las superficies con un aceite ligero y un paño suave. Limpiar el exceso de aceite.
	2. Rociar lubricante penetrante, desoxidante, y desengrasante en los puntos de unión de los brazos de sujeción y plataforma
Unidad Hidráulica	Mientras la plataforma se encuentra al nivel del suelo, asegurar de que el fluido hidráulico de la bomba se mantenga al nivel lleno.
<u>Verificación anual de seguridad (o a 3000 ciclos de operación)</u>	
Cilindro, mangueras y conectores hidráulicos	1. Inspeccionar los cilindros hidráulicos para ver si tiene fugas
	2. Inspeccionar las mangueras hidráulicas para ver si están dañadas
	3. Asegurar de que todos los conectores estén bien apretados

Fuente: Rincon Corp. Service Manual

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- El proyecto cumple con el objetivo inicial establecido, el cual fue el diseño y construcción de un dispositivo de accesibilidad para sillas de ruedas para buses urbanos
- El principio de funcionamiento del dispositivo de accesibilidad electro hidráulico está basado en el esquema de elevadores de tipo paralelogramo poniendo en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en la carrera de ingeniería mecánica automotriz
- El desarrollo de este proyecto establece los parámetros de referencia en cuanto al diseño del mecanismo, presión, seguridad y cargas máximas según los requerimientos determinados por la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2205 y el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 038
- El estudio de campo demuestra que la mayoría de buses urbanos no cumplen con los requisitos determinados por la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2205 y el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 038, en lo que respecta a accesibilidad de personas con movilidad reducida, por lo que se dificultaría la adaptación inmediata de un dispositivo de accesibilidad.
- El factor diferenciador de este proyecto es el aporte social que tiene, y la ayuda que proporciona a las personas con movilidad reducida, lo que complementa al estudiante para la realización profesional

Recomendaciones

- Verificar diariamente que todas las funciones operan correctamente. Si se notan ruidos o movimientos inusuales, no usar el elevador
- Es peligroso usar el elevador cuando el vehículo se encuentra estacionado sobre una superficie en declive. Siempre operar el elevador cuando el vehículo esté estacionado sobre una superficie horizontal.
- Antes de usar el elevador, el vehículo debe estar estacionado de manera segura y tener el freno de emergencia aplicado
- El Roll Stop está diseñado para evitar que la silla se mueva inadvertidamente fuera de la plataforma. Las ruedas traseras de la silla son lo suficientemente grandes para poder subirse por encima del Roll Stop, por lo que es absolutamente necesario, si es posible, que el ocupante mire hacia afuera
- Trabar siempre los frenos de la silla de ruedas (los usuarios de las sillas de ruedas motorizadas deben parar el motor y aplicar los frenos) antes de operar el elevador.

BIBLIOGRAFÍA

- ABDALLA, M. Osman; Nagarajan, T; Hashim, Fakhrudin M, Energy Saving in the Hydraulic Cylinders by Using Novel Self-Actuated Flow Control Valve (SAFCV), Volumen 7, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Petronas (UTP), Petronas, Malaysia 2011
- ALONSO J.M, *Técnicas del automóvil: Equipo eléctrico*, Décima edición, España 2005.
- BUDYNAS, Richard y Nisbelt, Kerth, (2012) *Diseño en Ingeniería Mecánica* de Shigley, 9na edicion, editorial McGraw-Hill, Interamericana, Mexico
- ENRÍQUEZ Harper, Gilverto, *El libro practico de los generadores, transformadores, y motores eléctricos.-* México: limusa 2004
- MUHAMMAD H. RASHID en Español, *Electrónica de potencia: dispositivos y aplicaciones*, 2006
- PARK, Sang C; Chang, Minho: Hardware-in-the-loop simulation for a production system, Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Corea Anam-Dong, Seongbuk-Gu, Korea 2012.
- SERWAY, Raymond A.; JEWETT, John W. *Physics for Scientists and Engineers* 6th ed. Edición, Brooks/Cole, 2004
- SHIGLEY, Joseph; MISCHKE, Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*, Cuarta Edición, México 1990
- TUCKER, John M; Barth, Eric J: Design, Fabrication, And Evaluation Of A Distributed Piston Strain-Energy Accumulator, Volumen 14, Laboratorio de Diseño y Control de Sistemas Energéticos del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Vanderbilt, Tennessee, United States 2013.
- VON Grabe, Christian; Riedel, Christian; Stammen, Christian; Murrenhoff, Hubertus: An Analytic Thermodynamic Model For Hydraulic Resistances Based On Cfd Flow Parameters, Volumen 14, Achen, Germany 2013.

Referencias Digitales

- CIRCUITOS NEUMÁTICOS E HIDRÁULICOS. Elementos de un circuito hidráulico
<http://www.librosvivos.net/smtc/PagPorFormulario.asp?TemaClave=1166&est=4> (ingreso 10/10/2013)
- CIRCUITOS NEUMÁTICOS E HIDRÁULICOS. Válvulas distribuidoras
<http://www.librosvivos.net/smtc/PagPorFormulario.asp?idIdioma=ES&TemaClave=1166&est=2>(ingreso 10/10/2013)
- CONADIS PAGINA DESCARGA DE PDF NORMAS
http://www.conadis.salud.gob.mx/descargas/pdf/INIFED_norma_ccesibilidad_2012.pdf(ingreso 10/10/2013)
- CONSEJO NACIONAL DE IGUALDAD DE DISCAPACIDADES
http://www.conadis.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=303&Itemid=96(ingreso 10/10/2013)
- CONSEJO NACIONAL DE IGUALDAD DE DISCAPACIDADES. Tecnología e información en discapacidades
http://www.conadis.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=303&Itemid=96(ingreso 10/10/2013)
- ESTUDIO TÉCNICO: DISCAPACITADOS FÍSICOS. Necesidades de uso y aspectos a considerar en aquellos proyectos de construcción que contemplan como prioritario eliminar las barreras arquitectónicas que los discapacitados físicos se encuentran cada día en edificación pública o privada
<http://www.minusval2000.com/otros/legislacion/estudiotecnico/>(ingreso 10/10/2013)
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. Bus urbano. Requisitos
<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2205.2010.pdf>(ingreso 10/10/2013)
- LANDSPORT ALUMINUM RAMPS. Liftable platform having isolated hydraulically-moveable rollstop <http://www.freepatentsonline.com/6692217.html> (ingreso 10/10/2013)
- MANULA DE HIDRAULICA AZEVEDO NETO. Principios de Hidráulica y Neumática <http://www.scribd.com/doc/97368422/manual-de-hidraulica-azevedo-netto> (ingreso 10/10/2013)
- MANUAL OTC LISTA DE PARTES E INSTRUCCIONES DE FUNCIONAMIENTO PARA: 9104A. Cilindros hidráulicos

http://www2.otctools.com/otctools.com/newcatalog/products/521619_2.pdf

(ingreso 10/10/2013)

- NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA ESTUDIOS, PROYECTOS, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES. Norma de Accesibilidad http://www.conadis.salud.gob.mx/descargas/pdf/INIFED_norma_ccesibilidad_2012.pdf(ingreso 10/10/2013)
- NORMATIVAS DE SILLAS DE RUEDAS <http://www.minusval2000.com/otros/legislacion/estudiotecnico/>(ingreso 10/10/2013)
- PRINCIPIOS DE HIDRÁULICA Y NEUMÁTICA. Propiedades de los fluidos hidráulicos http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~23005153/d_tecnologia/LIBRO/pdf/hidrapri.pdf(ingreso 10/10/2013)

ANEXOS

Anexo 1. Proforma emitida por “Talleres y Construcciones Verdugo” de los costos y mecanizado de los materiales para la construcción del dispositivo de accesibilidad

Talleres y Construcciones Verdugo
38 años sirviendo al país

Principal: AUTOPISTA CUENCA - AZOGUES (Km 12 sector Chasikamba)
Sucursal 1: AUTOPISTA CUENCA - AZOGUES (Km 8 sector Uchakamba)
Sucursal 2: GUAYAQUIL VIA DUKAN YAGUACHI (Km 7)
IMP: 096280752 - 099688851 - 4075582 / 4075584
Email: talleresverdugo@hotmail.com
Cuenca - Ecuador

TALLERES VERDUGO & HIJOS
CAMOS, PLATAFORMAS DE TECHO Y SISTEMA DE VOLTEO PARA
VOLQUETES DE TODA CAPACIDAD
DIRECCION: AUTOPISTA CUENCA-AZOGUES KM 12
TEL: 074875581 FAX: 074875581 CEL: 099688847

PROFORMA

CLIENTE: SR. PABLO ARPI
FECHA: CUENCA 04 FEBRUO 2006

DIRECCION: PATATEMBUENA NOROCCIDENTAL
TEL: 074875581

CUIDAD: CUENCA

FECHA: 04 FEBRUO 2006

ITEM	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	CANTIDAD	TOTAL
1	PLANCHA DE 1mm ASTM A36	\$ 180.00	1	\$ 180.00
2	CORTES DE PLANCHA DE 1mm	\$ 1.07	1	\$ 1.07
3	DORSELES DE PLANCHA DE 1mm	\$ 1.34	1	\$ 1.34
4	PERFORACIONES MINIMA 1/2"	\$ 2.50	1	\$ 2.50
5	PLANCHA ANTIDESLIZANTE PERFORADA DE 1/2"	\$ 71.82	1	\$ 71.82
6	PASADORES EN EL ANCHO DE 1/2"	\$ 5.35	1	\$ 5.35
7	TUBO DE 1" x 90cm DE LARGO ALGO DE 1/2"	\$ 10.71	1	\$ 10.71
8	TUBO CUADRADO DE 1" x 11cm	\$ 3.00	1	\$ 3.00
9	TUBO CUADRADO DE 1/2" x 11cm	\$ 4.00	1	\$ 4.00
10	TUBO REDONDO 1/2" x 9cm	\$ 1.30	1	\$ 1.30
11	SUELDA ESTRUCTURA GENERAL	\$ 40.00	1	\$ 40.00
TOTAL				\$ 186.84
MATERIAL				\$ 186.84
TOTAL				\$ 186.84

FORMA CLIENTE

TALLERES VERDUGO
TALLERES VERDUGO
RICARDO VERDUGO Z.

38 años sirviendo al país

CONSTRUCCION DE TOLVAS - PLATAFORMAS - BAÑERAS - Y CAMAS BAJAS EN 2 Y TRES EJES

Anexo 2. Catálogo “IPAC” de especificación de planchas de acero laminadas en frío y caliente



Plancha laminada en caliente

Recubrimiento:
Negro
Norma de Fabricación:
NTE INEN 115 / ASTM A 6
Norma de Calidad:
ASTM A 36 / ASTM A 588 Gr. A / ASTM A 131 Gr. A /
ASTM A 516 Gr. 70 / ASTM A 572 Gr. 50
Observaciones:
Dimensiones y largos especiales, previa consulta

Ancho	Largo	Espesor	Peso Aprox.
mm	mm	mm	kg.
1.220	2.440	1,50	35,05
1.220	2.440	2,00	46,74
1.220	2.440	3,00	70,10
1.220	2.440	4,00	93,47
1.220	2.440	5,00	116,84
1.220	2.440	6,00	140,21
1.220	2.440	8,00	186,94
1.220	2.440	9,00	210,31
1.220	2.440	10,00	233,68
1.220	2.440	12,00	280,41

>Aplicaciones

- Conformación de estructuras en general con elementos de alma llena (flejes).
- Fabricación de tanques.
- Estructuras de puentes.
- Estructuras de barcos.
- Camisas de pilotes.
- Encofrados.
- Placas.
- Contención de tierra.
- Plataformas.
- Calderos.
- Tubería de grandes diámetros.

Plancha laminada en frío

Recubrimiento:
Negro
Norma de Fabricación:
NTE INEN 115
Norma de Calidad:
ASTM A 36 / JIS G 3141 SPCC - SD /
SAE 1010
Observaciones:
Dimensiones y largos especiales, previa consulta

Ancho	Largo	Espesor	Peso Aprox.	Calidad
mm	mm	mm	kg.	
1.000	2.000	0,70	10,99	Embutición
1.000	2.000	0,90	14,13	
1.000	2.000	1,10	17,27	
1.000	2.000	1,40	21,98	
1.220	2.440	0,40	9,35	Comercial
1.220	2.440	0,45	10,52	
1.220	2.440	0,50	11,68	
1.220	2.440	0,60	14,02	
1.220	2.440	0,70	16,36	
1.220	2.440	0,75	17,53	
1.220	2.440	0,90	21,03	
1.220	2.440	1,10	25,70	
1.220	2.440	1,40	32,72	
1.220	2.440	2,00	46,74	

>Aplicaciones

- Muebles metálicos en general.
- Puertas metálicas.
- Carpintería metálica.
- Tanque para almacenamiento de aceite.
- Tanques de exportación de frutas.
- Baldes para camionetas.
- Partes y piezas metálicas (abrazaderas, de línea blanca, etc).
- Rótulos.
- Señalización de tránsito.
- Cajas fúnebres.
- Autopartes.