



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**TEMA:**

**CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO BIPEDESTADOR PARA EL PROTOTIPO  
“LILIBOT”**

**AUTOR: LUIS DANIEL DE LA TORRE RAMÍREZ**

**DIRECTOR: ING. DIEGO ORTIZ M.**

**IBARRA – ECUADOR**

**2017**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión universitaria. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1003305123
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	De La Torre Ramírez Luis Daniel
<b>DIRECCIÓN:</b>	San Roque, Barrio La Esperanza
<b>EMAIL:</b>	liddelatorrer@utn.edu.ec
<b>TELÉFONO MOVIL:</b>	0997149178

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TITULO:</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO BIPEDESTADOR PARA EL PROTOTIPO "LILIBOT"</b>
<b>AUTOR:</b>	De La Torre Ramírez Luis Daniel
<b>FECHA:</b>	2017
<b>PROGRAMA:</b>	Pregrado
<b>TITULO POR EL QUE SE OPTA:</b>	Ingeniero en Mecatrónica
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Diego Ortiz M.

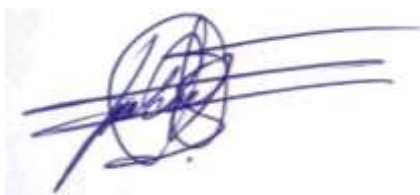
## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Luis Daniel De la Torre Ramírez, con cédula de identidad Nro. 1003305123, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 25 días del mes de Julio de 2017



Firma

Nombre: Luis Daniel De la Torre Ramírez

Cedula: 1003305123



**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
FACULTAD DE INGENEIRÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

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

Yo, Luis Daniel De la Torre Ramírez, con cédula de identidad Nro. 1003305123, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4 ,5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado. “CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO BIPEDESTADOR PARA EL PROTOTIPO LILIBOT”, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en el formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a circular scribble followed by several horizontal lines extending to the right.

Firma

Nombre: Luis Daniel De la Torre Ramírez

Cedula: 1003305123



**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
FACULTAD DE INGENEIRÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CERTIFICACIÓN DEL AUTOR**

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: "CONSTRUCCION DE UN BRAZO BIPEDESTADOR PARA EL PROTOTIPO LILIBOT", certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Luis Daniel De la Torre Ramírez, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Diego Ortiz M.", is written over a horizontal line. The signature is stylized and includes a circular flourish at the end.

Ing. Diego Ortiz M.

DIRECTOR



**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
FACULTAD DE INGENEIRÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DECLARACION**

Yo, Luis Daniel De la Torre Ramírez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo el derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte.

EL AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized, cursive script that is difficult to decipher. The signature is written over a horizontal line.

Firma

Nombre: Luis Daniel De la Torre Ramírez

Cedula: 1003305123



**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
FACULTAD DE INGENEIRÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mis padres Oswaldo De La Torre y Luzmila Ramírez por ser mi inspiración y mostrarme le valor de salir adelante sin importar las circunstancias en que nos encontremos.

A mis hermanas Yolanda, Inés, Lucila, Ñusta, por estar a mi lado, acompañándome y apoyándome siempre sin importar los momentos difíciles.

Luis Daniel De la Torre Ramírez



**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Técnica del Norte por su aporte invaluable en el desarrollo de mi formación como persona y profesional en diferentes ámbitos.

Al Ing. Diego Ortiz M. por su importante y valiosa asesoría en el desarrollo del presente trabajo de grado.

De igual forma doy las gracias a todas aquellas personas que fueron mis compañeros y amigos durante toda mi vida universitaria, por todos los momentos compartidos, por las palabras de aliento y su gran apoyo.

Luis Daniel De la Torre Ramírez



## RESUMEN

El presente proyecto trata sobre la construcción de un brazo bipedestador que ayudará a personas con paraplejía a mejorar su calidad de vida cuando realicen el cambio de posición sedente a bípedo.

Para alcanzar el objetivo planteado se definen características de diseño, el cual será valorado mediante un software basado en el método de elementos finitos. A continuación se realiza una simulación de sistema con el fin de analizar los esfuerzos y desplazamientos a las cuales se someterá el brazo bipedestador.

El brazo bipedestador está constituido de una sistema de sujeción que se encargará de sujetar a la persona parapléjica cuando realice el cambio de posición sedente a bípedo, previniendo lesiones futuras a nivel de todo el cuerpo. También consta de un sistema de control que ayuda al cambio de posición. El cual pulsando dos botones se controlará la salida y entrada del actuador eléctrico.

Finalizada la construcción, se realizó las pruebas necesarias para la corrección de errores y su validación, de esta manera se presenta una solución que beneficia a las personas con paraplejía.

## **ABSTRACT**

The present project is about the construction of a standing arm that will help people with paraplegia to improve their quality of life when they make the change from a sedentary to bipedal position.

To achieve the stated objective, design features are defined, which will be evaluated using software based on the finite element method. A system simulation is then performed in order to analyze the stresses and displacements to which the bipedester arm will be subjected.

The standing arm is constituted of a system of subjection that will be in charge to hold the paraplegic person when it makes the change of position from sedentary to biped, preventing future injuries at the level of the whole body. It also consists of a control system that helps to change position. Pressing two buttons will control the output and input of the electric actuator.

After the construction, The necessary tests were performed for the correction of errors and their validation, in this way a solution is presented that benefits the people with paraplegia.

## INDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	iv
CERTIFICACIÓN DEL AUTOR .....	v
DECLARACION .....	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTOS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
INDICE GENERAL.....	xi
INDICE DE FIGURAS .....	xv
INDICE DE TABLAS .....	xvii
INDICE DE ECUACIONES.....	xix
INTRODUCCIÓN .....	xx
CAPITULO I .....	21
1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION .....	21
1.1. Antecedentes del Problema .....	21
1.2. Objetivos.....	22
1.3. Alcance .....	23
1.4. Justificación .....	23
1.5. Delimitación .....	24
CAPITULO II .....	25
2. MARCO TEORICO .....	25

2.1. Definición de los parámetros de la persona con paraplejía .....	25
2.2. Ayudas Técnicas para la discapacidad.....	29
2.3. Definición de los parámetros de antropometría. ....	33
CAPITULO III.....	35
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	35
3.1. Métodos .....	35
3.2. Tipos de investigación .....	35
3.3. Planteamiento metodológico.....	36
3.4. Esquema metodológico .....	37
3.5. Objetivos Específicos y Resultados .....	38
CAPITULO IV .....	40
4. DISEÑO Y ANÁLISIS DEL BRAZO BIPEDESTADOR .....	40
4.1. Análisis de simulación CAD. ....	40
4.2. Boceto del brazo bipedestador. ....	46
4.3. Determinación de los parámetros de diseño.....	46
4.4. Descripción de fuerzas.....	51
4.5. Diagrama de cuerpo libre del brazo bipedestador. ....	52
CAPITULO V .....	69
5. CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DEL BRAZO BIPEDESTADOR ....	69
5.1.1. Manufactura de piezas .....	69
5.1.2. Ensamblaje del brazo bipedestador.....	74
5.1.3. Incorporación del actuador. ....	76
CAPÍTULO VI.....	78
6. PRUEBA Y ANALISIS DE RESULTADO .....	78
6.1. Pruebas de funcionamiento del brazo bipedestador .....	78

6.2. Análisis de resultados.....	80
6.3. Análisis de económico financiero.....	80
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES .....	89
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	90
BIBLIOGRAFIA .....	91
ANEXOS .....	95
ANEXO 1.....	95
1.1. MANUALES DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO. ....	95
1.2. Datos técnicos del brazo bipedestador. ....	95
1.3. Mantenimiento. ....	96
1.4. Fallas .....	97
1.5. Funcionamiento .....	98
1.6. Seguridad.....	98
ANEXO 2: ESQUEMA DE CONEXIÓN ELÉCTRICO DEL ACTUADOR .....	99
ANEXO 3: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE BIPEDESTACIÓN.....	106
Anexo 3.1: Sistema de control del actuador eléctrico y especificaciones técnicas.....	106
Anexo 3.2: Especificaciones técnicas del control del actuador eléctrico. ....	109
Anexo 3.3: Especificaciones del actuador eléctrico. ....	111
ANEXO 4: PLANO DE CONEXIÓN ELÉCTRICA DEL BRAZO BIPEDESTADOR.....	116
ANEXO 4: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MATERIAL UTILIZADO PARA EL BRAZO BIPEDESTADOR.....	117

Anexo 5.1: Catalogo de DIPAC .....	117
Anexo 5.2: Tabla de materiales del libro de Mott.....	119
Anexo 5.3: Propiedades graficas del libro de diseño en ingeniería mecánica de Shigley .....	120
Anexo 5.4: Tabla A-9 Cortante, Momento, y deflexión de vigas del libro de diseño en ingeniería mecánica de Shigley.....	121
ANEXO 6: PLANOS DEL BRAZO BIPEDESTADOR .....	122

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Lesion medular.....	25
Figura 2.2 Dimensiones antropométricas fundamentales .....	34
Figura 4.1 Modelo propuesto con dos actuadores neumáticos .....	41
Figura 4.2 Modelo propuesto con actuador lineal.....	41
Figura 4.3 Modelo propuesto sistema de 4 barras .....	42
Figura 4.4 Modelo propuesto sistema de 3 barras .....	42
Figura 4.5 Biomecánica de bipedestación.....	44
Figura 4.6 Diseño del brazo bipedestador.....	45
Figura 4.7 Representación del Actuador lineal en posición final .....	45
Figura 4.8 Boceto del brazo bipedestador.....	46
Figura 4.9 Tipos de actuadores.....	50
Figura 4.10 Actuador Eléctrico .....	51
Figura 4.11 Diagrama de cuerpo libre .....	52
Figura 4.12 Diagrama de cuerpo libre del brazo .....	54
Figura 4.13 Entorno de diseño .....	55
Figura 4.14 Posición inicial y final del brazo bipedestador .....	57
Figura 4.15 Diagrama de cuerpo libre de la base del brazo bipedestador .....	59
Figura 4.16 Pasador del brazo bipedestador .....	62
Figura 4.17 Pasador del actuador .....	63
Figura 4.18 Horquilla para sujetar el actuador.....	64
Figura 4.19 Diagrama de cuerpo libre de la horquilla.....	64
Figura 4.20 Viga curva .....	66
Figura 4.21 Diagrama de cuerpo libre de una viga curva.....	66
Figura 5.1 Diseño CAD del Brazo inferior .....	69

Figura 5.2 Corte del material.....	70
Figura 5.3 Soldadura del brazo inferior. ....	70
Figura 5.4 Construcción de brazo inferior .....	71
Figura 5.5 Diseño CAD del brazo superior:.....	71
Figura 5.6 Corte del brazo superior.....	72
Figura 5.7 Soldadura del brazo superior. ....	72
Figura 5.8 Construcción del brazo superior.....	73
Figura 5.9 Diseño CAD rodilleras y pechera. ....	73
Figura 5.10 Materiales adquiridos. ....	74
Figura 5.11 Construcción de las rodilleras y pechera.....	74
Figura 5.12 Ensamblaje de todos los componentes.....	75
Figura 5.13 Pintado del brazo bipedestador.....	75
Figura 5.14 Actuador eléctrico.....	76
Figura 5.15 Control y Controlador del brazo bipedestador .....	76
Figura 5.16 Batería 12v.....	77
Figura 5.17 Inversor de voltaje.....	77
Figura 6.1 Posición inicial y final del actuador eléctrico .....	78
Figura 6.2 Pruebas del brazo bipedestador con la persona con paraplejía.....	79



## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación de la paraplejía.....	26
Tabla 2.2 Tipos de bipedestadores .....	31
Tabla 2.3 Medidas soporte de rodillas y pecho .....	33
Tabla 3.1 Planificación de actividades .....	38
Tabla 4.1 Planilla de medidas de la persona parapléjica .....	40
Tabla 4.2 Tabla comparativa de diseños mecánicos.....	43
Tabla 4.3 Cuadro comparativo de materiales.....	47
Tabla 4.4 Criterio de evaluación para la selección del material.....	49
Tabla 4.5 Tabla de apreciación para la selección del material.....	49
Tabla 4.6 Selección de actuador .....	50
Tabla 4.7 Criterio de apreciación para selección del actuador .....	51
Tabla 4.8 Propiedades del material .....	56
Tabla 4.9 Desplazamiento de la barra.....	56
Tabla 6.1 Costos indirectos ecuatoriana .....	80
Tabla 6.2 Servicios básicos.....	81
Tabla 6.3 Total Costos Indirectos de Fabricación (CIF) .....	82
Tabla 6.4 Costos de producción nacional .....	82
Tabla 6.5 Costo de producción extranjera.....	83
Tabla 6.6 Costo totales de producción .....	83
Tabla 6.7 Gasto administrativo .....	84
Tabla 6.8 Costos totales.....	84
Tabla 6.9 Costos Directos de producción.....	85
Tabla 6.10 Costos de mano de obra .....	85
Tabla 6.11 Costos de pago de transporte .....	86

Tabla 6.12 Total de Costos directos para la construcción del brazo bipedestador.....	86
Tabla 6.13 Costos indirectos gastos varios.....	86
Tabla 6.14 Total de Costos directos.....	87
Tabla 6.15 Total de Costos .....	87

**INDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 4.1 Sumatoria de fuerzas en Y .....	54
Ecuación 4.2 Sumatoria de fuerzas en X .....	54
Ecuación 4.3 Sumatoria de momentos en el punto A.....	55
Ecuación 4.4 Carrera del pistón .....	57
Ecuación 4.5 Sumatoria de fuerzas en Y .....	59
Ecuación 4.6 Sumatoria de fuerzas en X .....	59
Ecuación 4.7 Sumatoria de momentos en el punto B.....	59
Ecuación 4.8 Esfuerzo torsor .....	60
Ecuación 4.9 Von Misses .....	61
Ecuación 4.10 Factor de seguridad.....	61
Ecuación 4.11 Esfuerzo cortante.....	62
Ecuación 4.12 Factor de seguridad.....	62
Ecuación 4.13 Área de una circunferencia .....	62
Ecuación 4.14 Diámetro del pasador .....	62
Ecuación 4.15 Área de una placa rectangular.....	65
Ecuación 4.16 Esfuerzo normal.....	65
Ecuación 4.17 Esfuerzo interior.....	67
Ecuación 4.18 Esfuerzo exterior.....	67

## INTRODUCCIÓN

Esta presente investigación se trata de la construcción de un brazo bipedestador para el prototipo “LILIBOT”.

El brazo bipedestador tiene la finalidad de ayudar a que la persona con paraplejia tenga una mejor estabilidad al estar en estado de bipedestación, dando un ajuste en el tronco con el soporte de pecho así como también en las rodillas con el soporte de rodillas, facilitando a que la persona con paraplejia no tienda a desestabilizarse o tienda a inclinarse demasiado teniendo una altura y postura correcta.

Esta investigación está enfocado a dar un mejoramiento en la calidad de vida. La investigación ayudará a personas con paraplejia a mejorar su salud. En la exploración observamos la necesidad y debilidad de algunos bipedestadores provenientes de exterior debido a que no se adaptan a las necesidades de las personas parapléjicas de nuestro medio.

Por este motivo se notó la necesidad de la construcción de un brazo bipedestador que ayudará a la persona parapléjica a estar en estado de bipedestación sosteniéndole a nivel de pecho y rodilla previniéndole de caídas y lesiones a nivel del cuerpo.

## CAPITULO I

### 1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

#### 1.1. Antecedentes del Problema:

Según la **Organización Mundial de la Salud (2011)** señala que “De acuerdo a la OMS- OP, se estima que en el mundo existen un total de 500 a 700 millones de personas con discapacidad, que corresponden al 12% de la población mundial, de ellas, casi 200 millones experimentan dificultades considerables en su funcionamiento”. (**Organización Mundial de la Salud, 2011**)

Según la fuente **CONADIS (2005)** menciona que “Existen 1'608.334 personas con algún tipo de discapacidad en el país, que representan el 12,14 % de la población total siendo la prevalencia de la discapacidad del 2,43 por ciento. Las disfunciones físicas y motoras son mayoría (36,76%), seguidas por las intelectuales (24,6%) y las múltiples (12,92%). El CONADIS registra que 2343 personas con discapacidad se encuentran laborando de las 9758 existentes en las bases de datos de la provincia de Imbabura; lo cual indica que el grado de independencia en el desarrollo de sus actividades de la vida diaria es bajo; 4238 padecen de discapacidad física”. (**CONADIS, 2005**)

En la actualidad la Carrera de Terapia Física de la Universidad Técnica Del Norte ha realizado encuestas a diferentes personas con múltiples discapacidades en la provincia de Imbabura, entre las que se encuentran personas con discapacidades de paraplejía a nivel dorsal, estas personas tienen una serie de limitaciones, barreras que desean eliminar, por ejemplo: la

relación con su entorno, cambios de posiciones, úlceras por presión (UPP), problemas endócrinos, alteraciones óseas y la falta de circulación en miembros distales. La Carrera de Ingeniería en Mecatrónica ha visto la necesidad de crear un brazo bipedestador para el prototipo “LILIBOT” para mejorar la calidad de vida de la persona. El Objetivo 3 del Plan Nacional para el Buen Vivir nos dice: “Mejorar la calidad de vida de la población es un reto amplio que demanda la consolidación de los logros alcanzados en los últimos seis años y medio, mediante el fortalecimiento de políticas intersectoriales y la consolidación del Sistema Nacional de Inclusión y Equidad Social” (**Senplades, 2013**).

El brazo bipedestador ayudará a personas adultas que se encuentren en estado de bipedestación a tener mayor seguridad y estabilidad optimizando su capacidad funcional y poder mejorar la calidad de vida.

## **1.2. Objetivos:**

### **Objetivo General:**

- Mejorar la calidad de vida de las personas adultas con paraplejia mediante la construcción de un brazo bipedestador para el prototipo “LILIBOT”

### **Objetivos Específicos:**

- Determinar las medidas antropométricas de la persona adulta.
- Diseñar el brazo bipedestador haciendo uso de la simulación CAD.
- Ensamblar los componentes mecánicos del brazo bipedestador.
- Realizar pruebas de funcionamiento del brazo bipedestador.

### **1.3. Alcance:**

El alcance de este proyecto tiene la finalidad de ayudar a la persona adulta con peso máximo de 100 kg a estar de manera fija cuando se encuentra en estado de bipedestación, mediante la construcción de un brazo bipedestador.

Para la construcción del brazo bipedestador será necesario determinar las medidas de la persona al estar de pie, como también las medidas del pecho y rodillas para el diseño de las sujeciones.

Para la inclinación del brazo bipedestador será instalado un actuador lineal, este actuador será activado mediante un controlador programable logrando cambiar de posición al brazo bipedestador de manera más sencilla.

### **1.4. Justificación:**

El brazo bipedestador ayuda a que la persona tenga una mejor estabilidad cuando la silla lo coloca en bipedestación, dando un ajuste en tronco con el soporte de pecho y un ajuste en rodillas con el soporte de rodillas, facilitando que la persona con paraplejía no tienda a desestabilizarse o inclinarse demasiado, dando seguridad para la bipedestación teniendo una altura y postura correcta.

El desarrollo de este proyecto de investigación de un prototipo de bipedestador móvil, es de suma importancia para las personas con paraplejía ya que este prototipo mejorará su condición física y se obtendrá un cambio en el estado de salud de las personas con paraplejía, desarrollando sus habilidades y destrezas que puede tener su cuerpo, dándoles más confianza en sí mismo.

Adicionalmente, la mayoría de personas se consideran incapaces de realizar actividades normales de la vida cotidiana, provocándoles aislamiento social

generándoles baja autoestima; es por ello que esta propuesta mejoraría sus actividades de la vida diaria instrumental haciéndoles individuos alegres y activos.

El proyecto está enfocado a mejorar su calidad de vida al usar el prototipo del bipedestador. La investigación ayudará a las personas con discapacidades a mejorar su salud, proporcionando un beneficio psicológico al paciente por darle la oportunidad de estar de pie, entre otras.

### **1.5. Delimitación:**

Las investigaciones para el presente proyecto fueron realizadas con las personas parapléjicas de la ciudad de Ibarra.

La construcción del brazo bipedestador se la realizó en la ciudad de Ibarra provincia de Imbabura.



## CAPITULO II

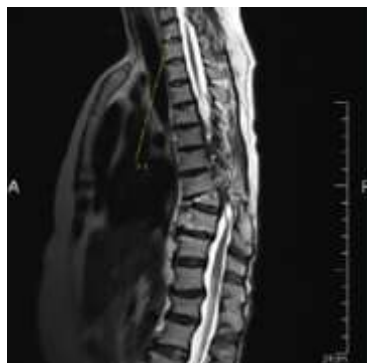
### 2. MARCO TEORICO

#### 2.1. Definición de los parámetros de la persona con paraplejía:

##### 2.1.1. Definición de Paraplejía.

La **American Spinal Injury Association (ASIA)** define el término Paraplejía como un término que se refiere al déficit o pérdida de función motora en los segmentos torácicos, lumbares o sacros de la medula espinal que afecta a las piernas de su cuerpo, causándoles una independencia funcional en todas las actividades de autocuidado, movilidad y actividades domésticas.

Según Guttman (2005). En la paraplejía, la función de los brazos está preservada, pero dependiendo del nivel de lesión, el tronco, piernas y órganos pélvicos estarán implicados. En la siguiente figura 2.1 se muestra una lesión medular.



**Figura 2.1:** Lesión medular.

**Fuente:** (Karla Strassburguer Lona Y. H., 2004)

### 2.1.2. Clasificación de la paraplejía.

La paraplejía se clasifican en varios puntos de acuerdo a las características de la enfermedad y las causas que producen.

Esto se encuentra en la siguiente tabla 2.1.

Tabla 2.1: Clasificación de las paraplejas

Tipo	Características	Causas
<b>Flácida medular</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación brusca de la parálisis de miembros inferiores.</li> <li>• Impotencia absoluta, flacidez o hipotenía acentuada.</li> <li>• Arreflexia profunda.</li> <li>• Reflejos de automatismo medular muy acentuados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poliomiелitis anterior aguda.</li> <li>• Mielitis aguda transversa.</li> <li>• Hematomielina.</li> <li>• Fractura de la columna vertebral.</li> <li>• Compresión brusca de la médula.</li> <li>• Mielitis de los buzos</li> </ul>
<b>Flácida neurítica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicialización generalmente lenta, constituida por parestesias y dolores.</li> <li>• No es el de una paraplejía completa.</li> <li>• Atrofia rápida de músculos paralizados.</li> <li>• Reflejos profundos abolidos.</li> <li>• Reflejo cutáneo plantar anormal o ausente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poliomiелitis infecciosa o tóxica.</li> <li>• Procesos traumáticos o tumorales.</li> <li>• Radiculitis.</li> </ul>
<b>Espástica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parálisis de los miembros inferiores.</li> <li>• Aparición de espasticidad o hipotonía.</li> <li>• El grado de parálisis es variable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compresión medular lenta. Por mal de Pott, cáncer vertebral, tumores, meníngeos con aracnoiditis espinal</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay más espasticidad que parálisis.</li> </ul>	<p>crónica de Horsley o tumores medulares.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sífilis: Originando meningomielitis crónica que da lugar a la paraplejía servical, en donde existe mas espasticidad que pararestesia.</li> <li>• Traumatismos.</li> <li>• Esclerosis en placa.</li> <li>• Siringomelia.</li> </ul>
<b>Intermitentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son transitorias</li> <li>• Puede durar minutos u horas.</li> </ul>	
<b>Alteraciones de la sensibilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdida de sensación</li> <li>• En ocasiones es intermimente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El mal de Tabes.</li> </ul>
<b>Funcionales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay lesión en el sistema locomotor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son de tipo orgánico.</li> </ul>
<b>Ancianidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paralisis de los miembros inferiores.</li> <li>• Acompañada de perdida de control sobre la vejiga y el recto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesiones degenerativas vasculares de la médula.</li> <li>• Degeneraciones esenciales de la estructura nerviosa, de la médula espinal.</li> <li>• Tumores medulares.</li> <li>• Presiones sobre la médula.</li> <li>• Enfermedad de Paget vertebral.</li> <li>• Tumores de las meninges o tumores vertebrales.</li> <li>• Traumatismos.</li> </ul>

**Fuente:** Guytons y Hall, Tratado de Fisiología Medica, 12<sup>va</sup> Edición

### 2.1.3. Clasificación del nivel de discapacidad.

Según INEGI (1980), Las discapacidades se clasifican según el nivel de lesión medular que presenta el paciente, son estas: (INEGI, 1980)

- Leve.
- Moderada.
- Grave.

**Discapacidad Leve:** La persona con discapacidad leve puede realizar sus actividades instrumentales ya que esta no interfiere en su calidad de vida.

**Discapacidad Moderada:** La persona con discapacidad moderada tienden a disminuir parcialmente sus actividades instrumentales limitando su calidad de vida.

**Discapacidad Grave:** La persona con discapacidad grave para poder realizar las actividades instrumentales de la vida diaria es muy afectada causándole dependencia de otra persona y esto provoca una calidad de vida baja debido a los problemas en su lesión medular causando algunas enfermedades.

Otras discapacidades son analizadas de acuerdo a su región de afectación o limitaciones que presenta el individuo con discapacidades estas son:

- **Motriz:** Se refieren a la pérdida de las extremidades inferiores y superiores de una persona para poder caminar y mantenerse de pie.
- **Visual:** Es la pérdida de la vista, sea total o parcial dificultándole visualizar los objetos.

- **Mental:** Tiende a tener restricciones para el aprendizaje de nuevas destrezas e interactuar con las personas.
- **Auditiva:** Dificultad para escuchar sea parcial o total.
- **De lenguaje:** Dificultad para poder comunicarse de forma verbal..

Todas las complicaciones que tiene el discapacitado son causadas por su lesión medular, produciendo enfermedades en su cuerpo causando dolencia, y disminución de sus actividades instrumentales de la vida diaria; debido a que no son capaces de valerse por sí solos porque tienen una dependencia funcional de otra persona.

## **2.2. Ayudas Técnicas para la discapacidad.**

Estas ayudas Técnicas permiten a las personas con discapacidad a mejorar su calidad de vida, existen diferentes técnicas y ayudas que les permiten integrarse a su antiguo período brindándoles su funcionalidad social y laboral, facilitándoles el desarrollo de sus actividades comunes.

Según la Norma (ISO9001, 2008), (INEN, 2013) Las ayudas técnicas se pueden clasificar en:

- Baja complejidad.
- Alta complejidad.

### **2.2.1. Ayudas técnicas de baja complejidad:**

Según la fuente ISO9001 (2008) “Las ayudas de bajo complejidad son las más comunes y estas pueden tener accionamiento mecánico o eléctrico”.

- Bipedestadores manuales.

- Bipedestadores mecánicos.
- Bipedestadores eléctricos.

(ISO9001, 2008)

### **2.2.2. Ayudas técnicas de alta complejidad:**

Según la fuente ISO9001 (2008) Las ayudas técnicas de alta complejidad son las que se utiliza dispositivos eléctricos y estos son utilizados para la realización de prótesis de la persona con discapacidad. entre ellas hallamos las siguiente:

- Prótesis de pierna.
- Prótesis de brazo.
- Diseño de órganos de cuerpo humana.

(ISO9001, 2008)

Con esto podemos concluir que El brazo bipedestador es una ayuda técnica del baja complejidad debido a que contiene elementos eléctricos y mecánicos que ayudara a sujetar a la persona parapléjica al momento de estar de pie mediante el soporte de pecho y rodillas, facilitando a que la persona con paraplejia no tienda a desestabilizarse y caerse.

### 2.2.3. Tipos de bipedestadores.

En la siguiente *tabla 2.2* se encuentran los diferentes tipos de bipedestadores existentes.

*Tabla 2.2:* Tipos de bipedestadores

Tipología	Imagen	Datos de los bipedestadores	Fuente
Bipedestador fijo e inclinable		Bipedestador Fijo o inclinable posibilita la posición erguida a pacientes con escasa o nula estabilidad. Proporciona nuevas posibilidades de rehabilitación y terapia ocupacional	<a href="http://www.saddga.com/">http://www.saddga.com/</a>
Bipedestador fijo pediátrico		Bipedestador Fijo es de madera con barrales de tubo de acero pintado, soportes para pies ajustables, con apoyo posterior para piernas regulable en altura. Sujeciones pélvicas y torácicas con correas con cierre de velcro, regulables en altura, estos sirven únicamente como seguros posturales	Universidad de Buenos Aires Facultad de Medicina
EasyStand 5000 Mobile		Una de las empresas es la EasyStand diseñadora de bipedestadores móviles manuales, este bipedestador es diseñado	Catálogo de productos Easystand & Ovation.

		<p>para satisfacer las necesidades de una amplia variedad de personas. Los ajustes se realizan sin herramientas y una gama de opciones de soporte que es ideal para el usuario</p>	
Bipedestador		<p>Son dispositivos que proporcionan un apoyo en la región pre tibial proximal (bajo las rodillas), en sacro y en la parte anterior del tronco, y permiten así mantener a un usuario de pie. Generalmente suelen disponer de una pequeña mesa en la que se pueden realizar actividades, o sobre la que simplemente pueden descansar los brazos. Para facilitar la puesta en bipedestación algunos disponen de mecanismos hidráulicos o eléctricos.</p>	<p><a href="http://www.asdace.org/">http://www.asdace.org/</a></p>

En esta tabla se muestra algunos bipedestadores de los cuales el tercero tiene sujeciones en rodillas y pecho que ayuda a sujetar a la persona parapléjica.



### 2.2.3.1. Soportes:

Para realizar los soportes de rodilla y de pecho es importante considerar el tamaño y su geometría para la comodidad del paciente y reducir la presión en los músculos.

En el mercado existen diferentes tipos de bipedestadores que tienen soportes de pecho y rodilla con dimensiones estándar, Del cual se ha elegido las medidas de los soportes de pecho y rodillas del catálogo de equipos de rehabilitación de la empresa **Movilidad sin límites**, la que se describe en la siguiente tabla 2.3.

Con estos datos se puede proceder a realizar un diseño adecuado de los soportes de pecho y rodillas para la persona parapléjica.

*Tabla 2.3: Medidas soporte de rodillas y pecho.*

<b>Ancho de la rodillera (centro a centro)</b>	8"
<b>Rango de profundidad de la rodillera</b>	6"
<b>Rango de profundidad del cojín frontal</b>	2"
<b>Tamaño de la rodillera independiente</b>	15 cm x 20 cm
<b>Tamaño de la pechera independiente</b>	20 cm x 30 cm

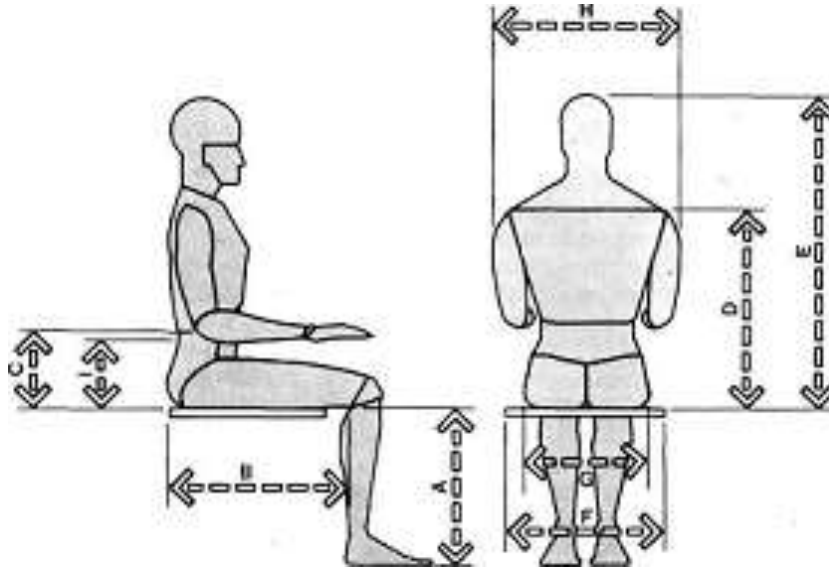
**Fuente:** (Movilidad sin límites, s.f.)

## 2.3. Definición de los parámetros de antropometría.

### 2.3.1. Antropometría en las personas con paraplejía:

Para definir las dimensiones antropométricas de la persona en una silla de ruedas, se ha considerado la figura 2.2. En la cual (Panero & Zelnik, 1984) detalla las dimensiones antropométricas fundamentales, de las cuales las

medidas necesarias para el diseño del brazo bipedestador son: La altura del pie hasta el pecho (A+D) y La separación y altura de las rodillas (A+G).



**Figura 2.2:** Dimensiones antropométricas fundamentales.

**Fuente:** (Panero & Zelnik, 1984)

## CAPITULO III

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Métodos:

**3.1.1. Sujeto:** Es la persona parapléjica que va a ser el caso a tratar.

**3.1.2. Instrumentos:** Los instrumentos necesarios que se utilizaron para poder saber sus necesidades y problemas fue realizar una entrevista a dichas personas con discapacidad, para lo cual se realizó los siguientes métodos:

#### 3.1.3. Métodos:

- Selección de información bibliográfica.
- Redacción del proyecto de tesis.
- Definición de elementos de estudio, establecer alcances, limitaciones y aportes de la investigación.
- Planteamiento metodológico.

#### 3.2. Tipos de investigación:

En la investigación de la “CONSTRUCCION DE UN BRAZO BIPEDESTADOR PARA EL PROTOTIPO LILIBOT” se utilizaron los siguientes tipos de investigación.

- Investigación de campo.
- Investigación documental.

### **3.2.1. Investigación de campo:**

Es aquella que se obtiene los datos directamente de las personas con las que se trabaja, utilizando técnicas adecuadas y sin manipulación de las variables, recolectando directamente los datos mediante la observación libre, la encuesta, el cuestionario, y entrevista.

Con las personas con discapacidad se realizó un estudio para mejorar su calidad de vida diaria ya que ellos tienen problemas de movilidad en sus extremidades inferiores por eso se creó un brazo bipedestador el que ayuda a la silla bipedestadora a mantener la estabilidad cuando la persona con paraplejía se encuentra en bipedestación.

### **3.2.2. Investigación Documental.**

Esta investigación documental se apega en buscar información en fuentes bibliográficas, hemerográficas para sustentar el diseño del brazo bipedestador y obtener un resultado adecuado para la persona parapléjica.

## **3.3. Planteamiento metodológico.**

### **3.3.1. Diseño de los elementos del prototipo:**

Se diseñan todos los elementos del prototipo en herramientas CAD y se realiza el respectivo cálculo mediante diagramas de cuerpo libre con el cual se obtiene el diagrama de fuerza cortante y momento flector que actúan sobre el prototipo.

### **3.3.2. Simulación del prototipo:**

Se simula el prototipo mediante el método de elementos finitos (MEF) con el cual se puede definir si los componentes del prototipo cumplen los parámetros necesarios que se determinan en la tabla de especificaciones, de no ser así se debe volver a la etapa de diseño de los elementos del prototipo.

### **3.3.3. Elementos de diseño de detalle:**

En esta fase se constituyen las dimensiones finales y los materiales específicos que deberán llevarse a cabo para el diseño del prototipo.

## **3.4. Esquema metodológico:**

La metodología usada para el diseño del brazo bipedestador que está formada por tres fases, estas son:

- Análisis.
- Metodología y herramientas.
- Rediseño del prototipo

### **3.4.1. Análisis:**

Esta fase consiste en la identificación del problema para posteriormente analizar las causas y efectos mediante la inspección visual y el historial del diseño y construcción del brazo bipedestador.

### **3.4.2. Metodología y herramientas:**

En esta fase se utiliza como herramienta el software de diseño Solidworks obteniendo como resultado el primer prototipo del brazo bipedestador.

### 3.4.3. Rediseño del prototipo:

Mediante el análisis de pruebas y errores observamos si el prototipo debe rediseñarse.

### 3.5. Objetivos Específicos y Resultados:

Este esquema de la propuesta nos permite alcanzar todos los objetivos planteados en la presente tesis para poder realizar la “CONSTRUCCION DE UN BRAZO BIPEDESTADOR PARA EL PROTOTIO LILIBOT”.

En la siguiente tabla 3.1 se observa los resultados obtenidos a cada objetivo propuesto:

*Tabla 3.1: Planificación de actividades.*

<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>ACTIVIDADES POR OBJETIVOS</b>	<b>RESULTADO POR OBJETIVO</b>
Determinar la forma de sujeción del parapléjico al momento de bipedestarlo.	Que es parapleja. Soportes Medidas antropométricas de la persona.	Tipos de parapleja Parámetros del brazo bipedestador Tipos de bipedestadores
	Tipos de investigación: Investigación de campo. Investigación exploratoria.	Metodología de la investigación
Diseñar el brazo bipedestador haciendo uso de la simulación CAD.	Planilla de medidas de la persona. Selección del material. Selección del actuador. Cálculos del brazo bipedestador.	Determinación de los parámetros de diseño
	Diseño mecánico del brazo bipedestador.	Análisis de simulación CAD.

Construir los componentes mecánicos del brazo bipedestador.	Manufactura del brazo bipedestador. Ensamblaje del brazo bipedestador. Incorporación del actuador	Construcción
Realizar pruebas, ajustes y optimización del equipo	Comprobar el funcionamiento del brazo bipedestador. Análisis económico financiero. Ensamblaje y pruebas del prototipo "LILIBOT"	Funcionamiento del brazo bipedestador

## CAPITULO IV

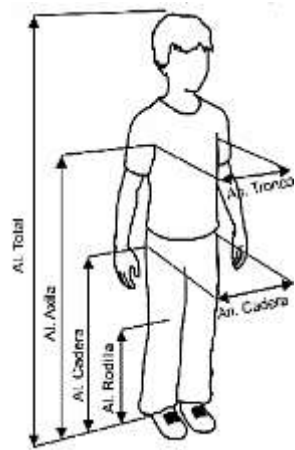
### 4. DISEÑO Y ANÁLISIS DEL BRAZO BIPEDESTADOR

#### 4.1. Análisis de simulación CAD.

##### 4.1.1. Planilla de toma de medidas de la persona con paraplejía en bipedestación.

Este diseño se basara en la planilla de medidas del sitio web [www.rehab.com.er](http://www.rehab.com.er) en la que se colocará las medidas antropométricas de la persona con paraplejía a tratar así poder desarrollar el boceto del brazo bipedestador. En la siguiente tabla 4.1 se muestra la planilla de medidas de la persona parapléjica.

Tabla 4.1: Planilla de medidas de la persona parapléjica.

<b>Nombres y Apellidos:</b>		
<b>Fecha:</b>	<b>Domicilio:</b>	
<b>Edad:</b>	<b>Localidad:</b>	
Utilización de medidas cuando el paciente se encuentra en estado sedente		
	Altura de la rodilla	450 mm
	Altura axila	1300 mm
	Ancho del tronco	350 mm
	Ancho de la cadera	500 mm
	Distancia pie	300 mm
	Distancia entre tiernas	170 mm

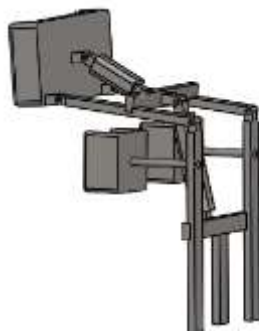
Con las medidas obtenidas del paciente tratado el siguiente paso será realizar un análisis funcional mediante el cual se propone varias propuestas.



#### 4.1.2. Pre –diseños.

##### a. Por tipo de actuador

En la figura 4.1 se observa el modelo propuestos con dos actuadores neumáticos, su funcionamiento se basa en convertir la energía del aire comprimido en trabajo mecánico. El problema en este diseño es la implementación kit de control para los actuadores neumáticos.



**Figura 4.1:** Modelo propuesto con dos actuadores neumáticos.

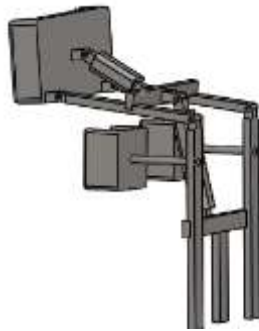
En la figura 4.2 se observa el modelo propuesto con un actuador lineal, el funcionamiento del actuador lineal se basa en la conversión de giro del motor de corriente continua de baja tensión en movimiento lineal.



**Figura 4.2:** Modelo propuesto con actuador lineal

**b. Por estructura**

En la figura 4.3 se observa el modelo propuesto con 4 barras, las sujeciones de las rodillas van fijas a las barras, dos barras se encargan de sujetar a la pechera. El problema en este diseño propuesto es su mayor espacio y exceso de material.



**Figura 4.3:** Modelo propuesto sistema de 4 barras.

En la figura 4.4 se observa un sistema en la cual una barra sujeta al pecho y las dos barras de base sujetan a las rodilleras. Su funcionamiento es más fácil debido a que no ocupa mucho espacio.



**Figura 4.4:** Modelo propuesto sistema de 3 barras.

### c. Posición del actuador

En la figura 4.3 se puede observar que la posición del actuador es inclinada, esto dificulta a la persona parapléjica al momento subir y bajar del bipedestador móvil ya que el actuador va a estar en medio de las piernas.

En la figura 4.4 se observa que el actuador se encuentra en posición vertical, la salida y entrada del actuador lineal eléctrico es de forma vertical ayudado a reducir el espacio y también ayudando a que la persona parapléjica no se dificulte al momento de subir y bajar del bipedestador móvil.

#### 4.1.3. Selección de la mejor solución.

Para la selección de la mejor solución se realiza una tabla de valores donde el valor 1 representa malo, 2 equitativo y 3 bueno. Se tomara en cuenta el ruido, sistema de control, costo, espacio de instalación. En la siguiente tabla 4.2 se muestra una tabla comparativa de diseños mecánicos.

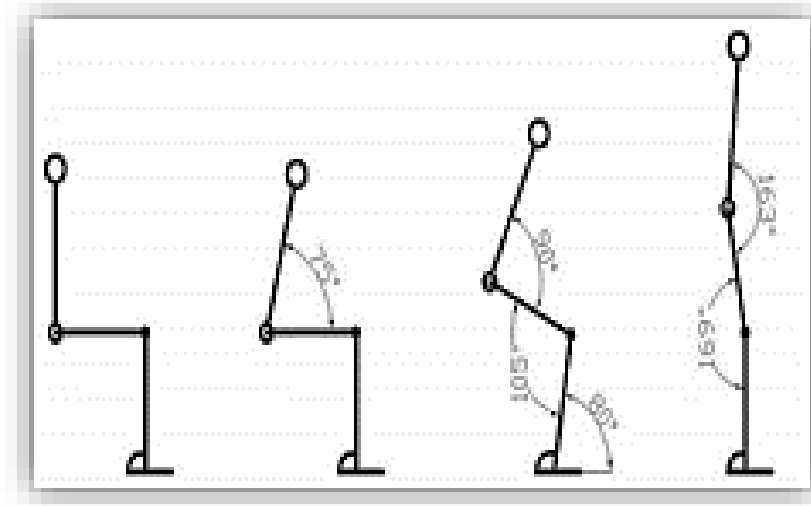
*Tabla 4.2* Tabla comparativa de diseños mecánicos.

<b>BRAZO BIPEDESTADOR</b>	Actuador neumático Sistema de 4 barras	Actuador eléctrico Sistema de 4 barra	Actuador neumático Sistema de 3 barras	Actuador eléctrico Sistema de 3 barras
Ruido	1	3	1	3
Sistema de control	1	2	1	3
Costo	1	1	2	3
Espacio de instalación	1	2	1	3
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>12</b>

En la tabla 4.2 se observa el total de cada uno de las combinaciones de brazos bipedestadores posibles, la combinación del actuador eléctrico con sistema de 3 barras es el que tiene mayor valor siendo esta como la mejor solución.

#### 4.1.4. Diseño del esquema del brazo bipedestador.

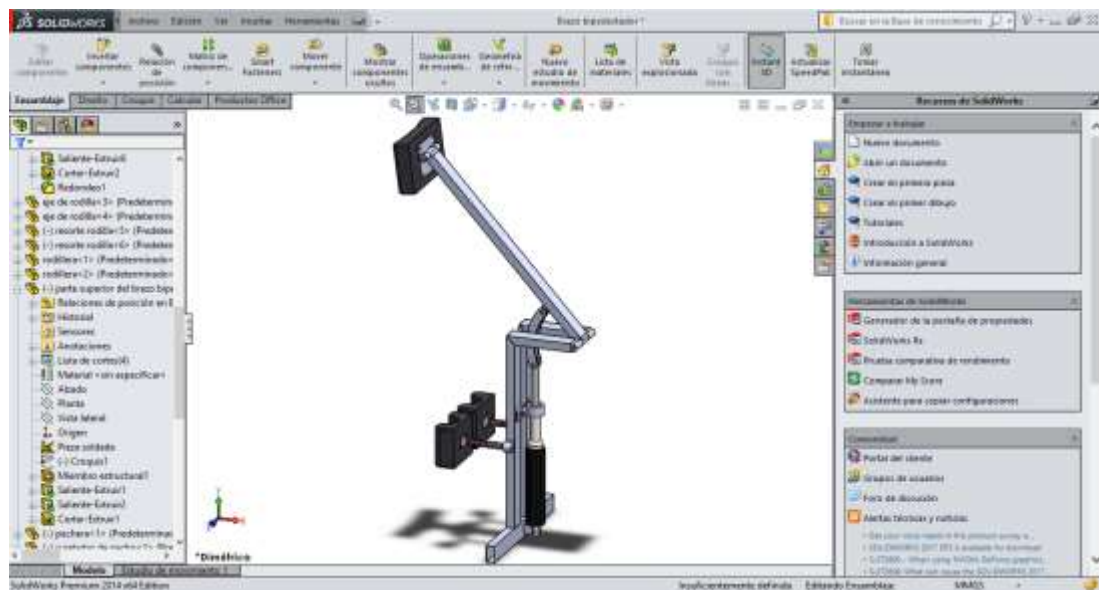
Para realizar el diseño del esquema del brazo bipedestador observamos la biomecánica de la bipedestación y la marcha humana que se muestra en la siguiente figura 4.5.



**Figura 4.5:** Biomecánica de bipedestación

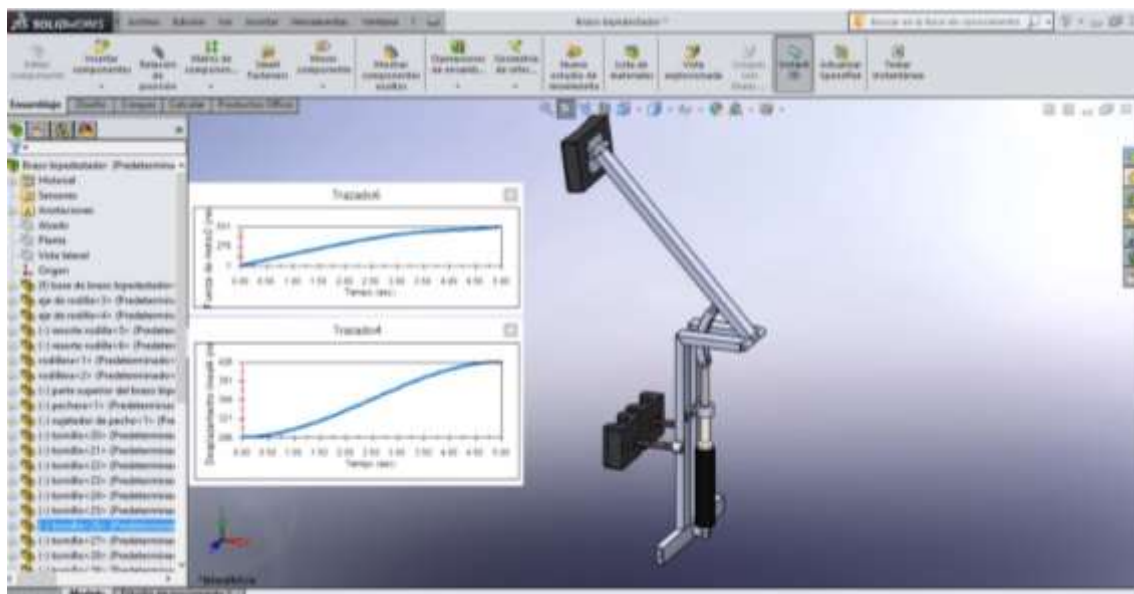
**Fuente:** N., W. (2006). Biomecánica de la Marcha Humana. México: Mc Graw HILL.

El ángulo que debe subir el brazo bipedestador es el promedio de las dos últimas imágenes de la figura 4.5. Este ángulo es de  $130^{\circ}$  con el cual procedemos a realizar el diseño del bosquejo del brazo bipedestador. En la siguiente figura 4.6 se muestra el diseño del brazo bipedestador.



**Figura 4.6:** Diseño del brazo bipedestador.

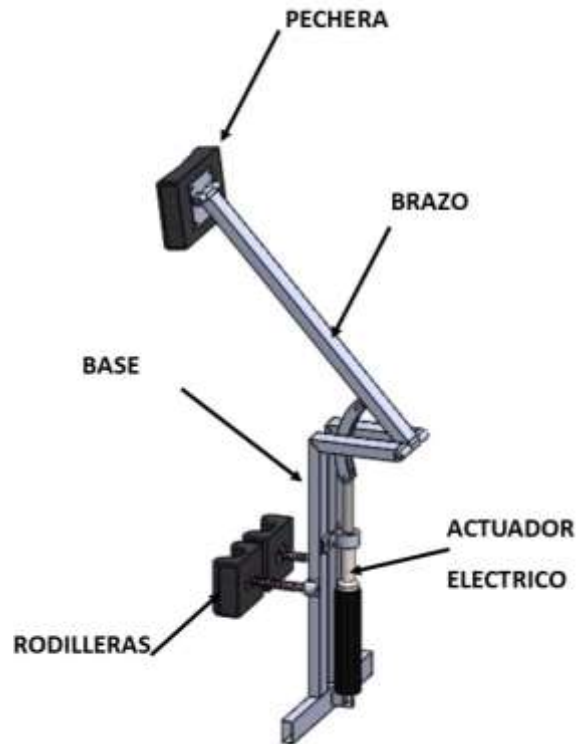
Este diseño nos permite demostrar el estudio de movimiento que tiene el brazo bipedestador permitiéndonos obtener los esquemas de desplazamiento y fuerza necesarias que necesita el actuador lineal para sujetar a la persona parapléjica con peso de 100kg al momento de encontrarse en estado de bipedestación. En la siguiente figura 4.7 se muestra la representación del actuador en posición final.



**Figura 4.7:** Representación del Actuador lineal en posición final.

## 4.2. Boceto del brazo bipedestador.

En la siguiente figura 4.8 se visualiza el boceto del brazo bipedestador.



**Figura 4.8:** Boceto del brazo bipedestador.

El brazo bipedestador consta de una base el cual se encuentra acoplada a la base de la silla bipedestadora, también consta de una barra tipo brazo y sujeciones (pechera, rodilleras), que ayudaran a permanecer de pie a la persona parapléjica. El movimiento del brazo bipedestador es realizado gracias a un actuador eléctrico el cual con un sistema de control que controla la salida y entrada del actuador eléctrico.

## 4.3. Determinación de los parámetros de diseño.

### 4.3.1. Selección del material.

Para seleccionar el material se realizará una tabla comparativa de materiales donde se analizará las diferentes características como son:

Las ventajas, desventajas para elegir el material adecuado para un correcto diseño. En la siguiente tabla 4.3 se muestra el cuadro comparativo de materiales.

*Tabla 4.3: Cuadro comparativo de materiales.*

Tipo de Material	Características	Ventajas	Desventajas
<p><b>Acero Galvanizado</b> <b>ASTM A-500</b></p>	<p>Este material es adecuado para la fabricación de vigas soldadas para edificios, estructuras remachadas, atornilladas, depósitos de combustibles.</p> <p>Son una alternativa industrial, diseñada para construir sistemas estructurales metálicos de alta resistencia, de una manera rápida y sencilla.</p>	<p>Su resistencia por unidad de peso es relativamente alta.</p> <p>Se pueden calcular ciertas propiedades exactamente como es el caso de los momentos de inercia.</p> <p>Puede durar continuamente en condiciones adecuadas.</p> <p>Capacidad de resistir grandes deformaciones.</p> <p>Material resistente a la fatiga.</p> <p>Tiene gran capacidad de laminarse y elaborarse dando lugar dando lugar a una escala de tamaños y formas.</p>	<p>Son sensibles al medio ambiente.</p> <p>El mantenimiento es costoso.</p> <p>Si los miembros son más largos tienden a pandearse.</p> <p>Pueden presentar fallas frágiles a temperaturas bajas.</p>
<p><b>Acero Inoxidable</b></p>	<p>Sus usos son muy variados, se destacan los equipos para</p>	<p>Buena resistencia a la corrosión atmosférica.</p>	<p>Costo muy alto en el proceso de soldadura.</p>

<b>AISI 304</b>	procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.	Bajo costo en mantenimiento.  Son muy utilizados por las industrias alimenticias	Alto costo del material.
<b>Aluminio 6061-T6</b>	El aluminio 6061-T6 es ideal para la elaboración de piezas maquinadas con calidad de excelencia y para trabajos que requieran buen acabado superficial.	Aleación Dúctil y Ligera, con gran resistencia.  Excelentes características de acabado, Elaborado mediante tratamiento térmicos.  Tiene una combinación de propiedades que lo hace sumamente útil.  El aluminio tiene una densidad baja (2.70 g/cm <sup>3</sup> ), que lo hacen útil para productos manufacturados para el transporte.  Tiene buena resistencia a la corrosión en la mayoría de los ambientes naturales.	Costo de adquisición elevado.  Costo elevado en el proceso de soldadura.

**Fuente:** Catálogo aceros Dipac y Cedal.



Al finalizar el análisis de ventajas y desventajas de los 3 tipos de materiales, se realizará un criterio de apreciación de los 4 tipos de materiales como se indica en la siguiente tabla 4.4.

*Tabla 4.4:* Criterio de apreciación para la selección del material

<b>Tipo de Material</b>	<b>Resistencia del material (MPa)</b>	<b>Peso(Kg/m)</b>	<b>Costo</b>
ASTM A-500	320,00	1,78	\$ 25,00
AISI - 304	241,00	1,41	\$ 35,00
Aluminio (6061 – T6)	276,00	1,00	\$ 45,00

*Tabla 4.5:* Tabla de decisión para la selección del material

<b>Tipo de Material</b>	<b>Resistencia del material</b>	<b>Peso</b>	<b>Costo</b>	<b>Promedio</b>
Aluminio (6061 – T6)	86%	56%	100%	81%
<b>ASTM A-500</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>55%</b>	<b>85%</b>
AISI - 304	75%	79%	77%	77%

Al realizar un análisis de la tabla 4.5 se obtuvo que el material más relevante es el acero ASTM A - 500, el cual se utilizará en el diseño del brazo bipedestador.

#### **4.3.2. Selección del actuador.**

Los actuadores existentes en el mercado Ecuatoriano o extranjero son los siguientes:

- Neumáticos
- Hidráulicos.

- Eléctricos

En la siguiente figura 4.9 se muestra los tipos de actuadores.



**Figura 4.9:** Tipos de actuadores.

En la siguiente tabla 4.6 especificaremos de mejor manera cual es el mejor actuador para el diseño del brazo bipedestador analizando las características principales como son las ventajas y desventajas de cada actuador.

*Tabla 4.6:* Selección del actuador.

	Neumático	Hidráulico	Eléctrico
<b>Energía</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceite mineral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corriente eléctrica</li> </ul>
<b>Opciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindros</li> <li>• Motor de paletas</li> <li>• Motor de pistón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindros</li> <li>• Motor de paletas</li> <li>• Motor de pistones axiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corriente continua</li> <li>• Corriente alterna</li> <li>• Motor paso a paso</li> <li>• Servomotor</li> </ul>
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajan a velocidades altas</li> <li>• Sencillos</li> <li>• Son de fácil regulación</li> <li>• Energía limpia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rápidos</li> <li>• Alta relación potencia – peso</li> <li>• Auto lubricantes.</li> <li>• Alta capacidad de carga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisos</li> <li>• Fiables</li> <li>• Fácil control</li> <li>• Sencilla instalación</li> <li>• Silenciosos</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultad de control continuo</li> <li>• Instalación especial (compresor, filtros)</li> <li>• La descarga de aire genera mucho ruido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difícil mantenimiento</li> <li>• Instalación especial (filtros, eliminación de aire)</li> <li>• Caros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia limitada</li> </ul>

**Fuente:**[http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0708/archivos/\\_15/Tema\\_5.3.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.3.htm)

Después de realizar el análisis de las ventajas y desventaja de los actuadores, en la siguiente tabla 4.7 se realizará un criterio de apreciación de selección del actuador para elegir el actuador óptimo para el brazo bipedestador.

*Tabla 4.7: Criterio de apreciación para selección del actuador*

<b>Actuadores</b>	<b>Velocidad(mm/s)</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Costo</b>
Neumáticos	12,00	35,00	\$ 1.500,00
Eléctricos	6,00	5,00	\$ 500,00
Hidráulicos	6,00	45,00	\$ 1.500,00

Se ha optado por el actuador eléctrico porque cumple con las normativas para el diseño del brazo bipedestador, ya que su funcionamiento es de fácil control así como también son muy precisos, su peso es menor con relación al actuador neumático e hidráulico y no se necesita de mucha fuerza para el funcionamiento del brazo bipedestador. En la figura 4.10 se muestra el actuador eléctrico.



**Figura 4.10:** Actuador Eléctrico.

#### **4.4. Descripción de fuerzas.**

El brazo bipedestador ayudará a sujetar a la persona parapléjica, cuando la silla bipedestadora lo coloque de pie.

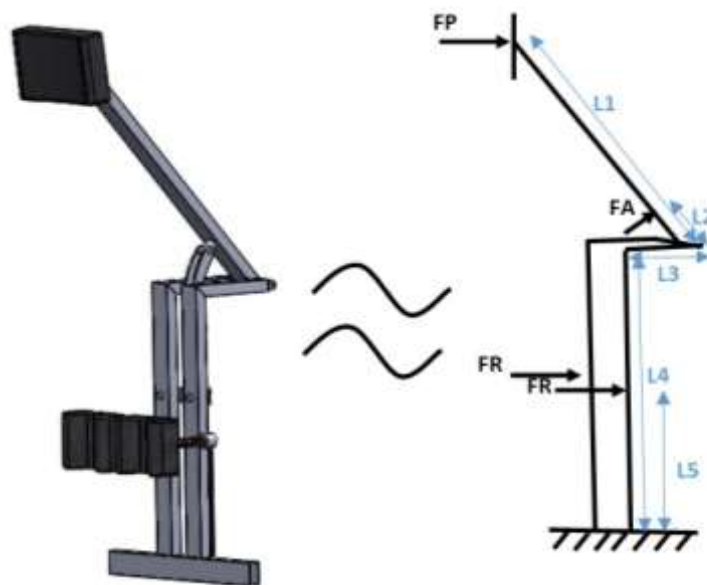
Para diseñar el brazo bipedestador se necesita la carga que genera el pecho y rodilla de la persona parapléjica al encontrarse parado. Mediante

pruebas experimentales se determinó una carga de 8 kg a nivel del pecho, además se determinó una carga alrededor de 20kg en las rodillas.

Con los datos obtenidos se procede a realizar el diagrama de cuerpo libre del brazo bipedestador.

#### 4.5. Diagrama de cuerpo libre del brazo bipedestador.

Para realizar el diagrama de cuerpo libre nos basamos en el boceto del brazo bipedestador que se encuentra en la figura 4.8 mediante el cual en la siguiente figura 4.11. Se mostrara su diagrama de cuerpo libre.



**Figura 4.11:** Diagrama de cuerpo libre.

Para realizar los cálculos matemáticos del brazo bipedestador es necesario ubicar las fuerzas que ejercen cuando la persona parapléjica se encuentre en estado de bipedestación.

$$F_p = 8kg * 9.81 = 78.48N$$

$$L1 = 680mm$$

$$F_R = 20kg * 9.81 = 196.2N$$

$$L2 = 120mm$$

$$L3 = 200mm$$

$$L4 = 580mm$$

$$L5 = 245mm$$

**Donde:**

$L1, L2, L3, L4, L5$  = Longitudes.

$F_P$  = Fuerza del pecho.

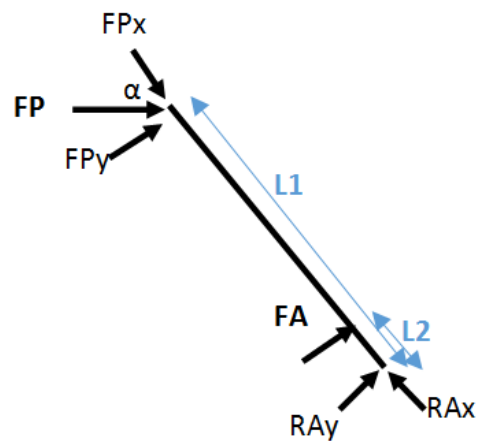
$F_R$  = Fuerza de las rodillas.

$F_A$  = Fuerza del actuador.

Al tener ubicado las fuerzas correspondientes en el diagrama de cuerpo libre realizamos el cálculo correspondiente en cada elemento del brazo bipedestador.

#### **4.5.1. Cálculo de la fuerza del actuador lineal.**

Para calcular la fuerza que genera el actuador lineal se realizara los siguientes cálculos en la barra del brazo.



**Figura 4.12:** Diagrama de cuerpo libre del brazo.

Para calcular la reacción que se genera en el punto **A** realizamos la sumatoria de fuerzas y momento:

$$\alpha = 55^\circ$$

$$FP_x = \cos 55 \times 78.48 \text{ N} = 45.01 \text{ N}$$

$$FP_y = \text{sen } 55 \times 78.48 \text{ N} = 64.29 \text{ N}$$

$$(\uparrow +) \sum F_y = 0 \quad \text{Ecuación 4.1 Sumatoria de fuerzas en Y.}$$

$$F_{PY} + F_A + R_{AY} = 0$$

$$R_{AY} = -F_{PY} - F_A$$

$$R_{AY} = -64.29 \text{ N} - (-364.31 \text{ N}) = 300 \text{ N}$$

$$(\uparrow +) \sum F_x = 0 \quad \text{Ecuación 4.2 Sumatoria de fuerzas en X.}$$

$$F_{PX} - F_X = 0$$

$$\leftarrow R_{AX} = F_{PX}$$

$(\sum +) \sum MA = 0$       **Ecuación 4.3** Sumatoria de momentos en el punto A.

$$-F_{PY} * L_1 - F_A * L_2 = 0$$

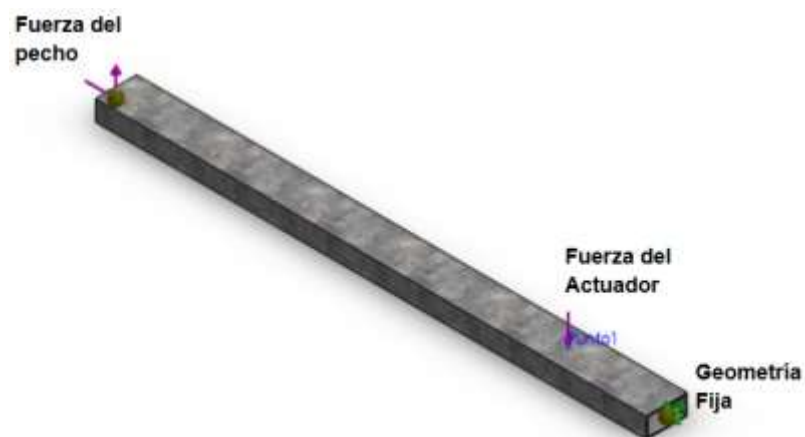
$$F_A = -364.31 N$$

$$\downarrow F_A = 364.31 N$$

Mediante el cálculo realizado se obtuvo la fuerza de 364.31 N, necesaria para sujetar a la persona al momento de encontrarse de pie.

#### 4.5.2. Deflexión del brazo.

La barra del brazo sujetador de pecho se realizó un análisis CAE en el software SolidWorks mediante el cual verificaremos si existe deflexión en el material utilizado ASTM A - 500.



**Figura 4.13:** Entorno de diseño

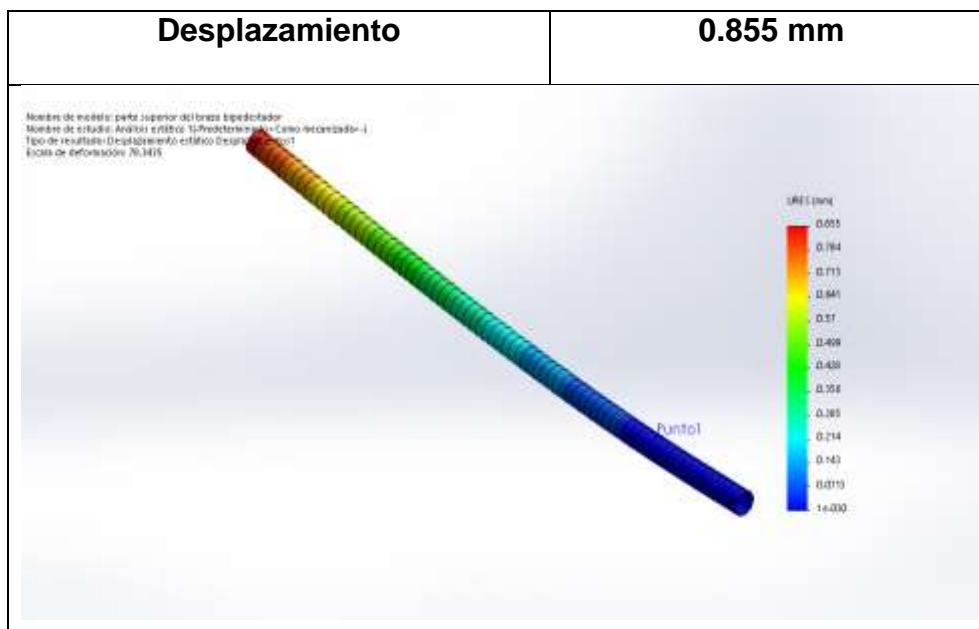
Las propiedades del material utilizadas en el software SolidWorks se muestran en la siguiente tabla 4.8:

Tabla 4.8: Propiedades del material.

Referencia de modelo	Propiedades
	<p><b>Nombre:</b> Acero galvanizado</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión máxima de von Mises</p> <p><b>Límite elástico:</b> 2.03943e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 3.56901e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2e+011 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.29</p> <p><b>Densidad:</b> 7870 kg/m<sup>3</sup></p>

En la siguiente tabla 4.9 se muestra el desplazamiento máximo generado en la barra superior.

Tabla 4.9: desplazamiento de la barra.



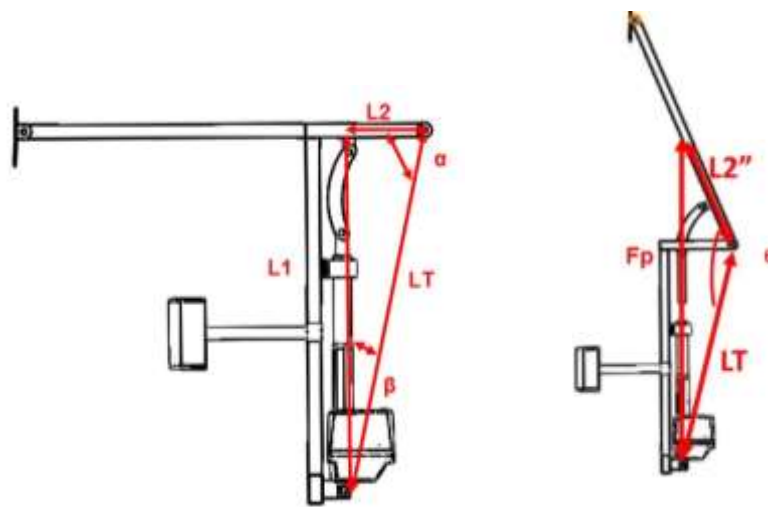
Con el análisis CAE realizado podemos demostrar que su desplazamiento es de 0.855 mm, con esto podemos concluir que el perfil seleccionado cumple



con las condiciones necesarias para soportar la carga que ejerce la persona parapléjica en el perfil superior del brazo bipedestador.

#### 4.5.3. Cálculo de la carrera del pistón.

La carrera del pistón se calculó mediante la geometría del brazo bipedestador como se describe a continuación en la figura 4.14.



**Figura 4.14:** Posición inicial y final del brazo bipedestador

Mediante la gráfica anterior procedemos a encontrar la carrera del pistón:

$$CP^2 = (L2'')^2 + LT^2 - 2 * L2'' * LT * \cos \theta \quad \text{Ecuación 4.4 Carrera del pistón.}$$

En la siguiente tabla se muestra la posición inicial y final del brazo bipedestador.

*Tabla 4.11:* Datos de la carrera del pistón con ángulo inicial y final.

$\theta^\circ$	$Cp \text{ mm}$
90°	657mm
129°	800 mm

**Donde:**

$CP$  = Carrera del pistón

$CP_F$  = Carrera del pistón final

$CP_I$  = Carrera de pistón inicial

Para encontrar la carrera del pistón restamos la carrera final menos la inicial.

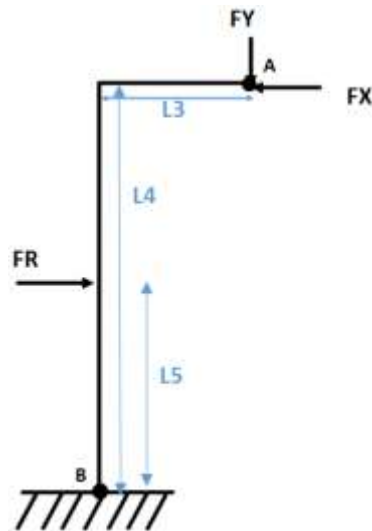
$$CP = CP_F - CP_I = 800.73 \text{ mm} - 657.95 \text{ mm}$$

$$CP = 142.78 \text{ mm}$$

Con los datos obtenidos de la fuerza de 364.31N y carrera del pistón de 14 cm se seleccionó en actuador eléctrico factible para realizar la bipedestación, el actuador eléctrico seleccionado se describe en el anexo 2.3.

#### **4.5.4. Cálculo de la base del brazo bipedestador.**

Los momentos que se generan en la base del brazo bipedestador se calcularan solamente en una barra que sostiene a la rodilla debido a que cada rodilla genera una fuerza de 20kg. A continuación se realizara el diagrama de cuerpo libre de la base del brazo bipedestador. En la figura 4.15 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la base del brazo bipedestador.



**Figura 4.15:** Diagrama de cuerpo libre de la base del brazo bipedestador.

Donde:

$F_{BY}$  Y  $F_{Bx}$  son reacciones en el punto **B**

$$(\uparrow +)\sum F_y = 0$$

**Ecuación 4.5** Sumatoria de fuerzas en Y.

$$F_{BY} - F_Y = 0$$

$$F_{BY} = F_Y$$

$$(\rightarrow +)\sum F_x = 0$$

**Ecuación 4.6** Sumatoria de fuerzas en X.

$$F_{Bx} + F_R = F_X$$

$$(\curvearrowright +)\sum MB = 0$$

**Ecuación 4.7** Sumatoria de momentos en el punto B.

$$M_B = F_R * L_5 + F_Y * (L_3 + L_4) - F_X * (L_3 + L_4) = 0$$

$$M_B = 246969 \text{ N} * \text{mm}$$

El perfil rectangular hueco utilizado es el ASTM A – 500 como se describe el catálogo de Dipac anexo 4.1.

La resistencia a la fluencia del ASTM A – 500 es de 269 MPa; estas características se describe en la tabla de propiedades de los aceros estructurales en el anexo 4.2.

Para calcular el esfuerzo torsor que se genera en el brazo bipedestador se utilizó la siguiente ecuación:

$$\sigma_t = \frac{M * c}{I}$$

**Ecuación 4.8.** Esfuerzo torsor.

**En donde:**

**M** = Momento máximo que se genera en el punto **B**.

**c** = Distancia del eje neutro.

**I** = Inercia del material.

A continuación procedemos a calcular el esfuerzo torsor:

$$\sigma_t = \frac{M * c}{I}$$

$$\sigma_t = \frac{246969 \text{ N} * \text{mm} * 25\text{mm}}{280 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma_t = 220.51 \text{ MPa}$$

Con el valor obtenido del esfuerzo torsor aplicamos la siguiente ecuación para encontrar el esfuerzo de Von Misses.

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau^2}$$

**Ecuación 4.9** Von Misses.

$$\sigma_{vm} = \sqrt{220.51^2}$$

$$\sigma_{vm} = 220.51 \text{ MPa}$$

Para encontrar el factor de seguridad aplicamos la siguiente ecuación:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_t}$$

**Ecuación 4.10** Factor de seguridad.

$$n = \frac{269 \text{ MPa}}{220.51 \text{ MPa}}$$

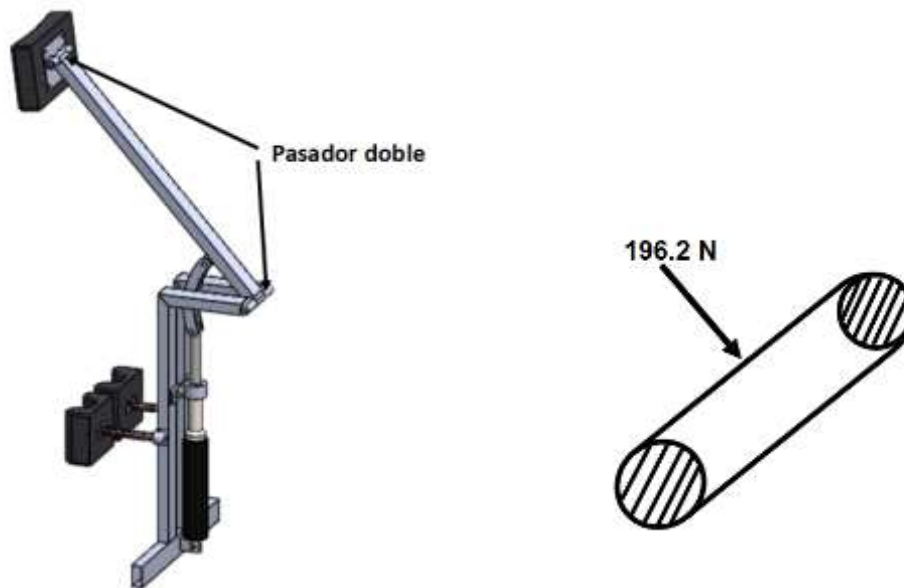
$$n = 1.25$$

"N=1.25 a N=2.0. El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño". (Mott, 2010, pág. 185).

Con esto podemos concluir que el factor de seguridad encontrado es aceptable.

#### **4.5.5. Diseño del pasador del brazo bipedestador.**

Para realizar el diseño del pasador se utilizó la fuerza que ejerce el pecho, el material que se va a utilizar es: ASTM A – 36 las características de este material se encuentra en la tabla de anexos 4.2.



**Figura 4.16:** Pasador.

Para calcular el diámetro del pasador se utilizó las siguientes ecuaciones:

$$\tau = \frac{3F}{2A}$$

**Ecuación 4.11.** Esfuerzo cortante.

$$n = \frac{S_y}{\tau}$$

**Ecuación 4.12.** Factor de seguridad.

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

**Ecuación 4.13.** Área de una circunferencia.

Reemplazando la ecuación 4.10 y la ecuación 4.11 en la ecuación 4.9, la ecuación para encontrar el diámetro nos queda:

$$D = \sqrt{\frac{6 * F * n}{S_y * \pi}}$$

**Ecuación 4.14.** Diámetro del pasador.

Tomando un factor de seguridad de  $n=2$  realizamos el cálculo para obtener el diámetro del pasador.

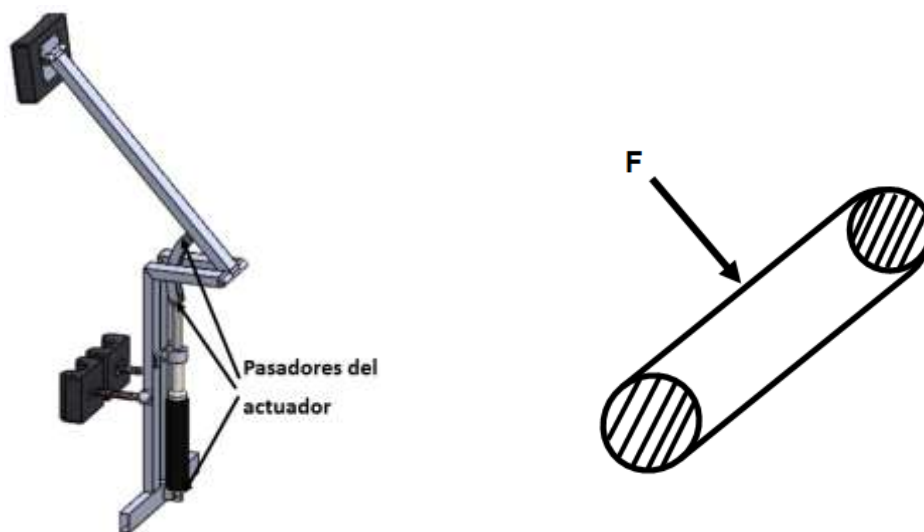
$$D = \sqrt{\frac{6 * 196.2 N * 2}{250MPa * \pi}}$$

$$D = 1.731mm$$

El diámetro mínimo del pasador es aproximadamente de 2mm con el cual soportara el esfuerzo cortante generado en el pasador, pero por casos de estética se optó por utilizar un pasador de ½ pulgada.

#### 4.5.6. Diseño del pasador del actuador.

Para calcular el diámetro del pasador se utilizará la fuerza que ejerce el pistón. La fuerza del pistón se encuentra en la tabla de anexos 2.3.



**Figura 4.17:** Pasador del actuador.

Para calcular el diámetro del pasador se utilizara la ecuación 4.14.

$$F_p = 6000N$$

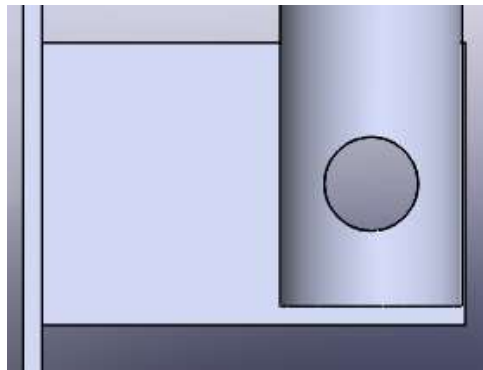
$$D = \sqrt{\frac{6 * 6000 N * 2}{250MPa * \pi}}$$

$$D = 9.575\text{mm}$$

Mediante los cálculos realizados se obtuvo el diámetro mínimo del pasador de  $3\text{ mm}$  para soportar el esfuerzo de tensión, por estética se optó de un pasador de  $10\text{mm}$ .

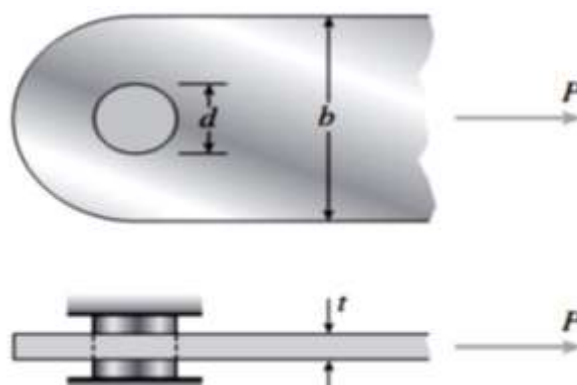
#### 4.5.7. Diseño de la horquilla del actuador.

La horquilla está sometida a una fuerza cortante como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 4.18:** Horquilla para sujetar el actuador.

A continuación realizamos el diagrama de cuerpo libre:



**Figura 4.19:** Diagrama de cuerpo libre de la horquilla

Para calcular el esfuerzo y espesor utilizaremos los datos que tenemos:

$$d = 10\text{mm} \text{ Y } b = 30\text{mm}.$$



$$A = (b - d)t$$

**Ecuación 4.15** Área de una placa rectangular

$$\sigma_n = \frac{F}{A}$$

**Ecuación 4.16** Esfuerzo normal

Para el diseño de este elemento se asumirá una confianza de  $n = 2$ , con el cual podremos encontrar el área.

$$A = \frac{n * F}{S_y}$$

$$A = \frac{2 * 6000N}{250MPa}$$

$$A = 48mm^2$$

$$t = \frac{A}{(b - d)}$$

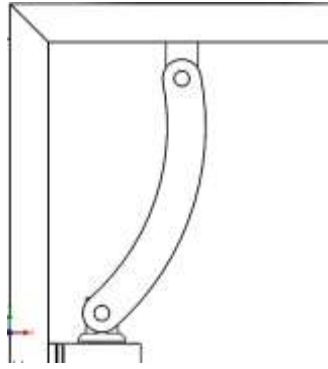
$$t = \frac{48mm^2}{(30mm - 10mm)}$$

$$t = 2.4mm$$

El espesor mínimo es  $t = 2.4mm$  pero por estética se utilizó una horquilla con espesor de 5mm.

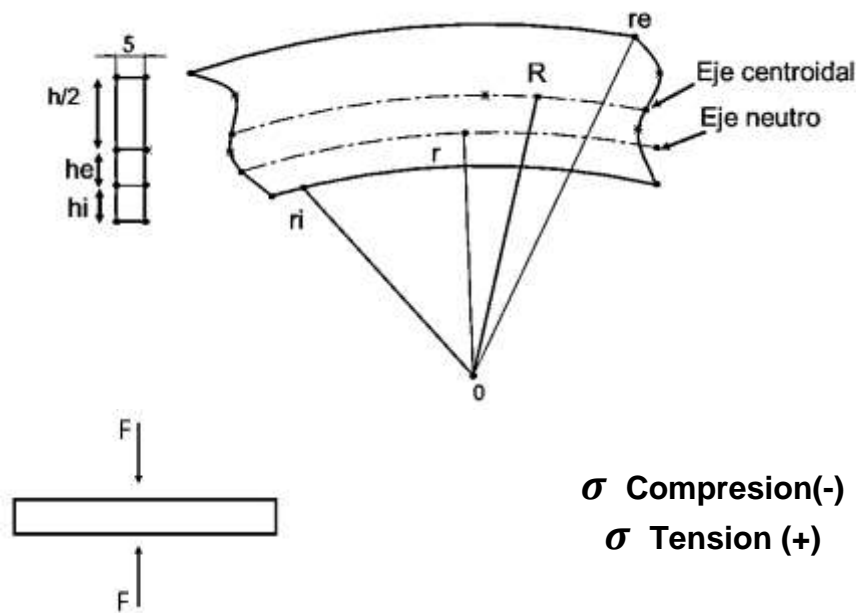
#### 4.5.8. Calculo de la viga curva.

La viga curva colocada en el brazo bipedestador se encuentra en la siguiente figura:



**Figura 4.20:** Viga curva.

Para calcular la distribución del esfuerzo en esta viga curva nos basamos en la figura siguiente:



**Figura 4.21:** Diagrama de cuerpo libre de una viga curva

**Donde:**

$re =$  Radio exterior.

$ri =$  Radio interior.

$r = rn =$  Radio del eje neutro.

$R =$  Radio del eje centroidal.

$h =$  Altura de la sección.

$e = \text{excentricidad.}$

$$r_e = 175\text{mm}$$

$$r_i = 150\text{mm}$$

$$R = 175 - 12.5 = 162.5\text{mm}$$

$$r_n = \frac{h}{\ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)} = 162.18\text{mm}$$

$$h_i = r_n - r_i = 12.18\text{mm}$$

$$h_e = r_e - r_n = 12.82\text{mm}$$

$$e = h_e - h_i = 0.32\text{mm}$$

$$M = F * d$$

$$M = (911\text{mm} + 12.18\text{mm}) * 364.31\text{N}$$

$$M = 7217.81\text{N} * \text{mm}$$

Para calcular el área asumiremos un espesor de 5mm.

$$A = 25\text{mm} * 5\text{mm} = 125\text{mm}^2$$

Para calcular el esfuerzo interior y el esfuerzo exterior aplicaremos las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_i = \frac{M * h_i}{A * e * r_i}$$

**Ecuación 4.17** Esfuerzo interior.

$$\sigma_e = \frac{M * h_e}{A * e * r_e}$$

**Ecuación 4.18** Esfuerzo exterior.

$$\sigma_i = \frac{(7217.31\text{N} * \text{mm}) * 12.28\text{mm}}{125\text{mm}^2 * 0.32\text{mm} * 150\text{mm}} = -14.65\text{MPa}$$

$$\sigma_e = \frac{(7217.31\text{N} * \text{mm}) * 12.82\text{mm}}{125\text{mm}^2 * 0.32\text{mm} * 175\text{mm}} = 13.32\text{MPa}$$

A este esfuerzo se lo debe añadir el esfuerzo de tracción y nos quedara:

$$\sigma_{iT} = \frac{-F}{A} - 14.65\text{MPa} = \frac{-338.75}{125\text{mm}^2} - 14.65\text{MPa} = -17.36\text{MPa}$$

$$\sigma_{eT} = \frac{-F}{A} + 13.32\text{MPa} = \frac{-338.75}{125\text{mm}^2} + 13.32\text{MPa} = 10.51\text{MPa}$$

Con el cual para calcular el factor de seguridad utilizaremos el esfuerzo interior a la tracción:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{iT}} = \frac{250MPa}{17.36MPa}$$

$$n = 14.4$$

Con esto podemos verificar que la viga curva tiene un factor de seguridad muy confiable de  $n = 14.4$

Una vez finalizado todos los cálculos respectivos se procede a la fase de construcción del brazo bipedestador.

## CAPITULO V

### 5. CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DEL BRAZO BIPEDESTADOR

#### 5.1. Construcción:

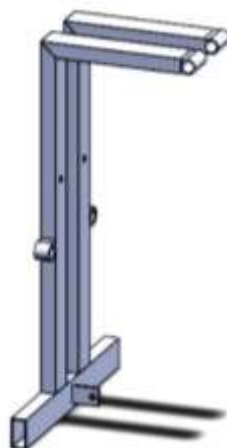
##### 5.1.1. Manufactura de piezas:

Una vez concluido los cálculos de cada uno de los elementos del brazo bipedestador se procederá a la manufactura de las piezas que están compuestas por las siguientes partes:

- Brazo inferior.
- Brazo superior.
- Sujetador de pecho
- Sujetador de rodilla.

El brazo inferior se encarga de sostener al sujetador de rodilla cuando la persona parapléjica se encuentra estado de bipedestación.

Primeramente en la figura 5.1 se mostrara el diseño CAD de la barra inferior del brazo bipedestador.



**Figura 5.1:** Diseño CAD del Brazo inferior.

Para la construcción del brazo inferior se ha realizado lo siguiente:

- Obtener el material acero galvanizado ASTM A-500 de 2mm de espesor que se va a utilizar.
- Cortamos material con las medidas específicas de 580mm

En la siguiente figura 5.2 se muestra el corte del material.



**Figura 5.2:** Corte del material.

- Soldar el material para darle forma como se encuentra en el diseño CAD.

En la figura 5.3 se muestra la soldadura del brazo inferior.



**Figura 5.3:** Soldadura del brazo inferior.

Una vez concluido con estos pasos la construcción de nuestro brazo inferior nos quedara como se muestra en la siguiente figura 5.4.



**Figura 5.4:** Construcción de brazo inferior

El brazo superior es la parte donde va acoplado el sujetador de pecho y es la encargada de ayudar a sostener a la persona en estado de bipedestación.

En la siguiente figura 5.5 se muestra el diseño CAD del brazo bipedestador.



**Figura 5.5:** Diseño CAD del brazo superior

Para la construcción del brazo superior se realizó lo siguiente:

- El material utilizado para la construcción del brazo superior es la misma que la brazo inferior.
- Cortamos el material con las medidas específicas.

En la siguiente figura 5.6 se muestra el corte del brazo superior.



**Figura 5.6:** Corte del brazo superior

- Soldar los acoples los acoples necesarios al brazo superior como se muestra en la siguiente figura 5.7.



**Figura 5.7:** Soldadura del brazo superior



Una vez concluido con los pasos realizados nuestro brazo superior nos quedara de la siguiente manera. En la siguiente figura 5.8 se muestra la construcción del brazo superior.



**Figura 5.8:** Construcción del brazo superior.

Las rodilleras y la pechera son los que nos ayuda a sostener tanto al pecho como a la rodilla al momento en que la persona parapléjica se encuentra en estado de bipedestación dándole confianza y seguridad para q no tienda a caerse. En la siguiente figura se muestra el diseño CAD de las rodilleras y pechera.



**Figura 5.9:** Diseño CAD rodilleras y pechera.

Para la construcción de la rodillera y pechera se realizó lo siguiente:

- Adquisición de la cuerina, esponja y tabla triplex como se muestra en la siguiente figura 5.10.



**Figura 5.10:** Materiales adquiridos.

- Corte del material con las medidas específicas.
- Pegado de la esponja en la tabla triplex.
- Forrado con cuerina.

Al finalizar estos procedimientos, la construcción de nuestros sujetadores de rodillas y pecho nos quedara como se muestra en la figura 5.11.



**Figura 5.11:** Construcción de las rodilleras y pechera.

### **5.1.2. Ensamblaje del brazo bipedestador.**

Una vez finalizado la etapa de manufactura de todos los componentes que conforman el brazo bipedestador procedemos a la etapa de ensamblaje de la misma como se muestra en la siguiente figura 5.12.



**Figura 5.12:** Ensamblaje de todos los componentes

Al finalizar el ensamblaje del brazo bipedestador se procede al pintado de la misma. En la siguiente figura 5.13 se muestra el pintado del brazo bipedestador.



**Figura 5.13:** Pintado del brazo bipedestador.

### 5.1.3. Incorporación del actuador.

Con la finalización del ensamble del brazo bipedestador procedemos a incorporar el actuador eléctrico. En la siguiente figura 5.14 se muestra el actuador eléctrico.



**Figura 5.14:** Actuador eléctrico.

Para que este actuador realice la función de bipedestación se incorporará un control automático para que la persona parapléjica pueda utilizarlo de mejor manera. En la siguiente figura 5.15 se muestra el control y controlador del brazo bipedestador.



**Figura 5.15:** Control y Controlador del brazo bipedestador.

Para el funcionamiento del actuador lineal eléctrico se instalara una batería de 12v para el funcionamiento del actuador eléctrico. En la siguiente figura 5.16 se muestra la batería de 12v.



**Figura 5.16:** Batería 12v.

El controlador incorporado para el manejo del actuador eléctrico funciona a 110V y para transformar el voltaje de 110V AC a 12V CC se utilizó un inversor de voltaje.



**Figura 5.15:** Inversor de voltaje.

## CAPÍTULO VI

### 6. PRUEBA Y ANALISIS DE RESULTADO

#### 6.1. Pruebas de funcionamiento del brazo bipedestador

Las pruebas de funcionamiento nos sirven para determinar si el actuador funciona correctamente cuando se encuentra en la posición inicial y final. En la siguiente figura 6.1 se muestra la posición inicial y final del actuador eléctrico.



**Figura 6.1:** Posición inicial y final del actuador eléctrico.

Para el correcto funcionamiento del actuador eléctrico se realizó lo siguiente:

- Se verificó las conexiones en la batería.
- Se verificó las conexiones en el inversor de voltaje.
- Se realizó la conexión del controlador del actuador al inversor de voltaje.
- Para el desplazamiento del actuador eléctrico se utilizó un control manual.

Una vez concluido con estos pasos comprobamos el correcto funcionamiento del actuador eléctrico, observamos que el brazo bipedestador funciona correctamente y procedemos a realizar las pruebas con una persona:

- Se utilizó a una persona para observar el correcto funcionamiento del brazo bipedestador realizando pruebas de bipedestación.
- Se observó si la persona tiende a tener dolores durante el proceso de bipedestación.

Para las pruebas de funcionamiento con las personas con paraplejía sirven para analizar la resistencia de la estructura, cuando la persona discapacitada esté en estado de bipedestación, porque el brazo bipedestador sirve para sostener el pecho y sus rodillas para que no sufra daños en su cuerpo y le cause alguna enfermedad. En la siguiente figura 6.2 se muestra las pruebas del brazo bipedestador con la persona parapléjica.



**Figura 6.2:** Pruebas del brazo bipedestador con la persona con paraplejía.

## 6.2. Análisis de resultados.

Después de hacer un análisis minucioso se detectaron algunas fallas:

- Correas de sujeción en las rodillas

Para corregir esta falla se optó por incorporar una correa de sujeción en las rodillas.

## 6.3. Análisis de económico financiero.

### 6.3.1. Costos indirectos de fabricación Ecuatoriana

Los costos indirectos son los que no están clasificados como mano de obra directa y comprenden a los bienes naturales. En la siguiente tabla 6.1 se muestra los Costos Indirectos de Fabricación Ecuatoriana.

*Tabla 6.1: Costos Indirectos de Fabricación Ecuatoriana.*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>V. Total</b>
35	Pernos de 1/2 pulgada	0,1	3,5
3	Pernos de 1 pulgada	0,2	0,6
100	Electrodos	0,15	15
1	Pintura Electroestática	100	100
2	Bujes	20	40
2	Acoples	10	20
30	Cables N 3	3	90
20	Terminales	0,2	4
8	Borneras	0,5	4
1	Etiquetas	0,4	0,4



2	Cuerina	10	20
1	Esponja	5	5
1	Grapas	2	2
5	Circuitos integrados de placa	5	25
1	Placa de componentes	11	11
1	Control de Joystick	15	15
1	Varilla acero inoxidable, 50 cm	15	15
2	Resortes, de 20cm	4	8
2	Bisagras	30	60
<b>TOTAL</b>			438.5

### 6.3.2. Consolidado servicios básicos.

Los servicios básicos son los gastos necesarios para el funcionamiento de la dependencia. En la siguiente tabla 6.2 se muestra los servicios básicos como son la energía eléctrica, agua potable y teléfono celular.

*Tabla 6.2: Servicios básicos.*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>V. Total</b>
8	Energía eléctrica	7	56
8	Agua potable	5	40
8	Teléfono celular	10	80
<b>TOTAL DE SERVICIOS BASICOS</b>			176

### 6.3.3. Total costos indirectos fabricación (CIF)

En el total de los costos indirectos de fabricación (CIF) van la mano de obra indirecta, los materiales indirectos y los servicios básicos. En la siguiente tabla 6.3 se muestra el Total de Costos Indirectos de Fabricación.

*Tabla 6.3: Total de Costos Indirectos de Fabricación (CIF).*

<b>Descripción</b>	
Mano de obra directa	0.00
Materiales indirectos	438.50
Servicios Básicos	176.00
<b>TOTAL CIF</b>	<b>614.50</b>

#### **6.3.4. Costos de Producción**

Los costos de producción son los gastos necesarios para conservar un proyecto, se dividen en costo de producción nacional y extranjero.

##### **6.3.4.1. Costos de producción nacional**

Los costos de producción nacional son los gastos necesarios como se muestra en la siguiente tabla 6.4.

*Tabla 6.4: Costo de producción nacional.*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>V. Total</b>
1	Motor a 12 voltios	80	80
2	Baterías	75	150
7	Tubos estructurales	20	140
2	Plancha ASTM A - 36	40	80
6	Molde de fibra de vidrio	125	750
1	Sistema de dirección de carro	500	500
4	Llantas a.2 pulgadas	30	120
1	Espaldar	20	20

1	Asiento	25	25
1	Tabla triplex	5	5
1	Inversor de voltaje	70	70
<b>TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCION NACIONAL</b>			<b>1940</b>

#### 6.3.4.2. Costos de producción extranjera

Los costos de producción extranjera son los gastos necesarios como se muestra en la siguiente tabla 6.5.

*Tabla 6.5: Costo de producción extranjera.*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>V. Total</b>
1	Motor a 24 voltios	1200	1200
2	Gatas eléctricas 1 tonelada	200	400
1	Sistema de elevación	1400	1400
1	Sistema de control	500	500
<b>TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCION EXTRANJERA</b>			<b>3500</b>

#### 6.3.5. Costos Totales de Producción

Los costos totales de producción son la suma de la materia prima nacional y extranjera, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación como se muestra en la siguiente tabla 6.6.

*Tabla 6.6: Costo totales de producción.*

<b>Descripción</b>	<b>V. Total</b>
Materia Prima Nacional y extranjera	5.440,00

Mano de Obra directa ( honorarios grupo)	732,00
Costos Indirectos de Fabricación - CIF	614,50
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>6.786,50</b>

### 6.3.6. Cuadro Consolidado Gasto Administrativo

El consolidado de gasto administrativo son los gastos de alquiler del taller y logística como se describe en la siguiente tabla 6.7.

*Tabla 6.7: Gasto administrativo.*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>V. Total</b>
8	Alquiler taller	200	1600,00
1	logística	50	50,00
<b>TOTAL GASTO ADMINISTRATIVO</b>			<b>1650</b>

### 6.3.7. Costos Totales

Los costos totales son la suma de los costos indirectos de fabricación nacional, costos de producción general y gasto administrativo. En la siguiente tabla 6.8 se describe los costos totales.

*Tabla 6.8: Costos totales.*

Costos Indirectos Fabricación Nacional	614,5
Costos de Producción General	6786,5
Gasto Administrativo	1650
<b>Total Costos</b>	<b>9051,00</b>

### 6.3.8. Costos Directos.

Los costos directos son todos los gastos que se requiere para la construcción del brazo bipedestador entre ellos está la mano de obra, equipos, maquinaria y transporte.

*Tabla 6.9: Costos Directos de producción.*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>V. Total</b>
3	Tubo rectangular ASTM A - 500 (20 x 40 x 2 mm)	50,00	150,00
75	Electrodos	0,15	11,25
8	Pasadores	5,00	40,00
5	Litros de pintura de fondo	30,00	150,00
5	Litros de pintura anticorrosiva	30,00	150,00
5	Litros de tiñer	6,00	30,00
1	Unidad de elevación y control Contiene: Actuador eléctrico Controlador del actuador Control de actuador	1.000,00	1.000,00
<b>SUBTOTAL COSTO DE MATERIALES</b>			<b>1.531,25</b>

*Tabla 6.10: Costos de mano de obra.*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Obra</b>	<b>Valor total</b>
1	Maestro mecánico	500,00	500,00
1	Maestro tornero	100,00	100,00

<b>SUBTOTAL COSTO DE MANO DE OBRA</b>	600,00
---------------------------------------	--------

*Tabla 6.11: Costos de pago de transporte.*

<b>Descripción</b>	<b>Valor total</b>
<b>Costo de Transporte de Material</b>	200,00

A continuación se muestran los cálculos realizados de los costos directos para la construcción del brazo bipedestador.

*Tabla 6.12: Total de Costos directos para la construcción del brazo bipedestador.*

<b>Descripción</b>	<b>Valor total</b>
Costo de materiales	1.531,25
Costo de mano de obra	600,00
Costo de transporte de material	200,00
<b>Total de costos directos</b>	<b>2.331,25</b>

### 6.3.9. Costos indirectos.

En los costos indirectos se analizan los gastos varios. En la siguiente tabla 6.13 se muestra los costos indirectos de los gastos varios.

*Tabla 6.13: Costos indirectos de gastos varios.*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>V. Total</b>
	Internet	1,00	50,00
5	Planos	5,00	10,00

300	Impresiones de tesis	0,25	75,00
2	Empastado	100,00	200,00
	Gastos adicionales	25,00	25,00
<b>Subtotal Costos Indirectos</b>			<b>360,00</b>

*Tabla 6.14: Total de Costos directos.*

<b>Descripción</b>	<b>V. Total</b>
Costos de papelería	360,00
<b>Total de costos indirectos</b>	<b>360,00</b>

### 6.3.10. Costos totales.

Los costos totales son la suma de los costos directos e indirectos.

En la siguiente tabla 6.15 se muestra el total de costos que es la suma de los costos directos y los costos indirectos.

*Tabla 6.15: Total de Costos.*

<b>Descripción</b>	<b>V. Total</b>
Costos directos	2.331,25
Costos indirecto	460,00
<b>Total de costos</b>	<b>2.791,25</b>

Mediante el análisis financiero para la construcción del brazo bipedestador es de \$ 2791.25 (dos mil setecientos noventa y uno dólares americanos con 25 centavos).

## CONCLUSIONES

- Las medidas antropométricas de la persona parapléjica fueron imprescindibles para el diseño y construcción del brazo bipedestador.
- El modelo de elementos finitos fue equivalente al cálculo realizado analíticamente, por tal motivo se puede validar la utilización del software SOLIDWORKS.
- Desde el punto de vista mecánico, los esfuerzos calculados soportan las cargas que ejerce la persona parapléjica a nivel del pecho y rodilla, obteniendo un factor de seguridad aceptable.
- El prototipo brazo bipedestador ayudará a prevenir caídas y sufrir lesiones ayudando a que las personas parapléjicas tengan mayor seguridad al momento de encontrarse en estado bípedo mejorando su calidad de vida.
- Mediante el software SOLIDWORKS, se lograron ensamblar las piezas utilizadas en el brazo bipedestador verificando que no existen obstrucciones entre las mismas, mediante esto se lograron realizar los planos mecánicos para la construcción del brazo bipedestador.
- Al realizar el funcionamiento del brazo bipedestador se concluyó que cumple con la necesidad de sujetar a la persona parapléjica al encontrarse bípedo.



## RECOMENDACIONES

- Para disminuir la presión que las rodillas ejercen en los soportes de rodillas es recomendable incorporar un arnés de seguridad para que la persona parapléjica lo utilice al momento de encontrarse en estado de bipedestación.
- Para que el actuador eléctrico del brazo bipedestador funcionen a la par con el actuador eléctrico de la silla bipedestadora es recomendable incorporar un controlador automático.
- Es recomendable que los sujetadores de rodillas tengan una correa para una mejor sujeción.
- Se recomienda utilizar un material más ligero para reducir el peso en posibles rediseños.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Bípedo:** Es cuando la persona se encuentra parada.

**Paraplejía:** Es una enfermedad en la cual pierde movimiento en las extremidades inferiores.

**Bipedestador:** Dispositivo que le permite poner de pie a la persona parapléjica, para poder moverse.

**Biomecánica Humana:** Son los movimientos que genera la persona para realizar una actividad.

**CAD:** Diseño asistido por computador.

**CAE:** Ingeniería asistida por computadora.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Y. H. P. E. B. S. Karla Strassburguer Lona, «Lesión medular:», *Guía para el manejo integral del paciente con LM crónica*, p. 82, 8 junio 2004.
- [2] INEGI, Clasificación de tipos de discapacidad, INEGI, 1980.
- [3] ISO9001, Normas internacionales, 2008.
- [4] INEN, CATALOGO DE NORMAS TECNICAS ECUATORIANAS, INEN, 2013.
- [5] Movilidad sin límites, «Movilidad sin límites,» [En línea]. Available: [http://www.movilidadesinlimites.com/equipo\\_para\\_rehabilitacion\\_strapstand.php](http://www.movilidadesinlimites.com/equipo_para_rehabilitacion_strapstand.php).
- [6] J. Panero y M. Zelnik, Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores, México, Naucalpan 53050 Valle del Bravo. 21. : G. Gili, S.A. de C.V, 1984.
- [7] R. Mott, Diseño de Elementos de Máquina, PERASON, 2010.
- [8] «[http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0204/ctrl\\_rob/robotica/sistema/morfologia.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/ctrl_rob/robotica/sistema/morfologia.htm),» [En línea].
- [9] G. Hall, Tratado de Fisiología Media, 2014.
- [10] U. d. B. A. F. d. Medicina, Catedra Oficial de Ortesis y Prótesis "BIPIDESTADORES", ARGENTINS: ESCUELA DE KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA .
- [11] C. L. LSA, «MANUAL DE LA SILLA DE BIPEDESTACIÓN MÁS LIGERA.».
- [12] LEVOUSA, «[www.levousa.com](http://www.levousa.com),» [En línea].

- [13] P. ANDAR, «INCLUSIÓN SOCIAL, EVOLUCION DE LA SILLA DE RUEDAS,» [En línea].
- [14] Y. H. P. B. S. Karla Strassburguer Lona, Lesión Medular:Guía para el manejo integral del paciente con LM crónica, MADRID: MADRID, ASPAYM.
- [15] I. F. Cordero, *Tesis Doctoral de la Universidad de Valencia departamento de Medicina.*
- [16] E. d. I. d. A.-c. I. B. Envigado, *Diseño de silla bipedestadora de baño para pacientes con discapacidad de miembro inferior.*
- [17] G. Y. HALL, TRATADO DE FISIOLOGÍA MEDICA, ELSEVIER SAUNDERS, 2007.
- [18] D. G. Maestre, Ergonomía Y Psicosociología, FC EDITORIAL , 2007.
- [19] CONADIS, CIUDADES ACCESIBLES.
- [20] Hollister, VIVIR DESPUES DE UNA LESIÓN DE LA ESPINAL GUIA PARA PERSONAS CON LECIONES RECIENTES, ESTADOS UNIDOS: Hollister Incorporated. , 2006.
- [21] S. Verswyvel, UNA CIUDAD PARA TODOS, COLOMBIA: Catalina Martínez - Felipe Chávez.
- [22] M. S. L. José Avilés Martínez, Guía de práctica clínica para el cuidado de personas con úlceras por presión o riesgo de padecerlas, Valencia: Generalitat Valenciana. Conselleria de Sanitat, 2012.
- [23] CEDAL, Catalago de Perfiles de Aluminio, Ecuador, 2008.
- [24] DIPAC, Catalogo de Aceros, Ecuador, 2015.

- [25] E. J. Domínguez, Circuito de Fluidos Suspensión y Dirección, MACMILLAN, 2014.
- [26] R. G., Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, Mexico: McGraw-Hill, 2008.
- [27] REHAB, «REHAB,» [En línea]. Available: [www.rehab.com.ar](http://www.rehab.com.ar).
- [28] POWERTEAN, Productos, sistemas y herramientas hidráulicas para trabajo pesados de alta capacidad, SPX, 2015.
- [29] C. Matiax, Mecanica de Fluidos y Maquinas Hidraulicas, Madrid: Castillo, 1993.
- [30] SHAUM, Diseño de Máquinas, McGRAW-HILL, 1971.
- [31] F. Beer, Mecánica Vectorial para Ingenieros, Mexico: McGraw-HILL, 2007.
- [32] T. III, Manual SKF de rodamientos, COPYRIGHT.
- [33] K. Saha, Introduccion a la Robotica, McGraw-HILL, 2010.
- [34] W. N., Biomecanica de la Marcha Humana, Mexico: Mc Graw HILL, 2006
- [35] Lab-Volt, Fundamento de la Hidraulica, Canada: Canada, 2006.
- [36] J. I. C. Rodriguez, Diseño de Maquinaria Industrial, España: INTI, 2013.
- [37] P. L. F. Barrientos, Fundamentos de la Robotica, España: McGraw-Hill, 1997.
- [38] R. Mott, Resistencia de materiales, PEARSON, 2006.
- [39] J. J. Lozano Huefano y M. Perea Zapata, «Ingenieria Biomedica,» *Equipos de Rehabilitacion.*

- [40] J. R. Vilorio, Neumática. Hidráulica y Electricidad Aplicada, THOMSON PARANINFO.
- [41] ASIA American Spinal Injury Association, Standards for neurological and functional classification of spinal cord injury, Chicago: ASIA, 1992.
- [42] Guttman, Tesis Doctoral, 2005.
- [43] «El sistema robótico,» [En línea]. Available:  
[http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0708/archivos/\\_15/Tema\\_5.3.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.3.htm).

## ANEXOS

### ANEXO 1.

#### 1.1. MANUALES DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO.

El manual de operación y funcionamiento de brazo bipedestador es muy importante para las personas parapléjicas, el brazo bipedestador ayuda a la persona parapléjica a estar en posición de bipedestación dándole seguridad para que no tienda a caerse.

Para realizar el manual de operación y funcionamiento es importante analizar los siguientes ítems:

- Datos técnicos del brazo bipedestador.
- Mantenimiento.
- Fallas.
- Funcionamiento.
- Seguridad.

#### 1.2. Datos técnicos del brazo bipedestador.

En los datos técnicos se encuentran todas las características del brazo bipedestador.

*Tabla 1.1: Datos técnicos del brazo bipedestador.*

<b>Descripción del brazo bipedestador</b>	<b>Medidas</b>
<b>Largo</b>	126 cm
<b>Ancho</b>	34 cm

<b>Espesor del material</b>	2 mm
<b>Ancho del sujetador de pecho</b>	25 cm
<b>Largo del sujetador de pecho</b>	20 cm
<b>Ancho del sujetador de rodillas</b>	15 cm
<b>Largo del sujetador de rodillas</b>	20cm
<b>Peso total del brazo bipedestador</b>	20kg

### **1.3. Mantenimiento.**

Los problemas de mantenimiento son muy usuales, por eso es recomendable realizar mantenimientos diarios y mensuales.

#### **1.3.1. Mantenimiento diario:**

Los problemas encontrados que se lo solucionaran diariamente son:

- Acumulación de polvo en el sujetador de pecho y rodilla.
- Acumulación de polvo en el eje de la rodilla.

Para solucionar estos problemas es necesario utilizar agua y una pedazo de gamuza para darle brillo y para conservar el color del brazo bipedestador usar un protector especial.

#### **1.3.2. Mantenimiento mensual:**

En el mantenimiento mensual que se lo realizara al brazo bipedestador son:

- Verificación de las sujeciones de las rodillas.
- Verificación de las borneras de la batería.



- Verificación de los pulsadores de control de mando del brazo bipedestador.
- Verificación de las horquillas donde va sujetado el actuador eléctrico.

#### **1.4. Fallas:**

Las fallas que se pueden encontrar en este sistema son fallas mecánicas y eléctricas.

##### **1.4.1. Fallas mecánicas.**

Las fallas mecánicas que pueden suceder son:

- Fallas en los pasadores.
- Fallas por oxidación.

Estas fallas se las pueden solucionar revisado y ajustando los pasadores así como también limpiando con tiñer las partes que se encuentren oxidadas.

##### **1.4.2. Fallas eléctricas**

Las fallas eléctricas pueden ser:

- Fallas en el funcionamiento del actuador.
- Fallas por voltaje de operación.
- Fallas en el control de actuador.

Para solucionar las fallas eléctricas es necesario revisar las conexiones eléctricas realizadas en el brazo bipedestador, si la solución persiste revisar las placas electrónicas.

## 1.5. Funcionamiento

El funcionamiento del brazo bipedestador es el que ayudara a la silla bipedestadora a sujetar a la persona con parapleja cuando dicha persona se encuentre en estado de bipedestación, logrando que la persona se encuentre sujeta en el pecho y rodillas con sus respectivas sujeciones para que no tienda a caerse o deslizarse y así prevenir lesiones futuras. En la siguiente figura 1.1 se muestra el funcionamiento del brazo bipedestador con la persona parapléjica.



**Figura 1.1:** Funcionamiento del brazo bipedestador con la persona parapléjica.

## 1.6. Seguridad

Para la seguridad vamos a analizar el siguiente punto:

- Protección de la persona con parapleja.

### 1.6.1. Protección de la persona con parapleja

La protección de la persona con parapleja es de suma importancia ya que cuando se encuentre en estado de bipedestación, tanto la silla como el brazo de bipedestación deben brindar seguridad y estabilidad para que la persona con parapleja se sienta segura.

## ANEXO 2: ESQUEMA DE CONEXIÓN ELÉCTRICO DEL ACTUADOR

### 3-6 LA32



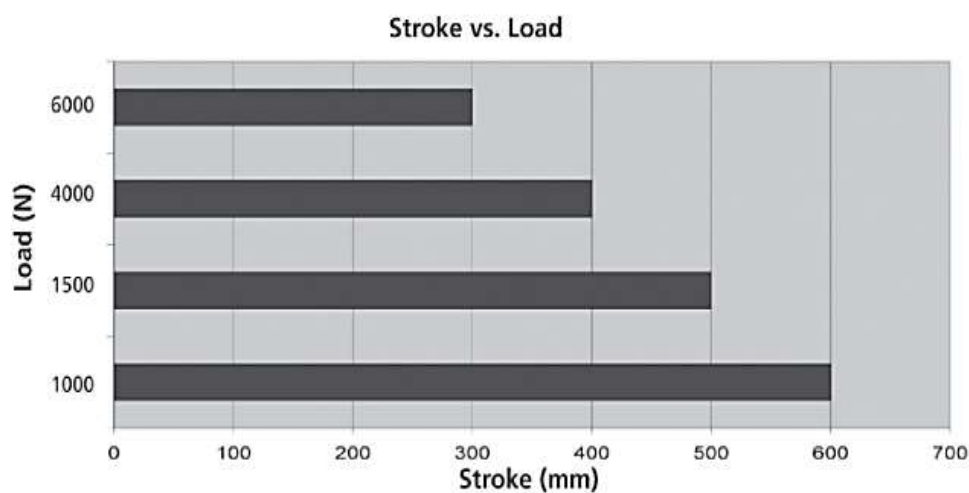
LA32 is a very quiet and powerful actuator designed for a variety of applications, such as those in furniture, care or rehabilitation fields; it is available with a wide range of options and safety protections.

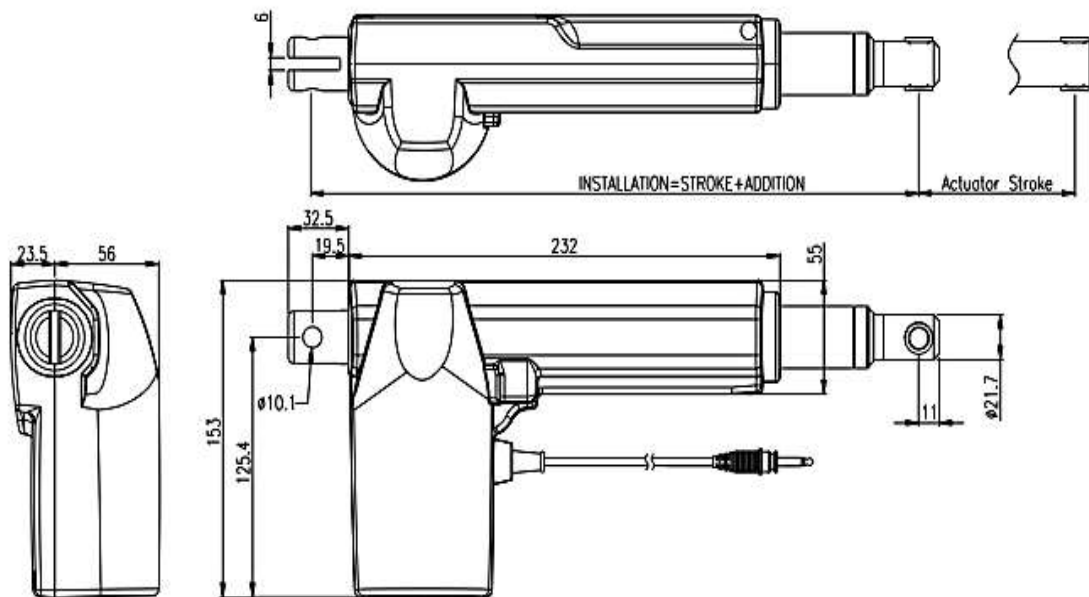
#### Features :

- 24V DC permanent magnet motor
- Thrust 1500N~6000N; Speed 3.0~16.7mm/s
- Built-in limited switches (not adjustable)
- High-strength plastic housing protects motor and gear
- Scratch-resistant and wear-resistant powder painted outer tube
- Strong wear and corrosion resistant stainless steel inner tube
- Elegant and compact design with small installation dimensions
- Steel piston rod eye
- Zinc alloy back fixture
- Duty cycle: Max. 10% or 2 min./ 18 min. in continuous use
- Ambient temperature: +5°C to +40°C
- Protection class: IP54
- Color: Grey-white

**Options :**

- LA32 can be fitted with a brake for increasing self-lock effect
- Safety nut
- Protection class: IP66 (not allowed being in wash tunnels)
- Reed-Switch
- Quick-Release
- Back extended sleeve fixture (For only Quick-Release function)
- 0.2/ 0.4m coiled cable with DIN or Jack plug
- Back fixture position 0° or 90°
- Steel groove piston rod eye
- Fast motor
- Color: Black (Min. order: 500pcs)
- Can install Hall Sensor function (Contact R & D department of LINKAN A/C first)

**Stroke length vs. load:**

**Dimensions :****LA32 Installation Dimension :**

Actuator Stroke mm	100	150	200	250	300
Basic Installation Stroke mm	288	323	373	423	473
Stretch Stroke mm	388	473	573	673	773

**LA32 Installation Dimension for Q function :**

Actuator Stroke mm	100	150	200
Basic Installation Stroke mm	377	427	477
Stretch Stroke mm	477	577	677

**Connection diagrams:****Basic actuator**

Fig.1 : 35xxxxx00xxxxx

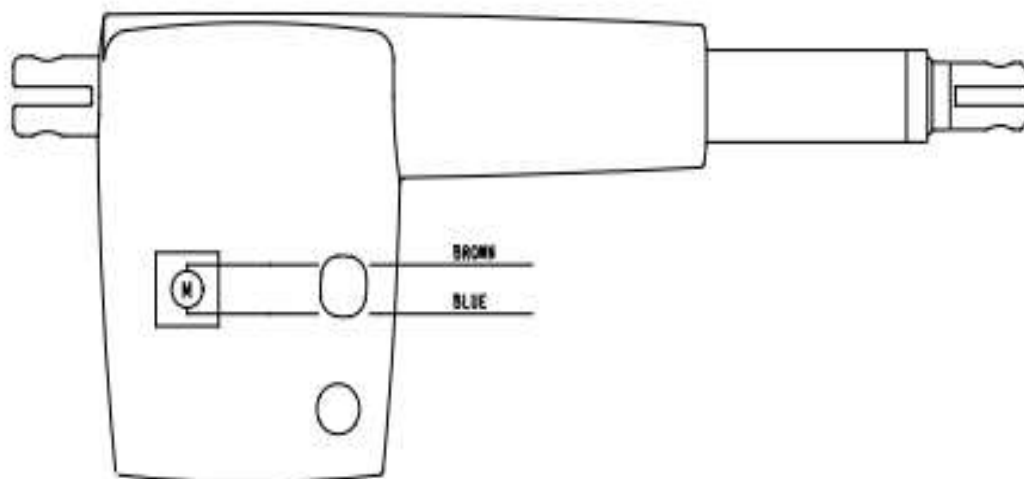
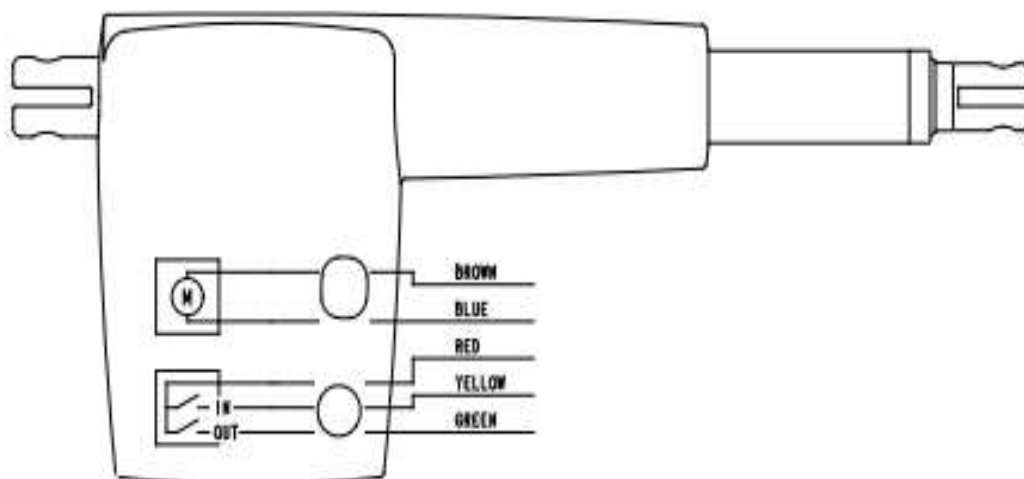
**Actuator with potential free switches**

Fig.2 : 35xxxxx10xxxxx



**Actuator with potential free switches and relative positioning**

Fig.3 : 35xxxxx0Hxxxxx &amp; 35xxxxx1Hxxxxx

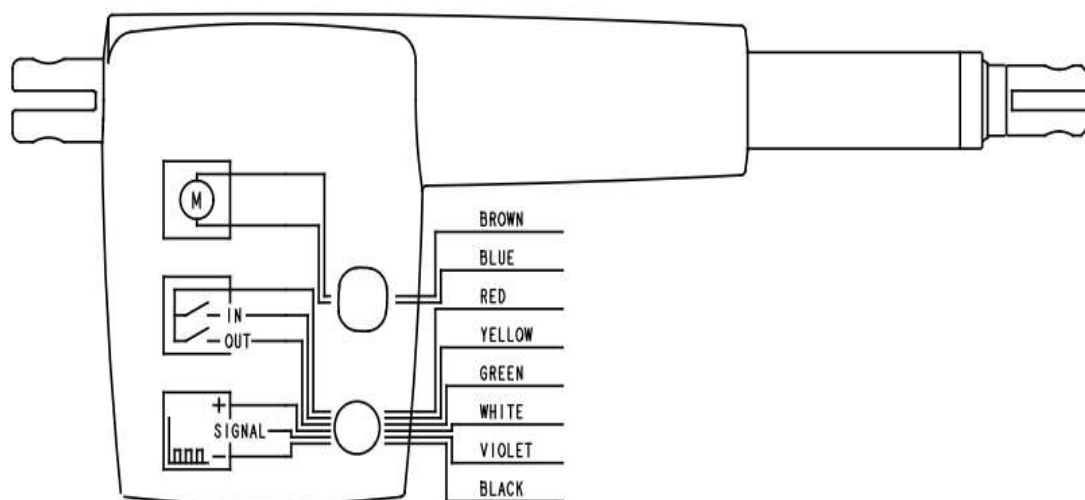
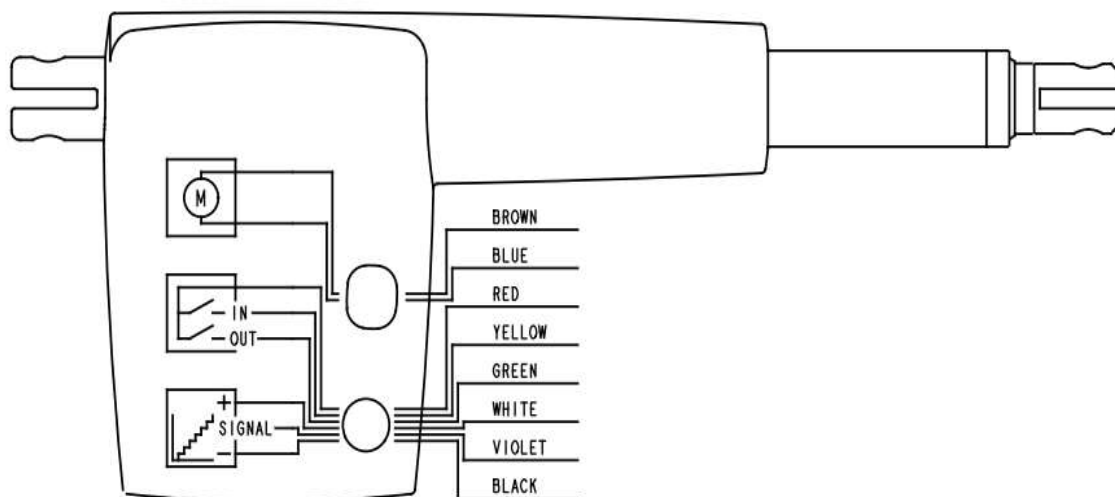
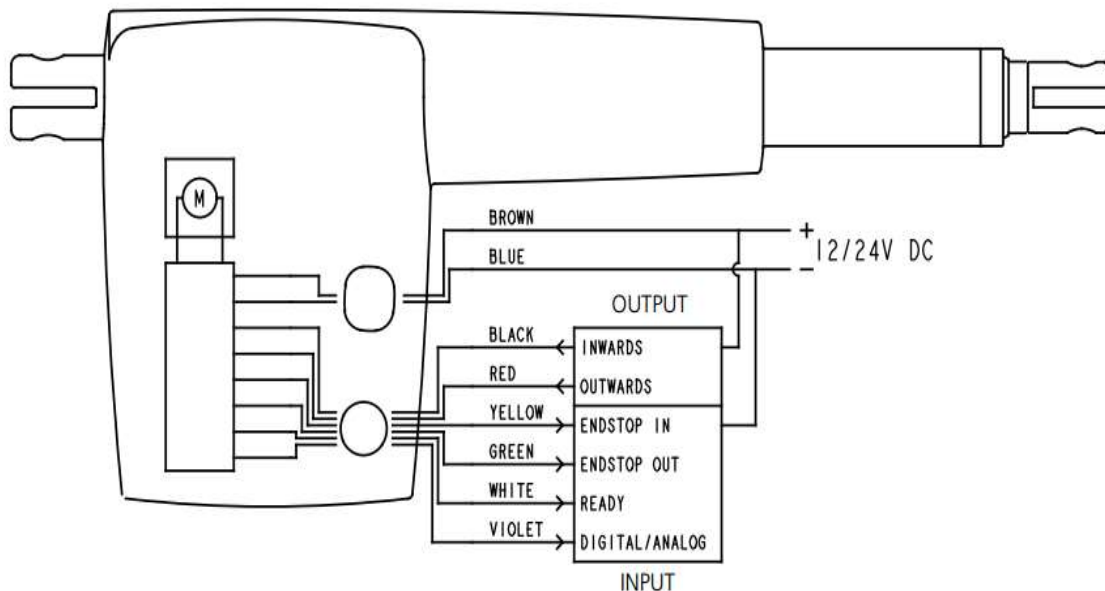
**Actuator with potential free switches and absolute positioning**

Fig.4 : 35xxxxx0Axxxxx &amp; 35xxxxx1Axxxxx



**Actuator with IC-option**

Fig.5 : 35xxxxx20xxxxx & 35xxxxx2Hxxxxx & 35xxxxx2Axxxxx



**LA35 with 12V motor**

Order number	Push Max. (N)	Pull Max. (N)	Self-lock min. (N) Push	Self-lock min. (N) Pull	pitch (mm/spindle rev.)	Typical speed (mm/s)		Standard stroke lengths (mm) in steps of 50mm	Typical amp.	
						No load	Full load		No load	Full load
3510xx.	6000	4000	6000	4000	3	4.7	3.3	100-300	1.6	7.5
3520xx.	4000	4000	1500	1500	5	7.7	5.3	100-400	1.7	7.7
3521xx. push brake	4000	4000	2500	1500	5	7.2	5.4	100-400	3.2	7.8
3522xx. pull brake	4000	4000	1500	2500	5	6.9	5.9	100-400	4.2	8.4
3530xx.	1500	1500	750	750	9	14.0	12.3	100-500	1.7	5.9
3531xx. push brake	1500	1500	1000	750	9	14.2	12.6	100-500	2.9	5.5
3532xx. pull brake	1500	1500	750	1000	9	14.4	11.2	100-500	3.0	5.4
3540xx.	1000	1000	750	750	12	19.0	17.0	100-600	1.9	5.3
3541xx. push brake	1000	1000	1000	750	12	17.9	16.9	100-600	5.5	5.5
3542xx. pull brake	1000	1000	750	900	12	16.9	15.4	100-600	5.6	5.6



**Notice (Installation) :**

- ◆ If the stroke of LA32 is less than 100mm, all basic installation dimension are 288mm
- ◆ When the load is over 4000N, the longest stroke of a actuator is 250mm
- ◆ For a actuator equipped with Q function: Basic installation dimension is Stroke + 277mm

**Notice (for the installation of Q function)**

- ◆ The effective stroke length for Quick Release is:
  - Standard stroke length minus 10mm
  - E.g. Actuator with quick release is equipped with 150mm stroke length. The effective stroke length for this type is 140mm
- ◆ When LA32 actuator equipped Quick Release function, Brake(B) has also to be equipped and the spindle need to be 6mm pitch. The needed released power of actuator is 35 kgs.
- ◆ LA32 is not suitable for the pulling device. Suggestion: Actuator is suitable for the load in pushing situations.
- ◆ Back extended sleeve fixture is suggested for Quick Release function

## ANEXO 3: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE BIPEDESTACIÓN

### Anexo 3.1: Sistema de control del actuador eléctrico y especificaciones técnicas

PRODUCT DATA SHEET

## CONTROL BOX CB9 CARELINE® BASIC

**Features:**

- Connection of max. 4 actuators, type LA31 and LA34 via 4-pole DIN sockets
- Extremely compact design
- Mains voltage: 230 V A.C 50-60 Hz
- Output voltage 24V DC
- Protection class: IPX4 or X6 (not for wash tunnels)
- Colour: Grey or black
- DIN-socket for handsets HB40, HB70, DP or FS
- 3.2 m fixed straight mains cable
- EOP – Electronic Overload Protection \*
  - AJ type CH1+2 (3.4A) and CH3+4 (7.0A) via common current cut-off
- Locking mechanism for DIN plugs and mains cable
- Electronic protection of the relays for extended lifetime, EAS (simple EAS).
- Double power control (FET + relay) monitoring on all AJ and AK types.
- Class 1 or 2 protection
- External battery backup and internal charger; use notation A when ordering
- External battery backup (no internal charger); use notation B when ordering
- External battery backup (and internal charger); use notation C when ordering
- All functionalities are compatible with mains cut-off
- All functionalities short cut protection 15A

\* Electronic Overload Protection

**AJ:** Means separate current measurement on CH1+2 and CH3+4. The current will be cut off when the total current on CH1+2 reaches approx. 3.4A and when total current on CH3+4 reaches approx. 7.0A.

**AK:** Means a common current measurement on all channels. The current will be cut off when the total current on all channels reaches approx. 7.0A.

Example of EOP: CH1 – 3A, CH2 – 4A = 7.0A in total.



The CARELINE® Basic CB9 has been developed for use together with LA31 and LA34 in the Care & Rehab industry.

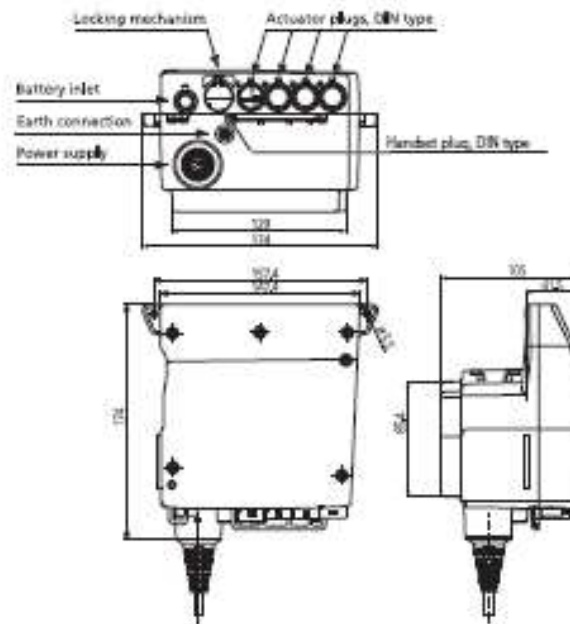
CB9 and LA31 can be fully integrated thus saving mounting and wiring or they can be installed separately.

Exchangeable mains cables, Electronic Overload Protection (EOP) and earth connection (Class 1) mains fuse makes CB9 a good choice for simple hospital and care beds.

The CARELINE® Basic CB9 series is only available as an analogue (Ax) type.

Consult the ordering example for a detailed description of the article number.

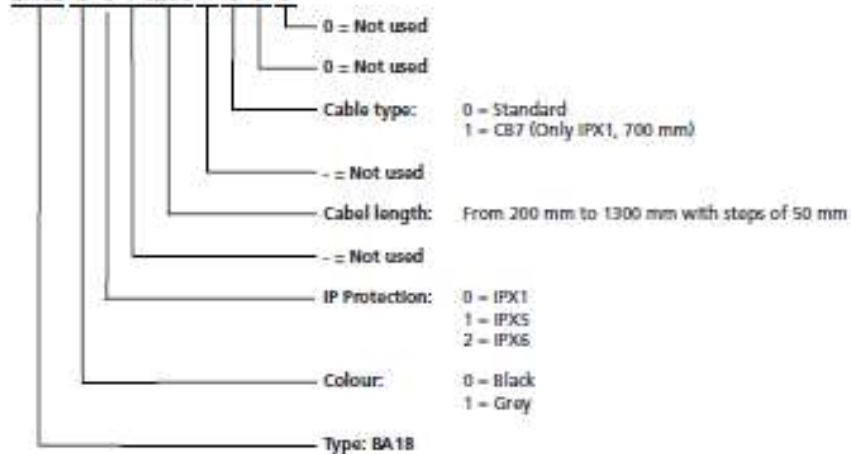
## CARELINE® BASIC CB9



## BA1800 - External battery box

Ordering example:

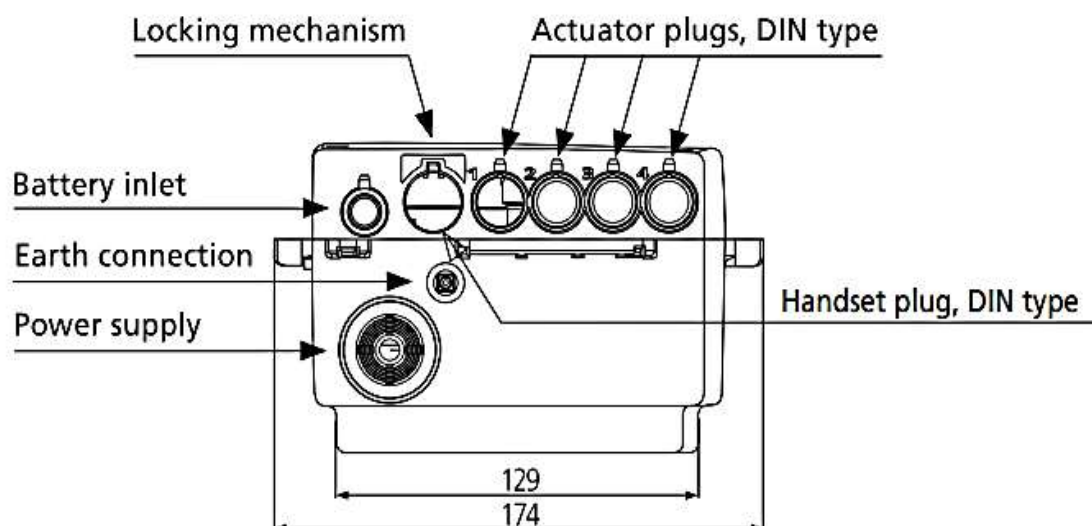
BA18 0 0 - 0200 - 0 0 0



An external charging device is not available as a standard article.

**Terms of use**

The user is responsible for determining the suitability of UNIK products for specific applications. UNIK takes great care in providing accurate and up-to-date information on its products. However, due to continuous development in order to improve its products, UNIK products are subject to product modifications and changes without prior notice. Therefore, UNIK cannot guarantee the correct and actual status of said information on its products. While UNIK uses its best efforts to fulfil orders, UNIK cannot, for the same reasons as mentioned above, guarantee the availability of any particular product. Therefore, UNIK reserves the right to discontinue the sale of any product displayed on its website or listed in its catalogues or other written material drawn up by UNIK. Prices are subject to the standard terms of Sale and Delivery for UNIK. For a complete text, please contact UNIK.



**Notice :**

- ◆ CB09 has to use actuators with DIN Plug, such as, LA31, LA32 and LA33.
- ◆ T-Cable device needed when operating two handsets simultaneously or one handset and one ACP simultaneously.
- ◆ BA16: DC24V/ 1.2Ah Lead-Acid battery.

## Anexo 3.2: Especificaciones técnicas del control del actuador eléctrico.

### 5-3 HB3X



HB3X is a basic model of handset, it operates up to 3 actuators, and applied in simple electrical hospital beds and home furniture.

#### Features :

- Handset for operating up to 3 actuators
- Easily operated by both left-and right-handers
- Ergonomic and elegant design
- Tactile TACT switches secure long lifetime
- Up to 6 easy-touch buttons
- Protection class: IP66 (case sealed by ultrasonic process)
- Hook for easy placement
- Color: Gray-White (Black Min. 500pcs )

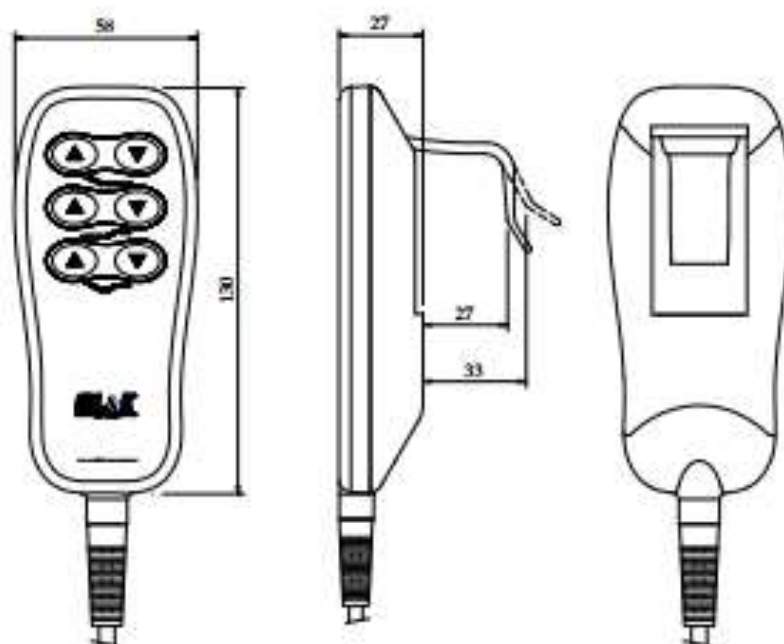
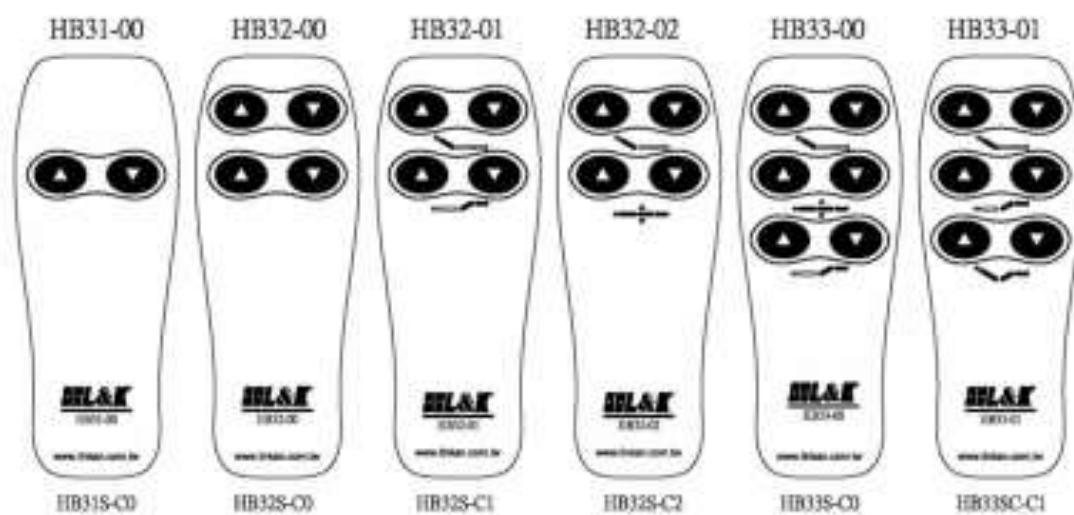
#### Options :

- The length of coiled cable can be ordered upon customer's needs
- 90° Din plug (for CB06 of LA30 only)
- Customized front cover (Min. Order: 1,000pcs)

#### HB3X Ordering Example :

<b>HB3</b> <b>3</b> <b>S</b> <b>C</b> <b>+</b> <b>C</b> <b>0</b>	FRONT COVER 0 : STANDARD    1 : Simultaneous Movement Mode CABLES L : 40CM COILED CABLE + 1M STRAIGHT CABLE (7 CORES) ★ C : 20CM COILED CABLE + 1M STRAIGHT CABLE (7CORES) S : 2M STRAIGHT CABLE · WITHOUT PLUG ★ COLOR    - : Black (Min. Order 500pcs)    + : Gray-White FUNCTION (Operate two actuators simultaneously) C : TWIN ACTION FUNCTION TYPE OF PLUG    S : 8 Pin Din (STANDARD) B : 90° Din Plug (SPECAIL FOR CB06 & LA30.1) ★ NO. OF CHANNELS 1 : 1 CHANNEL    2 : 2 CHANNELS    3 : 3 CHANNELS HANDSET TYPE HB3X
--	--

The 「★」 signal is for special specification..

**Dimensions :****Notice :**

- ◆ Max. 6 press buttons; Can operate 3 actuators' movement
- ◆ Can be used with CB02 · CB06 · CB09 · CB13 · CB17 · LA30.1

## Anexo 3.3: Especificaciones del actuador eléctrico.

### Actuator LA35

The LA35 is a very quiet and powerful actuator, and provides a practical and cost-effective solution with low power consumption. The actuator is designed for a variety of both indoor and outdoor applications.



#### Features:

- 12 or 24 V DC Permanent magnetic motor
- Thrust 6000 N in push and 4000 in pull
- Max. speed up to 19.5 mm/sec. depending on load and spindle pitch
- Stroke length from 100 to 600 mm
- Built-in endstop switches
- Stainless steel Inner tube
- Protection class: IP66 (dynamic) and IP69K (static)

#### Options in general:

- Large variety of back fixtures and piston rod eyes
- Anti rotating piston rod eye
- Guided nut (only with 2mm pitch)
- Integrated brake for high self-locking ability
- Exchangeable cables in different lengths
- Long life absolute feedback
- Safety nut in push
- Special anodised housing for extreme environments
- Potential free endstop signals
- IC options including:
  - IC - Integrated Controller
  - Hall sensor
  - Analogue or digital feedback for precise positioning
  - Endstop signals (not potential free)
  - Ready signal for diagnostics

#### Usage:

- Duty cycle at 6000N and 3mm pitch is max. 10%
- Ambient operating temperature: -25° to +60°C, full performance from +5°C to +40°C

## Specifications

Motor:	Permanent magnet motor 12 or 24V *
Cable:	Motor: 2 x 14 AWG PVC cable Control: 6 x 20 AWG PVC cable **
Housing:	The housing is made of casted aluminium, coated for outdoor use and in harsh conditions
Spindle part:	Outer tube: Powder coated steel Inner tube: Stainless steel AISI304/SS2333 Acme spindle: Trapezoidal spindle with high efficiency
Temperature range:	- 25°C to +60°C - 13°F to +140°F Full performance +5°C to +40°C
Weather protection:	Rated IP66 for outdoor use. Furthermore, the actuator can be washed down with a high-pressure cleaner (IP69K).
Noise level:	48dB (A) measuring method DS/EN ISO 3743-1 actuator not loaded.
Compatibility:	The LA35 IC is compatible with SMPS-T160 (For combination possibilities, please see the User Manual for SMPS-T160)

\* Modbus actuators only 24V - please see the [Modbus installation guide http://www.linak.com/techline?id3-2363](http://www.linak.com/techline?id3-2363).

\*\* Special control cables for the Modbus actuator - please see the [Modbus installation guide http://www.linak.com/techline?id3-2363](http://www.linak.com/techline?id3-2363).

Be aware of the following two symbols throughout this product data sheet:



### Recommendations

Failing to follow these instructions can result in the actuator suffering damage or being ruined.



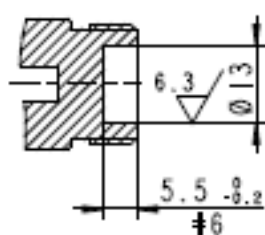
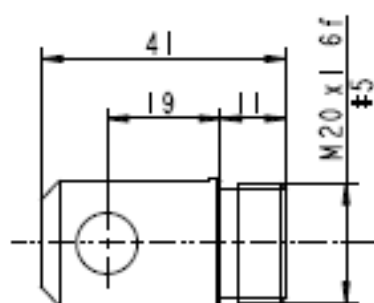
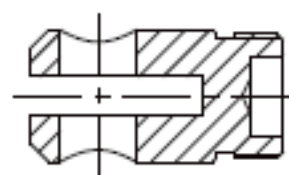
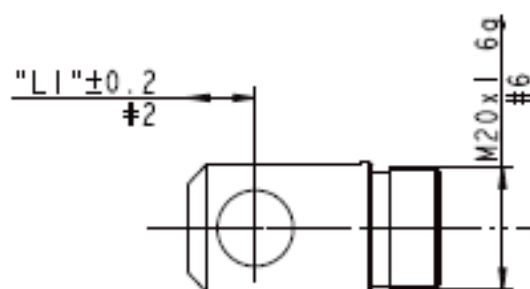
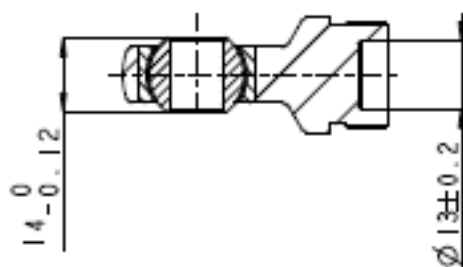
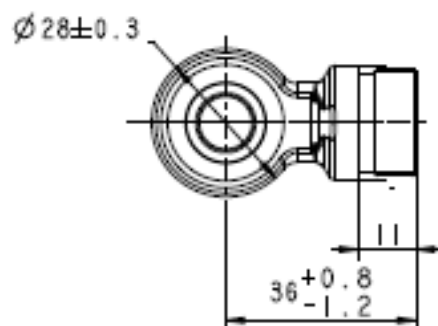
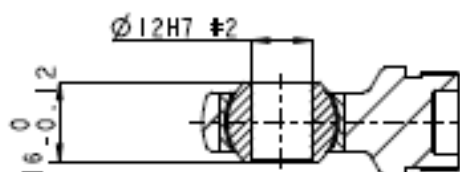
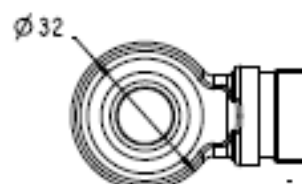
### Additional Information

Usage tips or additional information that is important in connection with the use of the actuator.



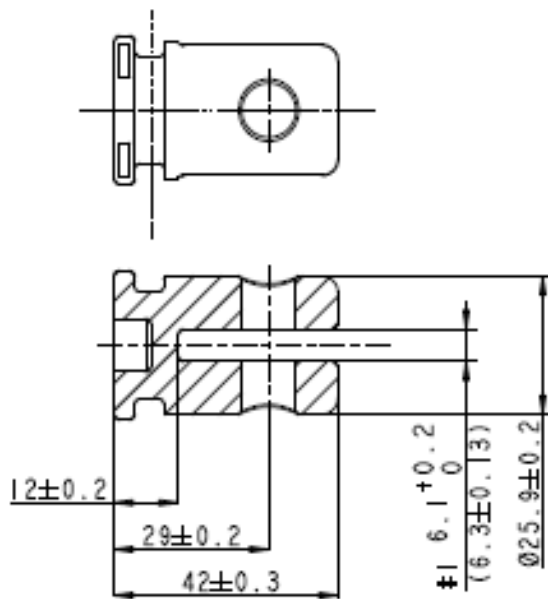
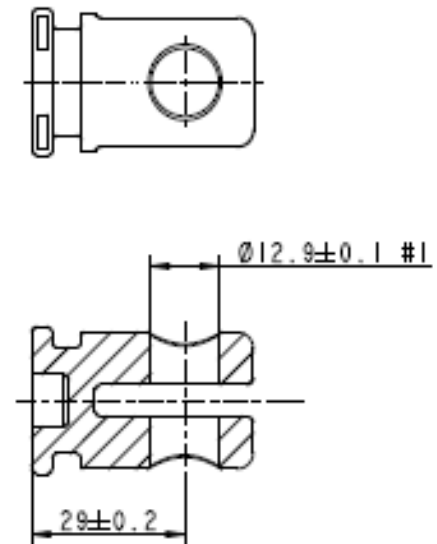
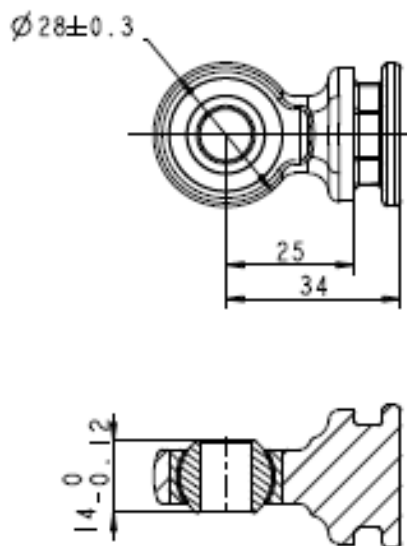
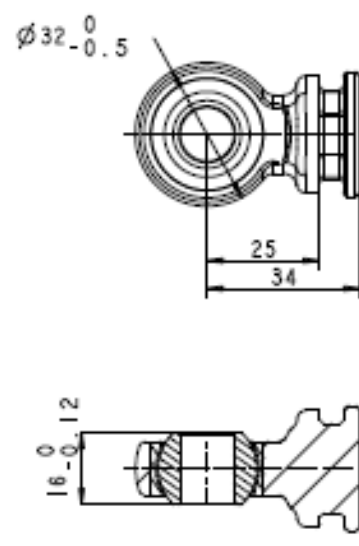
## LA35 Piston rod eyes

Option "0" and "2"

Option "1"  
AISI 303Option "3"  
AISI 304Option "4"  
AISI 304

The Piston Rod Eye is only allowed to turn 0 - 90 degrees.

## LA35 Back fixtures

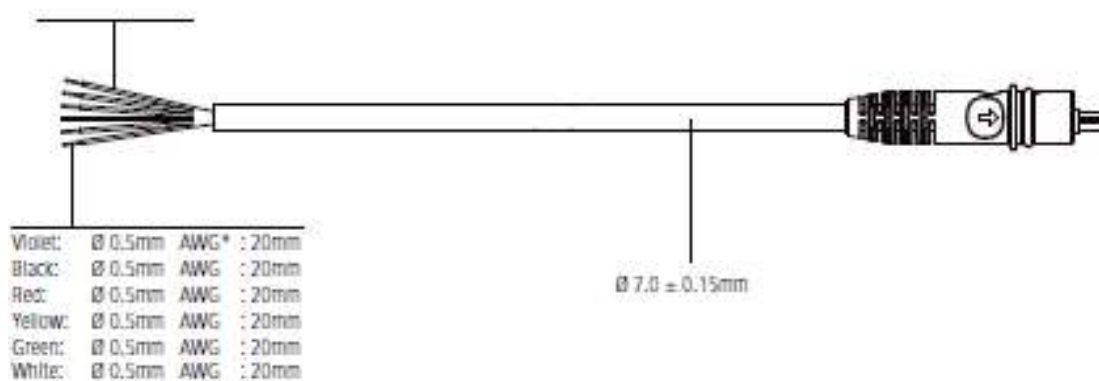
Option "A" and "B"  
AISI 304Option "C" and "D"  
AISI 304Option "E" and "F"  
Stainless steelOption "G" and "H"  
Stainless steel

## LA35 Back fixture orientation



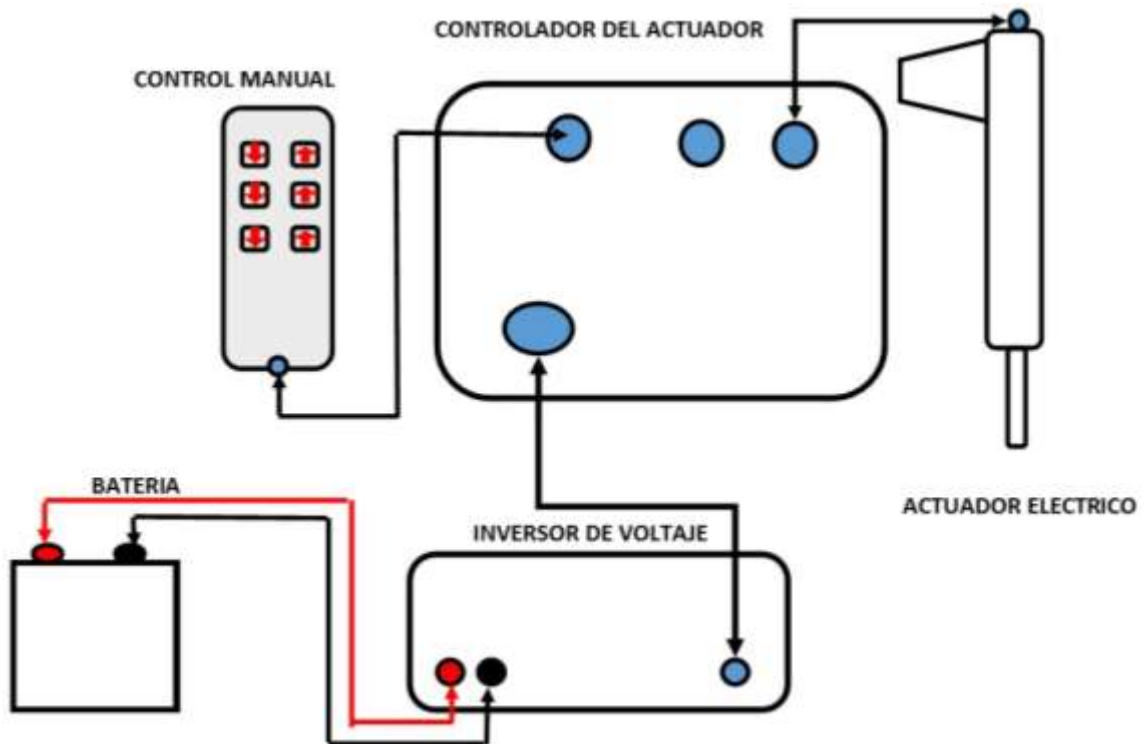
## Signal cable dimensions:

Violet:  $\varnothing$  1,5mm  
 Black:  $\varnothing$  1,5mm  
 Red:  $\varnothing$  1,5mm  
 Yellow:  $\varnothing$  1,5mm  
 Green:  $\varnothing$  1,5mm  
 White:  $\varnothing$  1,5mm



\*AWG: American Wire Gauge

## ANEXO 4: PLANO DE CONEXIÓN ELÉCTRICA DEL BRAZO BIPEDESTADOR



## ANEXO 5: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MATERIAL UTILIZADO PARA EL BRAZO BIPEDESTADOR.

### Anexo 5.1: Catalogo de DIPAC

RECTANGULAR



# DIPAC®

PRODUCTOS DE ACERO

### TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR

**Especificaciones Generales**

- Norma:** ASTM A-500
- Recubrimiento:** Negro o galvanizado a mt.
- Longitud nominal:** a mt.
- Otros largos:** Previa Consulta
- Dimensiones:** Desde 12mm x 25mm a 40mm x 80mm
- Espesor:** Desde 2.0mm a 3.0mm



DIMENSIONES			AREA		EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPEZOR mm	PESO Kg/m	AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,86	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,38	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,68	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,45	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,25	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,25
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,18	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
50	150	3,0	9,17	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15



32

PNB 1821 1282 798 / Bello - Ecuador [www.dipac.com](http://www.dipac.com)



## PERFILES ESPECIALES EN ACERO INOXIDABLE

### Especificaciones Generales

Norma	ASTI 304
Espesor	2 a 6 mm
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa consulta



- BARRAS
- EJES
- OMEGAS
- CANALES U
- CANALES UV

Según lista de precios

INOXIDABLE

## Anexo 5.2: Tabla de materiales del libro de Mott.

## APÉNDICE 7 PROPIEDADES DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2\frac{1}{2}$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21

*Nota:* ASTM A572 es uno de los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), y sus propiedades son similares a las del acero SAE J410b, especificadas por la SAE.

## Anexo 5.3: Propiedades graficas del libro de diseño en ingeniería mecánica de Shigley

Propiedades  
geométricas

### Parte I Propiedades de las secciones

$A$  = área

$G$  = ubicación del centroide

$I_x = \int x^2 dA$  = segundo momento de área respecto al eje  $x$

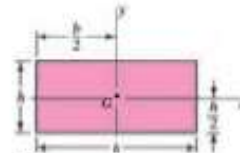
$I_{xy} = \int xy dA$  = momento mixto de área respecto a los ejes  $x$  y  $y$

$J_G = \int r^2 dA = \int (x^2 + y^2) dA = I_x + I_y$

= segundo momento polar de área respecto al eje que pase por  $G$

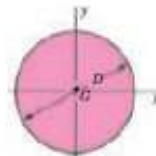
$k_x^2 = I_x/A$  = radio de giro al cuadrado respecto al eje  $x$

Rectángulo



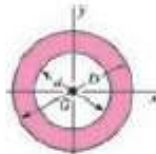
$$A = bh \quad I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{b^3h}{12} \quad I_{xy} = 0$$

Círculo



$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \quad I_{xy} = 0$$

Corona circular



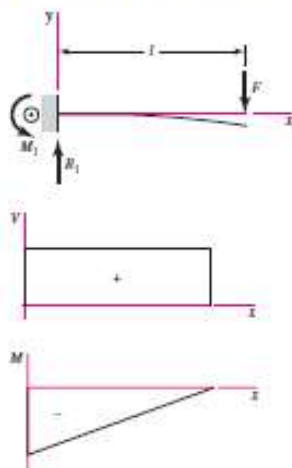
$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad I_x = I_y = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) \quad I_{xy} = 0$$



**Anexo 5.4: Tabla A-9 Cortante, Momento, y deflexión de vigas del libro de diseño en ingeniería mecánica de Shigley.**

**Tabla A-9**

Cortante, momento y deflexión de vigas (Nota: La fuerza y las reacciones de momento son positivas en las direcciones que se muestran; las ecuaciones de la fuerza cortante  $V$  y el momento cortante  $M$  siguen las convenciones de signos que se dieron en la sección 3-2.)

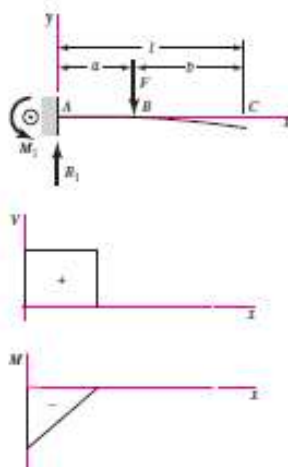
**1 En voladizo: carga en extremo**

$$R_1 = V = F \quad M_1 = Fl$$

$$M = F(x-l)$$

$$y = \frac{Fx^2}{6EI}(x-3l)$$

$$y_{\max} = -\frac{Fl^3}{3EI}$$

**2 En voladizo: carga intermedia**

$$R_1 = V = F \quad M_1 = Fa$$

$$M_{AB} = F(x-a) \quad M_{BC} = 0$$

$$y_{AB} = \frac{Fx^2}{6EI}(x-3a)$$

$$y_{BC} = \frac{Fa^2}{6EI}(a-3x)$$

$$y_{\max} = \frac{Fa^2}{6EI}(a-3l)$$

(continúa)

**ANEXO 6: PLANOS DEL BRAZO BIPEDESTADOR**