FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

TESIS

Diseño de un Sistema Electromecánico Móvil para sedestación, bipedestación y transporte de pacientes discapacitados de extremidades inferiores

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Autor

Bach. Valencia Manayay Victor Bernardino

Orcid: https://orcid.org/0000-0002-3040-3826

Asesor:

Mtro. Vives Garnique Juan Carlos

Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0003-0988-9881

Línea de Investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel – Perú

2023

DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES

APROBACIÓN DEL JURADO

Dra. GASTIABURÚ MORALES SILVIA YVONE

Presidente(a) del jurado de tesis

MSc. ROJAS CORONEL ÁNGEL MARCELO

Secretaria del jurado de tesis

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS

Vocal del jurado de tesis

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(n) la **DECLARACIÓN JURADA**, soy(somos) egresado(s) del Programa de Estudios de **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro(amos) bajo juramento que soy(somos) autor(es) del trabajo titulado:

DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

VALENCIA MANAYAY VICTOR BERNARDINO	DNI: 76593179	

Pimentel, 21 de marzo de 2023.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a:

Mi padre Rufino en paz descanse, porque fue uno de los pilares más importantes que me motivo a concluir mi objetivo.

A mi madre porque siempre estuvo apoyándome, siendo una motivación para lograr culminar exitosamente mi proyecto.

A mis hermanas y sobrinos, porque son lo que más amo y siempre serán mi mayor tesoro.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primera instancia a Dios por permitirme gozar de salud y sabiduría, porque gracias a él puedo concretar un objetivo trazado, agradezco también a todos los que me apoyaron de alguna u otra manera, principalmente a mi familia madre y hermanas, por su constante impulso motivador y apoyo incondicional que me brindaron, agradezco con creces a todos, los quiero mucho.

ÍNDICE

DEDICATORIA iv
AGRADECIMIENTO v
ÍNDICE DE FIGURAS viii
ÍNDICE DE TABLAS xi
RESUMEN xii
ABSTRAC xiii

I. INTRODUCCIÓN 14

1.1 Realidad Problemática 14
1.2 Formulación del problema 19
1.3 Hipótesis 19
1.4 Objetivos 19
1.5 Teorías relacionadas al tema 20

II. MATERIAL Y MÉTODO 48

2.1 Tipo y diseño de investigación 48
2.2 Variables, operacionalización 49
2.3 Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección 50
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad 51
2.5 Procedimiento de análisis de datos 52
2.6 Criterios éticos 55

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 57

3.1 Resultados 57
3.2 Discusión 105

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 107

4.1 Conclusiones 107
4.2 Recomendaciones 107

REFERENCIAS 109

ANEXOS 112

4.1 Anexo 1. Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) 112
4.2 Anexo 2. Código de Ética de Investigación de la USS – Continuación 113
4.3 Anexo 3. Metodología 114
4.4 Anexo 4. Secuencia de cálculo 135
4.5 Anexo 5. Catálogos 173

4.6 Anexo 6. Plano de vista explosiva.....180
4.7 Anexo 7. Planos de estructura.....182
4.8 Anexo 8. Planos de sistema tijeras 199

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Elementos de una silla de ruedas convencional* 23
Figura 2 *Elementos de una silla de bipedestación* 24
Figura 3 *Centro de gravedad de una silla de ruedas* 25
Figura 4 *Centro de gravedad en el cuerpo humano en bipedestación* 26
Figura 5 *Centro de gravedad en el cuerpo humano inclinado* 27
Figura 6 *El hombre de Vitrubio* 30
Figura 7 *Medida de asiento* 31
Figura 8 *Forma de asiento* 31
Figura 9 *Longitud de pantorrillas* 32
Figura 10 *Altura de respaldo* 32
Figura 11 *Forma de respaldo y Angulo* 33
Figura 12 *Soporte de brazos* 34
Figura 13 *Estatura* 34
Figura 14 *Altura de codo erguido* 35
Figura 15 *Altura espina iliaca* 35
Figura 16 *Percentiles* 37
Figura 17 *Invacare Action Vertic* 38
Figura 18 *Navix SU* 39
Figura 19 *Permobil F5 VS Corpus* 40
Figura 20 *Leo II Lightest Standing Wheelchair* 41
Figura 21 *De sedestación a bipedestación* 42
Figura 22 *Diagrama de cuerpo libre* 44
Figura 23 *Tipos de engranajes* 45
Figura 24 *Esfuerzos en vigas* 46
Figura 25 *Análisis de posición y desplazamiento* 47
Figura 26 *Población con discapacidad por sexo según tipo de discapacidad* 50
Figura 27 *Población por tipo de discapacidad según residencia (porcentaje)* 51
Figura 28 *Fuerza aplicada sobre asiento y espaldar* 57
Figura 29 *Fuerza aplicada sobre eslabón* 67
Figura 30 *Fuerzas en espaldar* 68
Figura 31 *DCL de fuerzas sobre eslabón* 69
Figura 32 *Fuerza sobre regulador de asiento* 73
Figura 33 *Ubicación de unión (asiento-reposa pantorrilla)* 76
Figura 34 *Ubicación de unión (asiento-espaldar)* 79
Figura 35 *Fuerza que actúa sobre el chasis* 93
Figura 36 *Vistas en posición de descanso* 96
Figura 37 *Vistas en posición de sedestación* 97
Figura 38 *Vistas en posición de sedestación* 98
Figura 39 *Cambio de posiciones con visualización de CG* 99
Figura 40 *Desplazamiento de CG* 100
Figura 41 *CG en bipedestación* 100
Figura 42 *Vista del soporte con motor de elevación* 101
Figura 43 *Vista 2 de soporte con motor de elevación* 101
Figura 44 *Caja de funciones* 116
Figura 45 *Concepto solución 1* 119

Figura 46 *Cambio de posición de concepto solución 1* 119
Figura 47 *Concepto solución 2* 120
Figura 48 *Cambio de posición de concepto solución 2* 121
Figura 49 *Concepto solución 3* 121
Figura 50 *Cambio de posición de concepto solución 3* 122
Figura 51 *Cambio se posición de concepto solución 4*....123
Figura 52 *Cambio de posición de concepto solución 5* 123
Figura 53 *Medidas antropométricas para el diseño de una silla de ruedas*....125
Figura 54 *Recorrido mínimo y máximo de asiento*....132
Figura 55 *Altura mínima de respaldar* 132
Figura 56 *Boceto de chasis unido a los demás componentes*....133
Figura 57 *Boceto 1 de chasis*....133
Figura 58 *Boceto 2 de chasis*....134
Figura 59 *Pisaderas en la longitud mínima*....134
Figura 60 *Pisadera en la longitud máxima*....134
Figura 61 *Esquema de fuerzas en superficie plana*....136
Figura 62 *Esquema de fuerzas en superficie inclinada* 136
Figura 63 *Detalles de motor* 138
Figura 64 *Rueda delantera 70RERTY100P 4pulg* 139
Figura 65 *Descripción general de ruedas delanteras* 139
Figura 66 *Batería 24v - 50 Ah* 141
Figura 67 *Especificaciones técnicas de batería* 141
Figura 68 *Boceto de mecanismo de tijeras requerido* 142
Figura 69 *Centro de gravedad* 143
Figura 70 *CG en sedestación, aproximado a la realidad*....143
Figura 71 *Centro de gravedad de la persona en la silla inclinada 130°* 144
Figura 72 *Distancia del centro de gravedad con respecto a la base*....144
Figura 73 *Dimensionamiento en SolidWorks*....145
Figura 74 *Dimensionamiento a mano alzada* 146
Figura 75 *Valores de las articulaciones de mecanismo de tijeras*....146
Figura 76 *Fuerzas que actúan en el sistema tijeras* 147
Figura 77 *DCL nodo F-H* 149
Figura 78 *Fuerzas en DCL de nodo F-H*....150
Figura 79 *Tuerca con brida tipo EFM*....152
Figura 80 *Husillo roscado trapezoidal enrollado* 154
Figura 81 *Diagrama de fuerzas al subir y bajar la carga.* 154
Figura 82 *Coeficiente de fricción* 156
Figura 83 *Recorrido mínimo y máximo de sistema tijeras*....158
Figura 84 *Descripción de motorreductor 12V DC 8Nm* 159
Figura 85 *Motorreductor de gusano 12V DC 8Nm*....159
Figura 86 *Esfuerzos en eje*....160
Figura 87 *Diagramas de momento* 161
Figura 88 *Propiedades mecánicas (ASTM A500)*....161
Figura 89 *Dimensiones y peso nominal de barras redondas lisas y pulidas* 164
Figura 90 *CG mecanismo-humano en bipedestación*....165
Figura 91 *CG mecanismo-humano en sedestación*....166

Figura 92 *Análisis cinemático en bipedestación de volcadura en pendiente, ascendente y descendente* 167
Figura 93 *Análisis cinemático en sedestación de volcadura en pendiente, ascendente y descendente* 168
Figura 94 *CG mecanismo-humano a 130°* 171
Figura 95 *Análisis cinemático en sedestación de volcadura en pendiente, ascendente y descendente* 172

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Elementos de una silla de ruedas* 21
Tabla 2 *Operación de variables* 49
Tabla 3 *Comparación de medidas de silla de ruedas disponibles en el mercado* 53
Tabla 4 *Estatura promedio en el Perú* 54
Tabla 5 *Clasificación de IMC en estatura promedio* 54
Tabla 6 *Tabla de pesos de mecanismos de apoyo* 67
Tabla 7 Peso del sistema de apoyo sobre pantorrillas 82
Tabla 8 *Peso de sistema de apoyo* 88
Tabla 9 *Peso de estructura (sobre chasis)* 92
Tabla 10 *Peso total del mecanismo* 102
Tabla 11 *Materiales y costo* 103
Tabla 12 *Servicios y costo* 104
Tabla 13 *Resumen* 104
Tabla 14 *Peso y costo de silla de ruedas de bipedestación disponibles en el mercado* 105
Tabla 15 *Lista de exigencias* 114
Tabla 16 *Matriz morfológica* 117
Tabla 17 *Tabla de concepto solución* 118
Tabla 18 *Selección de concepto solución* 124
Tabla 19 *Medidas antropométricas* 126
Tabla 20 *Resultado de medidas antropométricas* 127
Tabla 21 *Medidas para el diseño del mecanismo* 131
Tabla 22 *Diagramas de cuerpo libre* 148
Tabla 23 *Selección de husillo* 151

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulada “Diseño de un sistema electromecánico móvil para sedestación, bipedestación y transporte de pacientes discapacitados de extremidades inferiores” se llevó a cabo con la finalidad de contar con un diseño mecánico para ayudar a las personas con discapacidad de miembros inferiores.

La metodología empleada para esta investigación es de tipo cuasi experimental y el diseño fue de carácter no experimental, descriptivo; ya que se tomó como referencia en grupo natural determinado, los cuales contaron con las características necesarias para dimensionar el mecanismo.

Para la elaboración del diseño se consideró la medida promedio (153-165 cm) y peso promedio máximo (65kg) de los peruanos, recopilando datos cuantificables, con el fin obtener un diseño con partes regulables para una mayor accesibilidad.

El presente diseño al ser implementado permitiría bipedestación, sedestación en diferentes ángulos, llegado a 130° de inclinación sedente y en posición bípeda el diseño permitió un ángulo de 149,39° a fin de mejorar la salud minimizando problemas que se presentas al estar sentado durante tiempos prolongados, así como mejor la calidad de vida en entorno social, permitiendo ser más independiente, logrando acceder a diferentes áreas en las cuales dífilamente se accede en posición sedente, mejorando la autoestima al poder realizar mayores actividades, reduciendo los límites que se tiene con una silla común.

Finalmente se estableció la inversión total que demandaría la fabricación del mecanismo, lo cual fue objetivo de la investigación,

PALABRA CLAVE

Diseño, sistema electromecánico, sedestación, bipedestación, pacientes discapacitados, extremidades inferiores.

ABSTRAC

The present research work entitled "Design of a mobile electromechanical system for sitting, standing and transporting patients with lower limb disabilities" was carried out with the purpose of having a mechanical design to help people with lower limb disabilities.

The methodology used for this research is quasi-experimental and the design was non-experimental, descriptive; since it was taken as a reference in a determined natural group, which had the necessary characteristics to size the mechanism.

For the elaboration of the design, the average measurement (153-165 cm) and maximum average weight (65kg) of Peruvians were considered, collecting quantifiable data, in order to obtain a design with adjustable parts for greater accessibility.

The present design, when implemented, it would allow bipedalism, sitting at different angles, reaching 130° of sitting inclination and in a bipedal position, the design allowed an angle of 149.39° in order to improve health by minimizing problems that occur when being sitting for prolonged times, as well as better quality of life in a social environment, allowing to be more independent, managing to access different areas in which it is difficult to access in a sitting position, improving self-esteem by being able to carry out more activities, reducing the limits that it is had with a common chair.

Finally, the total investment required for the manufacture of the mechanism was established, which was the objective of the investigation.

KEYWORD

Design, electromechanical system, sitting, standing, disabled patients, lower extremit

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

En el Perú según censos 2017 la población que declaró tener alguna discapacidad, es decir, “alguna dificultad o limitación permanente que le impide desarrollarse normalmente en sus actividades diarias”, alcanza la cifra de 3 millones 209 mil 261 personas, que representan el 10,3% de la población del país. Entre las mujeres, 1 millón 820 mil 304 personas que representan el 11,5% señalaron estar en esta condición, y en el caso de los hombres, son 1 millón 388 mil 957, que en términos porcentuales son el 9,0% de ellos [1].

Al observar la información sobre el número y tipo de discapacidades, 485 mil 211 personas (15,1%) tienen dificultades para moverse o caminar/usar brazos y piernas, de los cuales 208 990 son hombres y 276 221 son mujeres [2].

Según estimaciones estadísticas desde octubre de 2021 la población con discapacidad leve decreció de 13,6% a 13,2% para enero de 2022; y la población con discapacidad moderada, decreció de 35,5% a 34,7% entre octubre de 2021 a enero de 2022 [3].

Alrededor de 16% de la población mundial, esto es, unos 1300 millones de personas, tienen discapacidad. Los estudios señalan que alrededor de 10% de estas personas necesitan silla de ruedas, es decir, unos 130 millones de personas en todo el mundo [4].

Ante esta situación múltiples empresas se dedican a desarrollar mecanismos para personas que carecen de movilidad. La movilidad personal e independiente siempre ha sido un requisito indispensable para llevar una vida social confortable. Uno de estos mecanismos es la silla de ruedas, y se ha convertido en el mayor catalizador gracias a que ha conducido a sus usuarios a una mayor independencia e integración social, permitiendo que estudien, trabajen, participen la vida social, cultural y tengan acceso a la salud. Pero, no se solucionó los problemas por permanecer demasiado tiempo sentado, ante la búsqueda de mejorar la calidad de vida tanto físico como psicosocial los mecanismos de bipedestación han tenido un

impacto positivo.

El dolor de hombro es un síntoma frecuente en la población que utiliza silla de ruedas manuales. Estudios realizados en ciudad de Ibarra, Ecuador, con una muestra de 60 participantes, el 80 % mostraron dolor en las articulaciones del hombro, considerando a participantes de 21 a 64 años [5].

Según estudios realizados durante 12 años, con 750 participantes con paraplejia y usuarios permanentes de sillas de ruedas, en España se obtuvo que el 76 % asegura sufrir dolor en algún nivel de la columna vertebral; el 56 % en el cuello, el 54 % en la columna dorsal y el 45 % en la lumbar [6].

Para evitar este problema actualmente existen sillas de ruedas eléctricas, las cuales permiten desplazarse haciendo uso de un motor alimentado por baterías, las cuales son de elevados costos, esto impide que todos puedan hacer uso de estas.

El estar sentado durante mucho tiempo en unas sillas de ruedas originan diversos problemas de salud como son úlceras de presión y deformidades esqueléticas, Investigaciones recientes apoyan el uso de sillas de bipedestación, puesto que mejora el bienestar psicológico, mejorando la autoestima, también mejora la salud, entre sus beneficios está el mejoramiento del sistema pulmonar, digestivo, el sistema urinario, salud ósea, tono muscular, y mejora del flujo sanguíneo [7].

La baja autoestima por los límites de algunas capacidades, más la crítica de una sociedad que ha llamado de muchas formas a lo largo de la historia a estas personas, ha hecho que realicen su vida absteniéndose a algunas actividades o a depender siempre de alguien, sin duda se enfrentan a muchos retos día a día, no solo con la discriminación y el entorno, algunas dificultades son derivados de ellos mismos, esto debido a la mala imagen de sí mismos [8].

En los últimos años el desarrollo de las tecnologías ha sido impulsado por la facilidad de adquirir información, esto ha llevado a múltiples investigadores a buscar nuevas formas de mejorar la calidad de vida de las personas, entre ellos están los

discapacitados, aquellos que requieren y hacen uso de las sillas de ruedas. La existencia de las sillas de bipedestación no es ajena al conocimiento de la población pues muchos se encuentran informados de los productos disponibles en el mercado, y así podrían elegir lo que más les convenga, pero en el Perú, es muy escaso ver estas sillas por sus elevados precios, por lo cual no ha sido posible que todos se beneficien de esta tecnología. A continuación, se describe algunas investigaciones nacionales e internacionales, realizadas con el fin de llegar a todas las personas con discapacidad de extremidades inferiores.

Antecedentes de la investigación a nivel nacional

Alex Aguilar Pomalima, en su investigación titulada “Diseño de una silla de ruedas bípeda para personas con discapacidad motriz de las extremidades inferiores” de la Universidad Tecnológica de Perú (UTP) indica que la persona que hace uso de una silla de ruedas con cambio de posición de sedente a bípeda mejora su calidad de vida, así como su salud, a comparación de los que utilizan sillas comunes [9].

Urbizagastegui Hernández Antuanette Guadalupe en su investigación titulada “Tratamiento fisioterapéutico en la paraplejía espástica” de la universidad Inca Garcilaso de la Vega indica en su trabajo de suficiencia profesional que, para iniciar la bipedestación es necesario tener en cuenta:

- Un buen equilibrio en sedestación.
- Una buena flexión de tronco.
- Que no haya limitaciones articulares.
- Un buen entrenamiento de musculatura.

Estar de pie es muy necesario para la salud física, pero también para mejorar la autoestima, por lo que se recomienda que por lo menos estar de pie una hora diaria [10].

José Eurle Sánchez Lorenzo en su tesis titulada “Silla de ruedas con cambio de posición de sentado a erguido para asistir la discapacidad motora de miembros inferiores en adultos - 2019” para aspirar al título profesional de ingeniero mecatrónico por la universidad privada del norte. Dice que la falta de movimiento

hace que los músculos estén tensos, así como también la aparición de escaras, por lo que la bipedestación es una buena alternativa para las personas que pasan demasiado tiempo sentadas, como es el caso de los discapacitados de miembros inferiores, así mismo la bipedestación ayuda a circulación de la sangre, aliviando otros males ligados a ese entorno. La silla de bipedestación está diseñada para personas adultas, con el fin de que puedan realizar sus actividades básicas sin ayuda, esto hará que las personas sean más independientes [11].

Antecedentes de la investigación a nivel internacional

Alberto Sebastian Espinoza Pesantez y Christian Patricio Vale Sigcha de la Universidad Salesiana Sede Cuenca de Ecuador, en su proyecto técnico "Diseño y construcción de un dispositivo de bipedestación para personas con discapacidad motriz", dicen que los problemas de mayor gravedad que padecen las personas con discapacidad móvil inferior debido al excesivo tiempo de permanecer sentadas o acostados son: Ulceras de presión, con una probabilidad del 50%, seguida de problemas cardiovasculares con 28%, la salud mental y depresión con 11%, el 11% restante distribuido para otras enfermedades [12].

La revista cubana de investigaciones biomédicas, menciona que las personas con paraplejia, presentan problemas como el mal funcionamiento de la vejiga e intestinos; también llegan a sufrir incapacidad para regular la temperatura corporal y muchos padecen presión arterial, y mantenerse en posición sedente por largos lapsos de tiempo complica los problemas asociados a la propia discapacidad motriz. [13]

Samira Asgari, junto a un equipo de investigadores de la escuela de medicina de Harvard (HMS) en la revista "Nature" dicen haber identificado una variante genética relacionada con la estatura peruana, es el gen FBN1 (E1297G), la cual se asocia significativamente con la estatura más baja; la altura media de los peruanos es 1,65 metros en hombres y 1,53 para las mujeres.

En los estudios realizados y publicados se indica que, si solo se tiene una copia de la variante, son un promedio de 2,2 cm más bajos y los que cuentan con 2 copias, son un promedio de 4,4 cm más bajos. [14]

Sofia Gonzales Estrada, de la Universidad EIA-Colombia, en su trabajo de investigación titulado “sistema de asistencia a la propulsión para silla de ruedas convencionales”, menciona que una silla motorizada brinda veneficios en cuanto a su comodidad, movilidad e independencia, esto conlleva a una participación social y cultural [15].

Actualmente las personas que usan silla de ruedas comunes, tienen dificultades para cumplir algunas actividades y requieren de ayuda de otras personas, como por ejemplo al momento de elegir un producto que se encuentra en partes altas en los súper mercados, al momento de ir a las ventanillas de un banco, de una tienda, cuyas actividades comúnmente se realizan de manera erguida.

Los mecanismos de bipedestación han sido objeto de estudia durante los últimos años con la finalidad de reducir los costos, en el mercado nacional e internacional existen muchas variedades con dicho sistema, los cuales son de precios muy elevados, por lo que no todas las personas han sido beneficiadas con esta tecnología. Actualmente las personas que usan silla de ruedas comunes, tienen dificultades para cumplir algunas actividades y requieren de ayuda de otras personas, como por ejemplo al momento de elegir un producto que se encuentra en partes altas en los súper mercados, al momento de ir a las ventanillas de un banco, de una tienda, cuyas actividades comúnmente se realizan de manera erguida.

Entonces se podría decir que una silla que permita posición erguida a una persona con discapacidad le permitiría mejorar su calidad de vida, tanto intelectualmente como físicamente. así mismo ayudaría con su estado de ánimo, mejorando su autoestima, en la presente investigación se diseñó un mecanismo con las mismas capacidades de las existentes, dicho diseño podría ser construido en nuestra localidad, así mejorar la calidad de vidas de más personas con discapacidad de miembros inferiores.

1.2 Formulación del problema

Problema general

¿Cuál sería la configuración geométrica de la silla de ruedas electromecánica para sedestación, bipedestación y transporte de pacientes discapacitados de extremidades inferiores?

Problemas específicos

- ¿Qué cálculos matemáticos se realizarán para demostrar su estabilidad?
- ¿Cómo optimizar la prolongación de durabilidad de la carga de las baterías?
- ¿Qué materiales y de que dimensiones, permitirá ser segura y durable?

1.3 Hipótesis

Con el diseño del mecanismo electromecánico se pretende mejorar la calidad de vida de los usuarios, por lo que se apunta a un diseño apropiado, el cual permita una postura adecuada, tanto sentado como erguido, de tal manera que el usuario se sienta cómodo y pueda hacer su vida con menores limitaciones, sin intervención de otras personas. Al ser más independiente, se puede mejorar su autoestima, así valerse por sí mismo, sentirse y ser capaz de acceder a múltiples ocupaciones laborales.

1.4 Objetivos

Objetivos generales

Diseñar un sistema electromecánico móvil para sedestación, bipedestación y transporte de pacientes discapacitados de extremidades inferiores.

Objetivos específicos

- Elaborar una lista de exigencias en función a las necesidades que se requiere para el diseño del sistema electromecánico para sedestación y bipedestación de pacientes con discapacidad de extremidades inferiores.
- Seleccionar la solución óptima de diseño según la matriz morfológica y matriz de ponderados.

- Dimensionar el sistema electromecánico que permita ambas posiciones; sentado y de pie considerando las solicitaciones de cargas.
- Realizar simulación cinemática del sistema electromecánico.
- Elaborar un análisis de inversión.

1.5 Teorías relacionadas al tema

La organización internacional de normalización (ISO) ha elaborado normas internacionales para silla de ruedas, son conocidas como eso ISO 7176, el cual consta de 26 partes en los cuales se especifica tamaño, resistencia, durabilidad, estabilidad dinámica, así como también métodos de ensayo para evaluar el desempeño.

Las normas de prueba se pueden utilizar para determinar la vida útil por fatiga, los ángulos de inclinación estáticos, las distancias de frenado, Consumo de energía, capacidad para subir obstáculos y compatibilidad ambiental y electromagnética de la silla de ruedas.

Conceptos básicos:

Sedestación: Acción del cuerpo de estar sentado

Bipedestación: Acción del cuerpo al estar erguido (parado)

Tipos de mecanismos para el trasporte de personas con discapacidad de miembros inferiores:

- ***Silla de ruedas manuales***

Son las más usadas, están pensados para personas dependientes o moderadamente activas, ya que requiere de esfuerzo físico para desplazarse, son fáciles de usar tanto en interiores como exteriores.

- ***Silla de ruedas eléctricas***

Cuentan con un motor y una batería, están pensados para personas con movilidad reducida.

- ***Silla de ruedas de bipedestación***

Permiten ponerse de pie, pensado en los problemas psicológicos y físicos por estar todo el tiempo sentado, pueden ser manuales o eléctricas.

- ***Silla de ruedas para deportes***

Estas sillas cuentan con estructuras ligeras, cuentan con estabilidad mejorada para giros bruscos.

- ***Sillas de ruedas bariátricas***

Están pensados en personas con sobrepeso tienen una estructura reforzada.

- ***Sillas de ruedas que suben escaleras***

Pensados en eliminar la limitación de los escalones, existen las que suben sin ayuda de un tercero y las que necesitan de ayuda.

Elementos de una silla de ruedas convencional y de bipedestación

En la siguiente tabla se describe los elementos tanto de sillas convencionales como de bipedestación.

Tabla 1

Elementos de una silla de ruedas

Elemento	Descripción	
Asiento	Permite sentarse al paciente, también tiene la función de sujetar al usuario en posición erguida.	Tela: recomendado para usos temporales. Solido: estos pueden estar rellenos de espuma y tapizados, tienen como objetivo el uso permanente.

Espaldar (Respaldo)	Tiene como función asegurar la comodidad postural en posición de sedestación, en posición de bipedestación tiene la función de sujetar y mantener en equilibrio al usuario.	Tela: recomendado para usos temporales. Solido: estos pueden estar rellenos de espuma y tapizados, tienen como objetivo el uso permanente.
Apoya pies (pisaderas)	Ofrece al usuario apoyo para los pies, debe mantener un espacio libre con respecto al suelo para evitar accidentes.	
Apoya brazos	Protege el brazo y evita fatiga física, también tiene la función de sostener el control de mando en las sillas de propulsión eléctricas.	
Reposa piernas	Tiene como función mantener los pies sobre las pisaderas, para lo cual cuenta con correas a altura de las pantorrillas.	
Mango de empuje	Se utiliza cuando otra persona ayuda al discapacitado a desplazarse en la silla de ruedas.	
Ruedas delanteras	En las sillas convencionales tienen como función la dirigir el desplazamiento. En las sillas de propulsión eléctrica estas ruedas pueden ser propulsoras o dirigibles.	
Ruedas traseras	En las sillas convencionales tiene como función la propulsión, para lo cual debe estar en posición que permita el movimiento. En las sillas de propulsión eléctrica, estas ruedas pueden ser propulsoras o dirigibles.	
Chasis	Es la estructura principal, tiene como función soportar el peso de la persona, así como también todos los componentes del mecanismo.	
Mecanismo de elevación.	Es el mecanismo que permite cambiar de posición ya sea de manera manual o eléctrica, mediante sistema de engranajes, o hidráulicamente.	

Llanta delantera	Varían según el modelo comúnmente son más pequeñas que las posteriores.
ruedas traseras	Frecuentemente son grandes en las manuales y más pequeñas en las eléctricas.
Agarradera para trasporte manual	Permite que el usuario realice el giro de las llantas, para el desplazamiento.
Motor	Varían según el modelo, tiene como función el desplazamiento y la bipedestación y sedestación, son de carácter eléctrico, necesitan un batería.

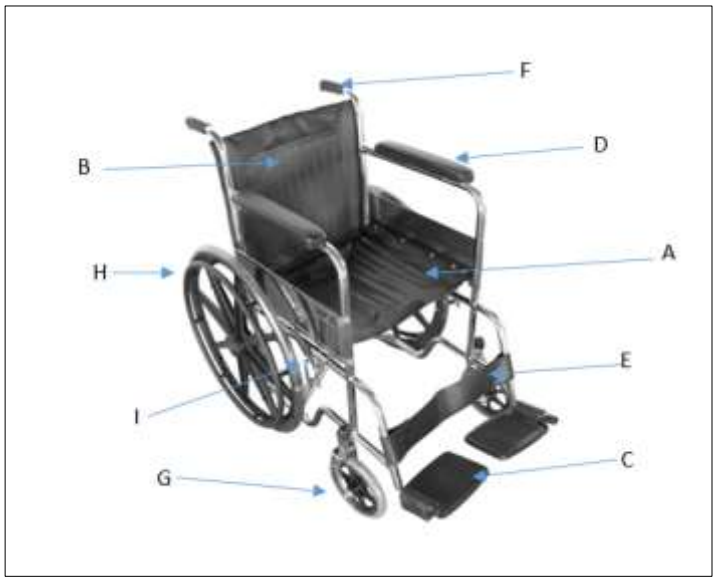
Nota. Esta tabla contiene los componentes con su respectiva descripción de una silla de rueda. *Elaboración propia*

- **Elementos de una silla de ruedas convencional**

En la siguiente imagen se aprecia los elementos de una silla de ruedas manual, cuya función principal es la sedestación y el desplazamiento del paciente.

Figura 1

Elementos de una silla de ruedas convencional



Nota. Esta imagen muestra los elementos de una silla de ruedas convencional. Imagen tomada de *Medhome.com*

Elementos:

A. Asiento
B. Espaldar
C. Reposapiés
D. Reposa brazos
E. Reposa piernas
F. Mangos de empuje
G. Ruedas delanteras o giratorias
H. Ruedas traseras o propulsoras
I. Frenos

- **Elementos de una silla de ruedas de bipedestación**

Figura 2

Elementos de una silla de bipedestación

Nota. Esta figura muestra los elementos de una silla de bipedestación. Imagen tomada de *Ortoweb*

Elementos:

1. Chasis.
2. Soporte de elevación.
3. Espaldar.
4. Reposabrazos.
5. Mecanismo de elevación.
6. Asiento.
7. Llanta delantera.

8. ruedas traseras.
9. Agarradera para trasporte manual.
10. Motor.
11. Pisadera
12. Reposa pierna

Centro de gravedad de una silla de ruedas.

El centro de gravedad es el punto en el cual actúan las fuerzas resultantes por la atracción de la gravedad. En el ser humano esta resultante varía según las características antropométricas y según la posición de la persona.

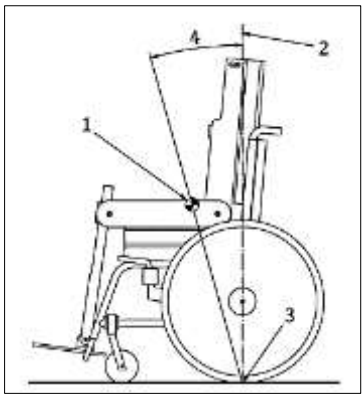
Una silla de ruedas se dice que es estable cuando el centro de gravedad se encuentra dentro del área limitada por los puntos de contacto de las ruedas con el suelo, el centro de masa varía según el plano en el que se encuentre.

El centro de gravedad en un plano recto se encuentra en la parte central esto permite que el centro de gravedad se mantenga dentro del área limitada a diversas posiciones inclinadas.

El mantener el centro de gravedad en el centro del área limitada garantiza una buena estabilidad, pero aumenta el rozamiento de las ruedas dirigibles, por lo que este centro comúnmente se encuentra más próxima a las ruedas traseras.

Figura 3

Centro de gravedad de una silla de ruedas



Nota. esta imagen muestra es centro de gravedad de una silla de ruedas convencional. Imagen tomada de *ISO 7176 - 1.*

Centro de gravedad en seres humanos

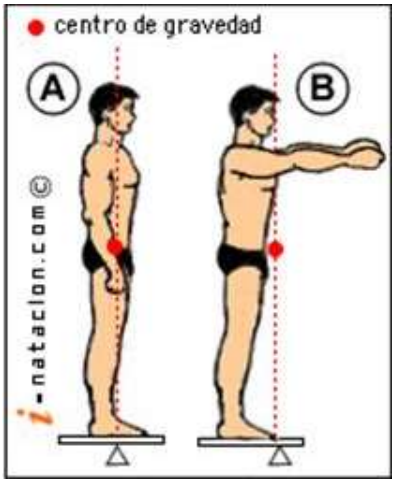
El centro de gravedad (CG) representa el punto hipotético en el cual se centra toda la masa del cuerpo humano, puesto que el ser humano representa un cuerpo asimétrico con respecto a su peso al referirse al tronco y extremidades, el centro de gravedad se encontrará hacia el extremo más pesado.

El centro de gravedad en el cuerpo se ubica aproximadamente en la posición anterior de la segunda vertebra en el sacro. [16]

El centro de gravedad no solo depende de la masa corporal, también depende de los movimientos de las extremidades, y a la adición de masas externas.

Figura 4

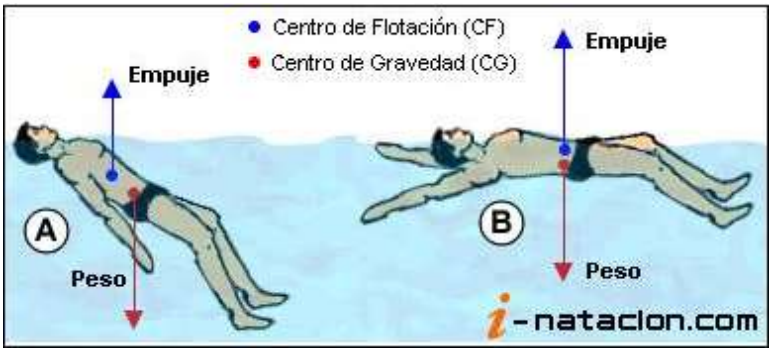
Centro de gravedad en el cuerpo humano en bipedestación



Nota. Esta figura muestra el desplazamiento del CG en posición de bipedestación, en posición A, con los brazos rectos y posición B, con los brazos hacia adelante, figura tomada de *Biofisicaupla.*

Figura 5

Centro de gravedad en el cuerpo humano inclinado



Nota. Esta figura muestra 2 cuerpos sumergidos e inclinado, mostrando el desplazamiento del CG. Figura tomada de *Biofisicaupla*

Medidas antropométricas

La antropometría es el estudio de las dimensiones del cuerpo humano, tiene como objetivo describir las características físicas, evaluar y monitorizar el crecimiento, nutrición y balance entre nuestra grasa corporal y nuestra masa muscular, con el fin de establecer diferencia entre individuos.

Las medidas antropométricas son importantes en el proceso de diseño, puesto que permiten diseñar considerando los espacios del cuerpo humano, de tal modo que permita la disminución de riesgos ergonómicos resultante de posiciones inadecuadas.

- **Antropometría en la historia**

El interés en conocer las medidas y proporciones del cuerpo humano, no es reciente, desde épocas muy antiguas los pintores y escultores desarrollaron reglas antropométricas.

Los egipcios fueron los primeros en establecer un sistema de representación de imágenes de modo canon, que prefijaban las bases para las creaciones artísticas, el sistema se basa en cuadriculas, usando el puño como lado equivalente del cuadro de las cuadriculas, de modo que la altura del cuerpo equivalía a 18 veces el tamaño del puño.

Durante la Grecia clásica el escultor Policleto estableció reglas de proporcionalidad, en su libro titulado “Canon”, él fue ejemplificado en esculturas tomando como modulo la cabeza, la altura del cuerpo equivale a 8 veces el taño de la cabeza.

Durante el renacimiento, los artistas como Alberto Durero y Leonardo da Vinci, representaron un canon que permite mayor expresión y mayor refinamiento óptico.

Leonardo da Vinci a fines del siglo XV plasmo los principios clásicos de la proporción humana a partir de textos de Marco Vitruvio, mediante un dibujo describe las proporciones ideales del cuerpo humano.

Alberto Durero, probablemente estableció las bases para la antropometría física moderna en su libro titulado “los cuatro libros de la medida” en donde se indica realizar medidas al cuerpo humano mediante construcciones geométricas usando compas y regla.

En la edad contemporánea Le Corbusier creo un nuevo canon que busca la relación matemática de las proporciones de cuerpo humano, las medidas parten de un hombre con las manos levantadas a una altura de 2,26 m, es una búsqueda antropométrica en la cual cada magnitud se relaciona con la anterior por el número áureo, en su libro “Modulador”, con la finalidad de que sirviese en la arquitectura como medida base.

- **El hombre de Vitrubio**

Es un dibujo realizado por Leonardo da Vinci alrededor de 1942, el cual está acompañado de anotaciones anatómicas en escritura especular en uno de sus diarios.

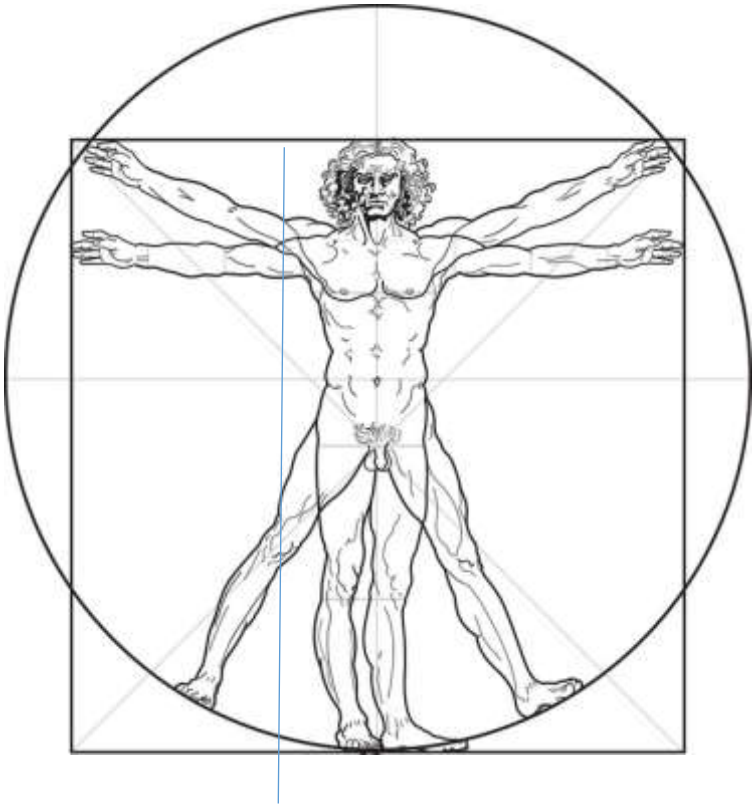
- La palma equivale al ancho de cuatro dedos.
- Un pie equivale al ancho de 4 palmas.
- Un antebrazo equivale al ancho de 6 palmas.
- La altura de un hombre son 4 antebrazos, 24 palmas.
- Un paso es igual a un antebrazo.

- La longitud de los brazos extendidos es igual a su altura.
- La palma de la mano mide lo mismo que el dedo medio.
- La cara, la distancia desde la barbilla hasta la parte más alta de la frente donde están las raíces del pelo, es una décima de la altura total.
- La cabeza, desde la barbilla hasta la coronilla, mide una octava parte de todo el cuerpo.
- Desde el esternón hasta las raíces del pelo equivale a una sexta parte de todo el cuerpo.
- La distancia entre el nacimiento del pelo a la parte superior del pecho es un séptimo la altura de un hombre.
- la altura desde la parte media del pecho (pezones) hasta la coronilla es una cuarta parte de todo el cuerpo.
- La distancia desde el mentón a la base de la nariz, es la tercera parte del rostro.
- La medida de la frente es la tercera parte del rostro.
- La anchura máxima de los hombros es un cuarto de la altura de un hombre.
- La distancia del codo al extremo de la mano es un quinto de la altura de un hombre.
- La distancia del codo a las axilas es un octavo de la altura de un hombre.
- La longitud de la mano es un décimo de la altura del hombre.
- La distancia de la barbilla a la nariz es un tercio de la longitud de la cara.
- La distancia entre el nacimiento del pelo y las cejas es un tercio de la longitud de la cara.
- La altura de la oreja es un tercio de la longitud de la cara.
- La distancia desde la planta del pie hasta debajo de la rodilla es la cuarta parte del hombre.
- La desde debajo de la rodilla hasta el inicio de los genitales es la cuarta parte del hombre.
- El inicio de los genitales marca la mitad de la altura del hombre.

- El ombligo es la parte central del cuerpo humano, cuando se tiene las manos y los pies estirados.

Figura 6

El hombre de Vitrubio



Nota. El hombre de Vitrubio, un dibujo realizado por Leonardo da Vinci, dibujo donde muestra las proporciones del cuerpo Humano, esta imagen fue tomada de *https://www.culturagenial.com/es/hombre-de-vitruvio-leonardo-da-vinci/*

Consideraciones biomecánicas

- **Tamaño de asiento**

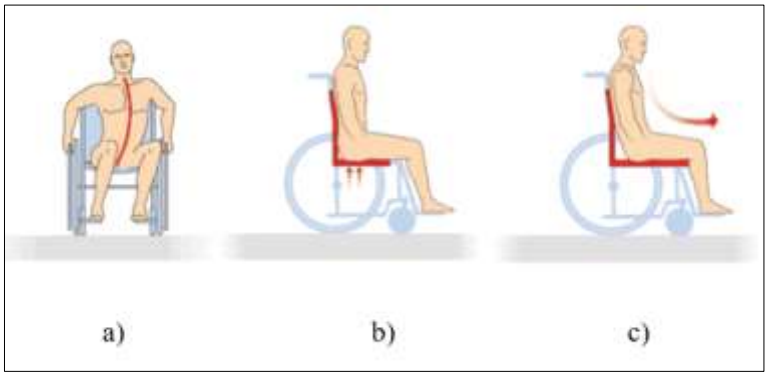
El tamaño correcto asegura una distribución correcta del cuerpo, aliviando la presión y optimizando la estabilidad del usuario.

a) Un asiento demasiado ancho origina que el usuario se sienta asimétricamente, es decir inclinado hacia un lado, y si es demasiado estrecho aumenta la presión, así como el riesgo a que se produzcan escaras.

b) Si el asiento es demasiado corto, se produce concentración de presión en la parte de las nalgas a causa del propio peso.
c) Si es demasiado largo, el usuario puede sufrir dolores y deformaciones de la columna, al producirse tensión en la zona poplítea (detrás de la rodilla), lo cual impide que el usuario use el respaldo correctamente.

Figura 7

Medida de asiento



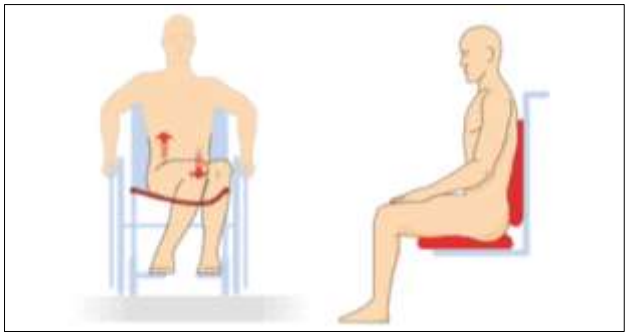
Nota. Figura tomada de *https://www.sunrisemedical.es*

- **Forma del asiento**

Debido a que el usuario pasa mucho tiempo sentado, en necesario que el asiento sea firme y este nivelado, los cojines deben adaptarse a la forma humana para mantener una buena postura.

Figura 8

Forma de asiento



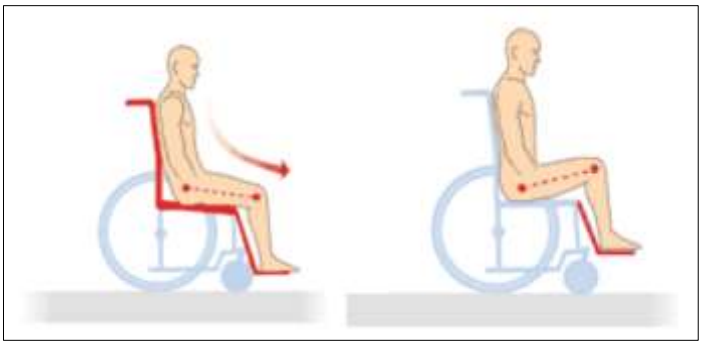
Nota. Imagen tomada *https://www.sunrisemedical.es*

- **Soporte para los pies, longitud de pantorrillas**

La altura y el ángulo, del soporte para pies también son importante, es recomendable que sean de 90 grados, y que sean ajustables. Si es demasiado bajo (lejos del asiento), origina que el usuario se deslice originando mala postura con el respaldar, si es demasiado alto (cerca al asiento) las rodillas estarán más altas que las caderas, esto aumentara la presión sobre las nalgas.

Figura 9

Longitud de pantorrillas



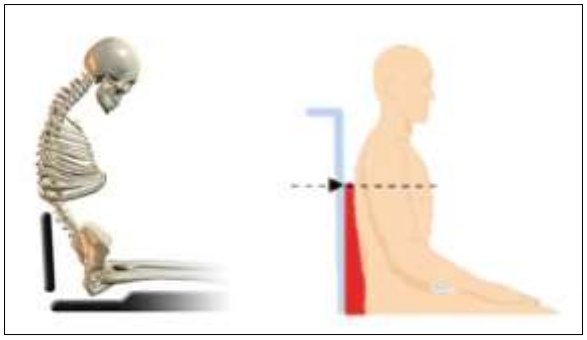
Nota. Figura tomada de *https://www.sunrisemedical.es*

- **Altura de respaldo**

Si el respaldo es demasiado bajo, no podrá sostener la columna vertebral, el asiento debe ser lo suficiente alto para sostener la región lumbar superior, por encima de este nivel depende de la necesidades o preferencias.

Figura 10

Altura de respaldo



Nota. figura tomada de *https://www.sunrisemedical.es*

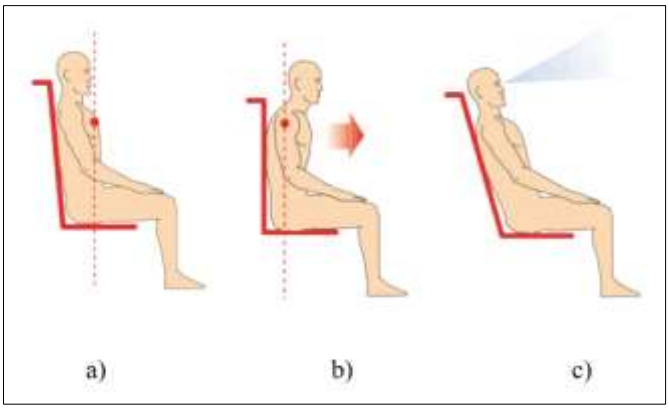
- **Forma de respaldo y ángulo**

Un respaldo debe ser cómodo para usuario, facilitando una postura adecuada para la columna vertebral, debido a que esta no es plana es necesario que el respaldo permita el apoyo de la zona lumbar.

a) El ángulo correcto permite que la fuerza de gravedad recaiga sobre el pecho, esto ayuda a mantener la estabilidad, la OMS recomienda 100º de inclinación con respecto al asiento.
b) Un ángulo recto hace que las fuerzas caigan sobre los hombres, esto origina que el usuario se incline hacia adelante.
c) Si es demasiado inclinado reducirá el campo visual, siendo incómodo para el usuario.

Figura 11

Forma de respaldo y Angulo



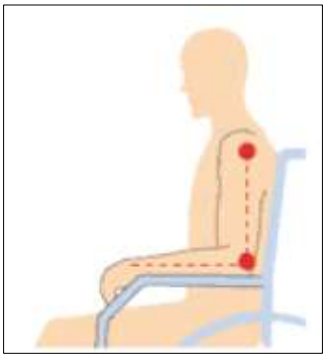
Nota. Figura tomada de *https://www.sunrisemedical.es*

- **Soporte de brazos**

Los reposabrazos permiten el descanso de los brazos y músculos del cuello. La altura adecuada permite que los codos queden a 90º.

Figura 12

Soporte de brazos



Nota. Figura tomada de *https://www.sunrisemedical.es*

Toma de medidas.

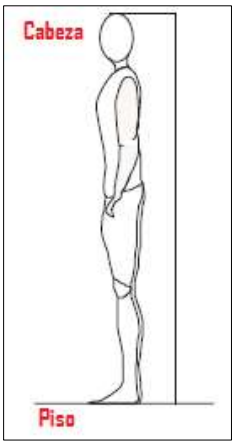
Las medidas antropométricas se pueden tomar de distintas maneras, frecuentemente es de forma manual. Para la medida de las extremidades se puede realizar con una cinta métrica.

- **Estatura:**

Es la medida máxima desde la cabeza hasta el plano del suelo, para la toma de medidas es necesario que la persona a medir este en postura erguida.

Figura 13

Estatura



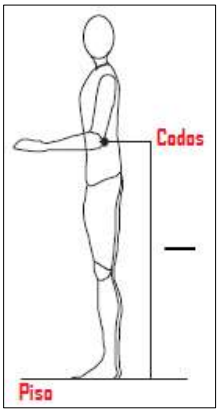
Nota. Figura tomada de *Antropometría*

- **Altura de codos, erguido:**

Es la distancia vertical, medida a la persona en posición erguida, corresponde desde el plano del suelo hasta la depresión del codo, cuando la persona tiene el brazo paralelo al tronco y esta forma un ángulo de 90º con el antebrazo.

Figura 14

Altura de codo erguido



Nota. Figura tomada de *Antropometría*

- **Altura espina iliaca:**

Es la distancia vertical media entre la espina iliaca ante inferior (comienzo de los genitales) (espina iliaca) y el plano del suelo, para tomar esta medida la persona a medir debe estar erguida.

Figura 15

Altura espina iliaca

Nota. Figura tomada de *Antropometría*

- **Altura del codo, sentado:**

Es la medida de la altura vertical desde el suelo hasta el codo, para tomar esta medida, es necesario que la persona a medir se encuentre sentado formando un ángulo de 90º con el muslo y la perna, del mismo modo el brazo y el antebrazo, así mismo el brazo debe estar perpendicular al tronco.

- **Ancho de hombros:**

Es la medida que corresponde desde hombro a hombro, para tomar esta medida los brazos deben estar rectos horizontalmente.

Medidas descriptivas de la antropometría

a) Centralización

- **Moda:** son los datos que más se repiten

1.55 $\boxed{1.65}$ $\boxed{1.65}$ $\boxed{1.65}$ 1.67 1.68 1.70 1.72 1.74 1.75

Moda : 1.65

- **Media aritmética:** es la suma de los datos divididos entre la cantidad de sí mismos.

$$\frac{1.55 + 1.65 + 1.65 + 1.65 + 1.67 + 1.68 + 1.70 + 1.72 + 1.74 + 1.75}{10}$$

Media = 1.676

- **Mediana:** es el dato central.

1.55 1.65 1.65 1.65 $\boxed{1.67 \quad 1.68}$ 1.70 1.72 1.74 1.75

Mediana: 1.675

b) Dispersión

- **Desviación estándar:** Mide la separación de los datos.

$De = \sqrt{\delta}$

- **Varianza:** Es la media aritmética de las diferencias con la media aritmética elevada al cuadrado

$$\delta^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

Donde:

δ = varianza

x_i = valores de muestras

n = número de muestras

$\bar{x}$ = es la media aritmética

c) Posición

Percentiles

Percentil 5: Es el valor debajo del cual se encuentran el 5% de los datos

$$5\ porcentil = media - ((desviacion\ estandar)(1{,}645))$$

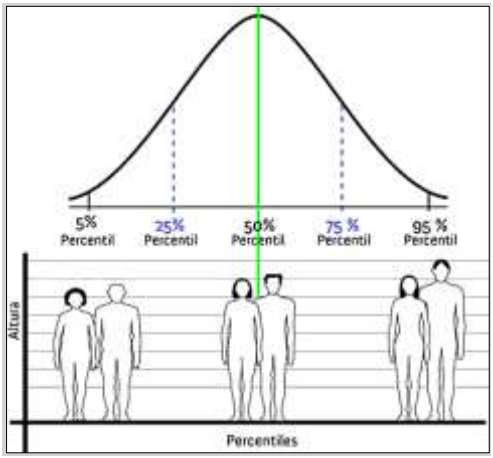
Percentil 95: Es el valor debajo del cual se encuentran el 95% de los datos.

$$95\ porcentil = media + ((desviacion\ estandar)(1{,}645))$$

Percentil 50: Es equivalente a la media aritmética.

Figura 16

Percentiles



Nota. Figura tomada de *UAEM*

Sillas de bipedestación existentes en el mercado.

En los siguientes puntos se tomaron en cuenta 4 modelos de sillas para bipedestación, existen muchos modelos actualmente (2023), los modelos considerados cuentas con diferentes funciones como son:

- Desplazamiento manual con bipedestación-sedestación eléctrica.
- Desplazamiento, sedestación-bipedestación y de cúbito eléctrica.
- Desplazamiento y sedestación-bipedestación eléctrica.
- Desplazamiento y sedestación-bipedestación manual.

- **Invacare Action Vertic**

Silla de ruedas de desplazamiento manual, con bipedestación eléctrica, pensado en poner de pie a los usuarios conservando energía para desplazarse. Al ponerse de pie simula el movimiento natural del cuerpo. Cuenta con un chasis de aluminio, ligero y compacto.

Datos técnicos:

- Ancho de asiento = 38 a 48 cm
- Ancho total = 19 cm + ancho del asiento
- Largo total = 98 cm
- Peso total = 27 Kg
- Peso máximo de Usuario = 115 Kg

Figura 17

Invacare Action Vertic

Nota. figura tomada de *Ortoweb*

- **Navix SU**

Silla totalmente eléctrica diseñada para personas con movilidad reducida, para uso en interiores y exteriores, cuanta con un motor de 220W. Permite tres posiciones, sedestación, bipedestación y de cúbito.

Datos técnicos:

- Anchura útil del asiento: 450mm.
- Anchura total (depende de la anchura del reposabrazos: mínima): 670mm.
- Velocidad máxima (limitada en posición de bipedestación): 6km/h.
- Autonomía*: Aprox. 32km (50Ah)
- Longitud total (con la paleta del reposapiés desplegada): 1090mm
- Altura total (en posición de sentado): 1040mm
- Altura total (en posición de bipedestación): 1570mm.
- Peso total: 122kg
- Peso máximo que soporta: 130kg.

Figura 18

Navix SU

Nota. Figura tomada de *Ortoweb*

- **Permobil F5 VS Corpus**

Silla eléctrica, con tracción delantera, cuanta con suspensión independiente en cada una de las ruedas, también con un sistema inteligente antivuelco.

Datos técnicos:

- Peso máximo del usuario =136 Kg
- velocidad Máxima = 12 Km/h
- Autonomía = 25/35 Km
- Ancho de chasis = 650 mm
- Longitud de chasis = 950/1050 mm
- Espacio de giro = 1200 mm
- Peso total = 187 Kg

Figura 19

Permobil F5 VS Corpus

Nota. figura obtenida de *Ortoweb*

- **Leo II – The Lightest Standing Wheelchair**

Esta silla es manual en su totalidad, permite el desplazamiento como una silla convencional, para el cambio de sedestación a bipedestación y viceversa el usuario debe hacer uso de sus brazos, utilizando como apoyo las coderas, el cual

cuenta con palancas que permite el enganche y desenganche para cambiar la posición. Es considerado la silla de ruedas más liviana.

Datos técnicos:

- Ancho de asiento = 41 a 46 cm
- Profundidad de asiento = 46, 48 y 51 cm
- Altura de asiento = 52 cm
- Altura de respaldo = 36 a 46 cm
- Peso total = 27 kg

Figura 20

Leo II Lightest Standing Wheelchair

Nota. Figura tomada de *Advanced Mobility Technology*

DE SEDESTACIÓN A BIPEDESTACIÓN

Figura 21

De sedestación a bipedestación

Nota. Esta imagen fue tomada de *Ortopediaslivio*

El diseño

El diseño es una actividad que requiere comunicación en el cual puede usarse tanto palabras como imágenes, tal como boceto, bosquejo o esquemas, los cuales se pueden realizar mentalmente o en un soporte material.

Diseñar es formular un plan para la satisfacer una necesidad específica o resolver un problema. Si el diseño tiene como objetivo la creación de algo físico real, entonces el producto debe ser funcional, competitivo, confiable, útil, que pueda fabricarse y comercializarse.

Modelamiento matemático de la silla de ruedas

Para el modelamiento matemático se requiere de las leyes de Newton ya que se estudia los cuerpos en movimiento y en reposo.

Primera ley de Newton o ley de inercia.

Todo cuerpo permanece en su estado de reposo, a menos que una fuerza actué sobre él cambiando su estado.

$$\sum F = 0 \leftrightarrow \frac{dV}{dt} = 0$$

Segunda ley de Newton o ley fundamental de la dinámica

Toda fuerza aplicada a un cuerpo es directamente proporcional a la masa y a la aceleración.

$$\sum F = ma$$

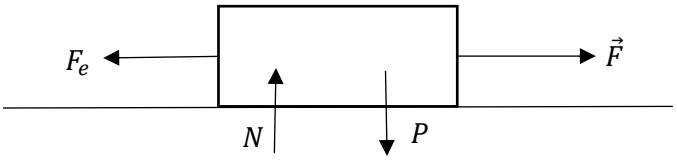
Tercera ley de newton o principio de acción y reacción

Cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, este responde con una fuerza de la misma magnitud, pero en sentido opuesto.

$$F_{ab} = -F_{ba}$$

Fuerza de rozamiento

Fuerza de rozamiento estático. Es la fuerza que se presenta entre superficies que se encuentran reposo.



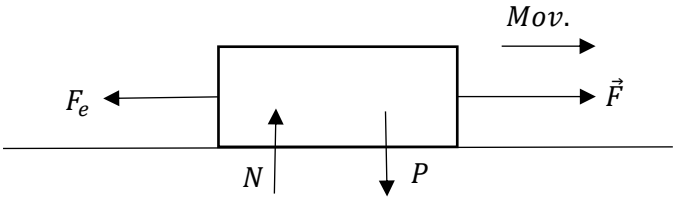
$$F_e = \mu_e N$$

F_e= Fuerza de rozamiento estático.

μ_e= Coeficiente de rozamiento

N= Fuerza normal

Fuerza de rozamiento cinético. Es la fuerza que se presenta cuando hay movimiento de un cuerpo respecto a otro.



$$F_c = \mu_c N$$

F_c= Fuerza de rozamiento cinético.

μ_c= Coeficiente de rozamiento

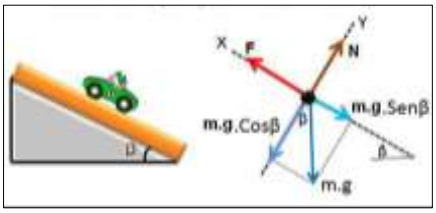
N= Fuerza normal

Diagrama de cuerpo libre (DCL)

Se denomina DCL a la descomposición en forma de vectores de las fuerzas que ejercen sobre un cuerpo.

Figura 22

Diagrama de cuerpo libre



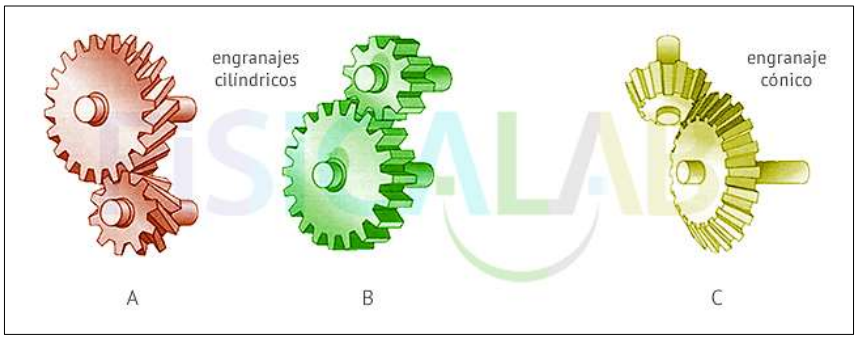
Nota. Imagen tomada de *Física mecánica.com*

Relación de trasmisión de los engranajes

Existen diversos tipos de engranajes de entrada y de salida como son paralelos, perpendiculares y oblicuos.

Figura 23

Tipos de engranajes



Nota. Imagen tomada de *Física Lab*

A. E. cilíndrico con dientes helicoidales
B. E. cilíndrico con dientes paralelos
C. E. cónicos con dientes paralelos

Relación de transmisión

$$\boldsymbol{i} = \frac{\boldsymbol{N_s}}{\boldsymbol{N_e}}$$

Donde:

$\boldsymbol{i}$ **=** relación de trasmisión

$\boldsymbol{N_s}$ **=** velocidad de giro del engranaje en la salida

$\boldsymbol{N_e}$ **=** velocidad de giro del engranaje de entrada

$$\frac{\boldsymbol{N_s}}{\boldsymbol{N_e}} = \frac{\boldsymbol{Z_e}}{\boldsymbol{Z_s}}$$

Donde:

$\boldsymbol{Z_e}$ **=** Nº de dientes en el engranaje de entrada

$\boldsymbol{Z_s}$ **=** Nº de dientes en el engranaje de salida

Cálculo de tensión, compresión y corte

- Cuando la barra se estira por las fuerzas P, son esfuerzos de tensión.
- Cuando las fuerzas comprimen la barra se denomina esfuerzos de compresión.
- Cuando las fuerzas actúan en forma perpendicular a la barra se denominan esfuerzos normales.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde:

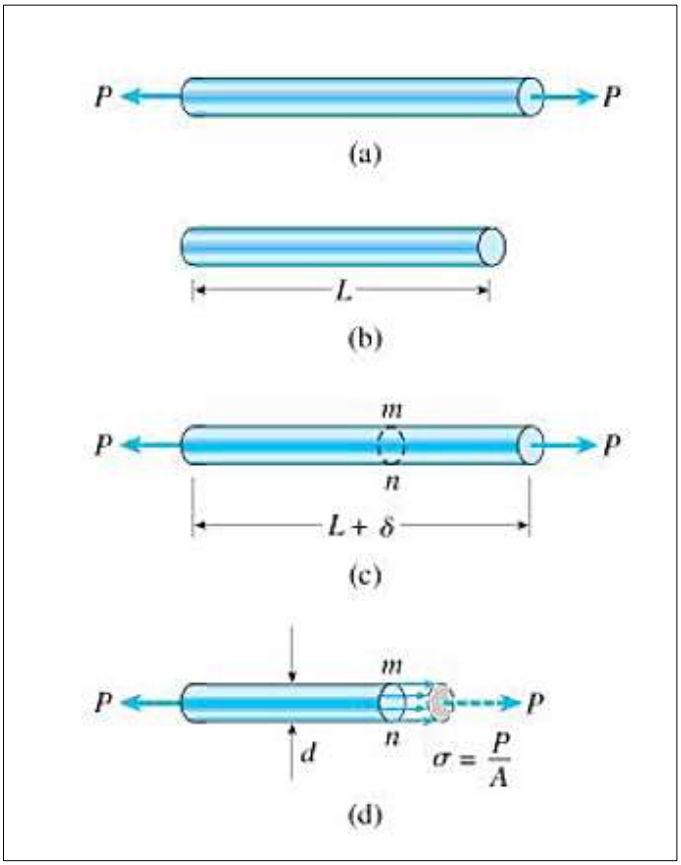
σ = esfuerzo por unidad de area

P = fuerza aplicada

A = área de la sección traversa de la barra

Figura 24

Esfuerzos en vigas



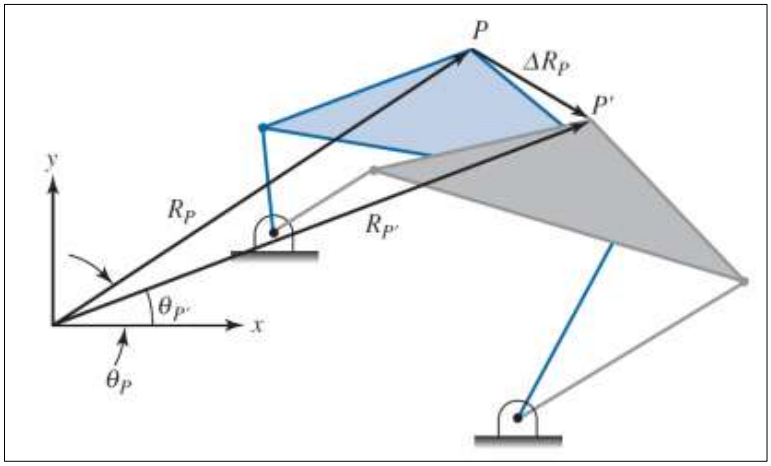
Nota. Figura tomada de *Física Lab*

Análisis de posición y desplazamiento

Tiene como propósito principal analizar el movimiento de los mecanismos que se encuentran unidos por un punto común, al aplicar una fuerza en un elemento, este conduce la fuerza hacia otro elemento, variando o manteniendo, la velocidad, ángulo y fuerza.

Figura 25

Análisis de posición y desplazamiento



Nota. Figura tomada de *Arosema*

II. MATERIALES Y MÉTODO

El mecanismo estará diseñado a base de las normas técnicas peruanas (NTP) e internacionales, como es la norma española, Art 12 del Real Decreto (RD) 1591/2009.

Para la selección de los materiales y el dimensionamiento de las piezas mecánicas se realizarán cálculos matemáticos, así como diagrama de cuerpo libre de las piezas que componen dicho mecanismo, así como también el diseño en 2D y 3D en AutoCAD y SolidWorks para analizar las fuerzas y la flexión.

Mediante cálculos matemáticos se determinará la fuerza requerida para la posición de sedestación a bipedestación con el usuario sobre el mecanismo.

El diseño debe ser amigables y moderno, resistente y confiable, puesto que se busca mejorar la autoestima con un diseño relacionado a los que se encuentran en el mercado nacional e internacional.

2.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación es de tipo cuasi experimental, puesto que se toma como referencia un determinado grupo natural que cuente con las características necesitadas para la presente investigación, se requiere personas con discapacidad de extremidades inferiores, para determinar cualidades físicas, de tal manera que se pueda tener resultados aproximados para poder dimensionar el mecanismo, así mismo este método nos permite conocer sus inquietudes, malestares, y como les gustaría su silla de ruedas, de tal manera que permite diseñar de acuerdo a sus necesidades, logrando así un diseño aproximado a una silla de ruedas apropiada.

El diseño es no experimental y descriptivo, ya que no se está manipulando la variable (personas con discapacidad de miembros inferiores), la investigación se realiza sin intervención, se toma datos sobre su contexto natural, es decir en su vida cotidiana.

2.2 Variables, operacionalización

Variable independiente

Diseño de un equipo electromecánico para sedestación y bipedestación.

Variable dependiente

Pacientes con discapacidad de miembros inferiores.

Operación de variables

Tabla 2

Operación de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Técnica e instrumento de recolección de dato
Independiente: Diseño de un equipo electromecánico para sedestación y bipedestación	Peso máximo soportado	kg	Encuesta
	Medidas aproximadas de los usuarios	cm	Encuesta
	Velocidad máxima	15 km/h	Revisión bibliográfica (ISO 7176)
	Potencia	250w	Calculo mecánico
	Angulo de desplazamiento	12º	Normativa peruana
Dependiente: Pacientes con discapacidad de miembros inferiores	Tamaño	m	Encuesta
	peso	Kg	Encuesta

Nota. Esta tabla muestra las variables dependientes e independientes, tabla de *elaboración propia*.

2.3 Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

Población y Muestra.

En el año 2017, el instituto de estadística e informática (INEI), realizo la encuesta nacional especializada sobre discapacidad (ENEDIS), en el cual se ubican un total de 485 mil 211 personas con dificultades para mover o caminar, usar brazos y piernas.

Población con discapacidad por sexo, según tipo de discapacidad.

Figura 26

Población con discapacidad por sexo según tipo de discapacidad

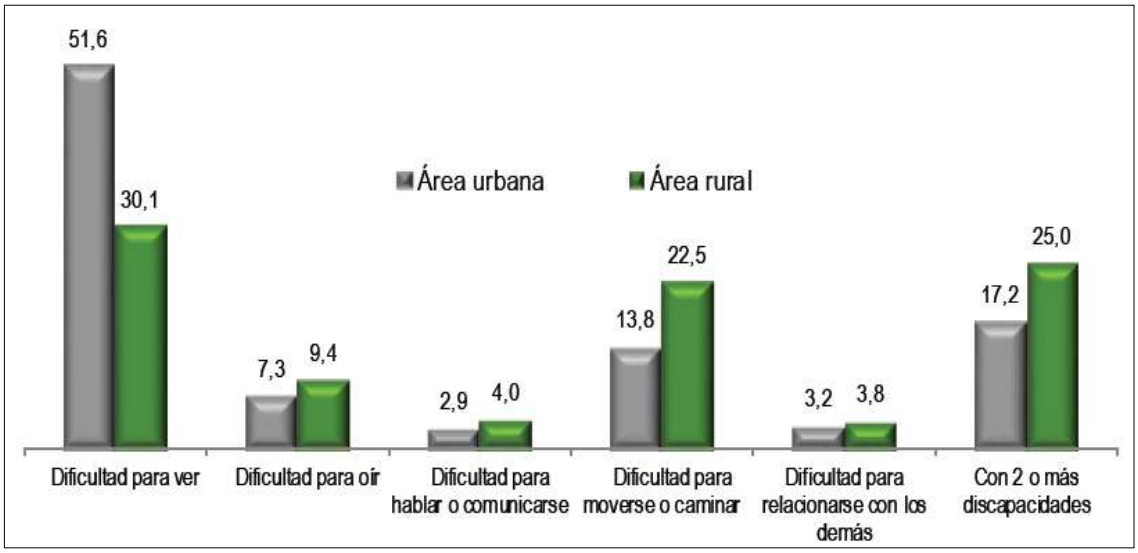
Tipo de discapacidad	Población con discapacidad		Sexo			
			Hombre		Mujer	
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%
Total	**3 209 261**	**100,0**	**1 388 957**	**100,0**	**1 820 304**	**100,0**
Con 1 discapacidad	**2 618 026**	**81,6**	**1 128 561**	**81,3**	**1 489 465**	**81,8**
Dificultad para ver	1 550 196	48,3	608 124	43,8	942 072	51,8
Dificultad para oír	243 486	7,6	135 780	9,8	107 706	5,9
Dificultad para hablar o comunicarse	98 979	3,1	58 531	4,2	40 448	2,2
Dificultad para moverse o caminar	485 211	15,1	208 990	15,0	276 221	15,2
Dificultad para entender o aprender	135 210	4,2	62 362	4,5	72 848	4,0
Dificultad para relacionarse con los demás	104 943	3,3	54 773	3,9	50 170	2,8
Con 2 o más discapacidades	**591 235**	**18,4**	**260 396**	**18,7**	**330 838**	**18,2**

Nota. Figura de tabla que muestra el tipo de discapacidad y el porcentaje según el tipo, esta figura fue tomada de, *INEI-censos nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.*

Población por tipo de discapacidad, según área de residencia

Figura 27

Población por tipo de discapacidad según residencia (porcentaje)



Nota. Esta Figura muestra el porcentaje en área urbana y área rural, según tipo de discapacidad, imagen tomada de *INEI-censos nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.*

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Recolección de datos

Se realizará encuestas a personas con discapacidad de miembros inferiores en el departamento de Lambayeque con la finalidad de obtener medidas promedio de los usuarios, para el dimensionamiento de la silla de ruedas de sedestación y bipedestación.

Instrumentos:

Encuestas:

Es un procedimiento descriptivo que recopila datos mediante un cuestionario. Los datos se opinen realizando un conjunto de preguntas.

Tipos de encuestas:

Encuestas descriptivas. Estas encuestas registran las actitudes o condiciones presentes de una población en el momento que se realiza la encuesta.

Encuestas analíticas. Tiene como objetivo explicar y describir un problema para encontrar la mejor solución.

Entrevista:

Este procedimiento se realiza mediante un dialogo entre dos personas, el entrevistador formula las preguntas y el entrevistado las responde.

Validez y confianza

Para validar los datos adquiridos, se comparará los datos adquiridos con datos de otras investigaciones, así como las medidas de las sillas de ruedas existentes.

2.5 Procedimiento de análisis de datos

Se hará uso de métodos de estadística, cálculo de la media aritmética con el fin de obtener un diseño agradable y ajustable al usuario por lo que es de suma importancia la obtención de las medidas antropométricas.

En el Perú no se cuenta con medidas estándares (normalizadas) para el diseño y fabricación de las sillas de ruedas, así como tampoco con estudios de medidas antropométricas. Los modelos existentes en nuestro país están diseñados según las medidas antropométricas del país de dichos mecanismos.

Tabla 3

Comparación de medidas de silla de ruedas disponibles en el mercado

Estructura	Gráfico de medidas	Modelos				
		Invacare Action Vertic	Navix SU	Permobil F5 VS Corpus	Leo II Lightest Standing Wheelchair	XO-202 Power Standing Wheelchair
Ancho del asiento (cm)		38-43-48	45	42 - 57	35.5 – 40.5 – 45.5	35.5 – 40.5 – 45.5
Altura del asiento (cm)		50	47	45	52	63.5
Profundidad de asiento (cm)		41 - 46 - 51	45 -50	37 - 57	45.5 – 48 – 50.5	45.5 – 48 – 50.5
Altura de reposabrazos (cm)		15 - 23	24 – 35	18.5 - 32	-	22
Altura de respaldo (sin cojín) (cm)		32-47,5	61	47 - 54.5 - 67	35 - 45	48.2
Regulación de reposa piernas (cm)		40.5 – 46	36.5 – 46.7	-	44.5 - 52	-
Altura de verticalización(cm)		136	157	-	-	-
Altura total sentado(cm)		86.5	104	-	85 - 95	101.6
Anchura total (cm)		57 – 62 - 67	67	65	65.5 – 70.6	63.5 – 67.3
Largo total (cm)		84 – 98	109	95 – 105	101.6	101.6
Largo sin reposa pie (cm)		34 – 48	-	-	-	-

Nota. Esta tabla muestra los modelos de sillas de ruedas con sus respectivas medidas y pesos disponibles en el mercado, esta tabla es de *elaboración propia*.

Estatura peruana

El Perú se encuentra entre los países con personas más bajas del mundo, así lo demostraron los investigadores Samira Asgari y Soumya Raychaudhuri, de la Escuela de Medicina de Harvard en 2018.

Tabla 4

Estatura promedio en el Perú

	Hombres	Mujeres
Estatura promedio (cm)	**165**	**153**

Peso talla

La "tabla de valoración nutricional según IMC (índice de masa corporal) adultas/adultos" nos muestra una relación entre el peso y la talla, en el siguiente recuadro se muestra el peso en función a la estatura peruana

Tabla 5

Clasificación de IMC en estatura promedio

	Peso (kg)							
	delgadez			**Normal**	**Sobrepeso**	**Obesidad**		
Talla	III	II	I			I	II	III
1,53		37,4	39,7	43,3	48,5	70,2	81,9	93,6
1,65		43,5	46,2	50,3	68,0	81,6	95,2	108,9

Nota. Esta tabla muestra la clasificación del peso según la talla promedio, esta clasificación corresponde *al ministerio de salud, tabla de valoración nutricional según IMC adultas/os*

2.6 Criterios éticos

Se tendrá en cuenta la aplicación de dispositivos de elevación del asiento, la posición de RESNA que los dispositivos de elevación eléctrica del asiento son médicamente necesario, ya que esta tecnología permite a ciertas personas [17]:

- ✓ Facilitar la biomecánica del alcance, la seguridad y el alcance.
- ✓ Mejorar la biomecánica de transferencia, la seguridad y la independencia.
- ✓ Mejora la orientación visual y la línea de visión Apoyar la salud fisiológica, la seguridad y el bienestar.
- ✓ Disminuir la posición hiperlordótica del cuello.
- ✓ Promover posicionamiento sentado estable
- ✓ Reduzca la actividad simétrica del reflejo tónico del cuello (STNR)
- ✓ Mejorar la seguridad con el rendimiento / participación en ADL.
- ✓ Promover la comunicación, el compromiso social, la autoestima y la integración.
- ✓ Mejorar la seguridad de los peatones en sillas de ruedas.

Se tendrá en cuenta los aspectos éticos de profesionalismo del colegio de ingenieros del Perú [18] y el código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán como se muestra en los anexos N° 2 y N° 3.

CODIGO DE ETICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ [18] **APROBADO EN LA III SECCIÓN ORDINARIA DEL CONGRESO NACIONAL DE CONSEJOS DEPARTAMENTALES DEL PERIODO 1998 – 1999 EN LA CIUDAD DE TACNA 22, 23 Y 24 DE ABRIL 1999.**

Art. 4 – Los ingenieros reconocerán que la seguridad de la vida, la salud, los bienes y el bienestar de la población y del público en general, así como el desarrollo tecnológico del país dependen de los juicios, decisiones incorporadas por ellos o por su consejo, en dispositivos, edificaciones, estructuras, maquinas, productos y procesos. Por ninguna razón pondrán sus conocimientos al servicio de todo aquello que afecta la paz y la salud.

Art. 12 – Los ingenieros expresaran opiniones en temas de ingeniería solamente cuando ellas se basen en un adecuado análisis y conocimiento de los hechos, en competencia técnica suficiente y convicción sincera.

Código de ética de la Universidad Señor de Sipán elaborado por la dirección de investigación, revisado por el área de planificación y desarrollo institucional – asesoría legal. Ratificado por el acuerdo de consejo universitario con resolución rectoral N° 0851 – 2017/USS

Art. 7°: Son deberes éticos de los investigadores:

a) Autonomía.
b) Responsabilidad.
c) Profesionalismo.
d) Compromiso con la sociedad.
e) Supervisión.
f) Desarrollo profesional.

Art. 14º: Respecto de los investigados y de lo investigado:

a) Respetar las condiciones de salud, de integridad física, psicológica y moral de las personas o grupos que participan en el estudio.
b) Solicitar y obtener el consentimiento expresado e informado de las personas sujetos investigación.
c) Respetar la idiosincrasia y la cultura de los participantes en la investigación.
d) Garantizar el bienestar de las personas, animales y plantas, como objeto de investigación.
e) Garantizar el almacenamiento adecuado de la información obtenida para el estudio.
f) Aplicar en todo momento los criterios de confidencialidad y anonimato.
g) Presentar los resultados respetando las normas de Propiedad Intelectual.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

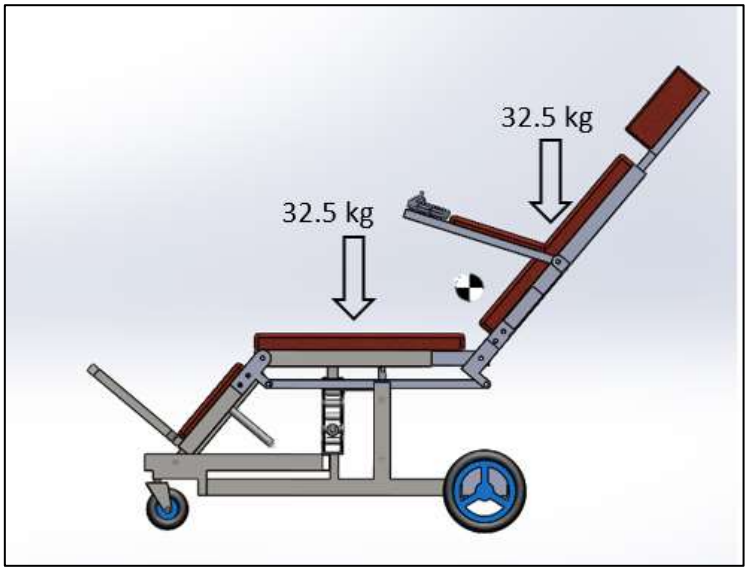
Análisis de esfuerzos y deformaciones de piezas del mecanismo

Para analizar los esfuerzos y deformaciones del sistema se utilizó el programa SolidWorks 2018, con la finalidad de obtener datos más precisos, ya que algunos componentes tienen formas complejas, así mismo obtener datos como el peso y el volumen de la pieza analizada.

Para el análisis de algunas piezas de requiere conocer la distribución del peso en posición inclinada, sabiendo que lo ubicación del CG se ubica aproximadamente en la posición anterior de la segunda vertebra en el sacro.

Figura 28

Fuerza aplicada sobre asiento y espaldar

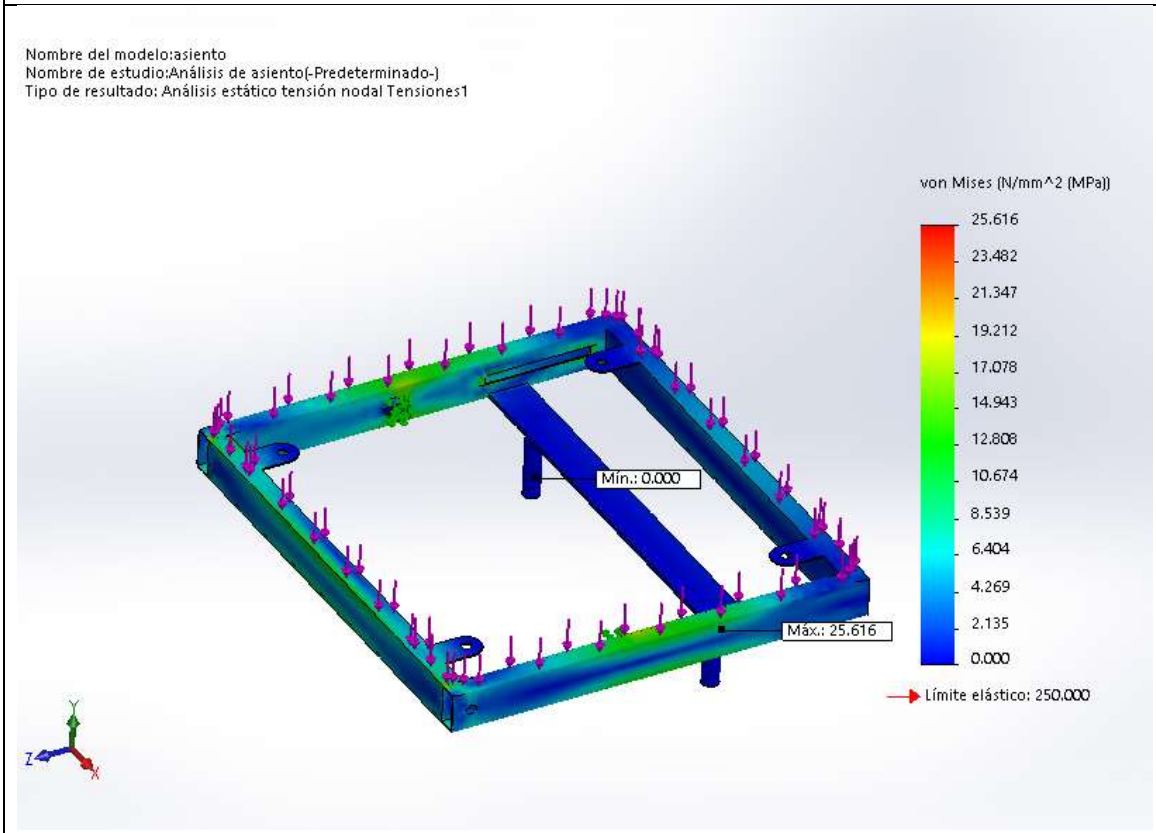


Nota. Figura de *elaboración propia*

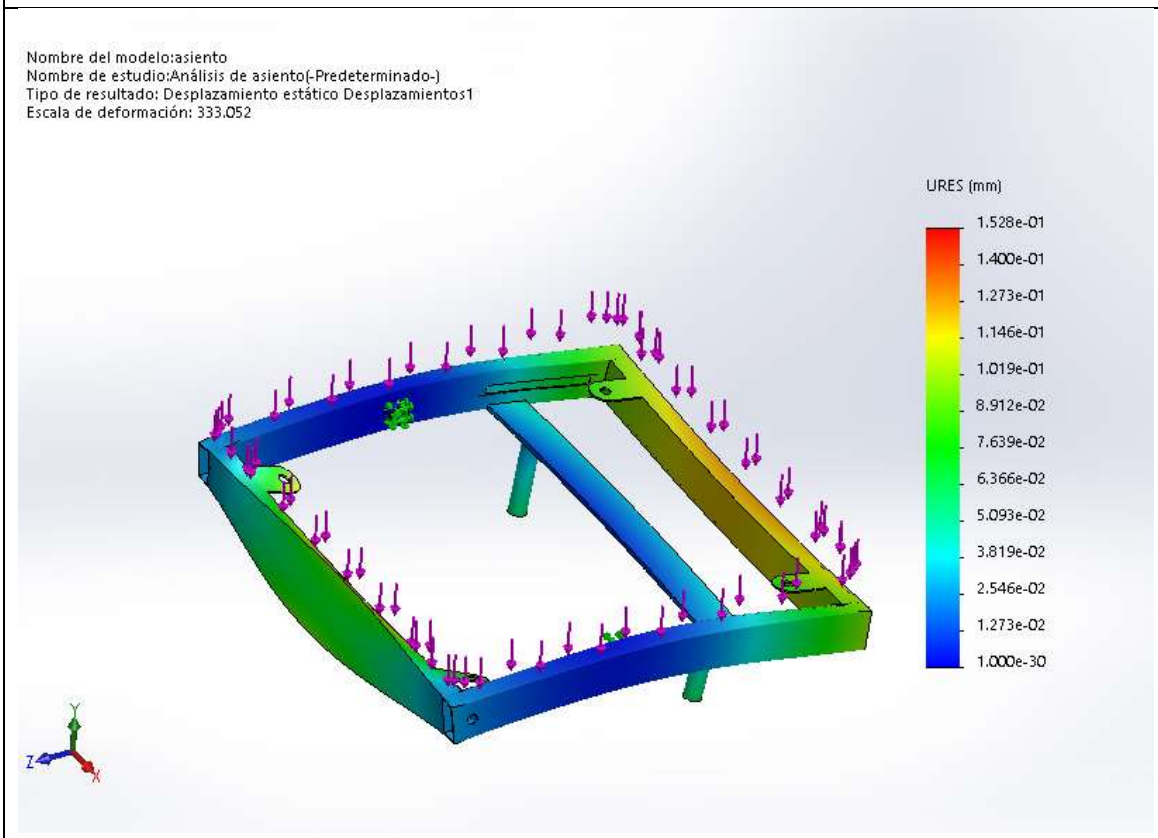
- **Estructura de Asiento**

Para el análisis de los esfuerzos del asiento se está tomando en cuenta 65 kg de peso, sabiendo que el mayor peso soportado por esta pieza en posición de sedestación.

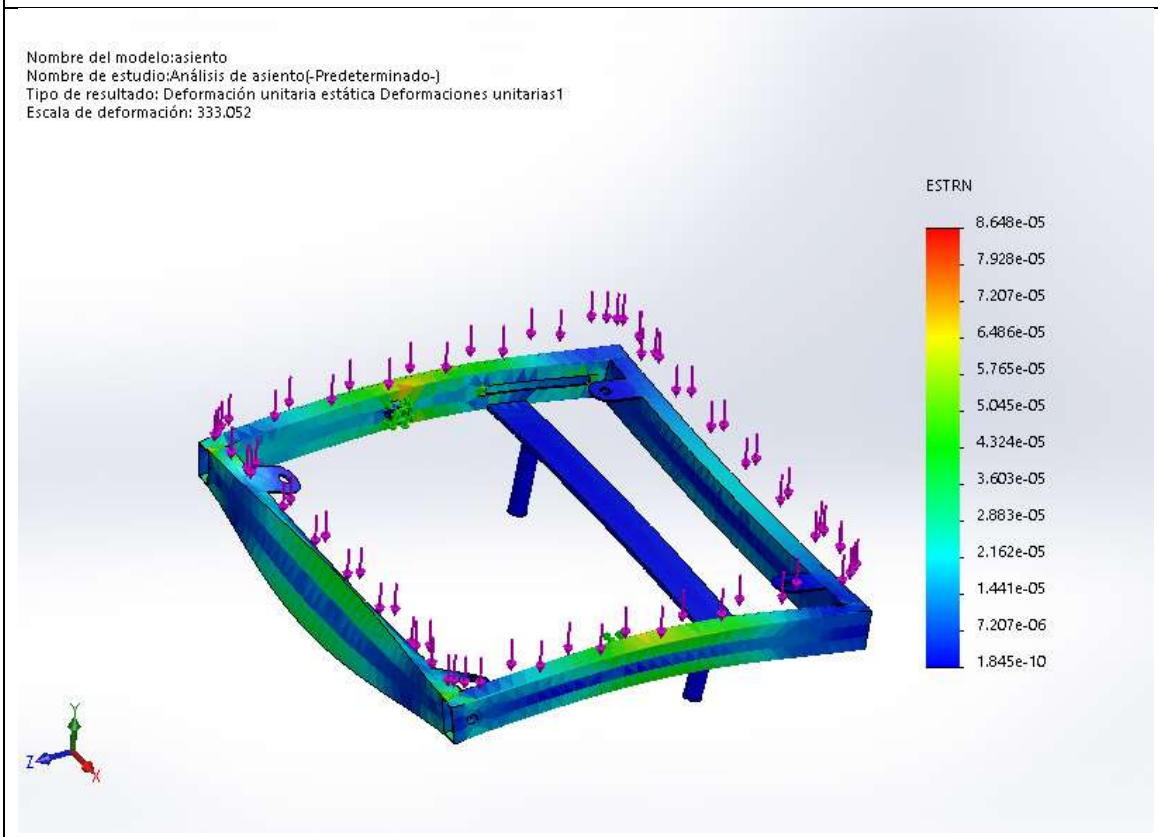
PARÁMETROS DEL MECANISMO	
Material	Acero laminado en caliente (ASMT)
Densidad	0,008 kilogramos por centímetro cúbico
Masa	3,066 kilogramos
Volumen	374,505 centímetros cúbicos
Área de superficie	0,415 metros cuadrados
RESULTADOS	
Tensión máxima Von Mises	25,616 MPa
Limite elástico	250,000 MPa
Factor de seguridad	9.8
GRAFICAS	
Tensiones (von Mises)	

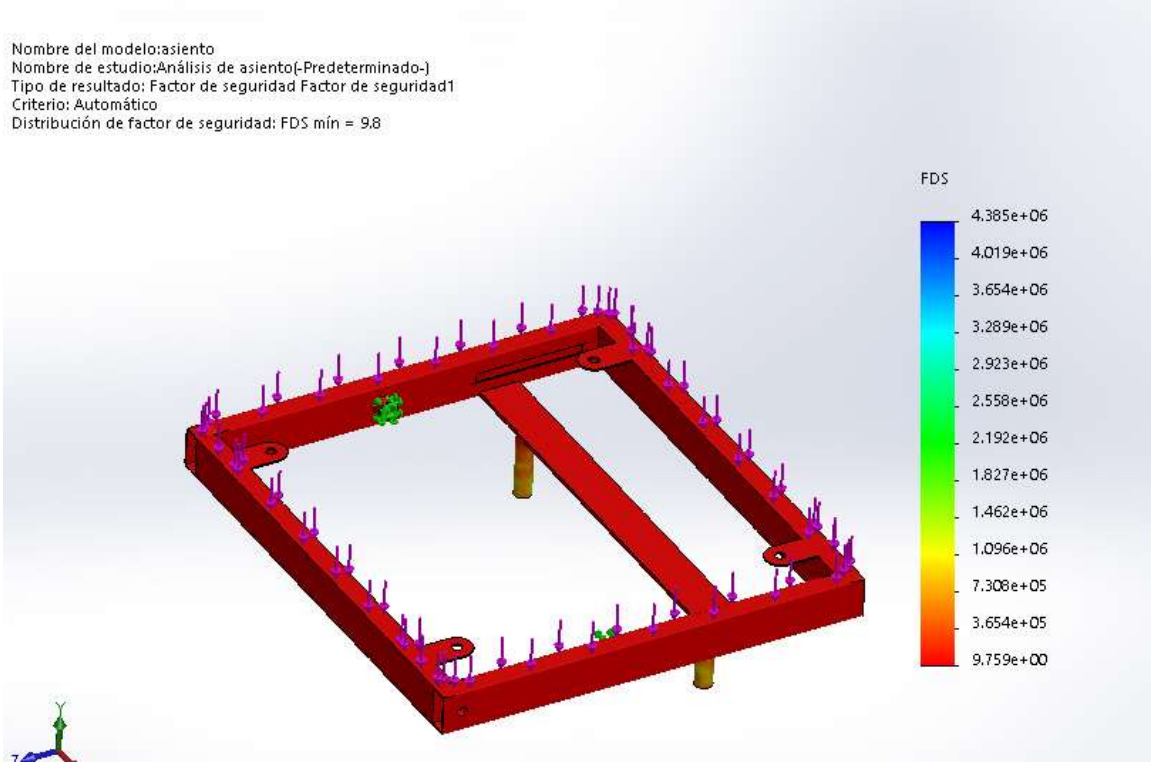


Desplazamiento



Deformaciones unitarias



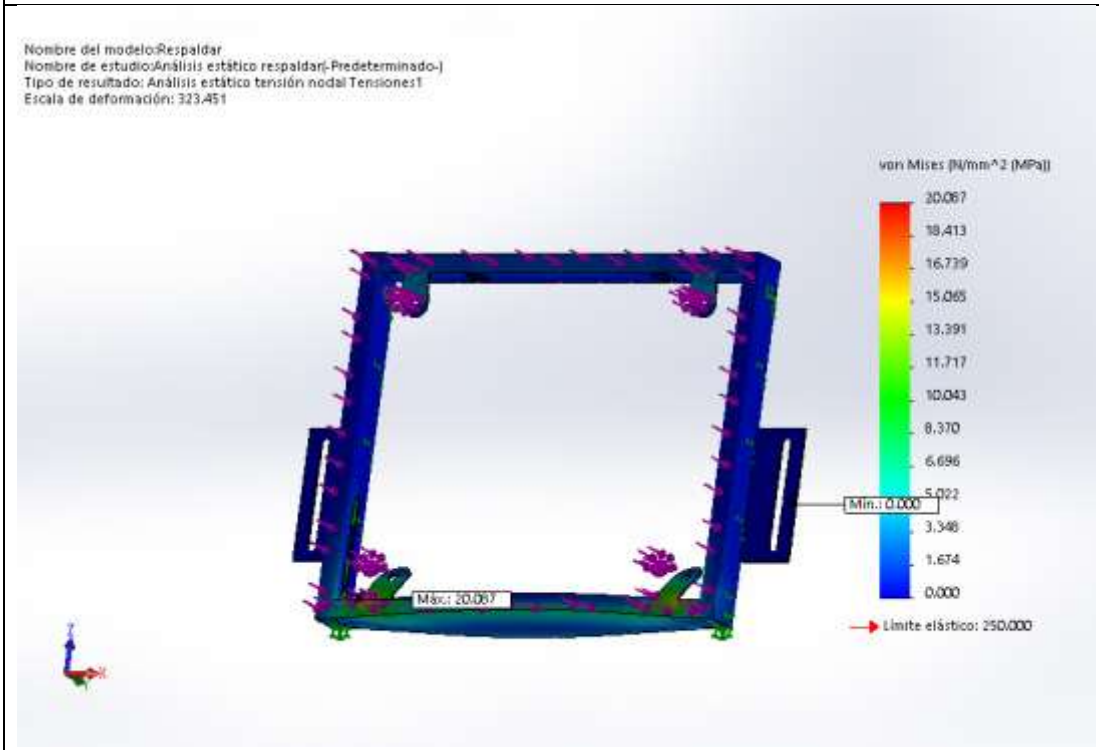
Factor de seguridad


- **Estructura de respaldar**

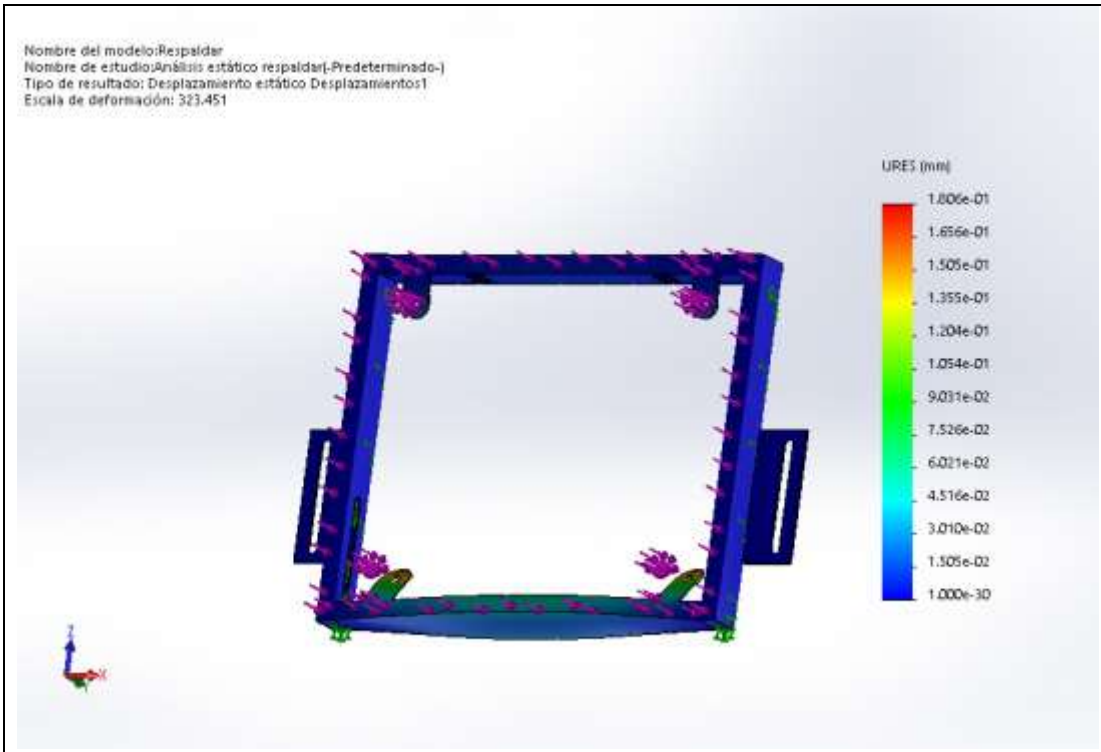
Para el análisis del respaldar se tendrá en cuenta 32,5 kg tal como se muestra en Figura 28 *Fuerza aplicada sobre asiento y espaldar*; el respaldar recibe la mayor fuerza en posición de inclinación, en decir cuando el ángulo formado por el asiento y el respaldar es de 130°. En este punto no se considera otras fuerzas que actúan directamente sobre sí.

PARÁMETROS DEL MECANISMO	
Material	Acero laminado en caliente (ASMT)
Densidad	0,008 kilogramos por centímetro cúbico
Masa	2,296 kilogramos
Volumen	3722,525 centímetros cúbicos
Área de superficie	0,415 metros cuadrados
RESULTADOS	

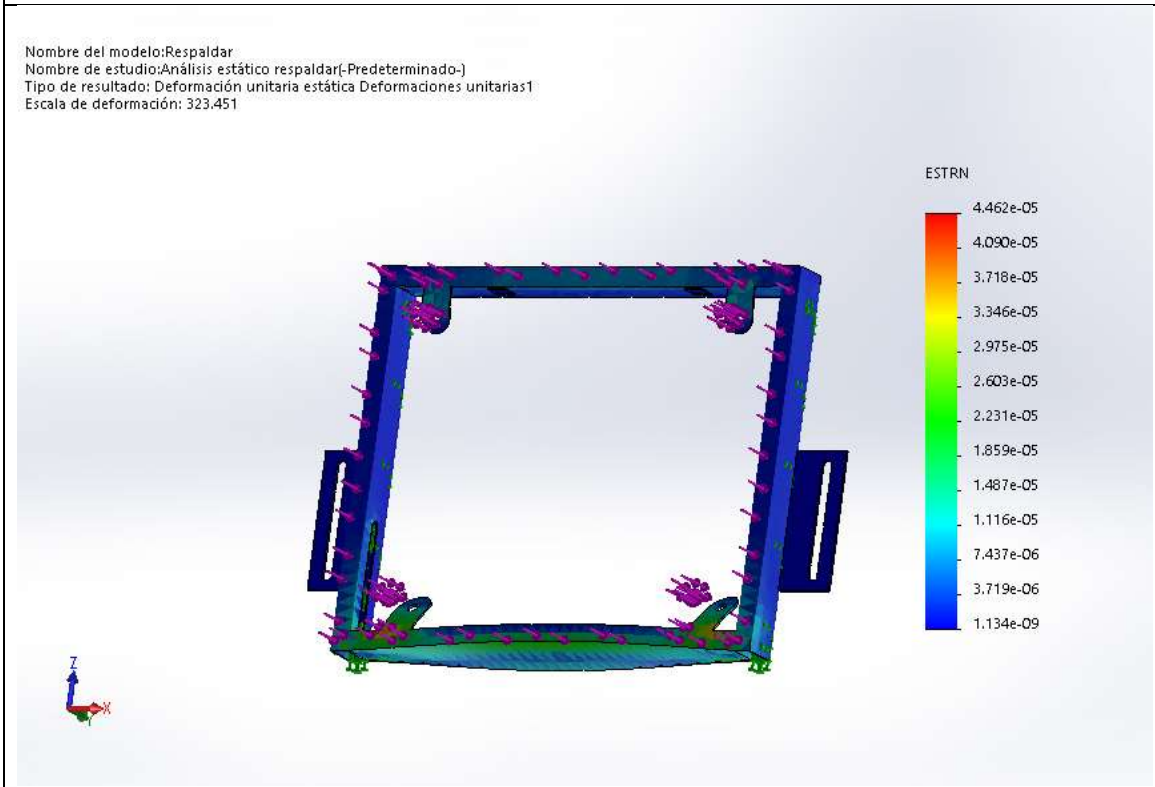
Tensión máxima Von Mises	20,087 MPa
Limite elástico	250,000 MPa
Factor de seguridad	12
GRAFICAS	
Tensiones (von Mises)	



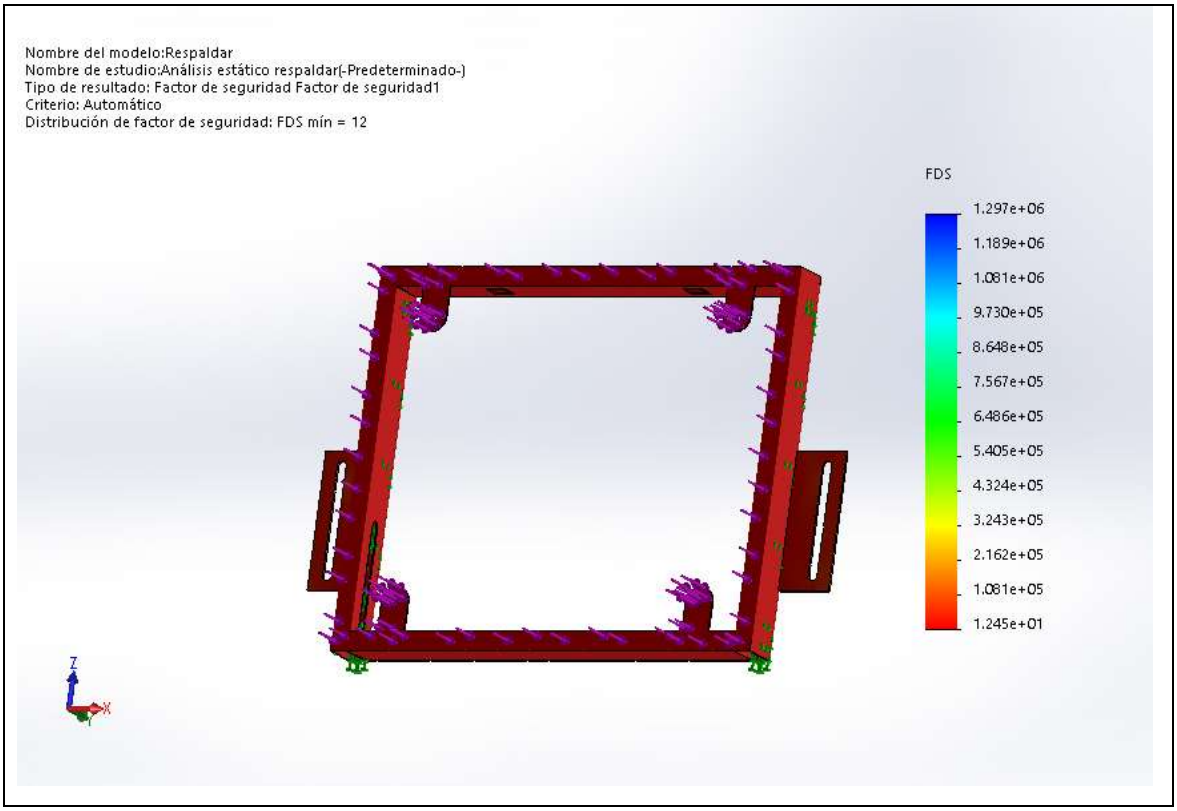
Desplazamiento



Deformaciones unitarias



Factor de seguridad



- **Reposabrazos.**

El reposabrazos es una parte importante para personas con discapacidad de extremidades inferiores, puesto que es utilizado como apoyo para subir y bajar de la silla de ruedas.

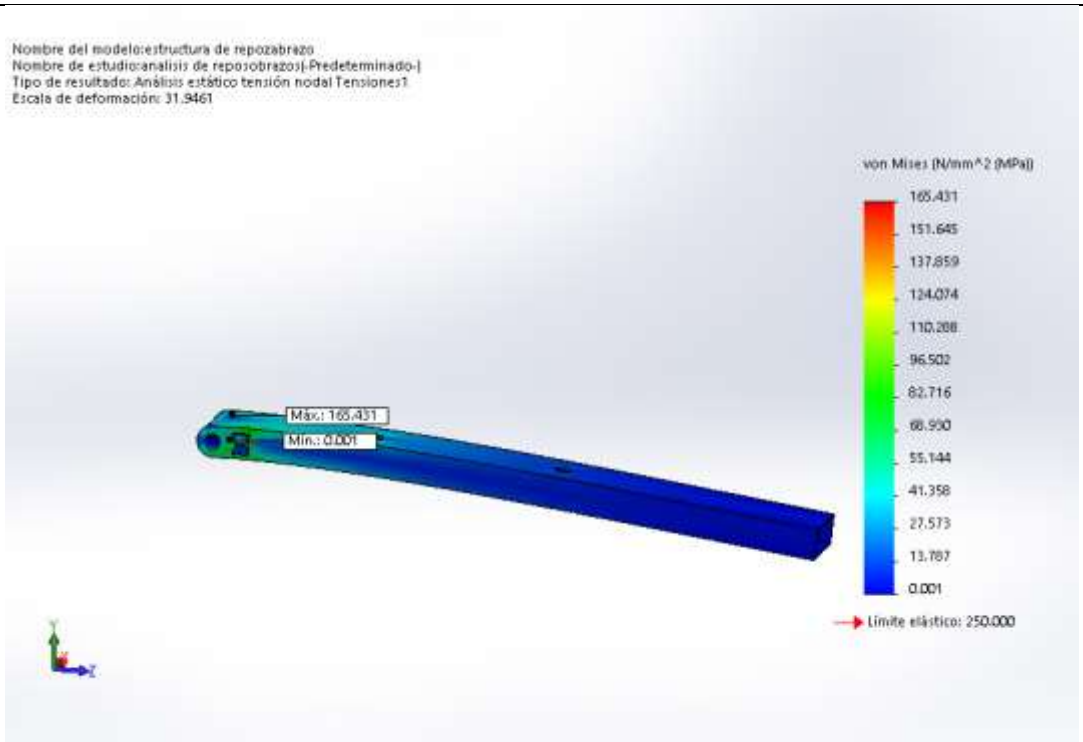
Pera el análisis se considera un peso de 32,5 kg, el cual representa el 50 % del peso máximo que debe tener una persona para utilizar este mecanismo, se considera el 50 % del peso por cada reposabrazos, el mecanismo cuenta con 2 reposabrazos.

PARÁMETROS DEL MECANISMO	
Material	Acero laminado en caliente (ASMT)
Densidad	0,008 kilogramos por centímetro cúbico
Masa	0,543 kilogramos

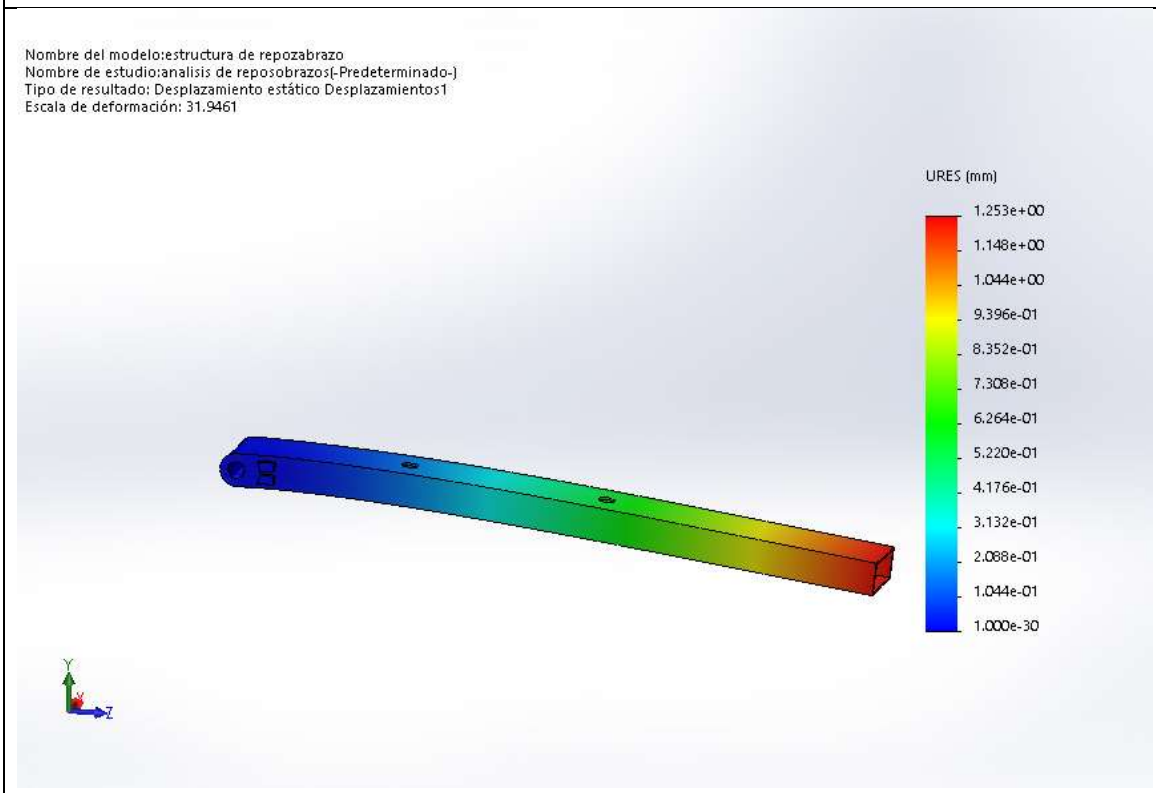
Volumen	69,144 centímetros cúbico
Área de superficie	926,740 centímetros cuadrados
RESULTADOS	
Tensión máxima Von Mises	165,431 MPa
Limite elástico	250,000 MPa
Factor de seguridad	1,5

GRAFICAS

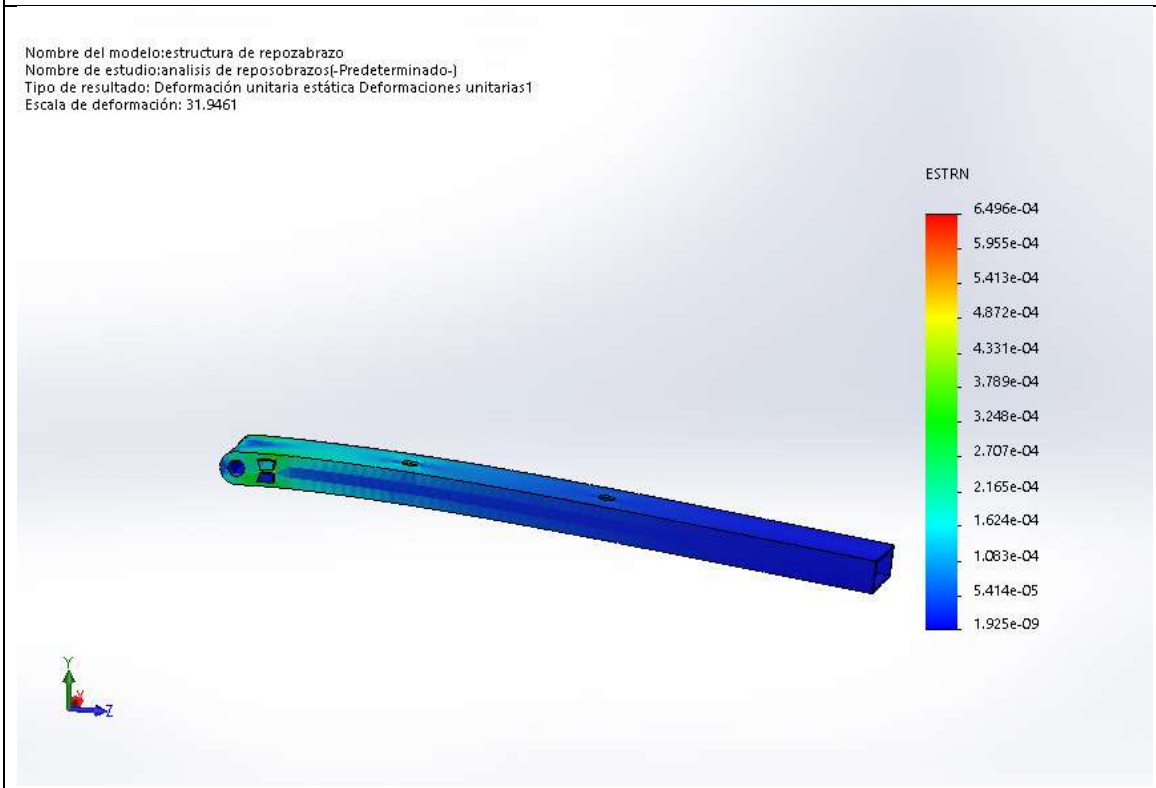
Tensiones (von Mises)



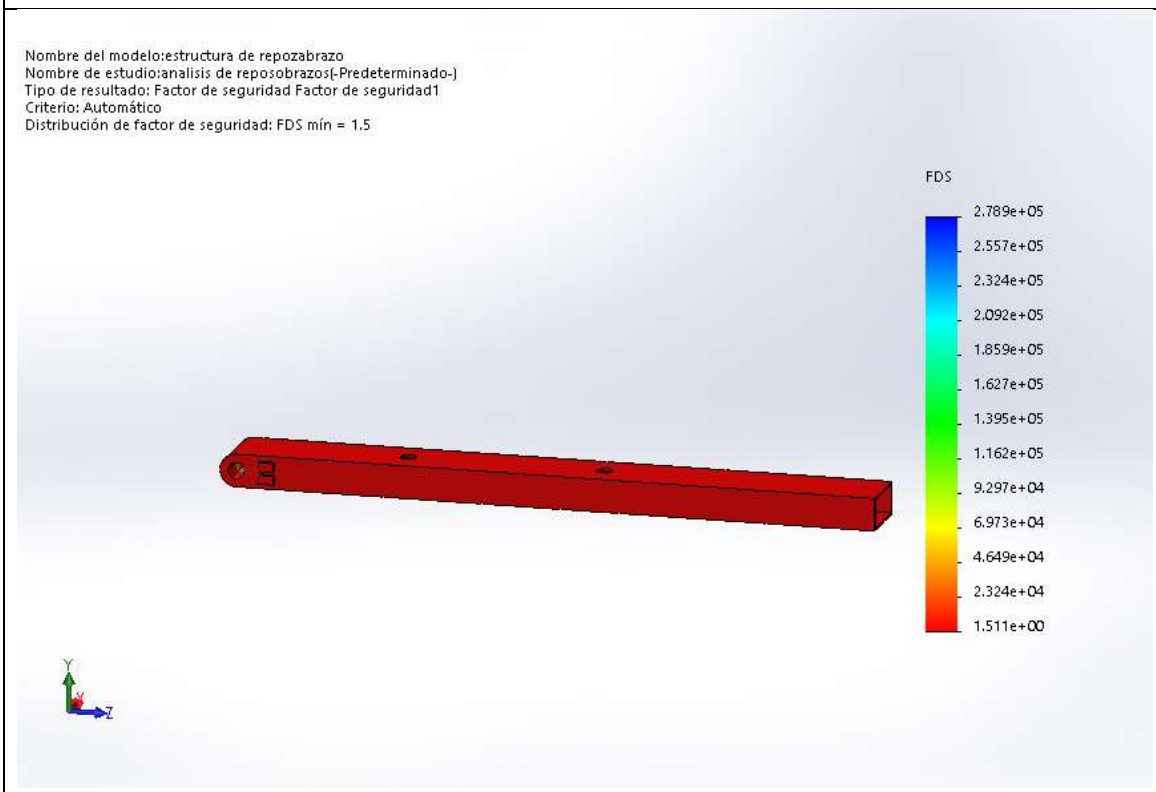
Desplazamiento



Deformaciones unitarias



Factor de seguridad

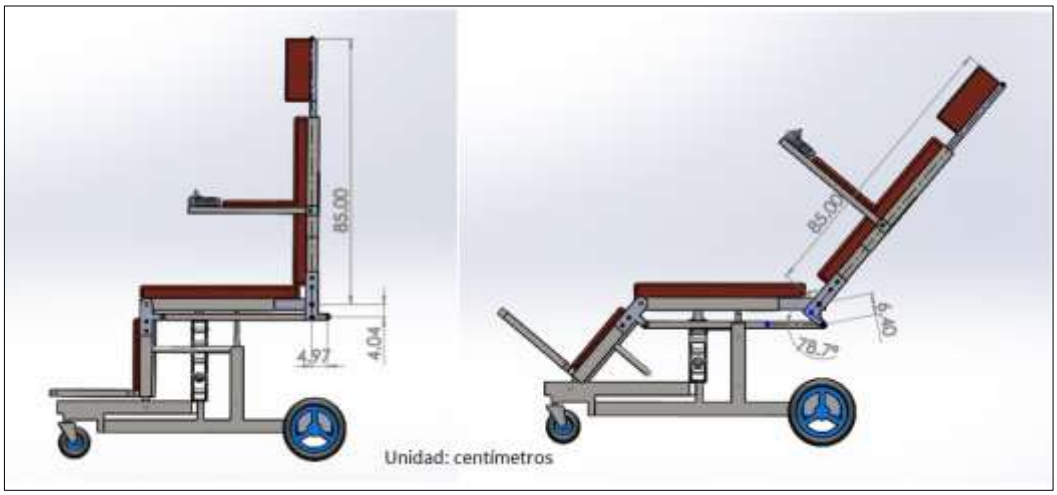


- **Análisis de eslabón**

Para el análisis del eslabón es necesario calcular el momento en la articulación, tal como se aprecia en la imagen siguiente.

Figura 29

Fuerza aplicada sobre eslabón



Nota. Figura de *elaboración propia*

Fuerzas por peso de estructura:

Tabla 6

Tabla de pesos de mecanismos de apoyo

Componente	cantidad	peso unid. Kg	total
Respaldar	1	2,340	2,34
Regulador de respaldar(espaldar)	1	0,921	0,92
Regulador de ángulo	2	0,057	0,11
Estructura de cabecera	1	1,117	1,12
Estructura de reposabrazos	2	0,543	1,09
TOTAL (kg)			**5,58**

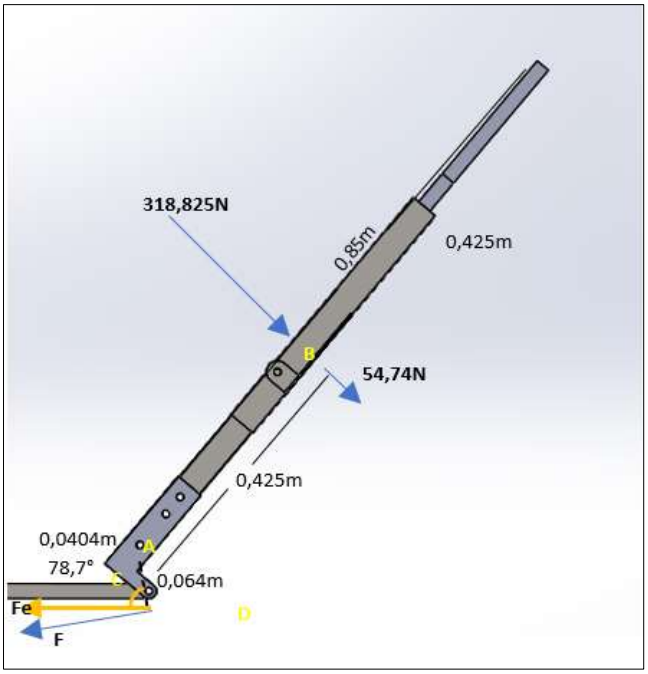
$$5{,}58\ kg(9{,}81m/s2) = \mathbf{54{,}74}\boldsymbol{N}$$

Aplicando la mitad del peso de una persona, 65 kg que corresponde al peso máximo soportado por el mecanismo, se considera que 32,5 kg se ejerce sobre el espaldar cuando el mecanismo esta inclinado a 130°(posición de descanso), en total 318,825 N más 5,58N, teniendo en cuente que, el espaldar actúa como una

palanca con el eje en el punto **A**, al actuar como palanca es necesario considerar el peso de la estructura que están acoplados al respaldar y con una fuerza de empuje al eslabón en el punto **D**, sabiendo que la fuerza resultante forma un ángulo de 90° en el punto **D** entre el segmento **AD**; y la fuerza de empuje requerida se da en el vector **Fe**.

Figura 30

Fuerzas en espaldar



Nota. Figura de *elaboración propia*

$$\sum M_A = -(318{,}825 + 54.740)N(0{,}425m) + F(0{,}064m)$$

$$\sum M_A = -158.5Nm + F(0{,}064) = 0$$

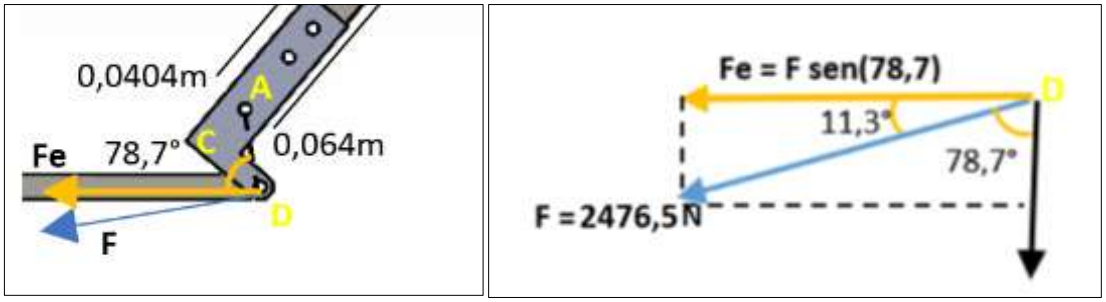
$$\sum M_A = F(0{,}064m) = 158{,}5Nm$$

$$F = 2476{,}5N$$

Descomponemos fuerzas en punto **D**

Figura 31

DCL de fuerzas sobre eslabón



Nota. Figura de *elaboración propia*

$$F_e = 2476{,}5N\ sen(78{,}7°)$$

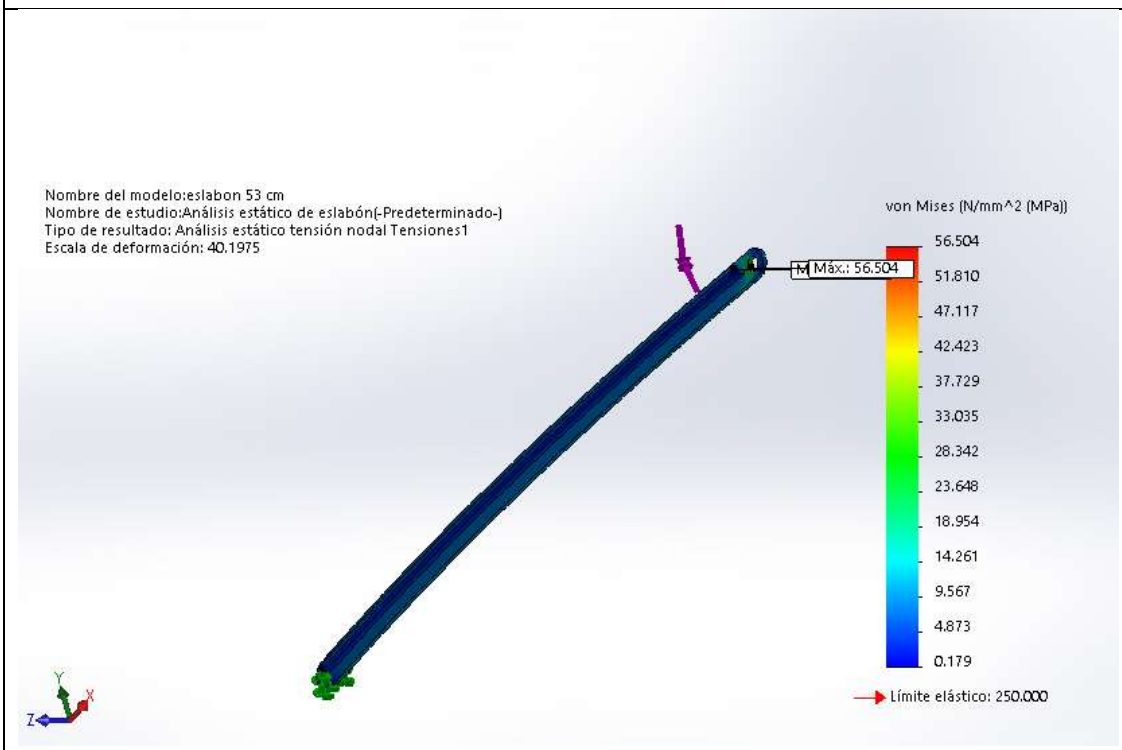
$$\boldsymbol{F_e = 2428{,}49N}$$

La fuerza aplicada sobre los eslabones corresponde a 2428,49N en total, ya que el diseño cuenta con 2 eslabones, por lo que la fuerza correspondiente a cada eslabón corresponde a 1214,25 N

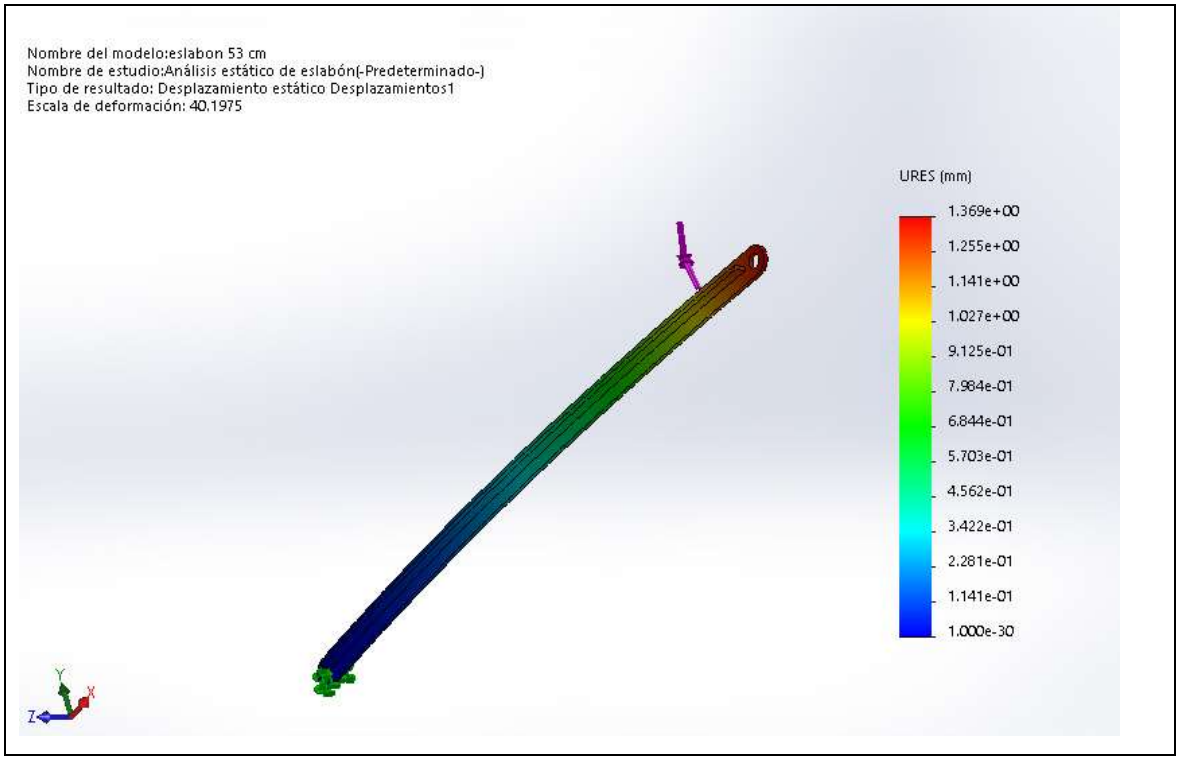
A continuación, se analiza los esfuerzos sobre el eslabón de 53cm, el cual actúa como soporte, esta medida es el eslabón más largo que puede utilizarse en el mecanismo, 43cm corresponde al eslabón más corto, este mecanismo permite mantener en posición paralela entre el espaldar y los soportes de reposapiés como se aprecia en la Figura 29 *Fuerza aplicada sobre eslabón*.

PARÁMETROS DEL MECANISMO	
Material	Acero laminado en caliente (ASTM)
Densidad	0,01 kilogramos por centímetro cúbico
Masa	0,35 kilogramos
Volumen	44,51 centímetros cúbicos
Área de superficie	332,79 centímetros cuadrados
RESULTADOS	

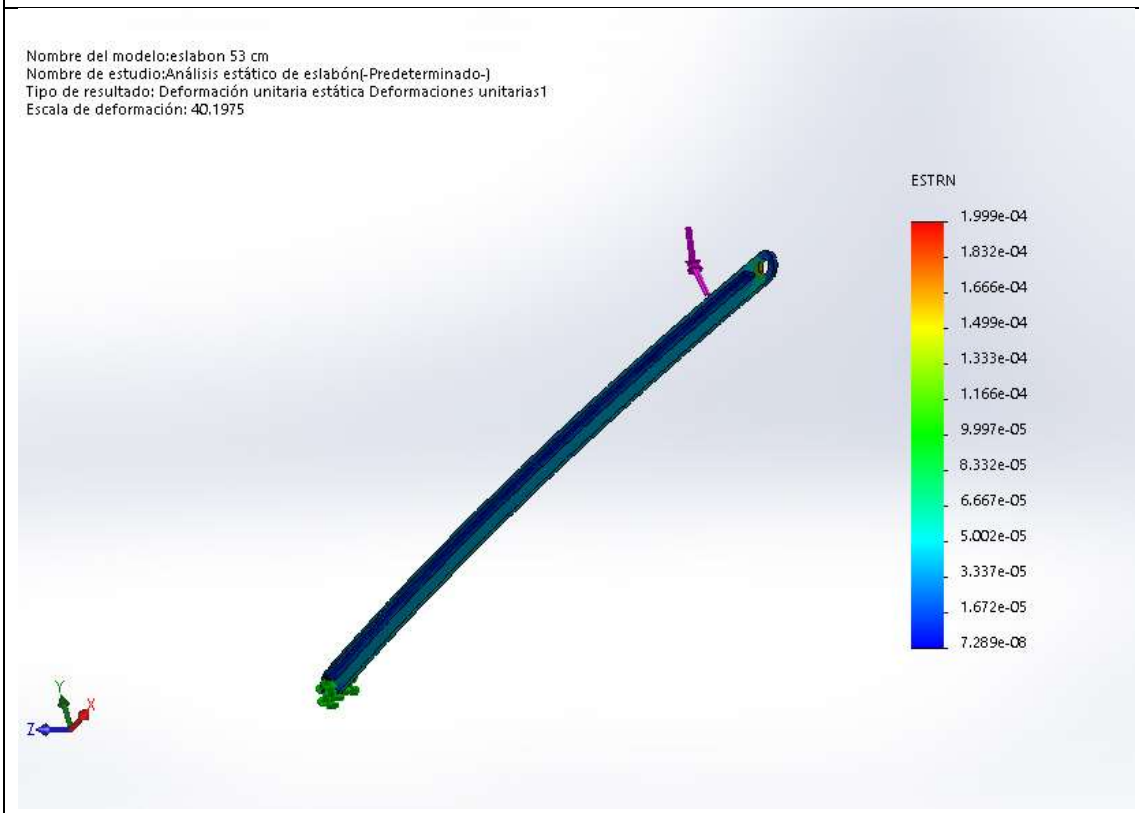
Tensión máxima Von Mises	56,54 MPa
Limite elástico	250,000 MPa
Factor de seguridad	4,4
GRAFICAS	
Tensiones (von Mises)	



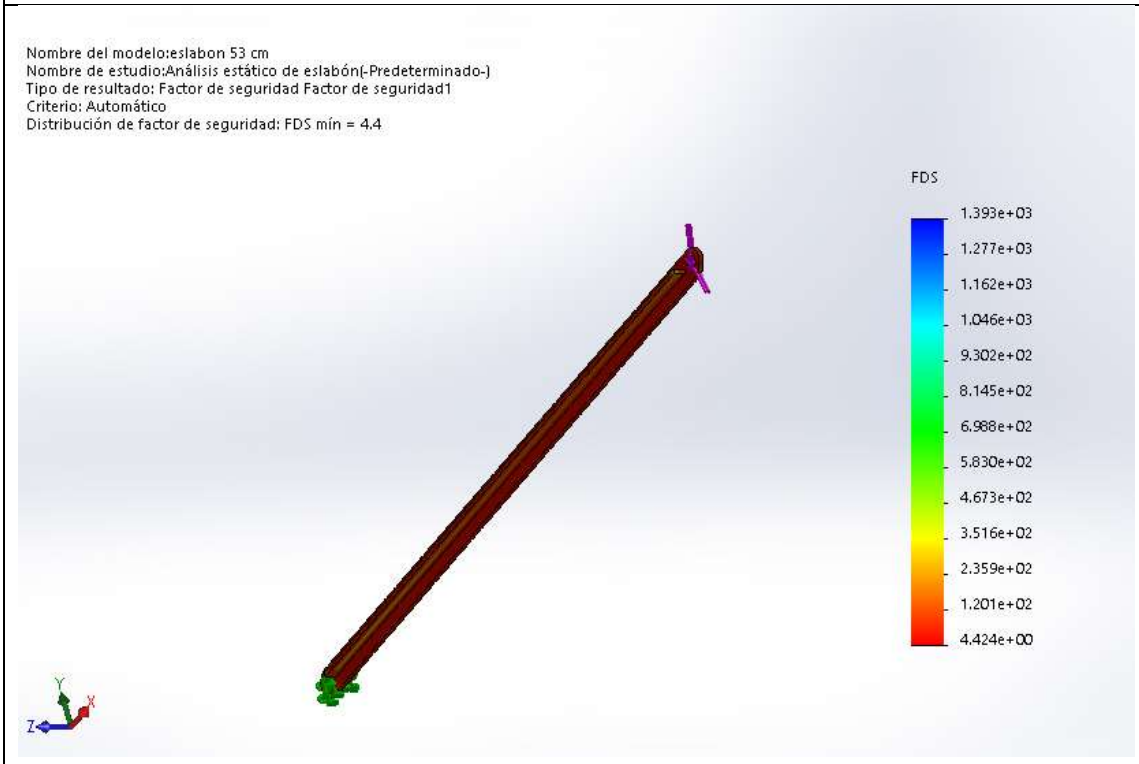
Desplazamiento


Nombre del modelo:eslabon 53 cm
Nombre de estudio:Análisis estático de eslabón(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 40.1975
URES (mm)
1.369e+00
1.255e+00
1.141e+00
1.027e+00
9.125e-01
7.984e-01
6.844e-01
5.703e-01
4.562e-01
3.422e-01
2.281e-01
1.141e-01
1.000e-30
Y
X
Z

Deformaciones unitarias



Factor de seguridad



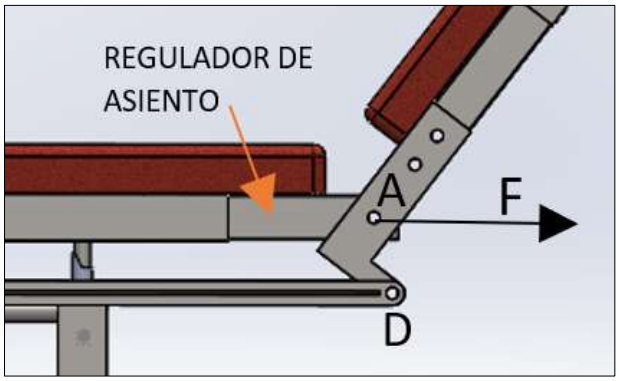
- **Regulador de asiento.**

El regulador de asiento tiene como función principal. Adaptarse a diferentes medidas según requiera el usuario, las fuerzas que actúan sobre este mecanismo corresponden a las mismas fuerzas que ejerce sobre el eslabón, es aquí donde se apoya todos estos mecanismos.

Suponiendo que el punto D es punto fijo, las fuerzas en A sería igual a 2428,49N

Figura 32

Fuerza sobre regulador de asiento

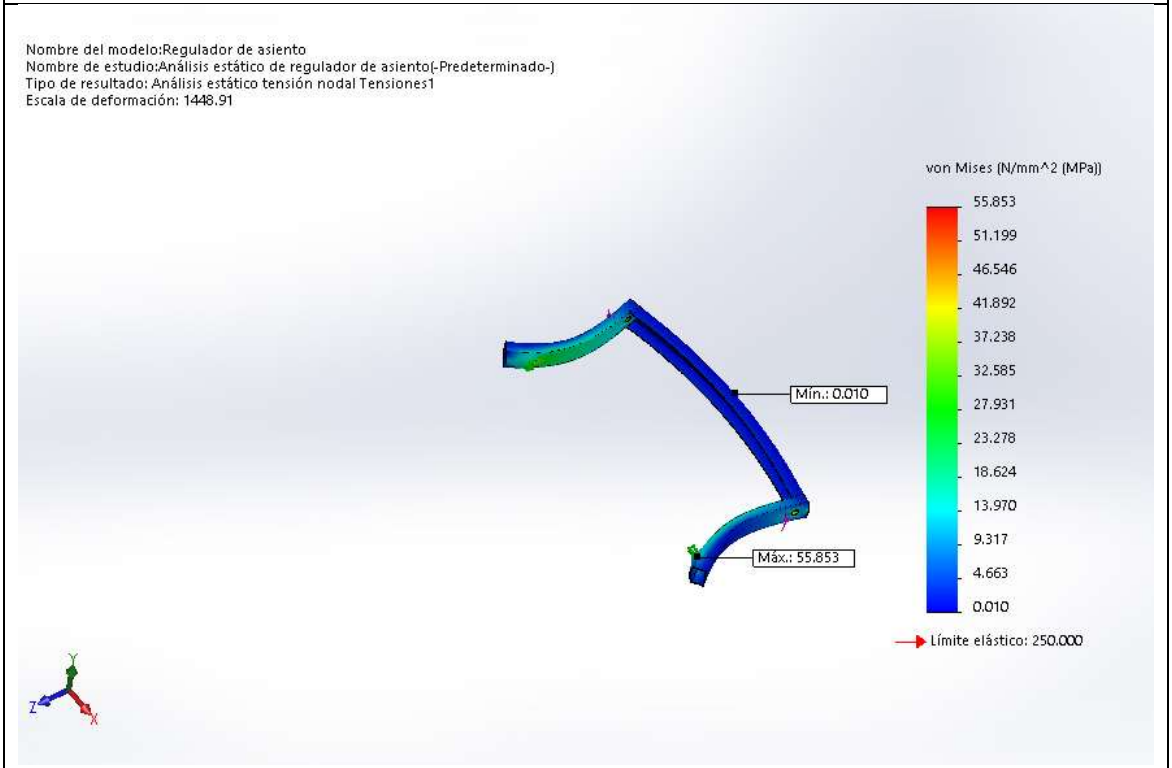


Nota. Figura de *Elaboración propia.*

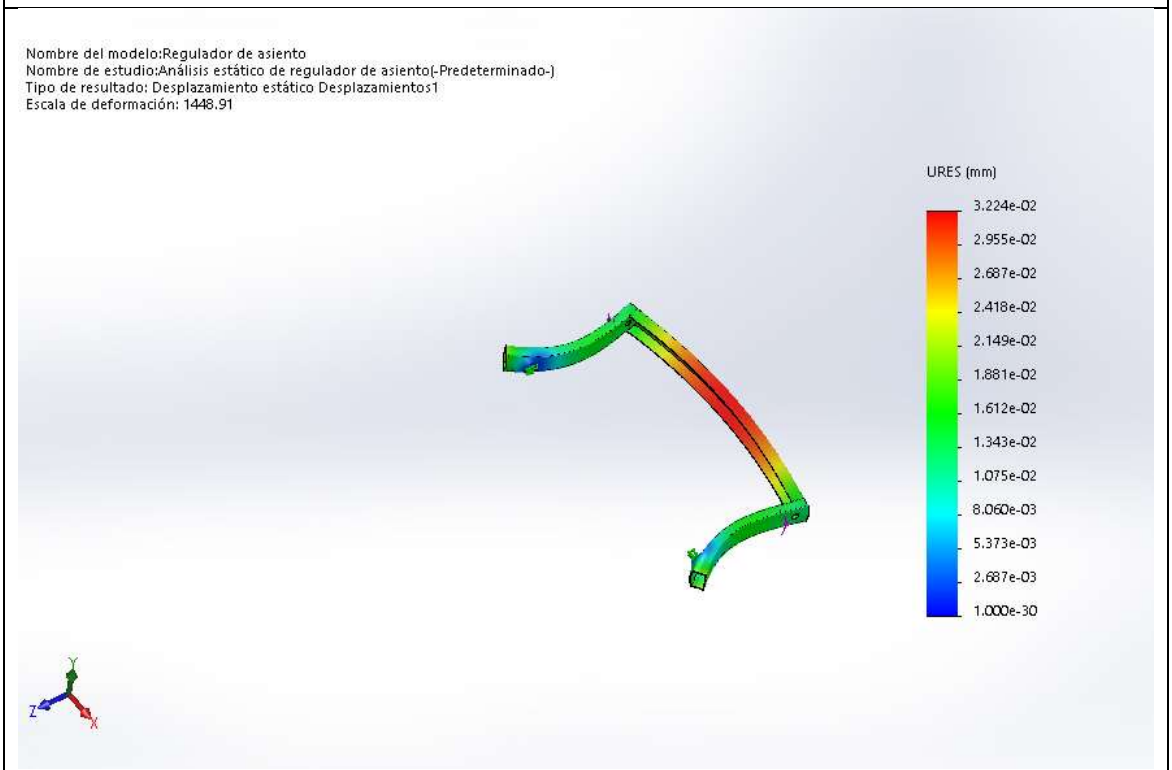
PARÁMETROS DEL MECANISMO	
Material	Acero laminado en caliente
Densidad	0,008 kilogramos por centímetro cúbico
Masa	0,879 kilogramos
Volumen	111,968 centímetros cúbicos
Área de superficie	1516,396 centímetros cuadrados
RESULTADOS	
Tensión máxima Von Mises	55,853 MPa
Limite elástico	250,000 MPa
Factor de seguridad	4,5

GRAFICAS

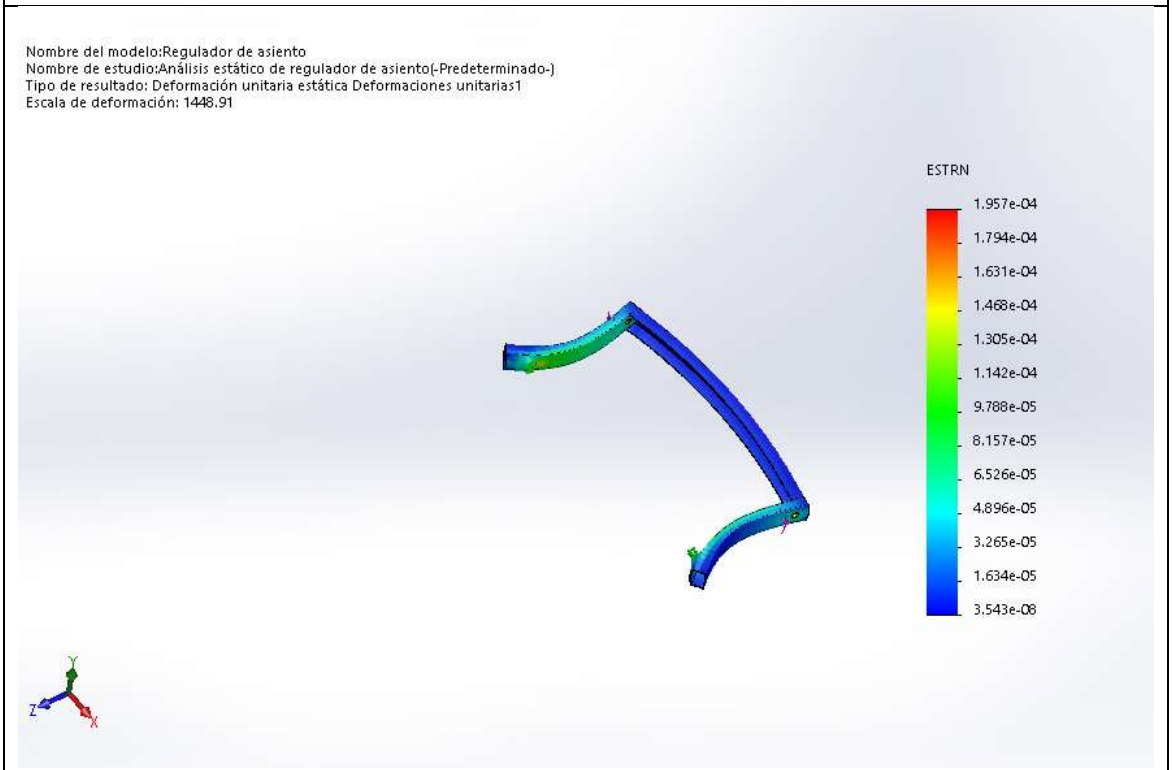
Tensiones (von Mises)



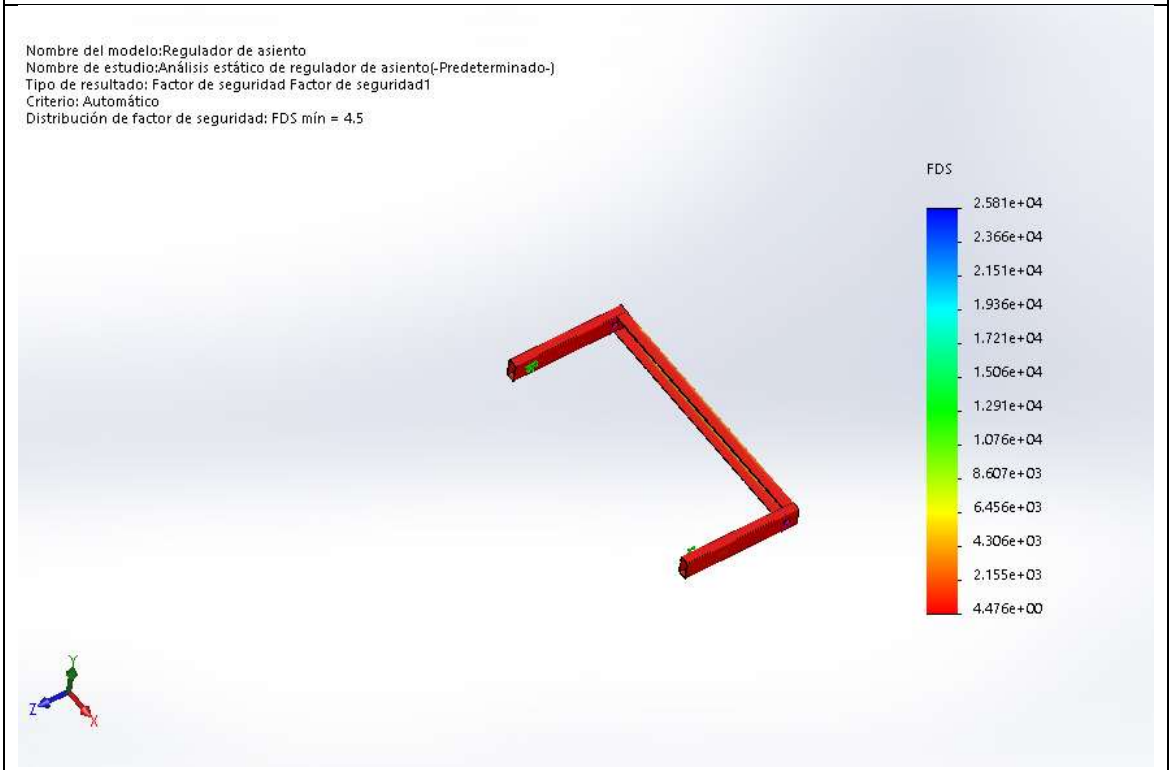
Desplazamiento



Deformaciones unitarias



Factor de seguridad

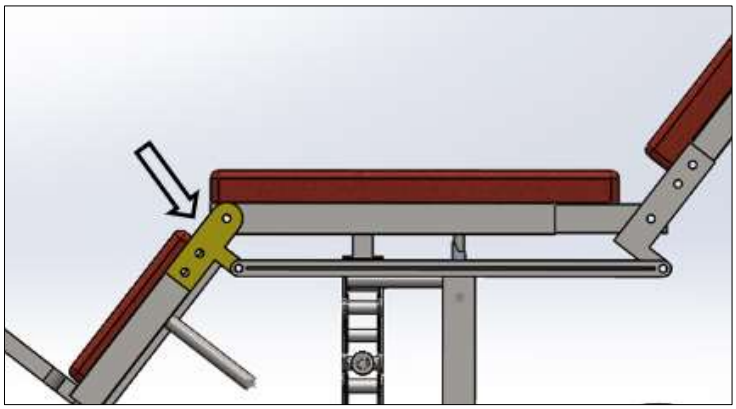


- **Unión asiento – reposa pantorrilla**

Esta pieza permite unir el asiento, reposapiés y mediante el eslabón se une con el espaldar; este mecanismo tiene como función permitir los movimientos de las otras piezas, al estar unido con el eslabón la fuerza aplicada corresponde a la misma magnitud de fuerza que soporta dicho soporte, 1214,25 N para cada unión.

Figura 33

Ubicación de unión (asiento-reposa pantorrilla)

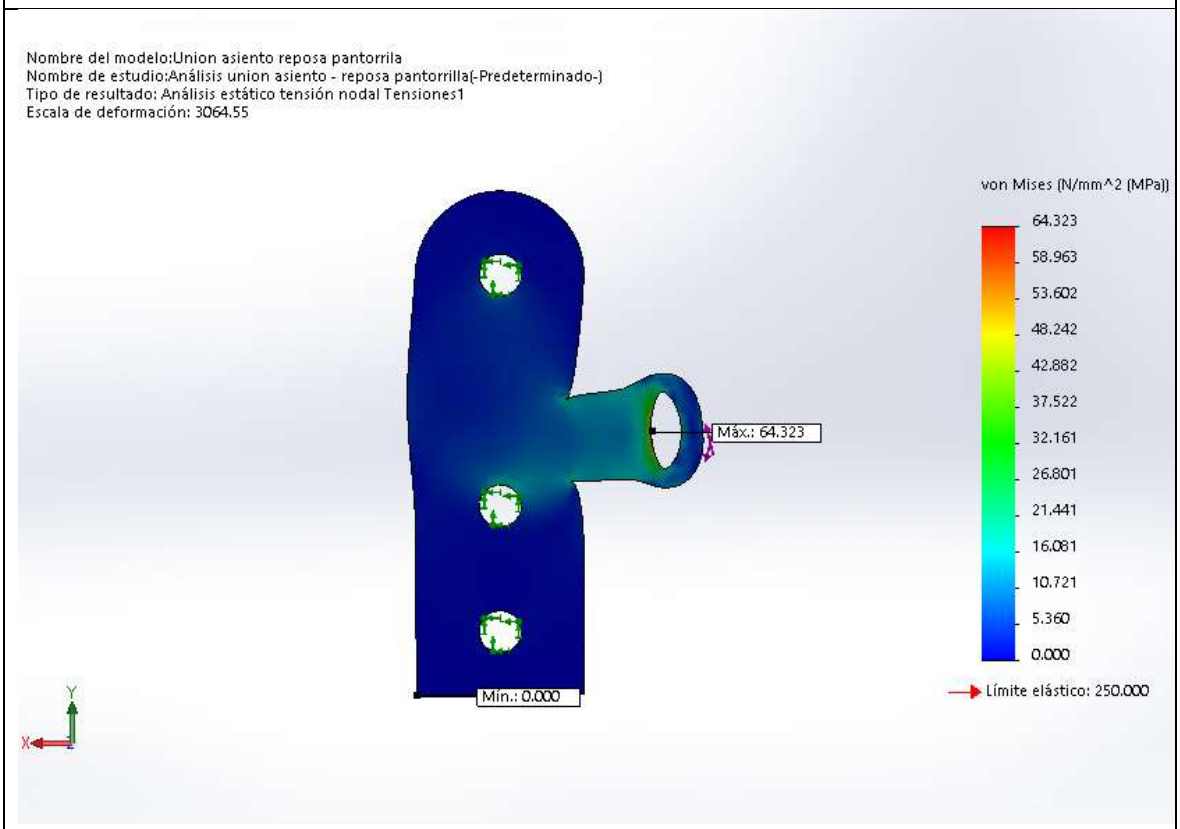


Nota. Figura de *elaboración propia.*

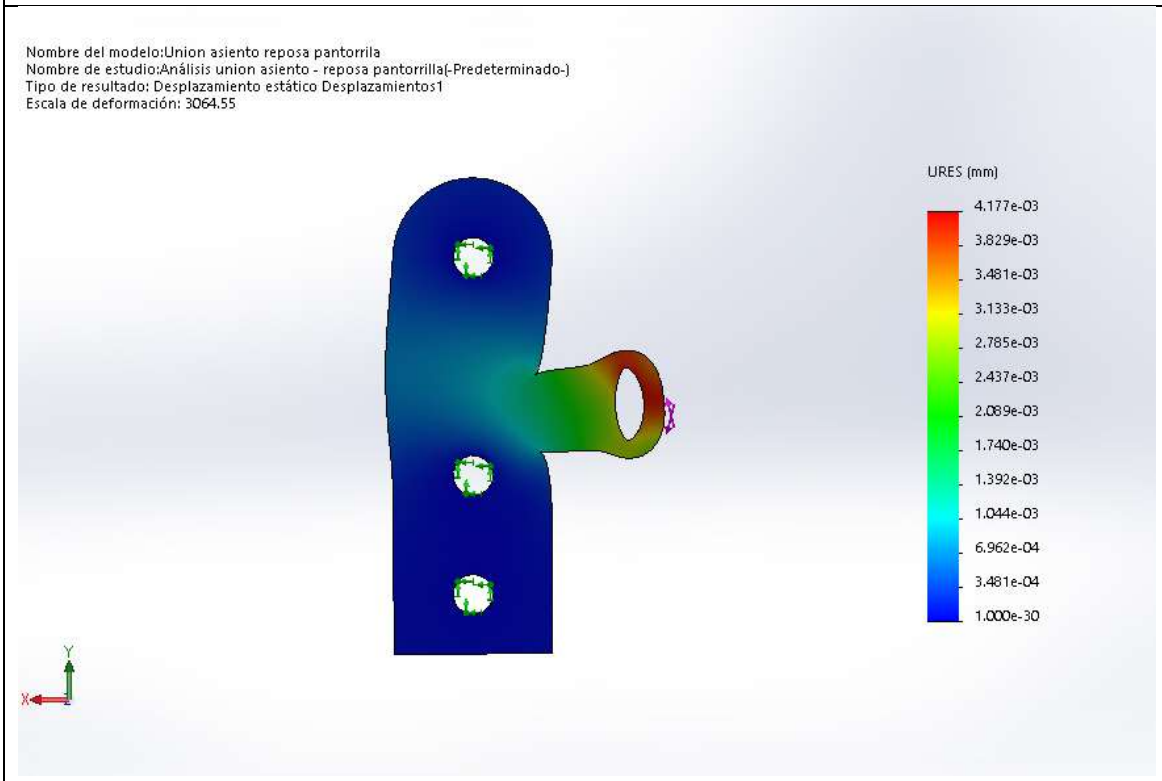
PARÁMETROS DEL MECANISMO	
Material	Acero laminado en caliente
Densidad	0,008 kilogramos por centímetro cúbico
Masa	0,12 kilogramos
Volumen	15,216 centímetros cúbicos
Área de superficie	116,438 centímetros cuadrados
RESULTADOS	
Tensión máxima Von Mises	64,990 MPa
Limite elástico	250,000 MPa
Factor de seguridad	3,9

GRAFICAS

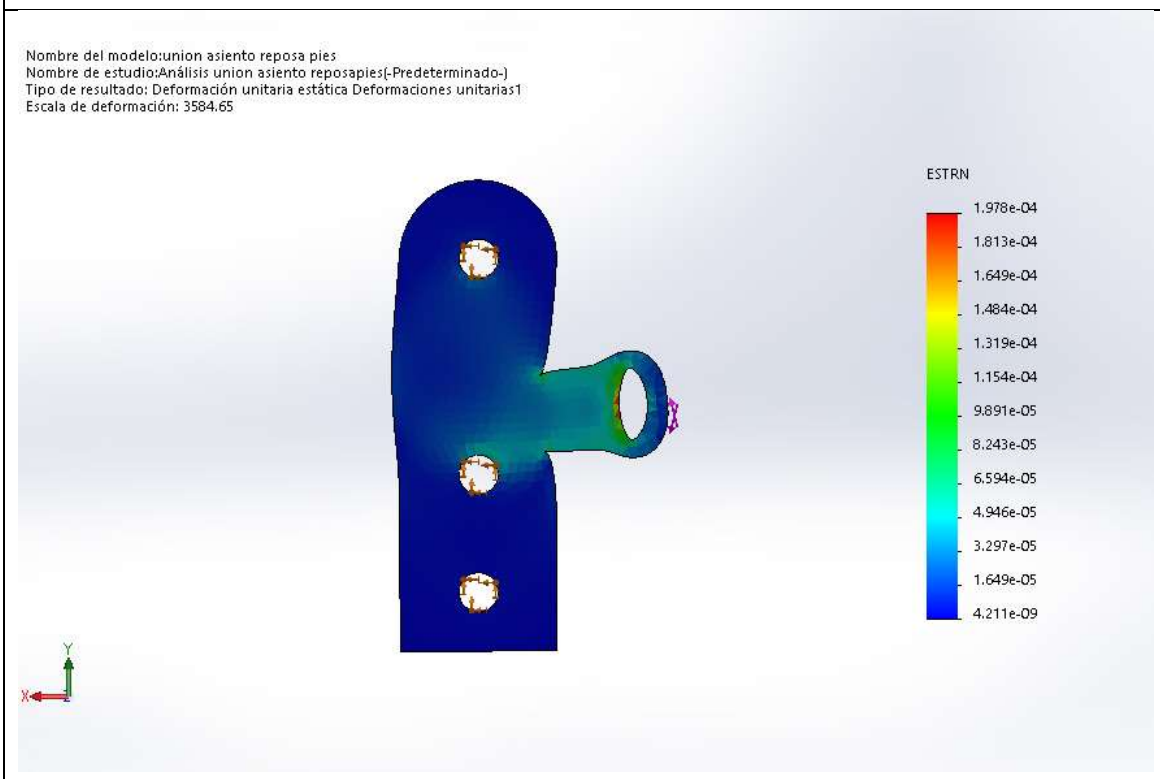
Tensiones (von Mises)



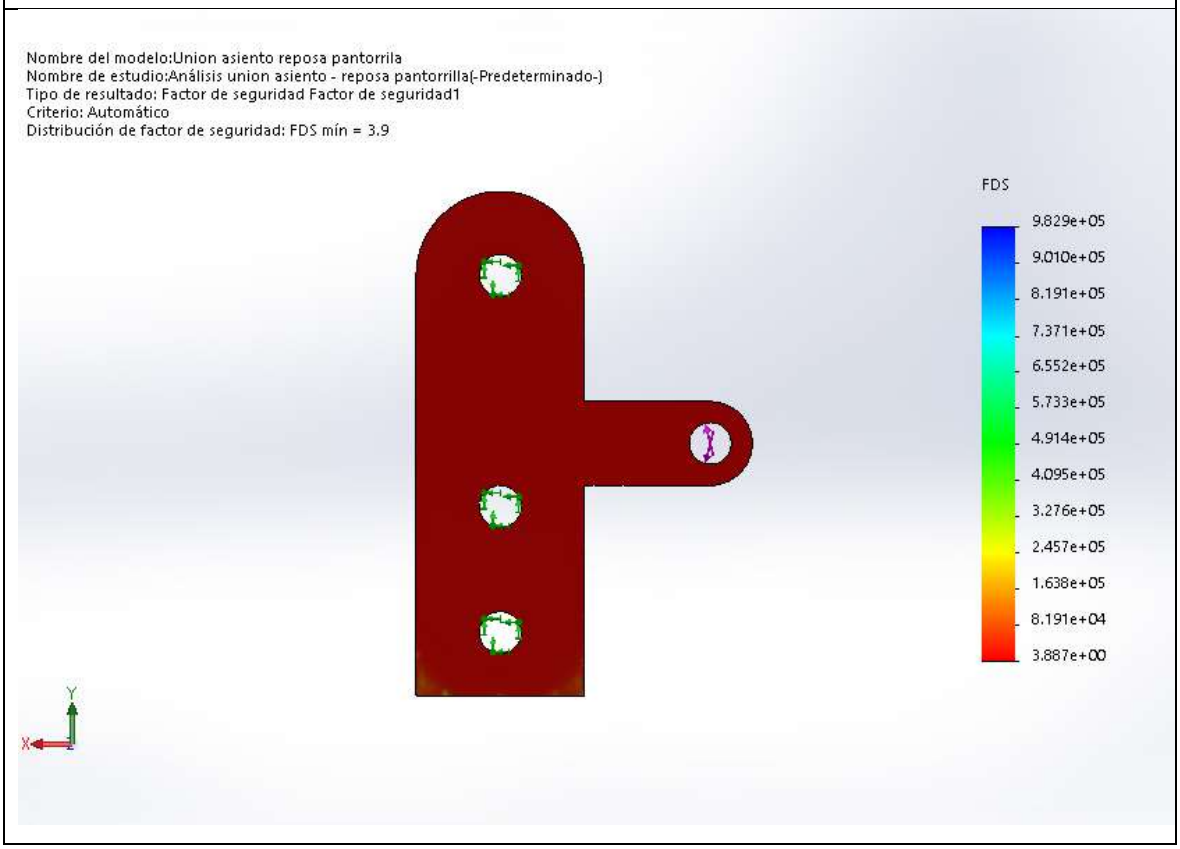
Desplazamiento



Deformaciones unitarias



Factor de seguridad

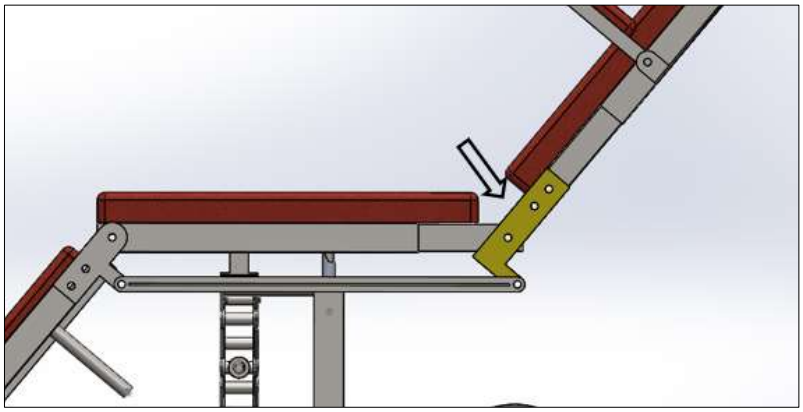


- **Unión asiento – espaldar**

Esta pieza permite unir el asiento, espaldar (respaldar) y mediante el eslabón se une con la estructura de reposapiés; este mecanismo tiene como función permitir los movimientos de las otras piezas, como antes calculado la fuerza de 1214,25 N aplicado sobre el eslabón, por acción y reacción esta pieza recibe la misma fuerza de 1214,25 N

Figura 34

Ubicación de unión (asiento-espaldar)

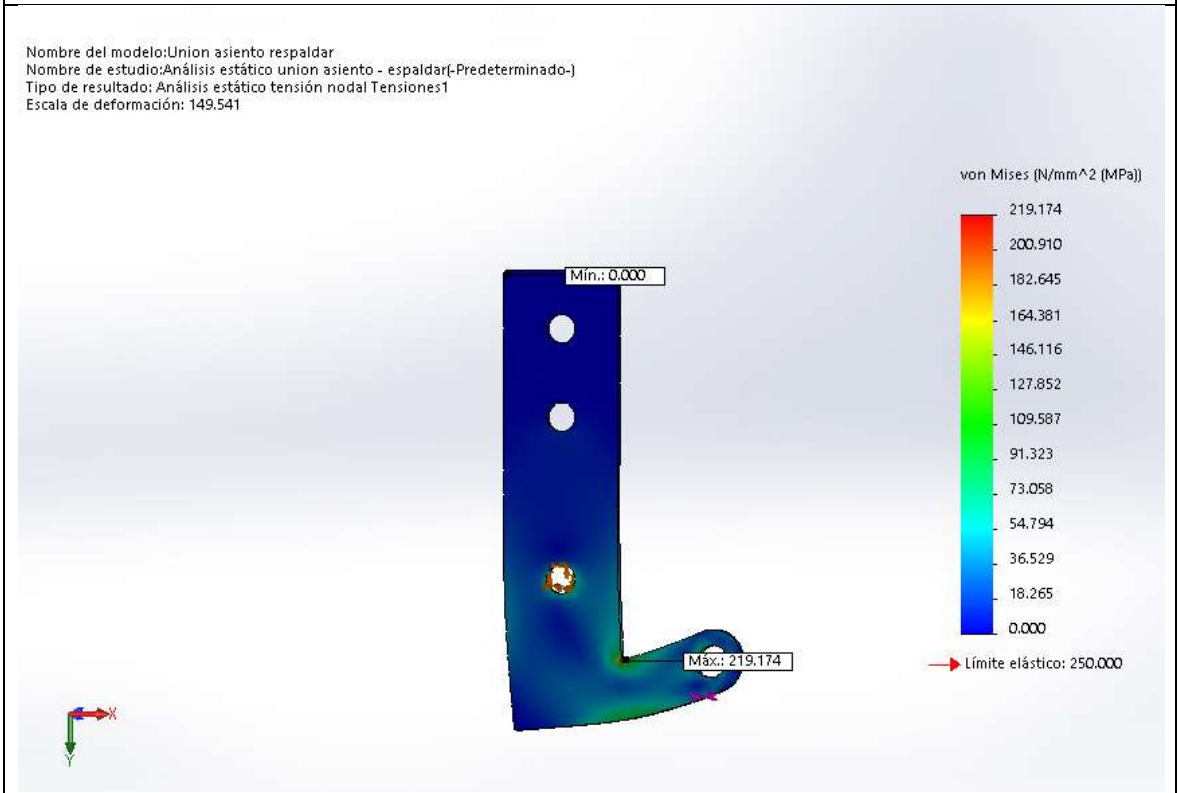


Nota. Figura tomada de *Elaboración propia*

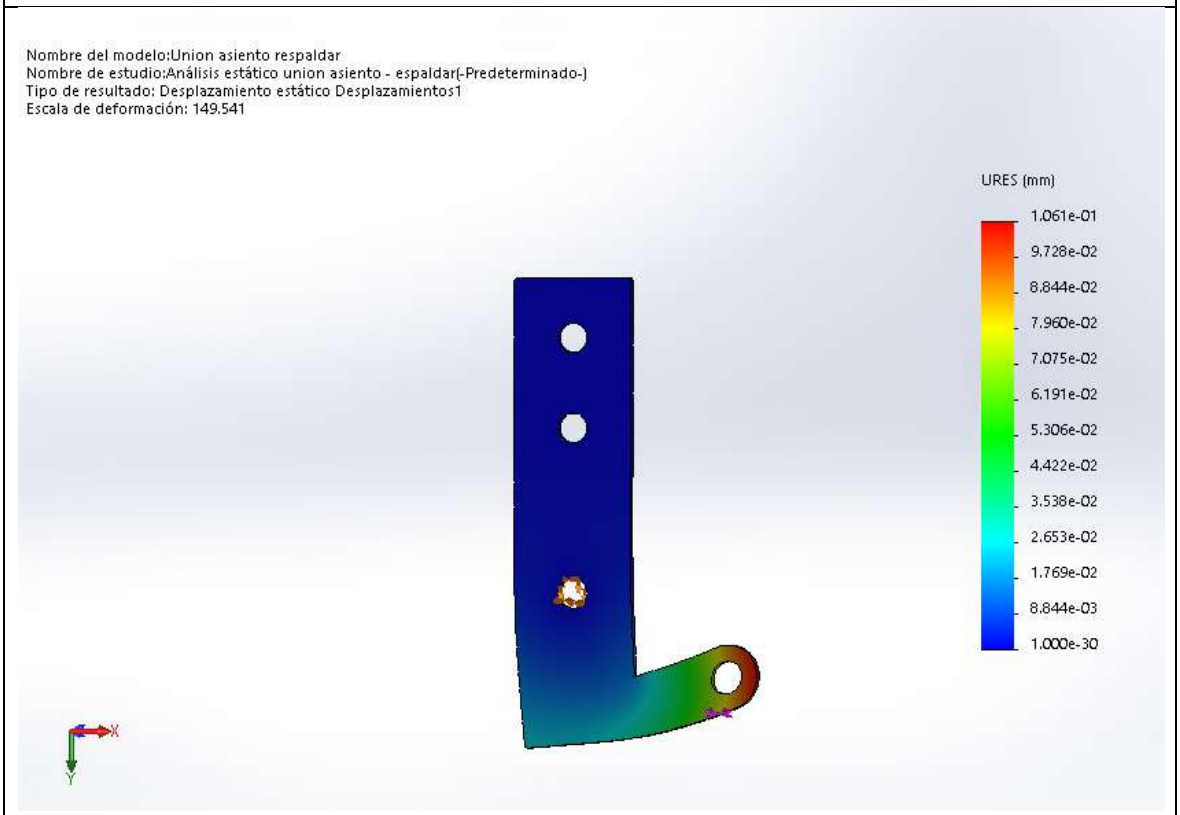
PARÁMETROS DEL MECANISMO	
Material	Acero laminado en caliente (ASTM)
Densidad	0,008 kilogramos por centímetro cúbico
Masa	0,156 kilogramos
Volumen	19,929 centímetros cúbico
Área de superficie	150,419 centímetros cuadrados
RESULTADOS	
Tensión máxima Von Mises	219,174 MPa
Limite elástico	250,000 MPa
Factor de seguridad	1,1

GRAFICAS

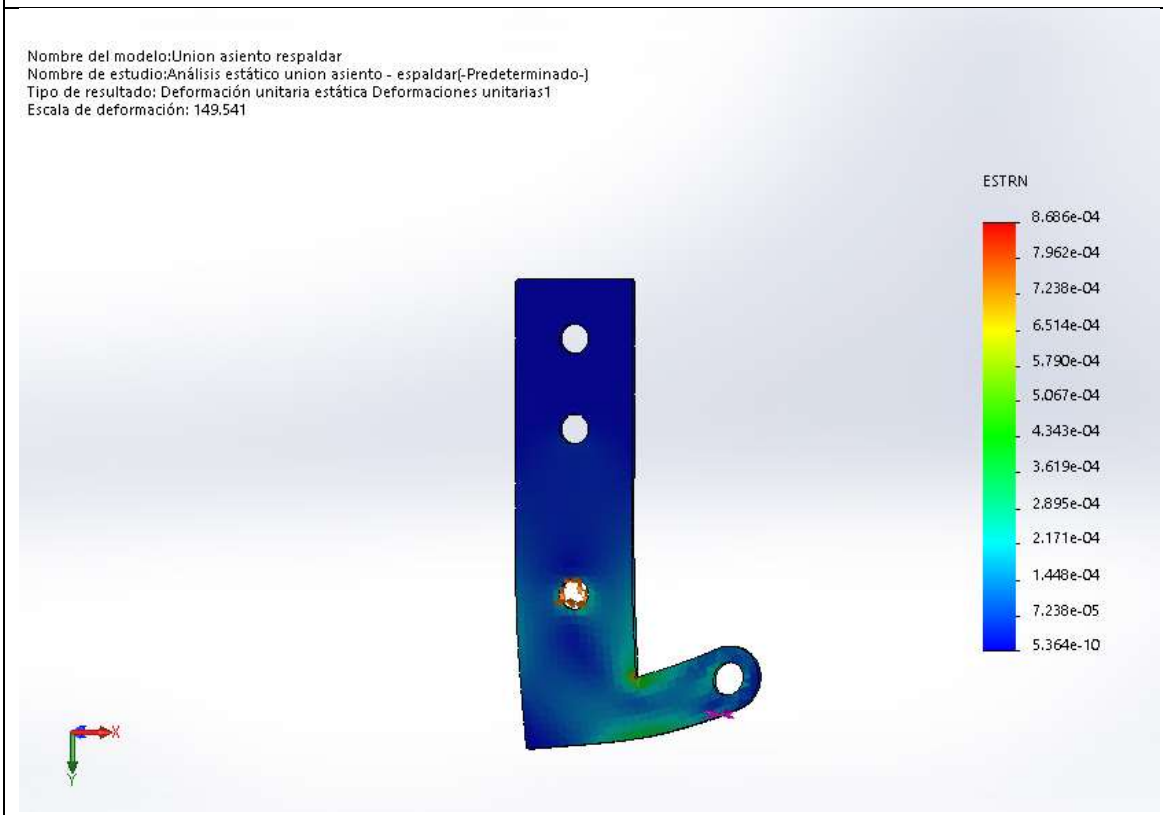
Tensiones (von Mises)



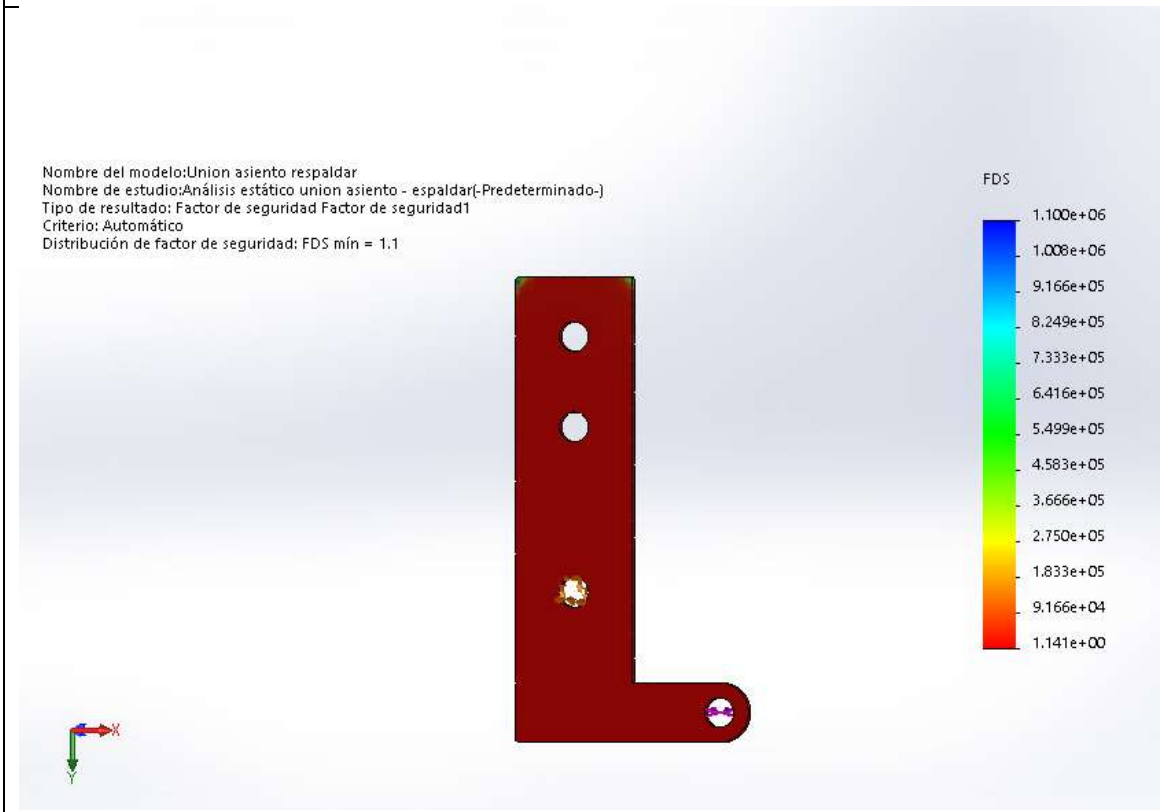
Desplazamiento



Deformaciones unitarias



Factor de seguridad



- **Reposa pantorrillas**

Esta estructura tiene como función mantener el mecanismo móvil sujeto al chasis, permitiendo el desplazamiento mediante un riel, es en esta pieza donde se puede regular la distancia desde la pisadera hasta el punto poplíteo.

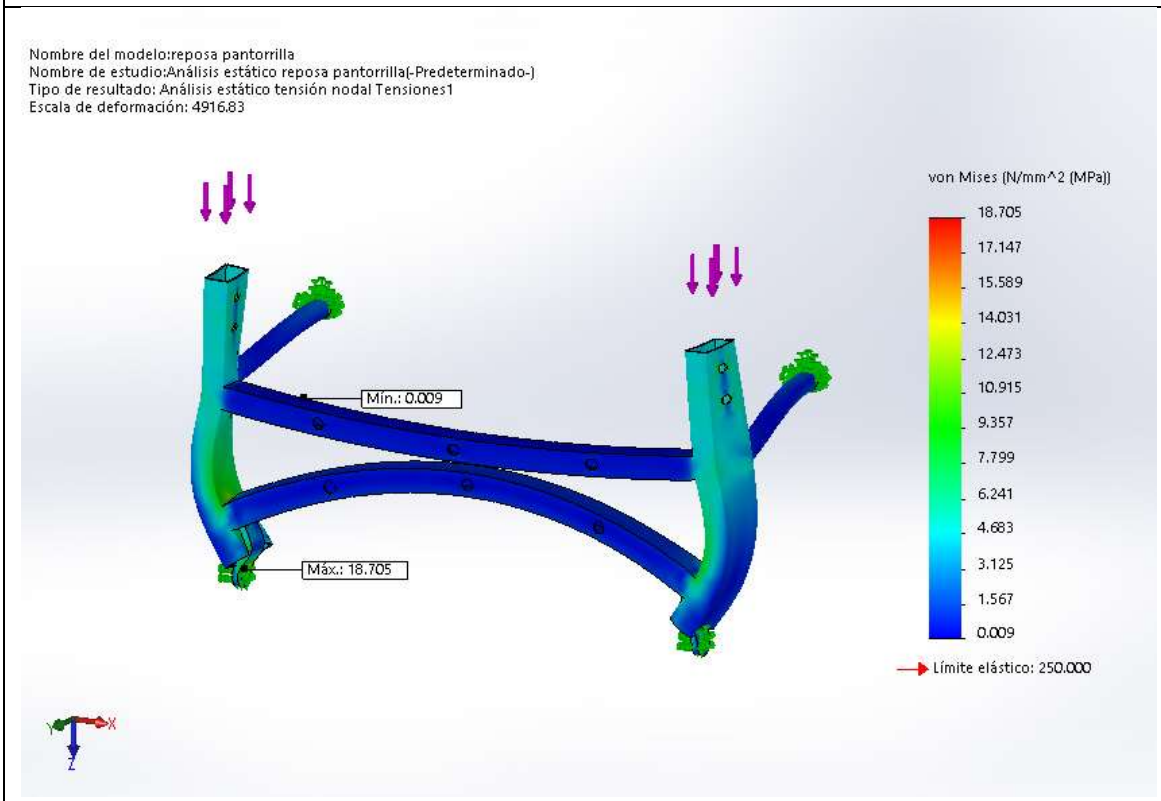
Para analizar este mecanismo se está considerando 78kg, al estar sujeto a la pisadera y el mecanismo al estar en sedestación, el peso total de la persona (65kg) cae sobre este mecanismo, así como el peso de los componentes (componentes de apoyo de usuario) por lo que se adiciona 13kg, peso calculado en la siguiente tabla.

Tabla 7

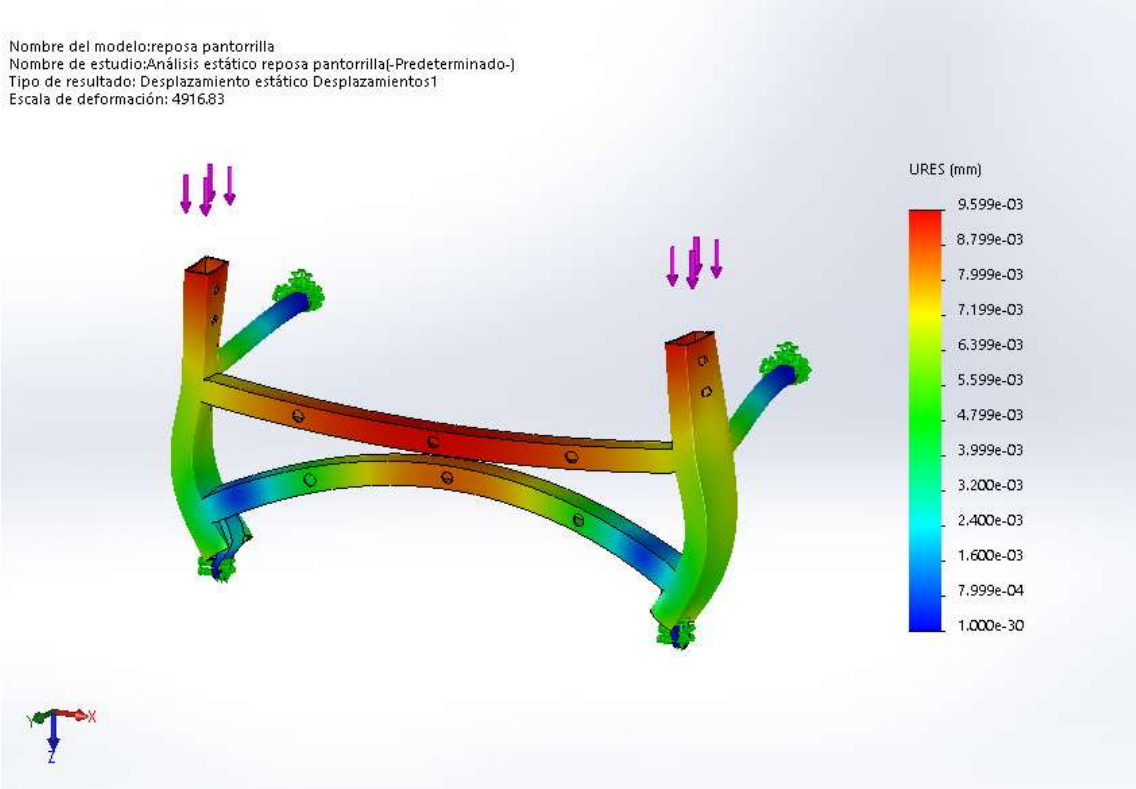
Peso del sistema de apoyo sobre pantorrillas

PESO DEL SISTEMA DE APOYO SOBRE PANTORRILLAS			
Componente	**cantidad**	**peso unid. Kg**	**total**
Estructura de asiento	1	3,07	3,07
Estructura de regulador de asiento	1	0,88	0,88
Respaldar	1	2,34	2,34
Regulador de espaldar(respaldar)	1	0,92	0,92
Regulador de ángulo	2	0,06	0,11
Estructura de cabecera	1	1,12	1,12
Estructura de reposabrazos	2	0,54	1,09
Eslabón	2	0,35	0,70
Unión asiento - reposapiés	2	0,12	0,24
Unión asiento -respaldar	2	0,16	0,31
Eje	1	0,67	0,67
Cojines (total aproximado)	1	1,50	1,50
TOTAL (kg)			**12,94**

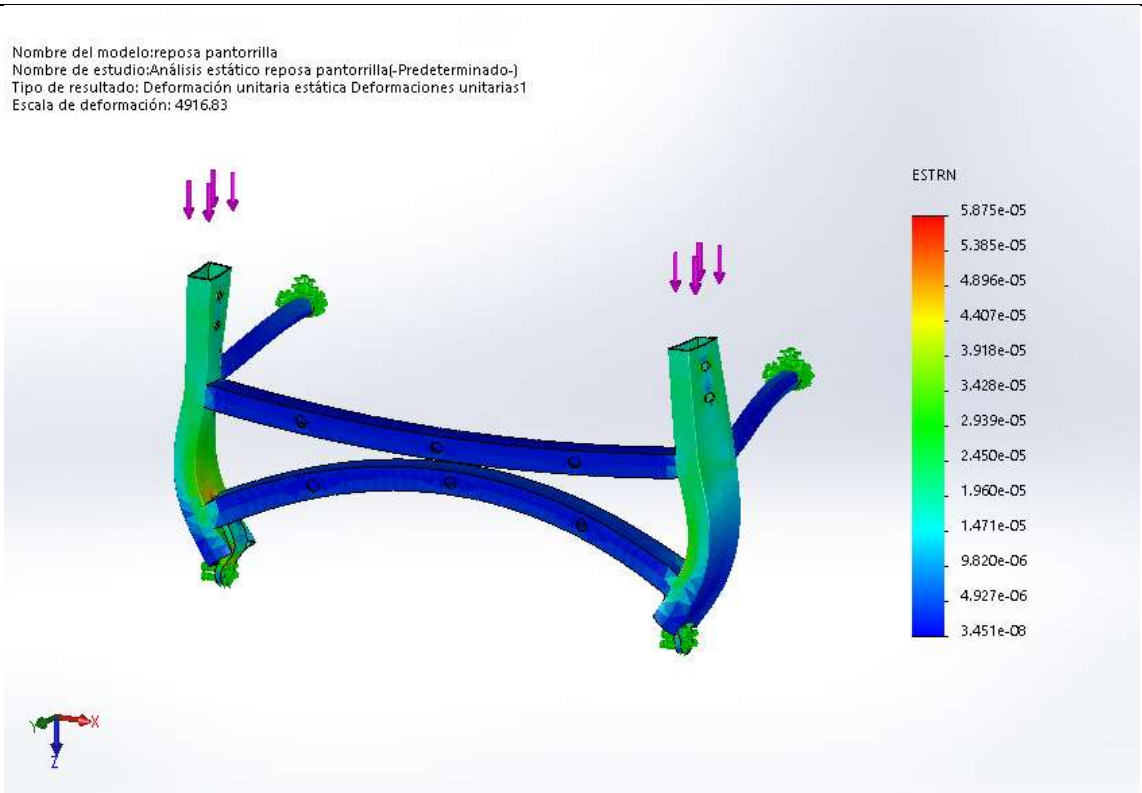
PARÁMETROS DEL MECANISMO	
Material	Acero laminado en caliente
Densidad	0,008 kilogramos por centímetro cúbico
Masa	2,216 kilogramos
Volumen	287,336 centímetros cúbicos
Área de superficie	2594.256 centímetros cuadrados
RESULTADOS	
Tensión máxima Von Mises	18,705 MPa
Limite elástico	250,000 MPa
Factor de seguridad	13
GRAFICAS	
Tensiones (von Mises)	

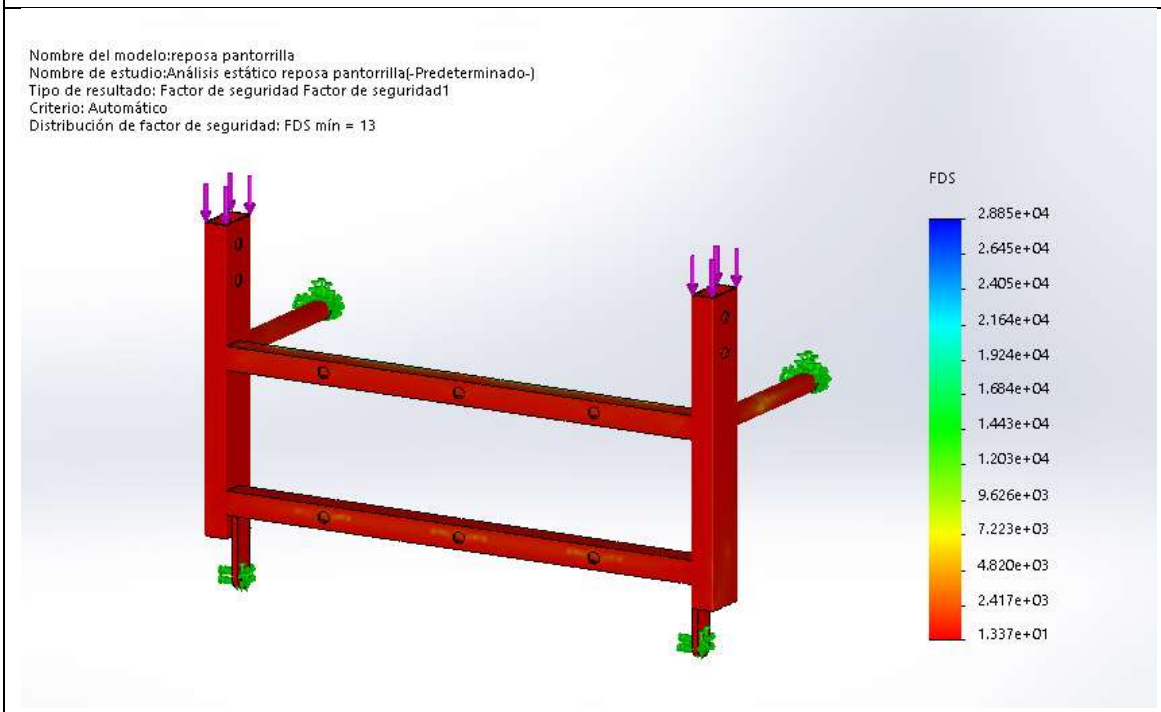


Desplazamiento



Deformaciones unitarias



Factor de seguridad


- **Pisadera.**

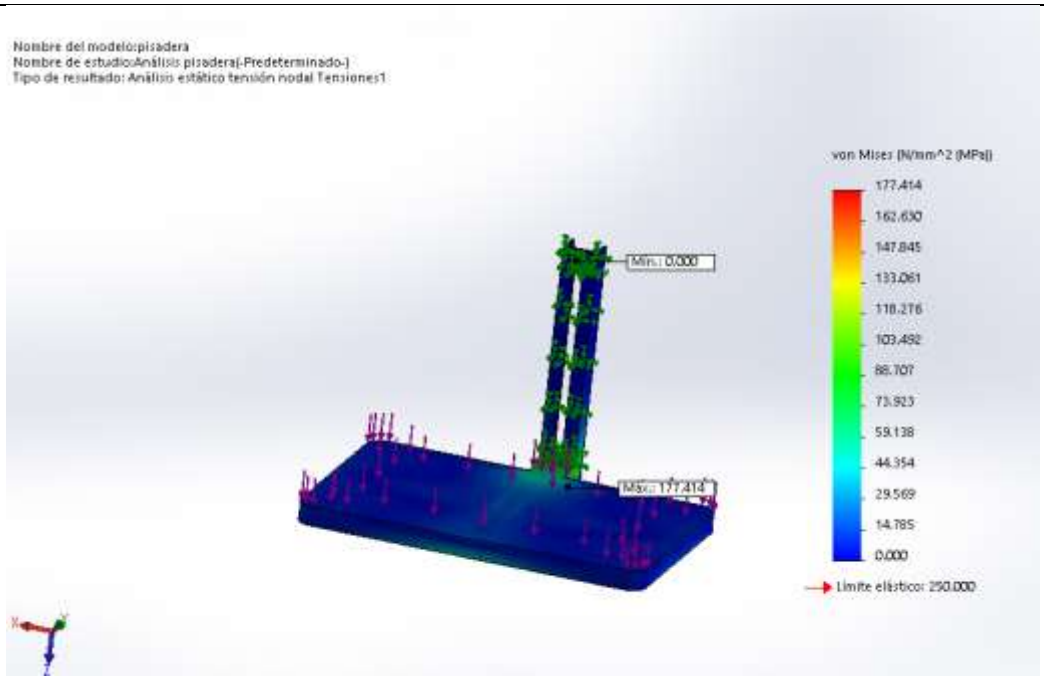
Para el análisis de la pisadera se tienen en cuenta las fuerzas que soportara cuando el mecanismo se encuentre en posición de bipedestación, puesto que en esta posición cae el mayor peso sobre este componente, dichas fuerzas pertenecen al peso máximo de la persona (65 kg), en este punto no se cuenta la estructura del mecanismo, puesto que este está soportado por el eje y el mecanismo tijeras.

PARÁMETROS DEL MECANISMO	
Material	Acero laminado en caliente (ASTM)
Densidad	0,008 kilogramos por centímetro cúbico
Masa	3,173 kilogramos
Volumen	404,186 centímetros cúbicos
Área de superficie	0,372 metros cuadrados
RESULTADOS	
Tensión máxima Von Mises	177,414 MPa
Limite elástico	250,000 Mpa

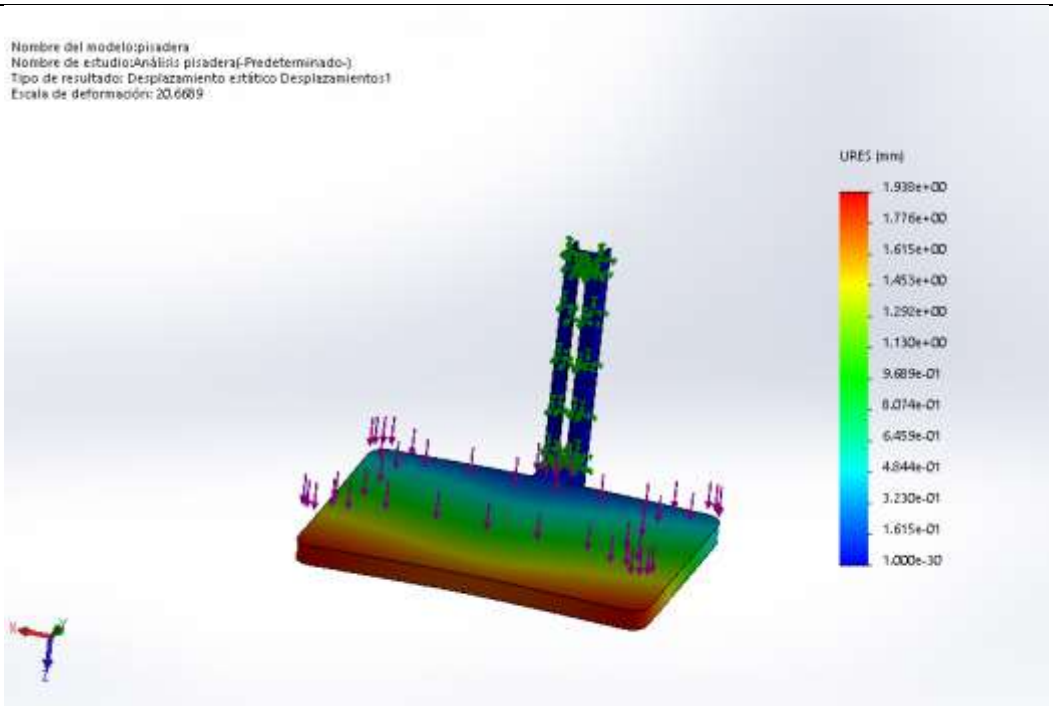
Factor de seguridad	1,4

GRAFICAS

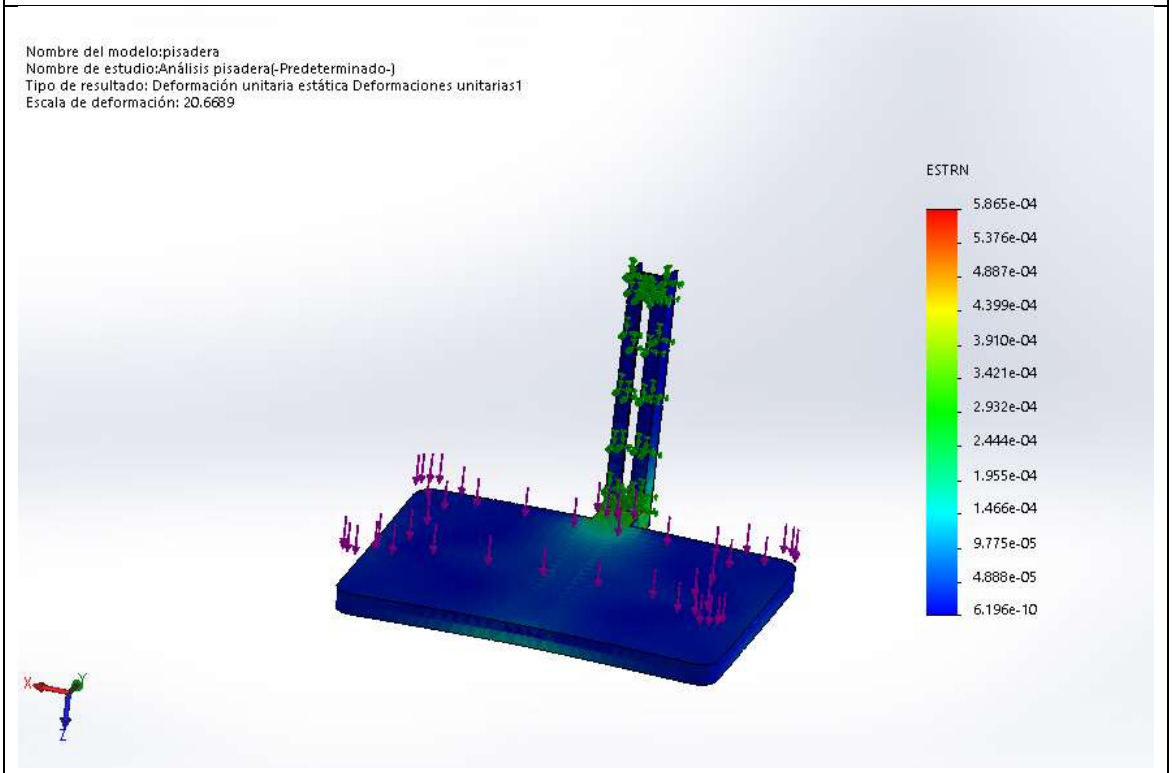
Tensiones (von Mises)



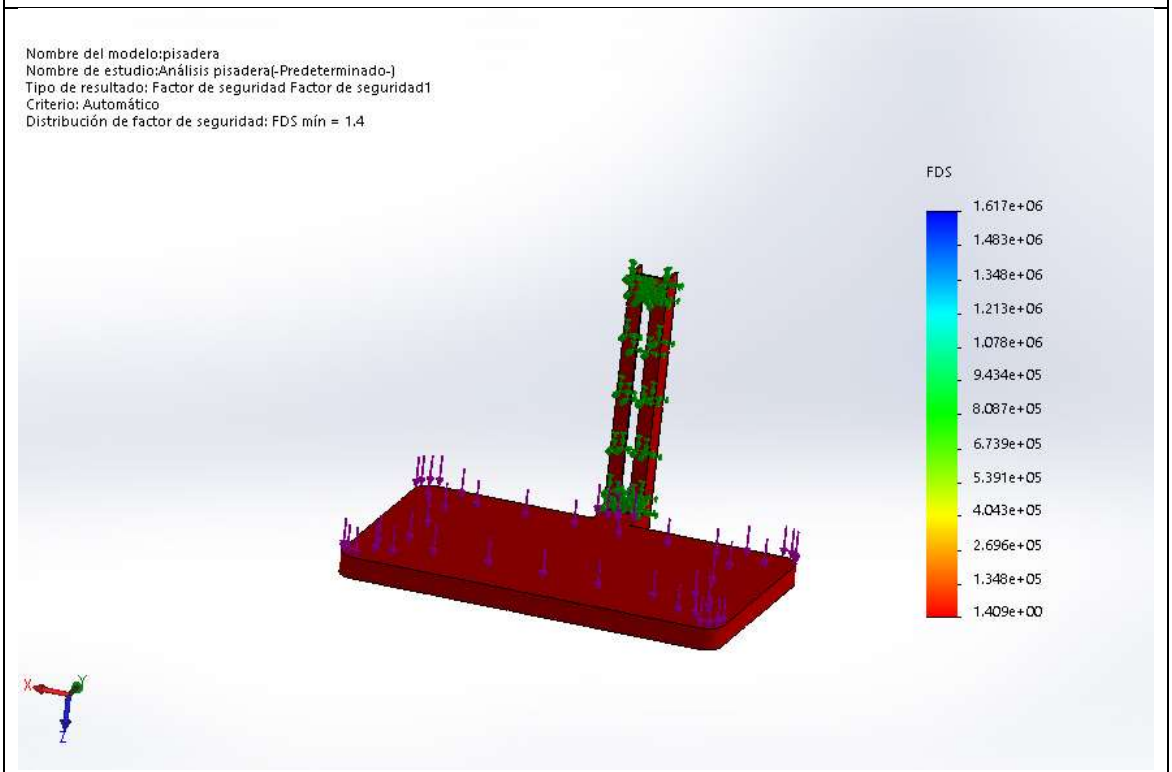
Desplazamiento



Deformaciones unitarias



Factor de seguridad



- **Análisis de sistema tijeras ensamblado**

Para este análisis se tiene en cuenta los pesos de la estructura que se encuentra sobre el sistema tijeras, dichas masas de obtuvieron utilizando SolidWorks 2018. Otra masa a considerar es la del usuario, ya que este mecanismo es el encargado de elevar, descender y mantener estas cargas en diferentes posiciones.

En la siguiente tabla se visualiza los componentes con respectivas masas en kilogramos.

Tabla 8

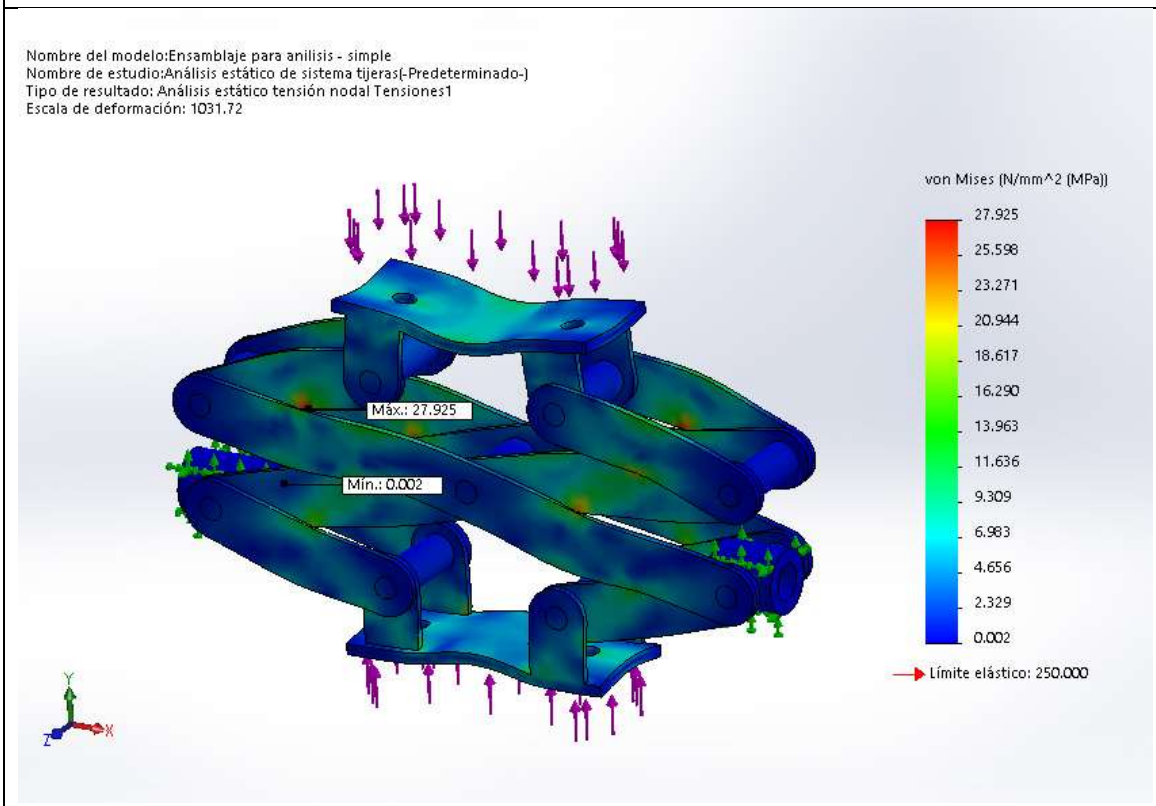
Peso de sistema de apoyo

PESO DEL SISTEMA DE APOYO			
Componente	**cantidad**	**peso unid. Kg**	**total**
Pisadera (reposapiés)	1	3,17	3,17
Reposa pantorrilla	1	2,22	2,22
Estructura de asiento	1	3,07	3,07
Estructura de regulador de asiento	1	0,88	0,88
Respaldar	1	2,34	2,34
Regulador de espaldar(respaldar)	1	0,92	0,92
Regulador de ángulo	2	0,06	0,11
Estructura de cabecera	1	1,12	1,12
Estructura de reposabrazos	2	0,54	1,09
Eslabón	2	0,35	0,70
Unión asiento - reposapiés	2	0,12	0,24
Unión asiento -respaldar	2	0,16	0,31
Eje	1	0,67	0,67
Cojines (total aproximado)	1	1,50	1,50
TOTAL (kg)			**18,33**

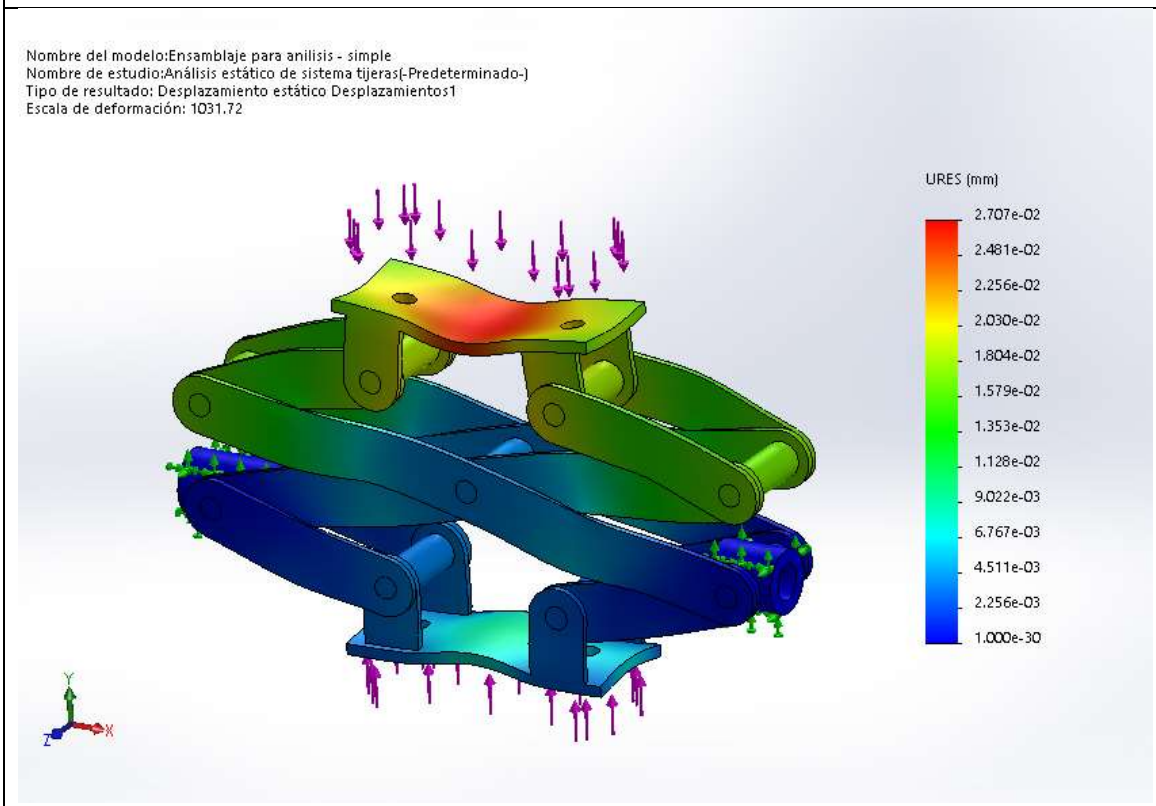
Peso total sobre sistema tijeras.

$$Peso\ total\ =\ 65\ kg\ +\ 18{,}33\ =\ 83{,}33\ =\ \mathbf{84kg}$$

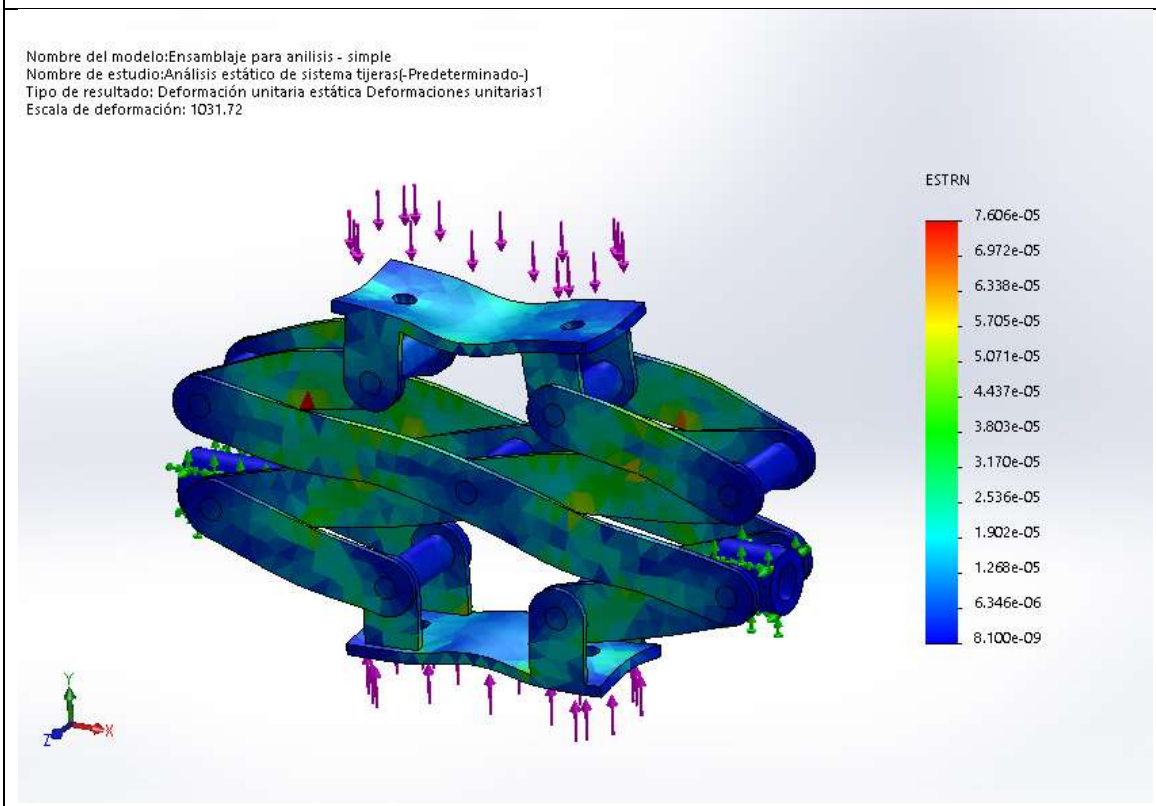
PARÁMETROS DEL MECANISMO	
Material	Acero laminado en caliente (ASTM)
Densidad	----------
Masa (sin husillo)	2,550 kilogramos
Volumen	318,782 centímetros cúbicos
Área de superficie	1865,138 centímetros cuadrados
RESULTADOS	
Tensión máxima Von Mises	27,925 MPa
Limite elástico	250,000 MPa
Factor de seguridad	9
GRAFICAS	
Tensiones (von Mises)	



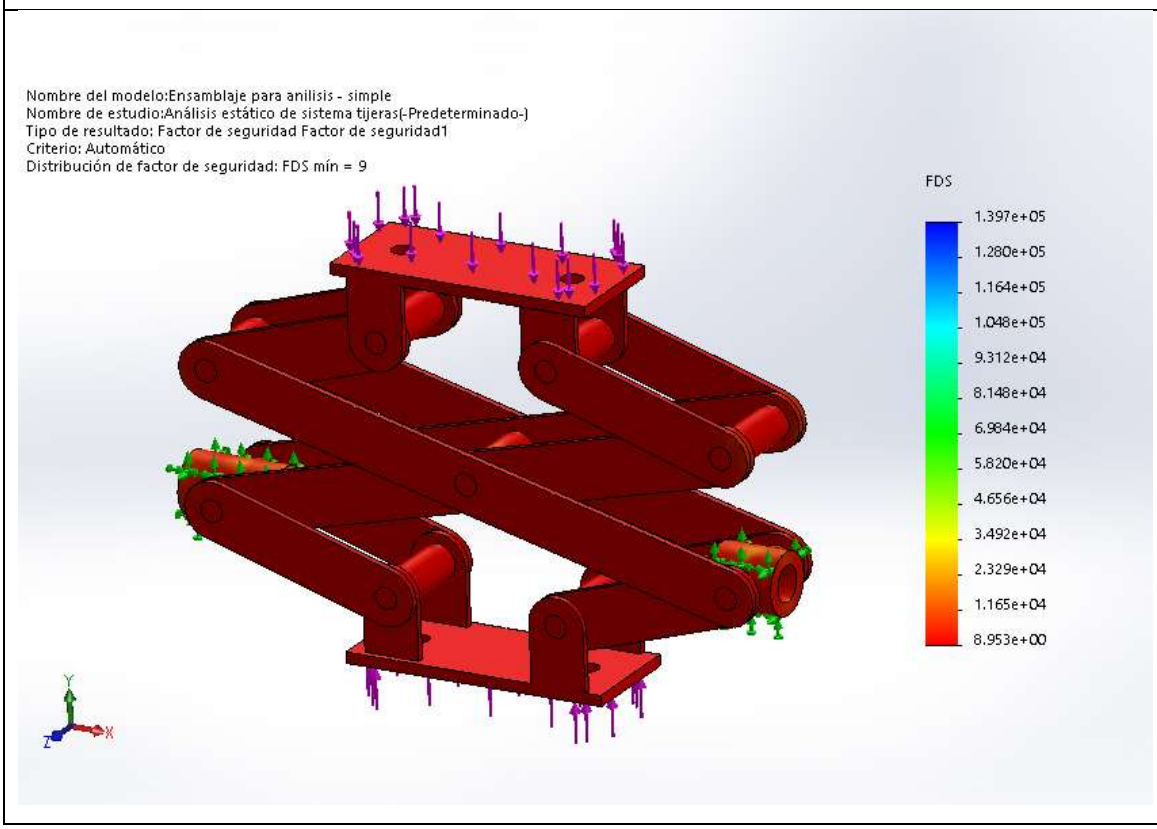
Desplazamiento



Deformaciones unitarias



Factor de seguridad



- **Chasis**

Es la estructura fija que sostiene todos los componentes del mecanismo, como motores ruedas, sistema tijeras y toda la estructura en la que se apoya el usuario.

Para el análisis de esfuerzos, se está tomando en cuenta el peso de los componentes que están sobre el chasis, así como 65 kg de peso máximo del usuario.

A continuación, se muestra la tabla con valores aproximados, estos datos se obtuvieron por medio de SolidWorks 2018, se considera valor aproximado puesto que en una estructura real esto puede variar por el material, por la soldadura o por los acabados.

No se considera el peso de los motores de desplazamiento, estos están acoplados a las ruedas, dicho peso no actúa sobre el chasis.

Tabla 9

Peso de estructura (sobre chasis)

PESO DEL SISTEMA ELECTROMECÁNICO (sobre el chasis)			
Componente	**cantidad**	**peso unid. Kg**	**Total**
Pisadera (reposapiés)	1	3,17	3,17
Reposa pantorrilla	1	2,22	2,22
Estructura de asiento	1	3,07	3,07
Estructura de regulador de asiento	1	0,88	0,88
Respaldar	1	2,34	2,34
Regulador de espaldar(respaldar)	1	0,92	0,92
Regulador de ángulo	2	0,06	0,11
Estructura de cabecera	1	1,12	1,12
Estructura de reposabrazos	2	0,54	1,09
Eslabón	2	0,35	0,70
Unión asiento - reposapiés	2	0,12	0,24
Unión asiento -respaldar	2	0,16	0,31
Sistema tijeras completo	1	2,55	2,55
Eje	1	0,67	0,67
Motor de elevación (aproximado)	1	0,34	0,34
Batería	1	8,00	8,00
Porta batería	1	0,46	0,46
Cojines (total aproximado)	1	1,50	1,50
Soporte de motor de gusano	1	0,07	0,07
TOTAL (Kg)			**29,76**

Tomando en cuenta los datos obtenidos anteriormente, podemos calcular las fuerzas que actúan sobre el chasis, estas fuerzas se aproximan a la realidad.

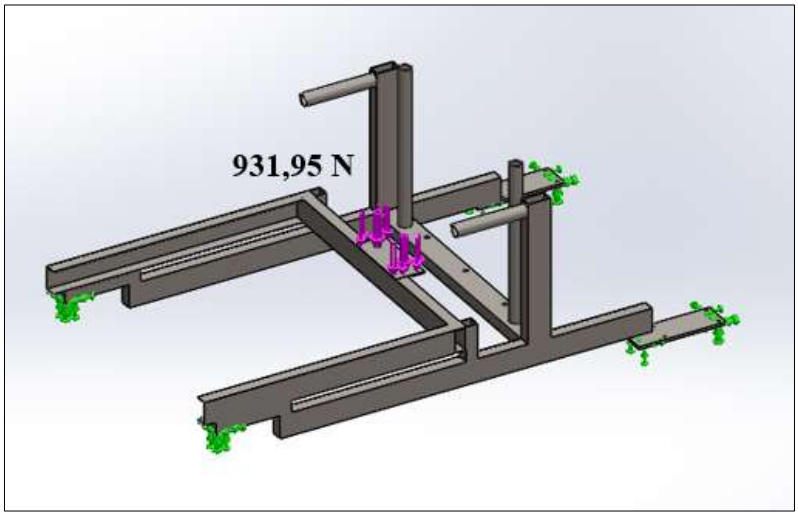
$$Peso\ real\ de\ mecanismos\ +\ peso\ máximo\ de\ usuario$$

$$29.76 + 65kg = 94{,}76 = \mathbf{95\ kg}$$

Fuerza sobre el chasis = **931,95 N**

Figura 35

Fuerza que actúa sobre el chasis

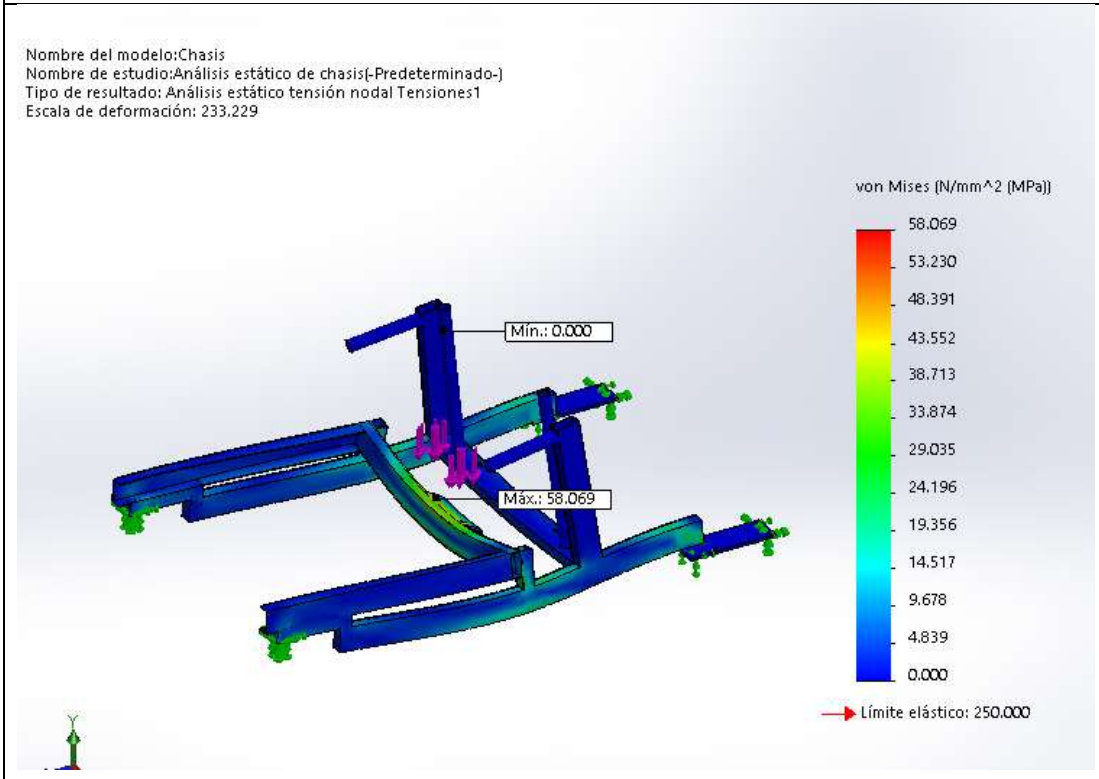


Nota. Figura de *elaboración propia.*

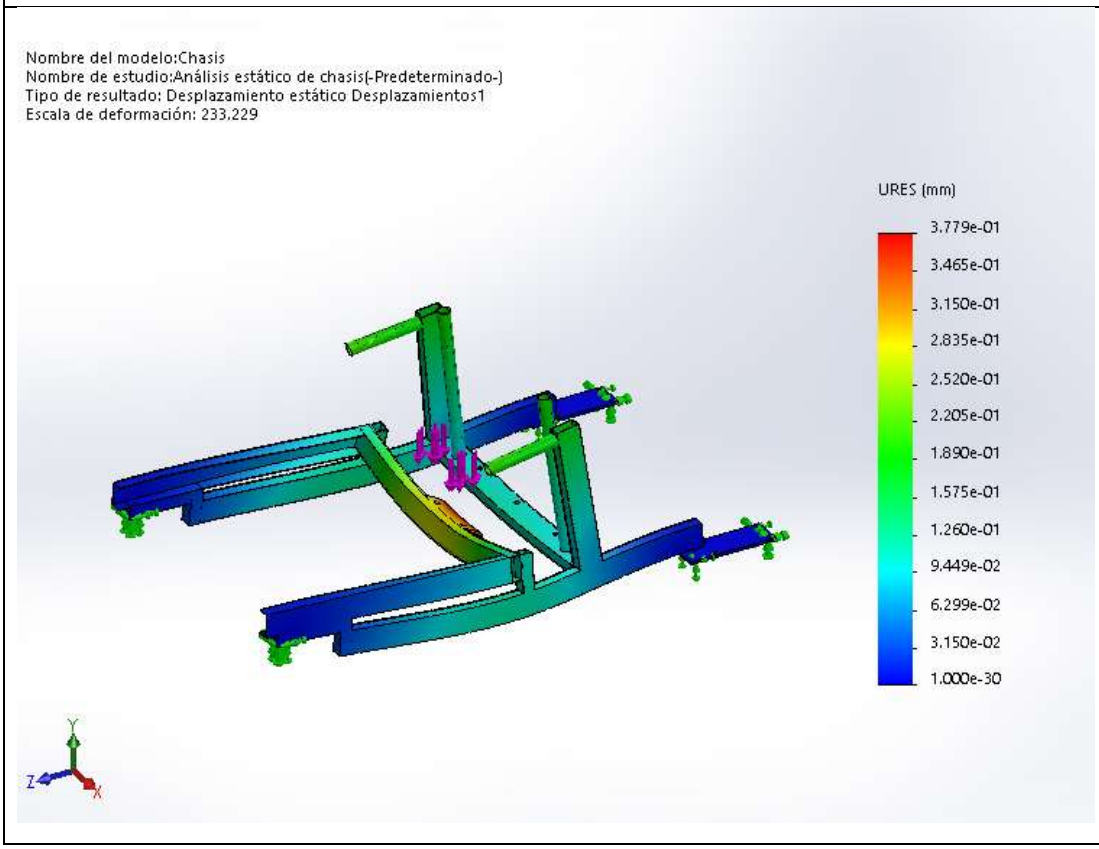
PARÁMETROS DEL MECANISMO	
Material	Acero laminado en caliente (ASTM)
Densidad	0,008 kilogramos por centímetro cúbico
Masa	6,451 kilogramos
Volumen	821,831 centímetros cúbicos
Área de superficie	9132,822 centímetros cuadrados
RESULTADOS	
Tensión máxima Von Mises	58,069
Limite elástico	250,00
Factor de seguridad	3,4

GRAFICAS

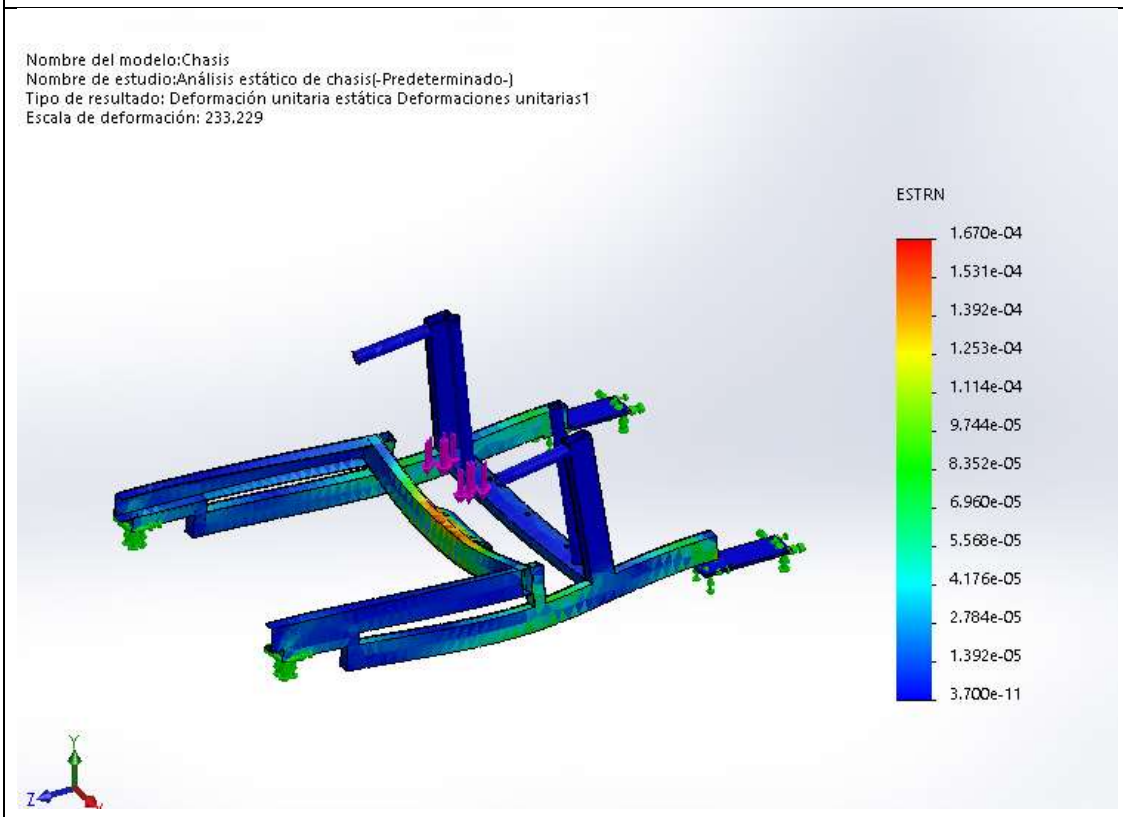
Tensiones (von Mises)



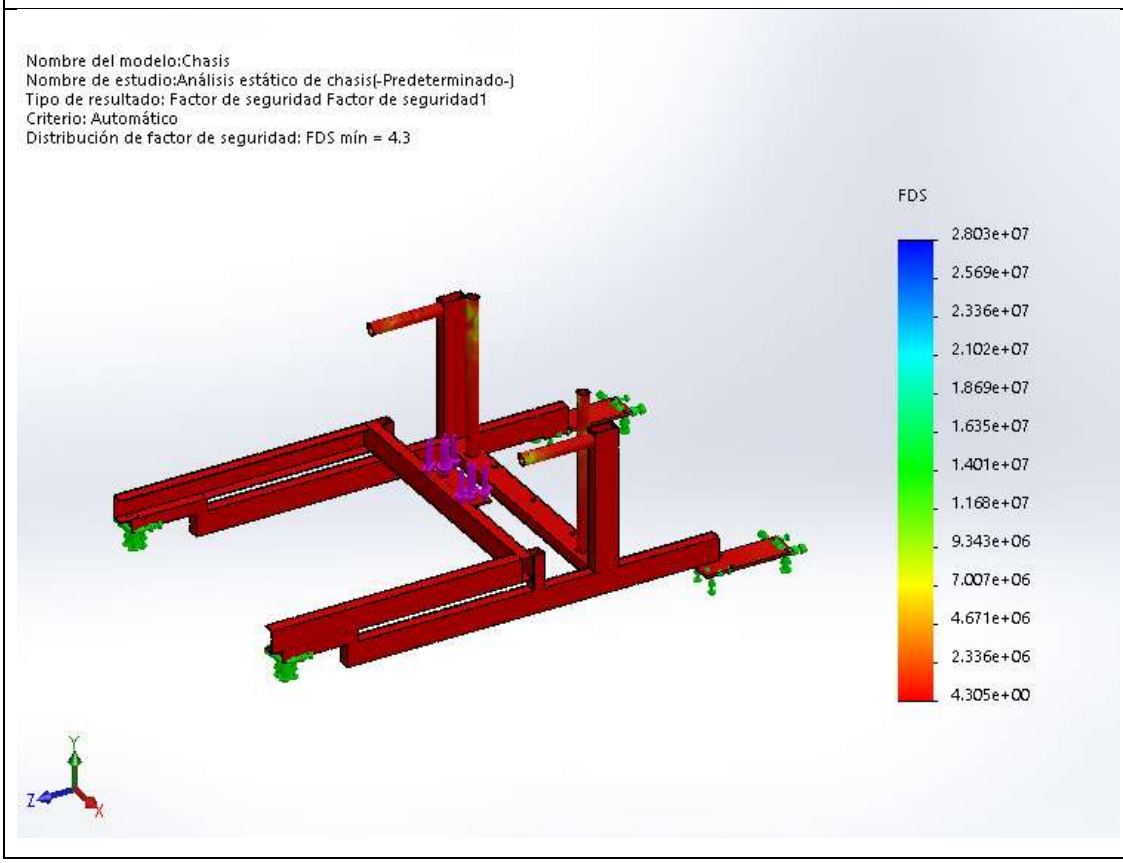
Desplazamiento



Deformaciones unitarias



Factor de seguridad



Análisis y simulación cinemática del sistema electromecánico

El proceso de diseño fue satisfactorio, se obtuvo un mecanismo totalmente funcional y adaptable tanto en posición como en medidas antropométricas, esto se puede visualizar en el modelado en 3D en SolidWorks 2018.

Para tener una apreciación de lo antes mencionado, se realizó tomas de imágenes en diferentes ángulos, así como una imagen de estructura en cada posición de configuración del mecanismo.

En posición de descanso (130º)

Figura 36

Vistas en posición de descanso

Nota. Figura de *elaboración propia.*

En posición de sedestación

Figura 37

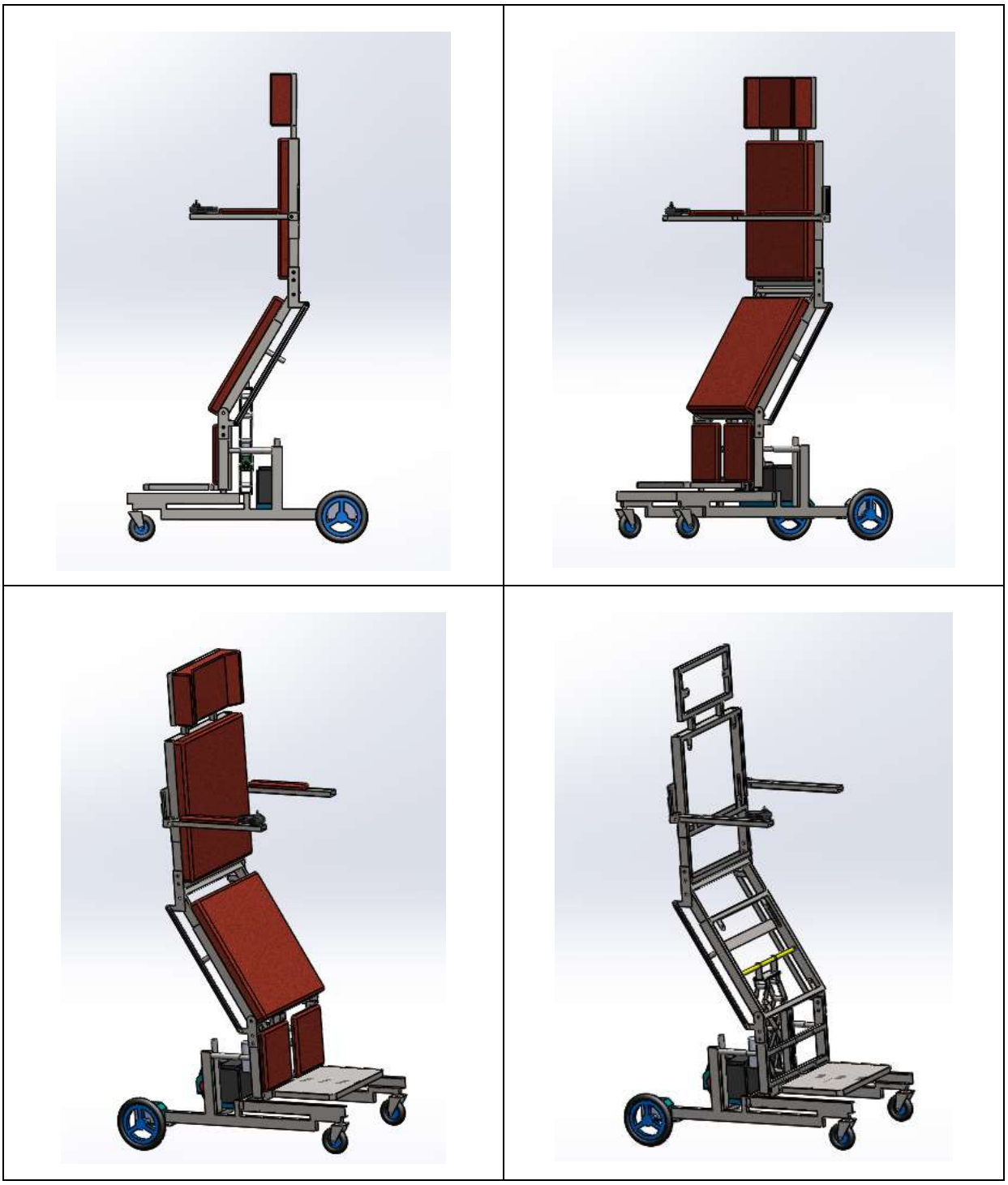
Vistas en posición de sedestación

Nota. Figura de *elaboración propia.*

En posición de bipedestación

Figura 38

Vistas en posición de sedestación



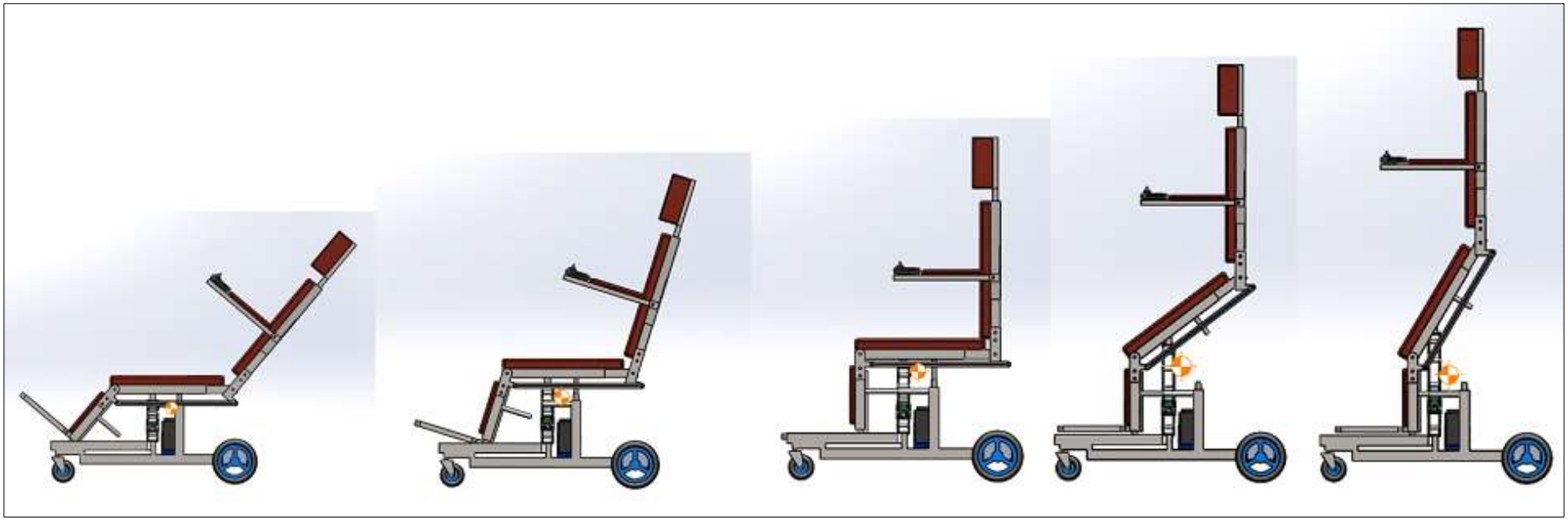
Nota. Figura de *elaboración propia.*

Análisis de cambio de posiciones con visualización de centro de gravedad

En este punto se aprecia el cambio de posición que realiza el mecanismo desde posición de descanso hacia posición de sedestación y finalmente en posición de bipedestación.

Figura 39

Cambio de posiciones con visualización de CG



Nota. Figura de *elaboración propia*

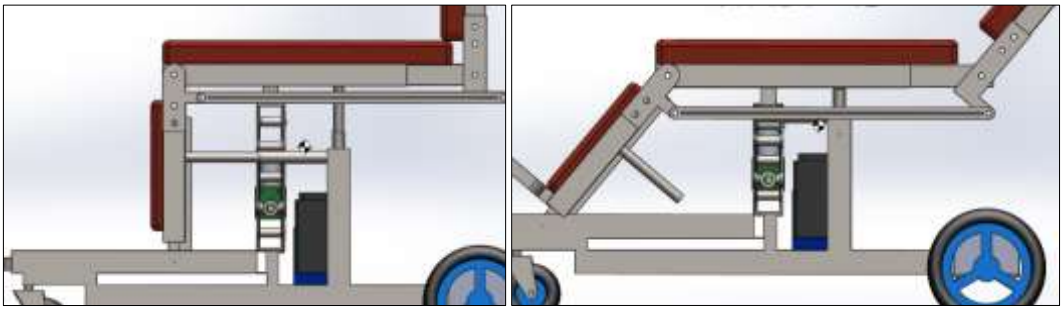
El centro de masa represento un gran problema para el diseño, esto porque al momento de inclinarse en su ángulo máximo 130° el centro de gravedad se desplaza y se aproxima a las ruedas posteriores.

La ubicación del centro de masa o centro de gravedad es importante en el diseño, ya que es lo que da la seguridad de que el mecanismo no presentara volcaduras, ver **Anexo 4. Secuencia de cálculo**, donde se realiza un análisis matemático y cinemático de volcadura en superficie inclinada.

En las siguientes imágenes se aprecian el desplazamiento mencionado entre sedestación e inclinación.

Figura 40

Desplazamiento de CG

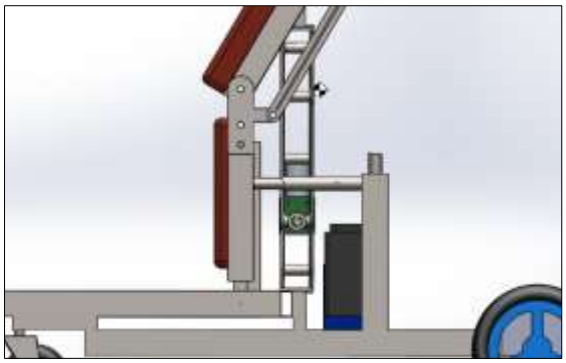


Nota. Figura de *elaboración propia*

En posición de bipedestación se aprecia que el CG se aproxima al sistema tijeras, esto se debe que el diseño busca mantener el CG dentro del perímetro formado por las 4 ruedas, por lo que el sistema de tijeras se ubicó en el centro de dicho perímetro.

Figura 41

CG en bipedestación



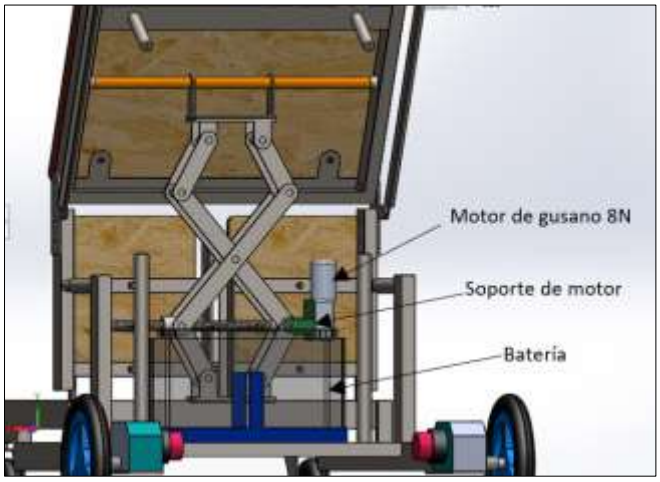
Nota. Figura de *elaboración propia*

Para ubicación del motor de gusano de 8 N, se diseñó una base o soporte que se acopla al sistema tijeras, el mecánico requiere que sea móvil, es decir debe subir y bajar junto al husillo 16x4.

En las siguientes imágenes se muestra el motor acoplado al sistema tijeras, en diversas posiciones del mecanismo, así como también se muestra la batería y la porta batería en sus respectivos lugares.

Figura 42

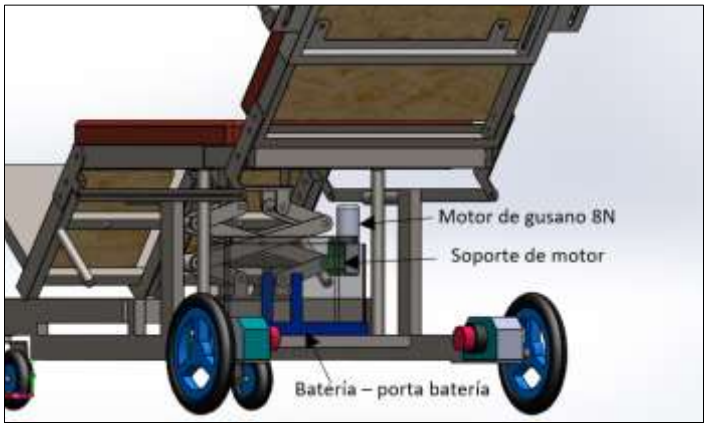
Vista del soporte con motor de elevación



Nota. Figura de *elaboración propia*

Figura 43

Vista 2 de soporte con motor de elevación



Nota. Figura de *elaboración propia*

Peso de la estructura completa

Tabla 10

Peso total del mecanismo

Componente	cantidad	peso unid. Kg	Total
Pisadera (reposapiés)	1	3,17	3,17
Reposa pantorrilla	1	2,22	2,22
Estructura de asiento	1	3,07	3,07
Estructura de regulador de asiento	1	0,88	0,88
Respaldar	1	2,34	2,34
Regulador de espaldar(respaldar)	1	0,92	0,92
Regulador de ángulo	2	0,06	0,11
Estructura de cabecera	1	1,12	1,12
Estructura de reposabrazos	2	0,54	1,09
Eslabón	2	0,35	0,70
Unión asiento - reposapiés	2	0,12	0,24
Unión asiento -respaldar	2	0,16	0,31
Sistema tijeras completo	1	2,55	2,55
Eje	1	0,67	0,67
Motor de elevación (aproximado)	1	0,34	0,34
Batería	1	8,00	8,00
Porta batería	1	0,46	0,46
Cojines (total aproximado)	1	1,50	1,50
Soporte de motor de gusano	1	0,07	0,07
Motor de desplazamiento- ruedas - joystick	1	10,00	10,00
Chasis	1	6,45	6,45
Llantas delanteras	2	1,00	2,00
TOTAL (Kg)			**48,20**

Nota. Esta tabla indica el peso de cada componente.

Peso del mecanismo en uso:

$$Peso\ del\ mecanismo\ +\ peso\ de\ usuario\ =\ 48{,}2\ +\ 65\ =\ \mathbf{113{,}2\ kg}$$

Presupuesto

Tabla 11

Materiales y costo

Detalle	Cantidad	Valor S/.	Total, S/.
Motor gusano 8N	1	78,79	78,79
Batería 24v 50 Ah	1	1021,68	1021,68
Kit de ruedas-joystick YL-M8	1	967,50	967,50
Tubo rectangular 40x20x1.5 mm x 6m	2	43,99	87,98
Tubo cuadrado 20x20x1.5 mm x 3m	1	26,72	26,72
Tubo redondo 1/2 (21.3) x 2mm x 1m	1/6	49,00	8,17
Platina 30 x 1.5mm x 6m	1/6	14,00	2,33
Tubo liso 1/2 x 6m	1/6	45,00	7,50
Tubo liso 5/8 x 6m	1/6	80,00	13,33
Platina 20x1.5mm x 6m	1/2	14,00	7,00
Angulo 20x1.5mm x 6m	1/6	9,00	1,50
Perfil T 20x1.5mm x 6m	1/3	23,00	7,67
Tubo 40x40mm x1.5 x 6m	1/6	35,00	5,83
Platina 20x5 x 6m	1/6	30,00	5,00
Platina 4x40mm x 6m	1/6	27,00	4,50
Plancha lisa 3mm (0.5 x 0.2 m)	--	50,00	50,00
Plancha lisa 5mm (0.2 x 0.2m)	--	30,00	30,00
Soldadura punto azul 6011 1/8 x kg	2	16,50	33,00
Rodaje 62300-2rs1	2	15,00	30,00
Tornillos y tuercas	--	30,00	30,00
Cojines	--	15,00	15,00
Subtotal			**2433,51**

Nota: Esta tabla indica los materiales y los costos para la fabricación del mecanismo.

Tabla 12

Servicios y costo

Detalle	Cantidad	Valor S/.	Total, S/.
Armado de estructura-ensamble	1	1000,00	1000,00
Servicio de torno	1	350,00	350,00
Pintado al horno	1	300,00	300,00
Transporte	1	250,00	250,00
Subtotal			**1900,00**

Nota. Esta tabla indica los costos de mano de obra y el transporte hacia los lugares de trabajo.

Tabla 13

Resumen

Detalle	Total, S/.
Materiales	2433,51
Servicios	1900,00
Total, General	**4333,51**

Nota. Esta tabla indica el costo total para la construcción del mecanismo.

Tabla 14

Peso y costo de silla de ruedas de bipedestación disponibles en el mercado

	Gráfico	Modelos				
		Invacare Action Vertic	**Navix SU**	**Permobil F5 VS Corpus**	**Leo II Lightest Standing Wheelchair**	**XO-202 Power Standing Wheelchair**
Peso vacío (kg)		27	122	187	27	50
Peso max. usuario (Kg)		115	130	136	-	113
Costo (soles Perú 2023)		20 457,04	12 336.22	53 332,81	16 076,09	37 714,05

Nota. Esta tabla muestra el precio en soles, según tipo de cambio 3,81 USD, también muestra el peso del mecanismo y el peso máximo de usuario a soportar de modelos disponibles en el mercado. Tabla de *elaboración propia.*

3.2 Discusión

En la actualidad es común ver personas en silla de ruedas ya sea por enfermedad, lesión en accidente o de nacimiento, las cuales cuentan con sillas comunes, muchas veces con asientos de tela, acondicionados con cojines caseros, puesto que las sillas disponibles en el mercado son costosas y de medidas pre terminadas según el país de origen.

Con la presente investigación se busca reducir los costos de fabricación, por lo que se diseñó pensando en los materiales disponibles en el mercado local y nacional para la fabricación de estructura metálica, lo que corresponde a mecanismos electrónicos se ha pensado en compra online ya que los envíos en la actualidad, no presenta problema alguno.

Se estimo un peso en total de 130 kg, con los datos obtenidos en SolidWorks 2018, se obtuvo un total de 48,2 kg del mecanismo, agregando el peso correspondiente a usuario tenemos como resultado 113,2 kg lo que está por debajo del peso estimado para cálculo del motor de desplazamiento, esto da a entender que no presentara ningún problema relacionado al peso.

El peso del mecanismo solo, incluyendo batería es de 48,2 kg lo cual se asemeja a algunos productos disponible en el mercado, teniendo en cuenta que algunos modelos sobrepasan los 100 kg en vacío, esto se corrobora con el listado de modelos y características de *Tabla 14 Peso y costo de silla de ruedas de bipedestación disponibles en el mercado*.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La estructura mecánica está diseñada para variar de tamaño, lo cual permitiría ser utilizada por todas las personas con discapacidad de miembros inferiores que tenga una talla promedio (1,53-1,65 m)
- El material más accesible es el hierro (ASTM A 500), porque lo encontramos en el mercado local, de igual manera las herramientas que se utilizarían para la construcción y ensamblaje.
- Al existir muchos talleres de estructuras metálicas, esto facilitaría el proceso de fabricación, así como la mano de obra a precio inferior a lo que costaría trabajar otros materiales como el aluminio, fibra de vidrio o fibra de carbono.
- Como principal inconveniente es la adquisición del kit de motores, lo cual se tendría que importar desde china, esto incrementaría el costo.
- Las dimensiones obtenidas son favorables para mantener un peso adecuado, del mecanismo, así mismo el diseño obtenido cumplió con las expectativas requeridas, como son de sedestación, bipedestación y sobre todo no requiere de mucha estructura lo que también benéfica en peso y costo de producción.
- El motor seleccionado pose un torque de 30N lo que es suficiente para el transporte en pendientes, aun cuando todo el mecanismo tiene un peso elevado.
- Las ruedas delanteras al ser de alta resistencia a peso, esta no presenta problema para soportar toda la estructura más el peso del usuario, ya que el peso total corresponde a 113,2 kg y dichas ruedas pueden soportar hasta 250kg.
- Se obtuvo un mecanismo estable en todas las posiciones tanto en superficie plana como en pendiente.

4.2 Recomendaciones

- El peso máximo del usuario debe ser 65 kg, aun cuando el mecanismo está calculado para los 80 kg, esto por cargas adicionales que pueda sostener o transportar el usuario.

- Para la construcción se recomienda, no utilizar productos de dudosa procedencia, los malos materiales podrían ocasionar lesiones en los usuarios, se recomienda tener en cuenta los espesores y diámetros mencionados en la presente investigación, estos se encuentran con un factor de seguridad superior al límite recomendado.
- Tener presente que los equipos mencionados podrían dejarse de fabricar o ser mejorados en nuevos modelos, por lo que se recomienda buscar equipos que brinden mayor duración de la batería, menor peso y mayor torque.
- Para futuras investigaciones se recomienda el estudio de materiales livianos, como el aluminio, la fibra de vidrio o fibra de carbono, dichos materiales ayudarían a reducir el peso, lo cual beneficia en duración de batería y transporte del mecanismo.
- Se obtuvo un mecanismo estable en diferentes posiciones, incluso en pendientes, pero se recomienda lo siguiente:
    - No subir ni bajar pendientes en posición bípeda.
    - No inclinar a 130° en pendiente ascendente, el CG se encuentra cerca del límite del perímetro formado por las ruedas.
    - No hacer giros bruscos a máxima velocidad.
    - Desplazarse de preferencia en posición sedente.
    - Si se requiere desplazarse en posición bípeda, no usar máxima velocidad.

REFERENCIAS

[1] INEI, «INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS E INFORMATICA,» 2017. [En línea]. Available: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1675/.

[2] INEI, «INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS EN INFORMATICA,» 2017. [En línea]. Available: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1675/.

[3] INEI, «Informe estadístico del Registro Nacional de la Persona con Discapacidad – Reporte enero 2022,» 2022.

[4] OMS, «Discapacidad,» 2022.

[5] S. M. Aguilar Montenegro, «Dolor de hombro asociado al uso permanente de sillas de ruedas en personas con discapacidad física de la ciudad de Ibarra periodo 2021,» 2022.

[6] «LA VANGUARDIA - Vida,» 03 07 2018. [En línea]. Available: https://www.lavanguardia.com/vida/20180307/441334886067/el-76-de-personas-que-usan-sillas-de-ruedas-sufre-dolor-en-columna-vertebral.html.

[7] «SUNRISE MEDICAL,» 29 enero 2019. [En línea]. Available: https://www.sunrisemedical.es/blog/beneficios-sillas-bipedestacion.

[8] M. SUNRISE, «Autoestima y autoimagen en personas con discapacidad,» 2021. [En línea]. Available: https://www.sunrisemedical.es/blog/autoestima-y-autoimagen-en-personas-con-discapacidad.

[9] A. A. Pomalima, «Diseño de una silla de ruedas bípeda para personas con discapacidad motriz de las extremidades inferiores,» 2020.

[10] U. H. A. Guadalupe, «Tratamiento fisioterapéutico en la paraplejía espástica,» 2018.

[11] J. E. S. Lorenzo, «SILLA DE RUEDAS CON CAMBIO DE POSICIÓN DE SENTADO A ERGUIDO PARA ASISTIR LA DISCAPACIDAD MOTORA DE MIEMBROS INFERIORES EN ADULTOS - 2019,» 2019.

[12]). A. S. E. P. y. C. P. V. Sigcha, «Diseño y construcción de un dispositivo de bipedestación para personas con discapacidad motriz,» 2021.

[13] R. C. d. I. Biomédicas, «Diseño de un bipedestador semiautomático reajustable para el desplazamiento de personas con paraplejia,» 2021.

[14] S. L. Y. A. A. y. c. Asgari, «Una variante sin sentido FBN1 seleccionada positivamente reduce la altura en individuos peruanos,» *NATURE,* 13 mayo 2020.

[15] S. González Estrada, Universidad EIA, 2019.

[16] «BIOFISICAUPLA,» [En línea]. Available: https://biofisicaupla.wordpress.com/dinamica/.

[17] RESNA, «Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America,» 2019. [En línea]. Available: https://www.resna.org/news-events/general/resna-releases-updated-position-paper-seat-elevating-devices.

[18] CIP, «CÓDIGO DE ÉTICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ,» [En línea]. Available: http://www.cip.org.pe/publicaciones/reglamentosCNCD2018/codigo_de_etica_del_cip.pdf.

[19] «Alibaba.com,» noviembre 2022. [En línea]. Available: https://spanish.alibaba.com/product-detail/YL-M8-high-torque-24v-dc-62316199262.html.

[20] Alibaba. [En línea]. Available: https://spanish.alibaba.com/p-detail/red-1600547120354.html.

[21] «Alibaba.com,» noviembre 2022. [En línea]. Available: https://www.alibaba.com/product-detail/24-V-Volt-50-A-AH_1600661645488.html?spm=a2700.7735675.topad_classic.d_image.3e9b7912Xusej1.

[22] «Alibaba.com,» noviembre 2022. [En línea]. Available: https://spanish.alibaba.com/product-detail/8NM-worm-reducer-12v-dc-motor-60669074196.html.

[23] INEI, «caracteristicas de la poblacion con discapacidad,» 2015.

[24] M. I. R. A. S. M. P. B. Jakelin Carla Barrientos Yaya, «dolor de hombro y factores asociados en personas con dicapacidad fisica que usan silla de ruedas,» 2017.

[25] MINSA, «Discapacidad y accesibilidad,» Fondo Editorial del Congreso del Perú, Lima, 2006.

[26] «IMPACTO PSICOSOCIAL DE LA SILLA DE RUEDAS EN lLA VIDADE LA PERSONAS AFECTADAS POR UNA ENFERMEDAD NEUROMUSCULAR,» 2011.

[27] E. G. T. S. A. Ronald Saavedra, «Diseno de un equipo de bipedestaci ˜ on,» *INGENIERÍA UC,* vol. 20, nº 1, 2013.

[28] I. Peláez-Ballestas, «Problemas con el uso de sillas de ruedas y otras ayudas técnicas y barreras,» *REUMATOLOGIA CLINICA,* 2012.

[29] INEI, «INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA,» 2 12 2013. [En línea]. Available: https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/en-el-peru-1-millon-575-mil-personas-presentan-alg/.

[30] OMS, «ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD,» 2008. [En línea]. Available: https://www.who.int/publications/list/9789241547482/es/.

[31] Khaled M. Goher, «A reconfigurable wheelchair for mobility and rehabilitation: Design and development,» *Cogent Engineering,* 2016.

[32] G. Bravo Anlas, «Diseño mecatrónico y simulación de una silla de ruedas multifuncional para niños entre 6 a 12 años,» 2017.

[33] O. G. Tambaco Suarez, «CONSTRUCCIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS ELÉCTRICA PARA BIPEDESTACIÓN,» 2017.

ANEXOS

4.1 Anexo 1. Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP)

CÓDIGO DE ETICA DEL CIP

APROBADO EN LA III SESIÓN ORDINARIA DEL CONGRESO NACIONAL DE CONSEJOS DEPARTAMENTALES DEL PERÍODO 1998 - 1999
EN LA CIUDAD DE TACNA 22, 23 Y 24 ABRIL 1999

4.2 Anexo 2. Código de Ética de Investigación de la USS –

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

www.uss.edu.pe

CÓDIGO DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN DE LA USS

VERSIÓN 03

RATIFICADO POR ACUERDO DE CONSEJO UNIVERSITARIO CON RESOLUCIÓN RECTORAL N° 0851-2017/USS

CHICLAYO - PERÚ

Versión: 03	Código: VRI-CE	F. Implementación:	Página 1 de 29
Elaborado por: Dirección de Investigación	Revisado por: Planificación y Desarrollo Institucional – Asesoría Legal		Ratificado con Resolución Rectoral N° 0851-2017/USS

Continuación

4.3 Anexo 3. Metodología

Lista de exigencias

Tabla 15

Lista de exigencias

PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES		
Nº	**Deseo o Exigencia**	**Descripción**
1	E	**Función principal:** Permitir posición de sentado a erguido y viceversa Permitir sedestación inclinada de 130º
2	E	**Geometría:** Configuración sencilla que requiere poco material, para reducir el peso, con el fin de poder trasportarse fácilmente.
3	E	**Fuerza:** El mecanismo debe contar con fuerza suficiente para permitir posición vertical de una persona con un peso máximo de 65kg, así como también para poder trasportarla en pendientes
4	D	**Materiales:** - Resistentes principalmente a la flexión - Livianos - Moldeables
5	D	**Cinemática:** Las fuerzas aplicables para la generación de los movimientos, deben ser controladas según la necesidad del usuario.
6	D	**Fabricación:** La fabricación debe ser sencillo, los procesos de manufactura podrían fabricarse de lo posible en talleres de carpinterías metálicas.
7	D	**Ensamble:** Montaje y desmontaje con herramientas sencillas.
8	E	**Seguridad:**

		El diseño no debe poner en peligro al usuario, debe ser estable para evitar volcaduras.
		Manteniendo:
9	D	El mantenimiento podría con equipo básico en cualquier taller, e incluso por el mismo usuario.

Nota. En esta tabla se muestra los deseos (D) y las exigencias (E), tabla de *elaboración propia*

Caja negra

La función total del mecanismo se representa mediante una caja negra.

Entradas:

- Energía: Energía eléctrica y muscular
- Señal: Movimiento

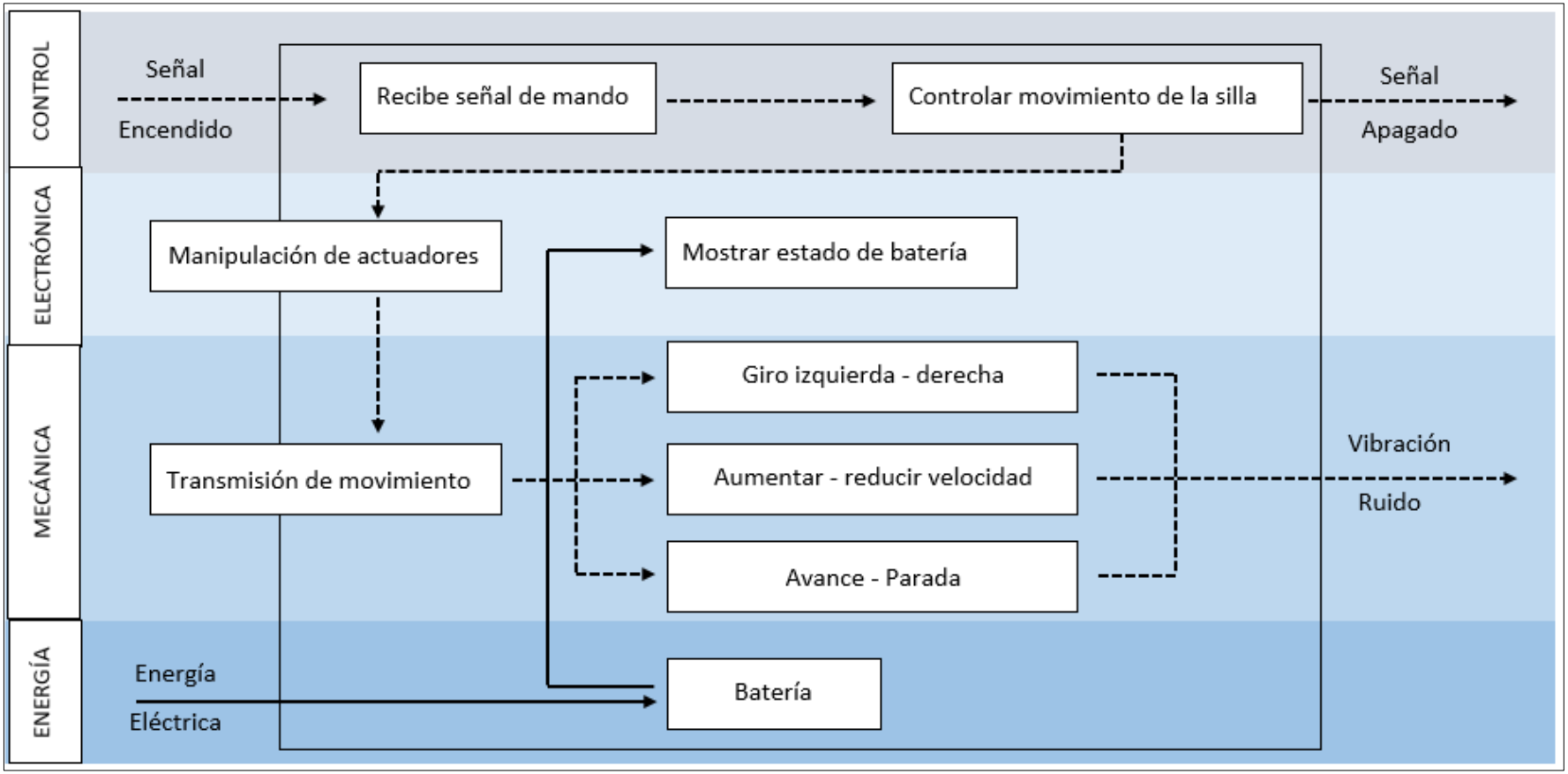
Salida:

- Energía: Calor, vibraciones y energía cinética
- Señal: Movimiento

Caja de funciones

Figura 44

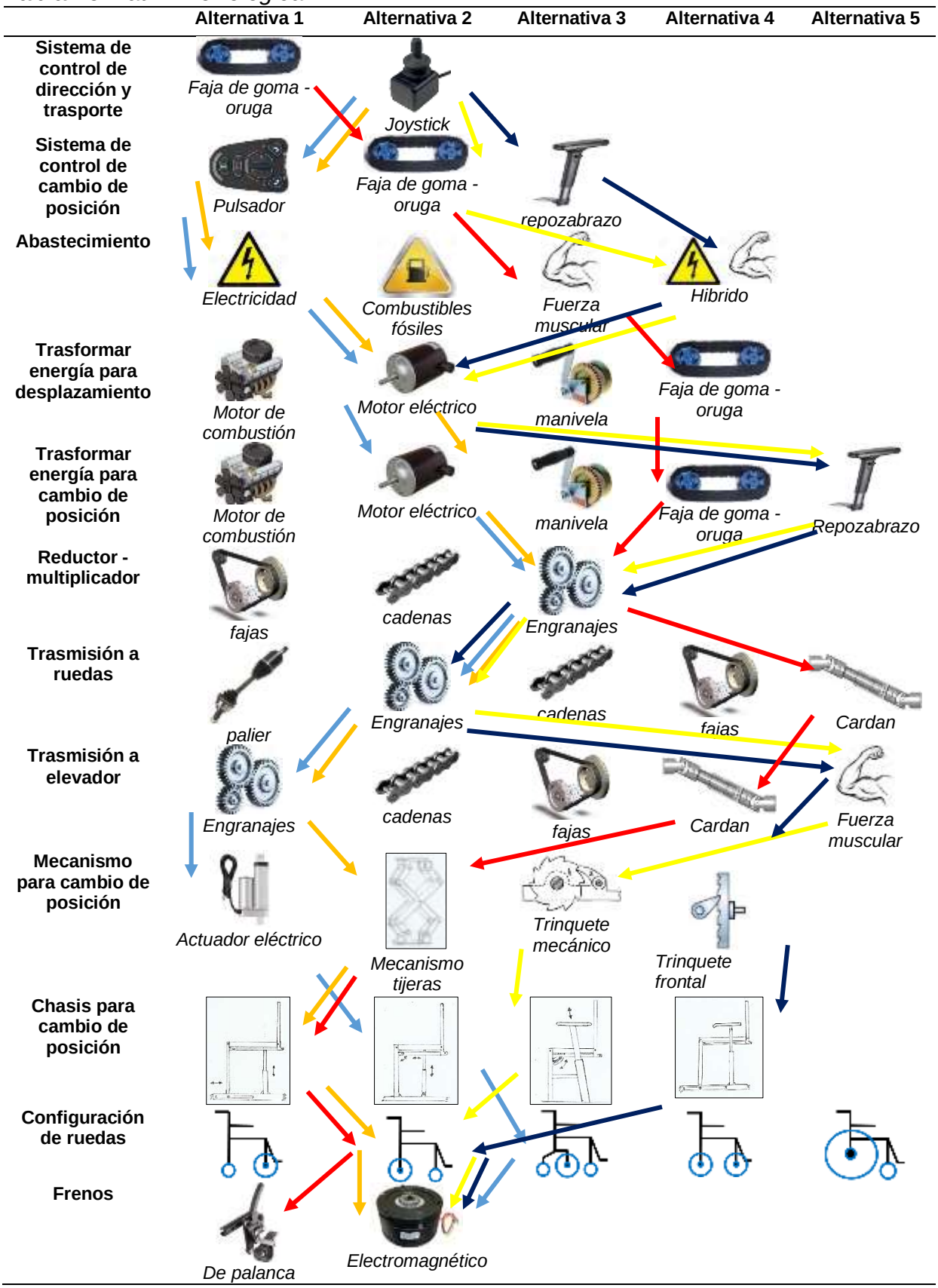
Caja de funciones



Nota: Esta figura es de *Elaboración propia.*

Matriz morfológica

Tabla 16 *Matriz morfológica*



Selección del diseño conceptual

En la matriz morfológica se puede unir las alternativas y encontrar múltiples soluciones, de las cuales 5 conceptos de solución se aproximan a nuestra lista de exigencia.

Tabla 17

Tabla de concepto solución

Concepto de soluciones	Tipo de línea
Concepto solución 1	
Concepto solución 2	
Concepto solución 3	
Concepto solución 4	
Concepto solución 5	

Nota. Esta tabla indica las líneas que corresponden a los conceptos solución. *Elaboración propia.*

- **Concepto solución 1**

Este concepto de solución ofrece un mecanismo totalmente eléctrico, usando un joystick para el control de marcha, dirección, reversa y control de velocidad, por lo que se requiere de 2 motores para cada rueda central; la bipedestación se realiza mediante un actuador electromecánico; para mantener la estabilidad bípeda cuenta con 4 ruedas pequeñas antivuelco, las cuales actúan como direccionales. En esta opción el centro de gravedad se desplaza hacia delante, por lo que no se logra una verticalización recta (180º)

Figura 45

Concepto solución 1

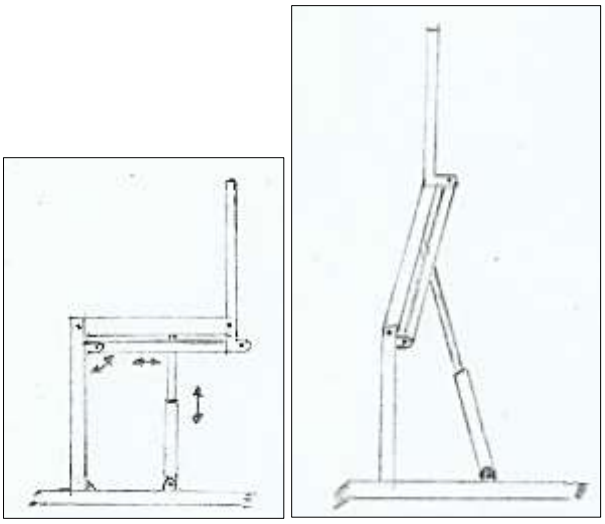
Nota. Figuras de *elaboración propia.*

De sedestación a bipedestación:

Este diseño permite la bipedestación realizando un empuje hacia adelante del usuario, tiene como parte fija la parte del reposa pies.

Figura 46

Cambio de posición de concepto solución 1



Nota. Figuras de *elaboración propia.*

- **Concepto solución 2**

Este concepto de solución ofrece un mecanismo totalmente eléctrico, usando un joystick para el control de marcha, dirección, reversa y control de velocidad, por lo que se requiere de 2 motores en las llantas traseras, estas llantas serían más grandes que las direcciones (delanteras), la bipedestación se realiza mediante un sistema tijeras accionado por un motor eléctrico. En esta opción se busca mantener el centro de gravedad en el centro de perímetro definida entre los puntos de cada rueda, para garantizar una mayor estabilidad y una verticalización recta.

Figura 47

Concepto solución 2

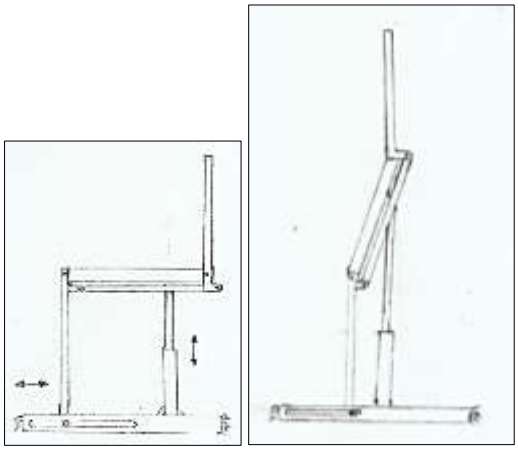
Nota. Figura de *Elaboración propia.*

De sedestación a bipedestación:

Este mecanismo tiene como función principal mantener el centro de masa, por lo que el mecanismo de elevación se mantiene fijo con respecto a su base, lo que permite el acercamiento de los reposapiés hacia el centro, mediante la unión de eslabones, el respaldar también realiza este acercamiento y al mismo tiempo permite ponerse de pie al usuario.

Figura 48

Cambio de posición de concepto solución 2



Nota. Figura de *Elaboración propia.*

- **Concepto solución 3**

Este concepto de solución ofrece un sistema eléctrico para el desplazamiento, el cual contaría con 2 motores, uno por cada rueda, para el cambio de posición se utilizaría la fuerza de los brazos, esta solución pretende alargar la durabilidad de carga de la batería, para esta ser aprovechada en el desplazamiento, la bipedestación presentara la misma posición que el concepto solución 1, es decir no se lograra una verticalización recta total.

Figura 49

Concepto solución 3

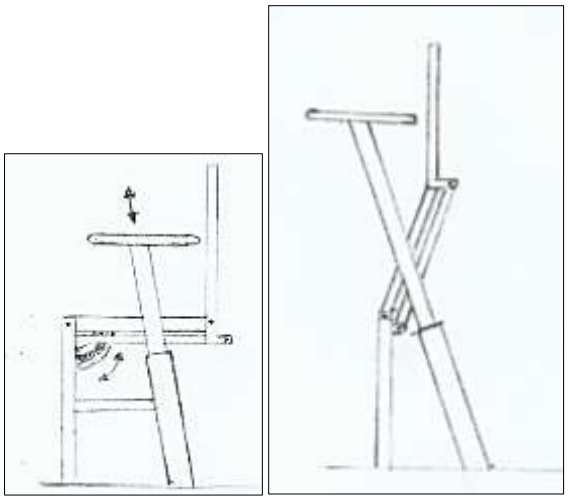
Nota. Figura de *Elaboración propia*

De sedestación a bipedestación:

Esta alternativa tiene como finalidad, que el usuario se pueda poner de pie usando el reposabrazos como apoyo, lo cual demanda de fuerza muscular.

Figura 50

Cambio de posición de concepto solución 3



Nota. Figura de *Elaboración propia.*

- **Concepto solución 4**

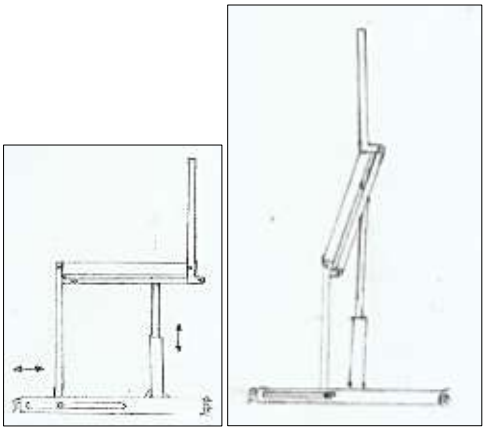
En este concepto de solución encontramos un mecanismo totalmente mecánico, tanto para el desplazamiento como para el cambio de posición, este mecanismo usaría un sistema similar al de oruga, pero de goma lo cual permitiría al usuario realizar todas las funciones deslizando las orugas. Esta opción tiene como objetivo mantener el centro de gravedad tal como el concepto de solución 2.

De sedestación a bipedestación:

Este mecanismo busca mantener el centro de gravedad, para realizar el cambio de posición requiere de fuerza muscular.

Figura 51

Cambio se posición de concepto solución 4



Nota. Figuras de *elaboración propia.*

- **Concepto solución 5**

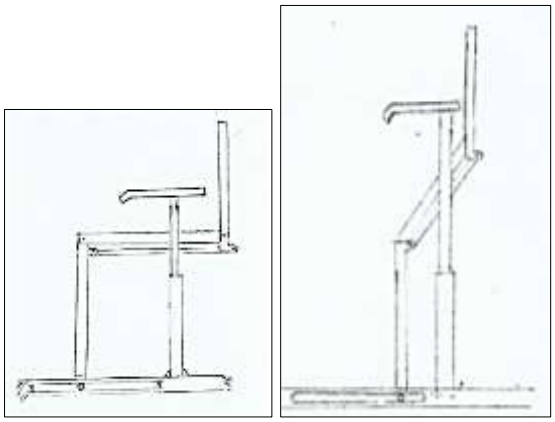
En este concepto de solución se asemeja al concepto solución 3, con la diferencia que en esta solución se busca mantener el centro de gravedad, por lo que la hace más confiable permitiendo una verticalización recta

De sedestación a bipedestación:

En este tipo de diseño el reposabrazos es fundamental para el cambio de posición, puesto que se utiliza como apoyo.

Figura 52

Cambio de posición de concepto solución 5



Nota. Figuras de *elaboración propia.*

- **Selección de concepto solución**

Tabla 18

Selección de concepto solución

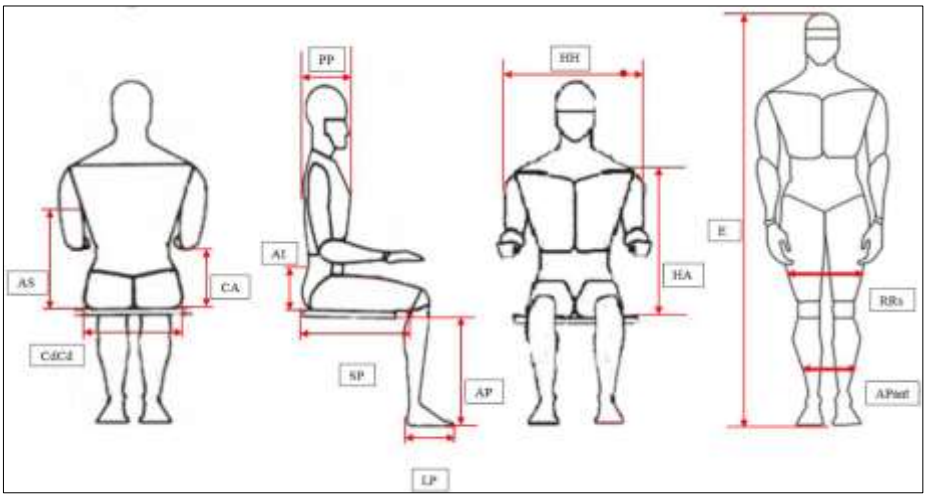
	ventaja	desventaja	Ángulos requeridos	Seguridad - antivuelco	Producción en localidad
Solución 1	• Elevación con actuador electromecánico de gran fuerza. • Piezas accesibles. • Fácil de fabricar y ensamblar.	• El CG se desplaza hacia adelante. • Actuador de recorrido limitado. • Cambios de posición limitada.	✗	✗	✓
Solución 2	• Recorrido amplio de sistema tijeras. • Permite posiciones de elevación e inclinación. • Mantiene el CG en centro del perímetro formado por las ruedas.	• Cuenta con mayores piezas mecánicas.	✓	✓	✓
Solución 3	• Mayor duración de batería. • Piezas accesibles. • Fácil de fabricar y ensamblar.	• Necesita fuerza humana para cambio de posición. • Cambio de posición limitada. • CG se desplaza hacia adelante.	✗	✗	✓
Solución 4	• No requiere de baterías. • Mantiene el CG cerca del perímetro formado por las ruedas.	• Necesita fuerza humana para cambio de posición y para el desplazamiento. • Cambio de posición limitada. • Mantenimiento constante.	✗	✓	✓
Solución 5	• Mayor duración de batería • Mantiene el CG cerca del perímetro formado por las ruedas. • Fácil de fabricar y ensamblar.	• Necesita fuerza humana para cambio de posición. • Cambio de posición limitada.	✓	✗	✓

Dimensionamiento del Diseño conceptual

Con el fin de realizar un diseño ajustable a las diferentes necesidades de las personas con discapacidad de miembros inferiores, se toma como referencia las medidas antropométricas realizada por múltiples investigadores, las medidas tomadas en la presente investigación son las más próximas a las medidas promedio en el Perú (153-165 cm)

Figura 53

Medidas antropométricas para el diseño de una silla de ruedas



Nota. Figura tomada de *modelo, Gregory*

Leyenda:

CA	altura codo asiento
CdCd	anchura de caderas sentado
AS	altura subescapular
AP	altura poplítea
SP	distancia sacro poplítea
AI	altura ileocrestal
PP	profundidad de pecho
LP	largo de pies
HA	altura hombro asiento
HH	anchura de hombros
RR	anchura de rodillas sentado
E	estatura
APant	anchura de pantorrilla

Tabla de medidas antropométricas y peso.

Las medidas antropométricas están tomadas en relación a la talla promedio, por lo que se consideró un 5 cm más a la talla promedio de hombres, con la finalidad de ser más accesibles, por lo que se ha limitado la estatura ente 153- 170 cm.

Tabla 19

Medidas antropométricas

código	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
E	153	170	165	164	148	160	162	156	166	166	167	158	160	158	153	168	153
CA	19	16	21	24	16	18	25	28	20	22	20	18	30	18	17	20	25
CdCd	40	37	34	37	46	44	46	37	35	46	38	39	54	36	39	34	42
AS	37	38	42	41	37	39	42	40	39	46	44	40	42	41	35	44	40
AP	37	55	37	52	35	46	37	35	42	40	55	40	37	48	39	42	37
SP	47	51	41	56	40	50	46	40	49	52	55	48	52	53	45	51	46
AI	17	13	19	15	14	13	19	17	17	17	16	12	19	12	15	17	20
PP	31	23	23	24	41	37	24	31	21	21	28	22	34	28	27	27	25
LP	24	27	27	28	19	25	27	26	28	28	29	24	25	27	25	29	26
HA	52	47	59	57	47	57	58	63	60	62	49	53	68	47	51	63	56
HH	47	42	43	42	46	42	46	61	44	53	45	47	52	40	46	52	49
RR	47	33	47	34	41	33	36	47	39	37	32	46	46	29	41	43	42
APant	39	28	43	27	28	29	30	40	29	44	30	36	35	23	30	35	30
Peso	77	65	61	72	51	64	51	71	57	74	85	50	64	52	43	60	67

Tabla de resultados:

Tabla 20

Resultado de medidas antropométricas

Código	Media aritmética	varianza	desviación estándar	Percentil 5	percentil 95	Percentil mínimo	percentil máximo
E	160,41	1,49	1,22	158,40	162,42	148	170
CA	21,00	0,97	0,98	19,38	22,62	16	30
CdCd	40,24	1,27	1,13	38,38	42,09	34	54
AS	40,41	0,67	0,82	39,07	41,75	35	46
AP	42,00	1,59	1,26	39,93	44,07	35	55
SP	48,35	1,16	1,07	46,58	50,12	40	56
AI	16,00	0,60	0,77	14,73	17,27	12	20
PP	27,47	1,35	1,16	25,56	29,38	21	41
LP	26,12	0,57	0,75	24,88	27,36	19	29
HA	55,82	1,50	1,22	53,81	57,84	47	68
HH	46,88	1,24	1,11	45,05	48,71	40	61
RR	39,59	1,41	1,19	37,63	41,54	29	47
APant	32,71	1,41	1,19	30,75	34,66	23	44
Peso(kg)	62,59	2,63	1,62	59,92	65,25	43	85

Nota. En esta tabla se muestra los resultados obtenidos, haciendo uso de la

Tabla 19

Medidas antropométricas

Dimensionamiento de las estructuras

En la tabla de resultados se observa los parámetros estadísticos máximo, mínimos, medios, así como también los percentiles 5 y 95, los cuales se tomarán como referencia para el diseño de la silla de ruedas.

Algunos parámetros de la silla serán diseñados de posición variable para que sea accesible a múltiples usuarios, los parámetros fijos se tomaran las medidas de percentil 95 más la holgura para evitar presiones.

Para el dimensionamiento es importante conocer las medidas de los materiales a utilizar, estas medidas fueron obtenidas de aceros Arequipa, dichas tablas se observan en Anexo 5. **Catálogos**.

Hoy en día se puede encontrar sillas de aluminio y de acero, para el presente proyecto se consideró el acero por las siguientes razones:

- El acero ofrece mayor resistencia que el aluminio, permite obtener estructuras más duraderas, menos deformables, aunque más pesadas.
- En la localidad se encuentra talleres que trabajan el acero con soldadura por arco eléctrico y soladura tipo TIG. Lo que resulta más económico al tener en cuenta la mano de obra.

1. **Ancho de asiento:** Se tomará el valor de percentil 95 más 2,5 cm de holgura por lado.

$$\boldsymbol{Ancho\ de\ asiento = CdCd_{95} + 5\ cm}$$

2. **Altura del asiento:** Corresponde desde piso de superficie plana hasta el punto poplíteo, se toma el valor del percentil 95, de tal modo que las pisaderas se regulen, conservando la altura desde la distancia máxima de las pisaderas y asiento, conservando distancia de 8cm con respecto al piso, se restara 4 cm debido al cojín lo cual incrementara las distancias, más 3 cm de suela de zapato y estructura, con el fin de mantener distancia entre piso y estructura de pisadera en su máximo recorrido.

$$\boldsymbol{Altura\ de\ asiento = AP_{95} - 4\ cm + 3cm + 8cm}$$

$$\boldsymbol{Altura\ de\ asiento = AP_{95} + 7\ cm}$$

3. **Profundidad de asiento:** Equivale la distancia desde el respaldo hasta el punto poplíteo se tomará el valor de percentil mínimo y 95, se diseñará una estructura regulable con el fin de solo realizar cambio de cojín de acuerdo a las medidas del usuario. Se considera un espacio de 3cm de holgura entre el borde del asiento y el punto poplíteo, así como también 4cm de espesor de cojín (tapizado) de respaldar y 3 cm de cojín de reposa piernas, más 4cm de estructura de respaldo.

$$\boldsymbol{Profundidad\ \ de\ asiento\ min. = SP_{min} + 4cm + 2cm - 3cm + 4cm}$$
$$\boldsymbol{Profundidad\ \ de\ asiento\ minimo = SP_{min} + 7cm}$$

$$\boldsymbol{Profundidad\ \ de\ asiento\ maximo = SP_{95} + 4cm\ 2cm - 3cm + 4cm}$$
$$\boldsymbol{Profundidad\ \ de\ asiento\ maximo = SP_{95} + 7cm}$$

4. **Altura de reposabrazos:** El reposa brazos será de distancia variable, corresponde a la altura desde el asiento al codo el cual debe formar 90º con antebrazo.

   La altura mínima corresponde al CA percentil mínimo y la altura máxima corresponde al CA percentil 95, tomando en cuenta 4 cm de cojín del asiento y 2cm de tapizado de reposabrazos.

$$\boldsymbol{Altura\ de\ reposabrazos\ minimo = CA_{min} + 4cm - 2cm}$$
$$\boldsymbol{Altura\ de\ reposabrazos\ minimo = CA_{min} + 2cm}$$

$$\boldsymbol{Alt.de\ reposabrazos\ maximo = CA_{95} + 4cm - 2cm}$$
$$\boldsymbol{Alt.de\ reposabrazos\ maximo = CA_{95} + 2cm}$$

5. **Altura de espaldar:** Para esta distancia se trabajará con distancia de hombro - asiento (HA), con la mayor longitud que corresponde a percentil mínimo y percentil 95, de tal modo se pueda regular según la necesidad. Se considera 4cm de cojín.

$$\boldsymbol{Altura\ de\ espaldar\ minimo = HA_{min} + 4cm}$$
$$\boldsymbol{Altura\ de\ espaldar\ maximo = HA_{95} + 4cm}$$

6. **Longitud de reposabrazos:** Esta distancia se trabaja con una medida de distancia sacro - poplítea (SP) de la media o percentil 50, se pretende un reposabrazos de tamaño considerable puesto que funcionara como apoyo para la bipedestación.

   El diseño pretende ser regulable desplazándose tanto horizontalmente como angularmente, se considera 10 cm menos para facilitar la salida y entrada a la silla.

$$\boldsymbol{longitud\ de\ repoza\ brasos = SP_{media} - 10cm}$$

7. **Distancia de extremo a extremo de reposa brazos**: La medida interna corresponderá a la misma medida del ancho del asiento. Los extremos corresponden a la medida del asiento de percentil 95 más el ancho de reposabrazos (5cm).

$$\boldsymbol{D.E\ E.R. = CdCd + 5\ cm + 2(5cm)}$$

$$\boldsymbol{D.E\ E.R. = CdCd + 10cm}$$

8. **Anchura de espaldar:** esta medida será del mismo ancho del asiento, la cual corresponde a CdCd percentil 95. Se tomará en cuenta holgura de 2,5 cm para ambos lados.

$$\boldsymbol{Ancho\ de\ respaldo = CdCd_{95} + 5cm}$$

9. **Longitud de reposa pantorrilla:** Corresponde a la medida desde las pisaderas hasta el punto poplíteo, se considera percentil 95 y percentil mínimo, los 4 cm de cojín de asiento y la holgura para la suela del zapato, zapatillas (3cm), se considera las uniones de articulaciones de la estructura 5cm.

$$\boldsymbol{Longitud\ de\ reposa\ pantorrila\ = AP_{min} - 4cm + 3cm - 5cm}$$

$$\boldsymbol{Longitud\ de\ reposa\ pantorrila = AP_{min} - 6cm}$$

$$\boldsymbol{Longitud\ de\ reposa\ pantorrila\ = AP_{95} - 4cm + 3cm}$$

$$\boldsymbol{Longitud\ de\ reposa\ pantorrila\ = AP_{95} - 6cm}$$

10. **Largo de reposa pies:** Corresponde el área del apoyo del pie, para esta longitud se utilizará percentil 95 más 2cm de holgura, con la finalidad de ser accesible a todas las tallas consideradas, ya que servirá como apoyo tanto en sedestación como en bipedestación.

$$\boldsymbol{Largo\ de\ reposa\ pies\ = LP_{95} + 2cm}$$

11. **Peso:** se considera le percentil 95

$$\boldsymbol{Peso\ \ = peso_{\ 95}}$$

Tablas de medidas para el diseño

Tabla 21

Medidas para el diseño del mecanismo

Nº	medidas	valor	
		Min	Max
1	Ancho de asiento	47	
2	Altura del asiento	51	
3	Profundidad de asiento	47	57
4	Altura de reposabrazos	18	29
5	Altura de espaldar	51	62
6	Longitud de reposabrazos	38	
7	Distancia de extremo a extremo de reposa brazos	48	
8	Anchura de espaldar	47	
9	Longitud de reposa pantorrilla	34	43
10	Largo de reposa pies:	27	
11	Peso de la persona (kg)	65	

Nota. Esta tabla indica las medidas a considerar para el diseño del mecanismo, los que se considera medidas mínimas y máximas serán regulables, y las que muestran un solo valor, son piezas fijas, tabla de *elaboración propia.*

Selección de componentes

A continuación, se detallan los componentes mecánicos, estructura, espaldar, asiento, apoya pies, controles electrónicos entre otros componentes importantes para el funcionamiento del mecanismo, también se detalla el motor elegido y finalmente se analizarán los elementos mecánicos más críticos.

- **Asiento**

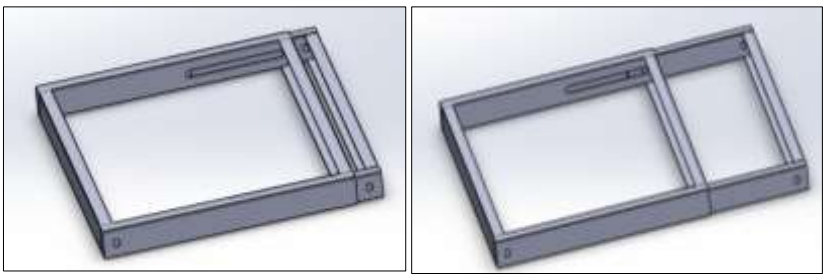
Estructura que unirá el reposa pies, espaldar, haciendo uso de articulaciones móviles.

Con regulación mínima de profundidad de 47 cm, máxima de 57cm y un ancho fijo de 47cm, la estructura del asiento considera 4 cm de cojín.

Para que la estructura del asiento sea regulable, este debe contar con 2, las cuales permitan configurar a la medida deseada.

Figura 54

Recorrido mínimo y máximo de asiento



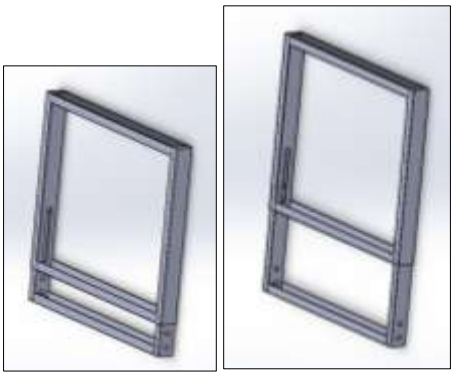
Nota. Figuras de recorrido mínimo y máximo configurable del asiento, figuras de *elaboración propia.*

- **Respaldar**

Estructura con altura regulable con un mínimo de 51 cm, máximo 62 cm y ancho de 47 cm, dicha pieza al igual que el asiento está formada por 2 piezas que permite adecuarse al usuario.

Figura 55

Altura mínima de respaldar



Nota. Figuras de recorrido mínimo y máximo de respaldar, figuras de *elaboración propia.*

- **Chasis**

Estructura formada por tubos de cuadrados, rectangulares y redondos, esta unión soporta las ruedas, el motor, asiento, reposa pies, reposa brazos, espaldar, etc.

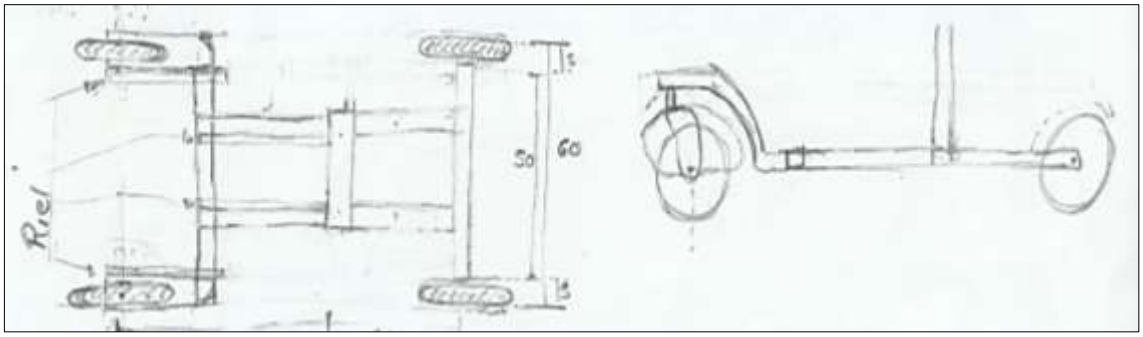
Figura 56

Boceto de chasis unido a los demás componentes

Nota. Figura de *elaboración propia.*

Figura 57

Boceto 1 de chasis

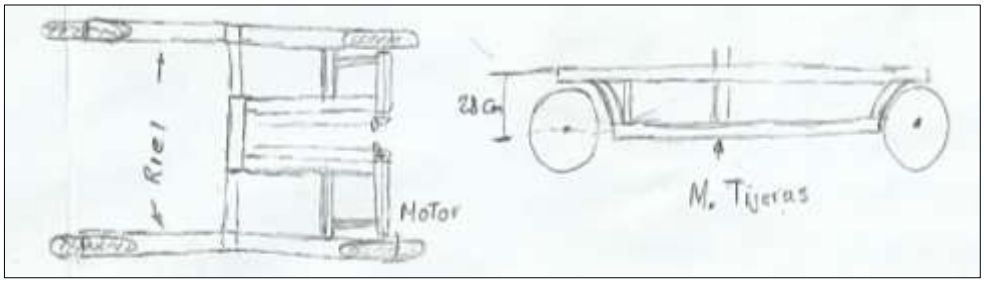


Nota. Figuras de *elaboración propia.*

Solución 2. Chasis 2 rieles, doble baria por lado, para mejorar la resistencia a la flexión

Figura 58

Boceto 2 de chasis



Nota. Figura de *elaboración propia.*

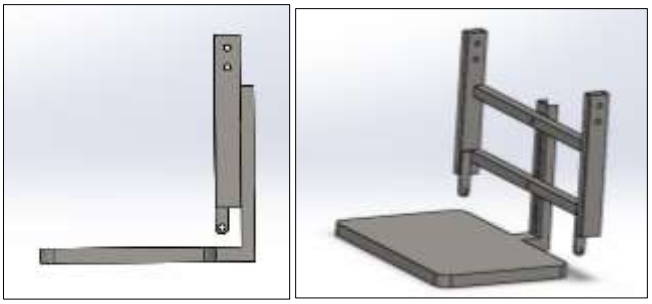
- **Pisaderas**

Las pisaderas tienen una distancia de 34 a 43 cm desde la estructura del asiento.

Este mecanismo al igual que los anteriores debe estar formado por 2 componentes, que permita regular la distancia según lo requerido.

Figura 59

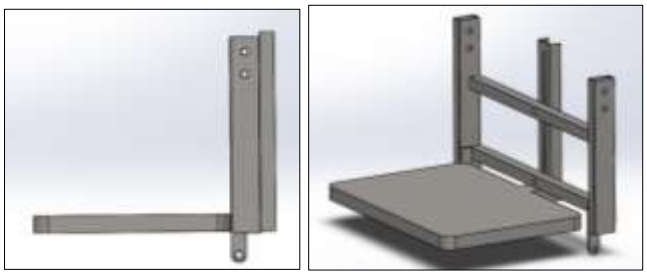
Pisaderas en la longitud mínima



Nota. Figura de *elaboración propia.*

Figura 60

Pisadera en la longitud máxima



Nota. Figura de *elaboración propia.*

4.4 Anexo 4. Secuencia de cálculo

Articulaciones mecánicas

Las articulaciones son componentes que permiten unir los componentes anteriores entre sí, así mismo permite desplazamiento, así como también movimientos angulares para bipedestación y sedestación en sus diferentes ángulos.

En este grupo encontramos las siguientes uniones o articulaciones mecánicas.

- Articulación de asiento respaldar
- Articulación de asiento pisadera – soporte de pantorrilla

Estos mecanismos a la vez están enlazados por un eslabón el cual permite movimientos sincronizados.

Selección de motor

Se requiere 2 motores DC, los cuales deben de poseer sistema de trasmisión incorporado, deben cumplir con el torque y la potencia calculada para un caso crítico.

Para esta selección se considera los 65kg peso de la persona, suponiendo que el mecanismo pesa lo mismo que el usuario, lo cual correspondería a 65 kg más, un total de 130 kg.

- **Fuerza requerida en una superficie plana**

Calculamos la fuerza para el desplazamiento en superficie plana.

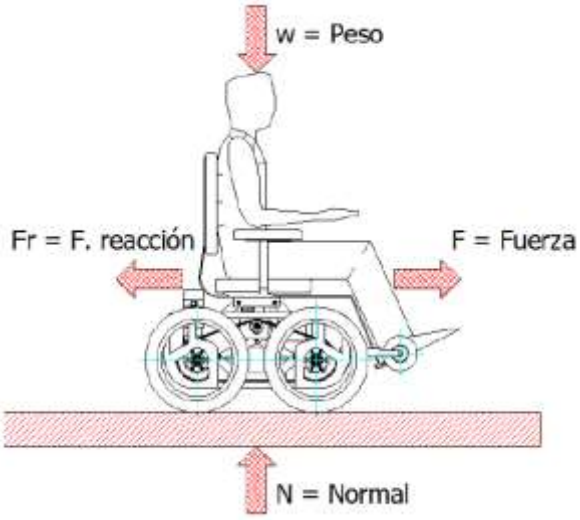
$$F = F_r = \mu_c . m . g$$

$$F = (0{,}2)(130kg)(9{,}8m/s^2)$$

$$F = 254{,}8\ N$$

Figura 61

Esquema de fuerzas en superficie plana



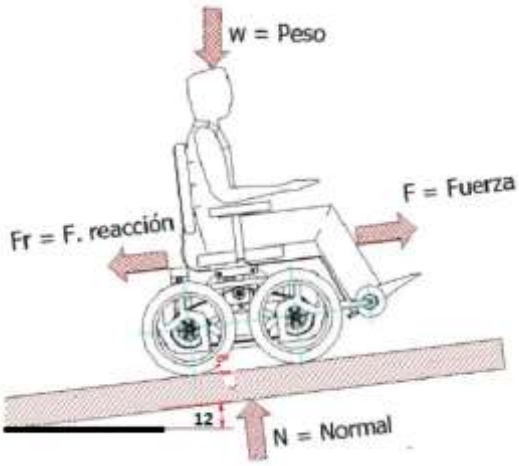
Nota. Figura tomada de *Universidad Politécnica Salesiana*

- **Fuerza requerida en una superficie inclinada**

Calculamos la fuerza para el desplazamiento en superficie inclinada.

Figura 62

Esquema de fuerzas en superficie inclinada



Nota. Figura tomada de *Universidad Politécnica Salesiana*

Datos:

$m = peso\ de\ persona\ más\ accesorios\ y\ mecanismo\ = 130\ kg\ aprox$

$a = 0{,}5 m/s2$

$Vmax = 1{,}5 m/s2$

$\eta\ Transmisión = 85\%$

$W = m.g =$ 1275,3 N

$\theta = 12$

$Uc = 0{,}2$

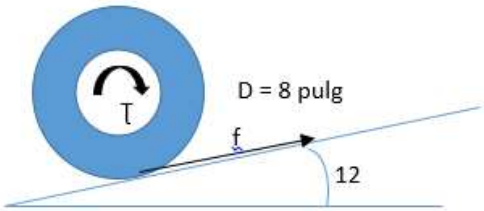
Calculamos la fuerza de fricción

$$f = w.\sin(\theta) + m$$

$$f = 1275{,}2 \sin(12) + 130$$

$$f = 395{,}2$$

Torque



$$\tau = 4".f$$

$$\tau = 0{,}1016\ m\ (395.2N)$$

$$\tau = 40{,}2N$$

Calculamos torque real

$$T = \frac{\tau}{\eta_{trasmicion}}$$

$$T_{motor} = \frac{40{,}2}{0{,}85} = 47{,}3Nm$$

Sabiendo que el torque corresponde a habas ruedas, calculamos torque por rueda.

$$T_{motor} = \frac{47{,}3}{2} = 23{,}65Nm$$

Motor seleccionado

El kit seleccionado es el modelo YL_M8 Motor, porque tiene un torque de 30 Nm por rueda, es decir 60 Nm en total, este kit cuenta con 2 motores, 2 llantas y un joystick [19].

Figura 63

Detalles de motor

Sin escobillas de Motor	
De tensión/potencia	24 V dc/250 w
Estructura	Sin escobillas engranaje
No de velocidad de carga	3400 rpm
Velocidad de salida	150 rpm
Tipo de neumático	8 pulgadas sólido neumático
Relación de reducción	Las 23:1
Par	0-30 N.M
Tipo de freno	Freno electromagnético

Nota. Figura tomada de *Alibaba.com*

Selección de ruedas delanteras con vástago

Para selección de las ruedas delanteras se tiene en cuenta el peso de carga que soportara estas ruedas, la cuales deben soportar el peso de 65 kg del usuario más el peso estimado de toda la estructura (65kg) por lo que se requiere que cuente con gran capacidad de carga, en el mercado online podemos encontrar diversas ruedas, la que se acondiciona a nuestras necesidades corresponde al modelo 70RERTY100P 4pulg el cual soporta una carga máxima de 250kg [20].

Figura 64

Rueda delantera 70RERTY100P 4pulg

Nota. Figura tomada de *Alibaba.com*

Figura 65

Descripción general de ruedas delanteras

Descripción general

Detalles rápidos

Número de Modelo:	70RERTY100P	Garantía:	1 año
Material:	Hierro, De Nylon, Polipropileno, Poliuretano, De goma, ...	Tipo:	Madre ruedas
Estilo:	Giratorio, Giratorio y rígida	Soporte personalizado:	OEM, ODM
Lugar del origen:	GUA	Nombre del producto:	La industria de la rueda
Aplicación:	Carro apartamento muebles de oficina Silla de rueda ...	Color:	Negro/plata
Tipo de montaje:	Giratorio agarre cuello/madre	Capacidad de carga:	200kg-250kg
Diámetro de rueda:	3-5 pulgadas	Tipo de freno:	Con freno/sin freno
El nombre de la marca:	Youxin		

Nota. En esta imagen se muestra la descripción de las ruedas. captura tomada de *Alibaba.com*

Selección de batería

Para seleccionar una batería se define la distancia máxima que debe recorrer la silla de ruedas con la batería cargada al 100%.

$$d_{max} = 10km$$

$$V_{max} = 6km/h$$

Potencia eléctrica de motor

$$potencia \ = 250w$$

Amperaje

$$Intensidad \ = \frac{250w}{24v} = 10{,}41 \ A$$

Amperaje total de ambos motores

$$I_{total} = 10{,}41 \ x \ 2 = 20{,}83 \ A$$

Determinamos el tiempo que tarda en descargarse la batería recorriendo a su velocidad máxima.

$$t_{max} = \frac{d_{max}}{v_{max}} = \frac{10}{6} = 1{,}66h$$

Calculamos la carga eléctrica requerida en la batería.

$$carga_{requerida} = I_{total} \ t_{max}$$

$$carga_{requerida} = 20{,}83(1{,}66) = 33{,}83Ah$$

Batería seleccionada.

La batería seleccionada es el modelo LIFEPO4 con 24v y 50 ah [21]

Figura 66

Batería 24v - 50 Ah

Nota. Figura tomada de *Alibaba.com*

Figura 67

Especificaciones técnicas de batería

Especificación:

Tipo de célula	Lifepo4 batería
Tensión Nominal	24 V
Capacidad Nominal	50Ah
Ciclo de Vida	> 2000 veces 0.2C
Voltaje de corte de descarga	18,4 V
Voltaje de corte de carga	29,2 V
Material de la carcasa	De plástico
Carga estándar	0.2C corriente de carga
Corriente de descarga continua máxima	100A
Cargo de temperatura	0 ~ 55 °C
Temperatura de descarga	-10 ~ 60 °C
Temperatura de almacenamiento	0 ~ 35 °C
Peso	Alrededor de 8 kg
Dimensión	265*160*95mm
Certificado	CE UL ROHS

Nota. En esta figura se muestra las especificaciones técnicas de la batería, captura tomada de *Alibaba.com*

Dimensionamiento del sistema tijeras

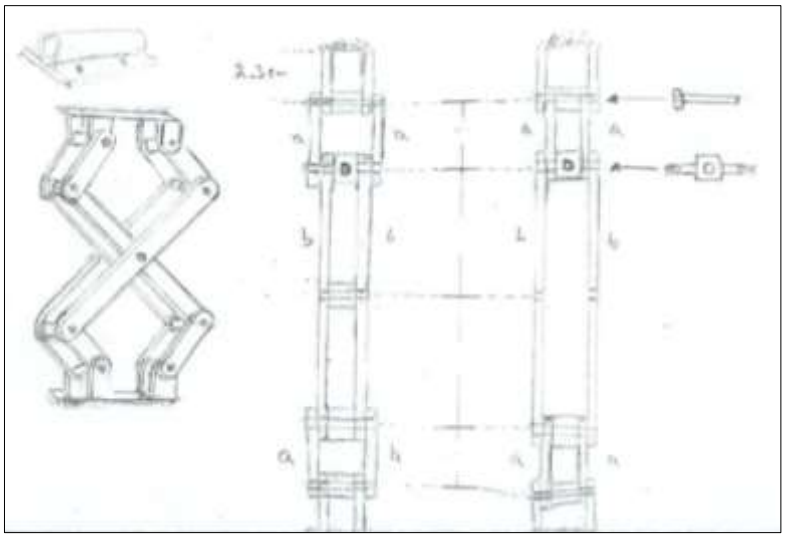
Para poder dimensionar el mecanismo de tijeras, necesitamos conocer la ubicación del eje, donde se realizará la mayor concentración de fuerzas, esta medida nos permitirá, conocer el recorrido máximo y mínimo, en este último se busca dar inclinación al mecanismo para permitir descanso al usuario.

- **Cálculo de centro de gravedad**

El centro de gravedad de una persona en sedestación (sentada), el centro de gravedad se encuentra por delante del pecho de la persona a la altura de sacro, para este análisis, se toma en cuenta las medidas antropométricas, específicamente la medida del pecho PP de percentil 95, más 4 cm de cojín de respaldo. Este análisis se realizará en el recorrido máximo del asiento.

Figura 68

Boceto de mecanismo de tijeras requerido



Nota. Figura de *elaboración propia.*

Datos:

PP_{95} = 29,38 = 30

Long. Máxima (asiento) = 55 cm.

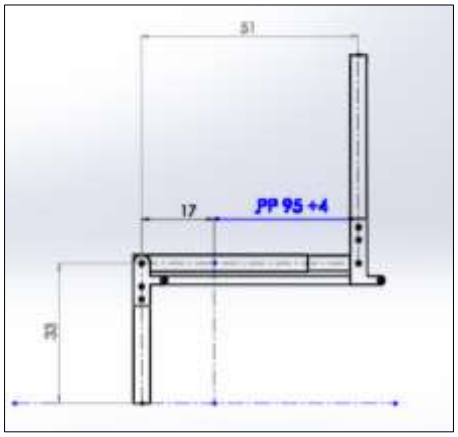
Long. Máxima de centro a centro de material = 51 cm

$$Centr.grav\ desde\ aticulacion\ de\ reposapierna - asiento\ = 51 - (PP_{95} + 4)$$

$$Centr.grav\ desde\ aticulacion\ de\ reposapierna - asiento = 17$$

Figura 69

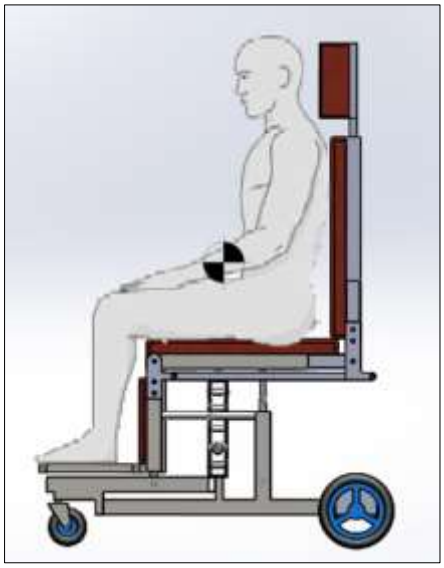
Centro de gravedad



Nota. Figura de *elaboración propia.*

Figura 70

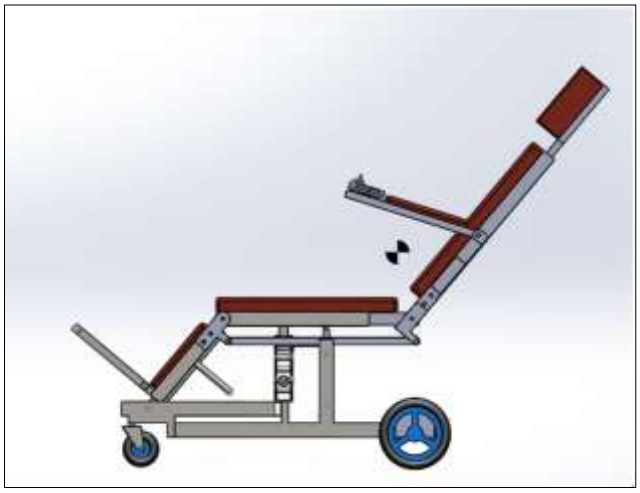
CG en sedestación, aproximado a la realidad



Nota. Figura de *elaboración propia.*

Figura 71

Centro de gravedad de la persona en la silla inclinada 130°



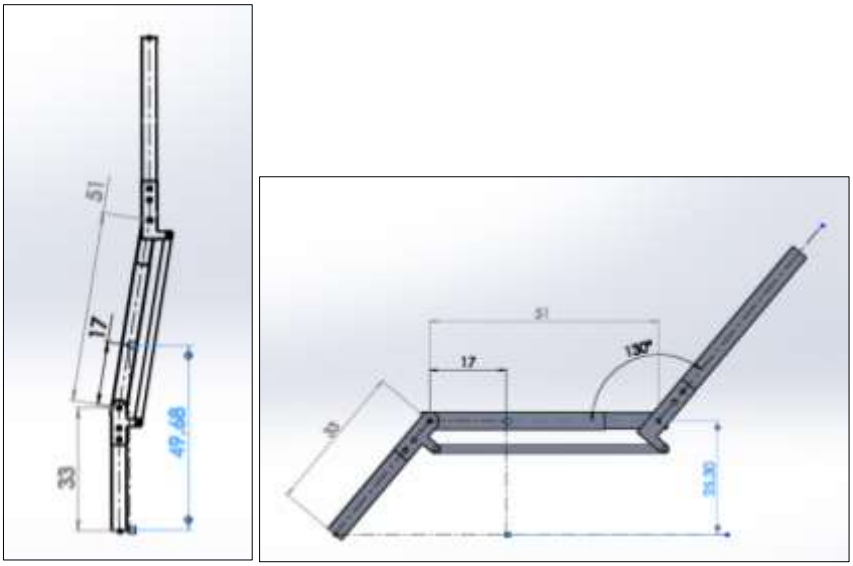
Nota. Figura de *elaboración propia.*

Análisis de recorrido del centro de gravedad.

Utilizando las estructuras ya dimensionadas, y simulando el movimiento de la estructura, calculamos una medida aproximada de la altura máxima del centro de gravedad con respecto a la base en posición de sedestación, la altura mínima se calcula en posición de descanso, con un ángulo de inclinación de 130º.

Figura 72

Distancia del centro de gravedad con respecto a la base



Nota. Figura de *elaboración propia.*

De la figura anterior, se observa las alturas.

h_{max} = 49,68 cm = 50 cm

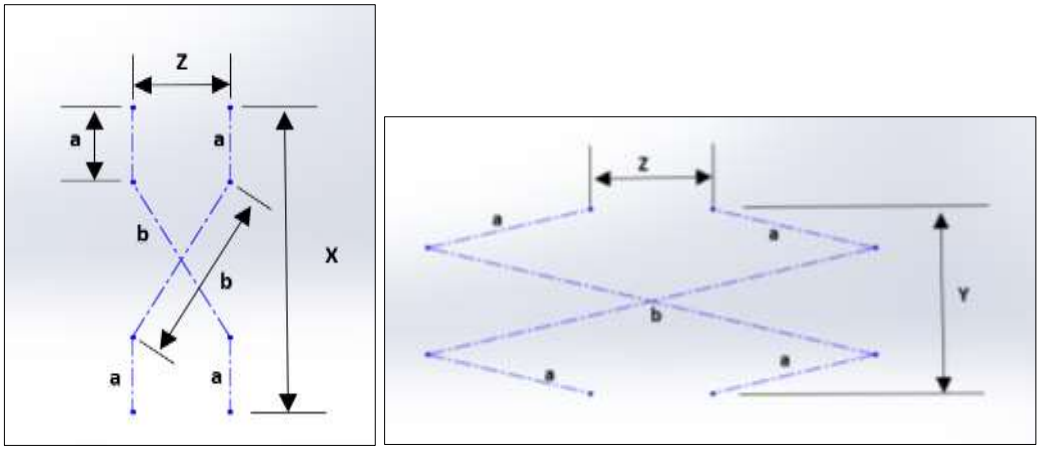
h_{min} = 25,30 cm = 25 cm

$recorrido\ requerido = 50\ \text{cm} - 25\ \text{cm} = 25\ \text{cm}$

Realizamos un diagrama para obtener las medidas del centro de ejes.

Figura 73

Dimensionamiento en SolidWorks



Nota. Figura de *elaboración propia*

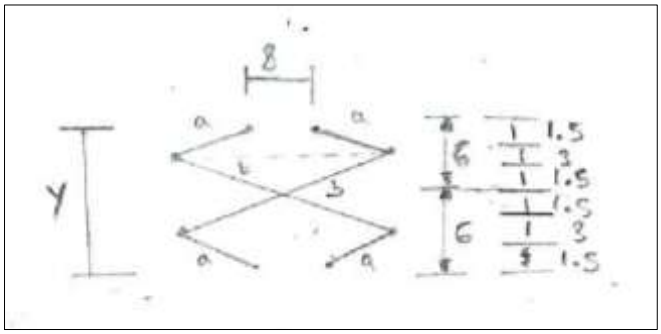
Definimos Z, el cual es la distancia requerida en el apoyo tanto en base como en el eje del asiento, para el presente diseño se tomará 8 como valor de Z.

$$z = 8$$

Calculamos Y, considerando que cada unión de eslabones entre a y b es 3 cm por el espesor del material a utilizar, más 1,5 centímetro de eje a eje para evitar contacto, así mismo al estar los puntos de ejes más cerca, se necesitara mayor esfuerzo en el motor para el cambio de posición.

Figura 74

Dimensionamiento a mano alzada



Nota. Figura de *elaboración propia.*

$$y = 1{,}5(4) + 3(2) = 12\ cm$$

Conociendo la distancia requerida y conociendo la distancia entre ejes se define X

$$x = distancia\ requerida + distancia\ en\ reposo$$

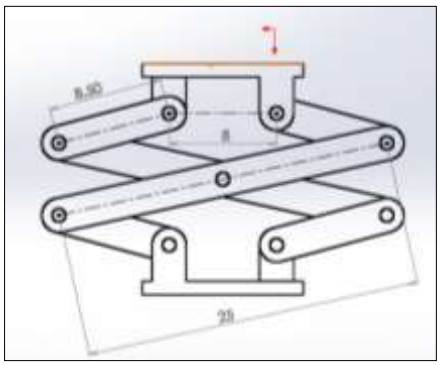
$$x = 25 + 12$$

$$x = 37$$

Utilizando el software SolidWorks en ingresando los datos antes obtenidos para encontrar a y b.

Figura 75

Valores de las articulaciones de mecanismo de tijeras



Nota. Figura de *elaboración propia*

Datos obtenidos.

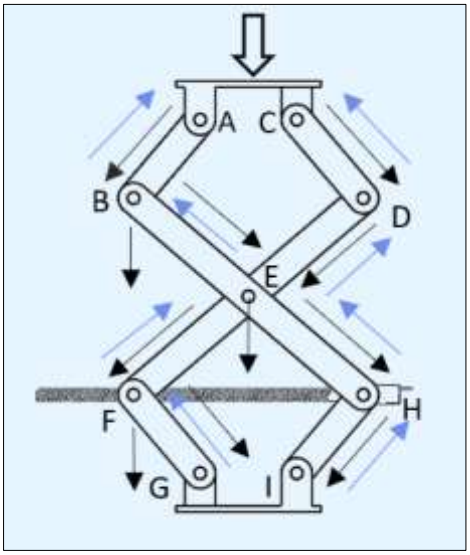
$$a = 8{,}5 \qquad\qquad b = 25$$

Análisis de fuerzas que actúan en sistema de tijeras.

Tendremos como dato principal el peso de 65 kg que es el peso máximo que debe tener la persona para hacer uso del mecanismo, anteriormente se consideró 65 kg del peso de la estructura total, teniendo en cuenta que el sistema tijeras tendrá que mover las estructuras de apoyo del usuario, a estas estructuras consideraremos como cargas adicionales, esta carga se le asignará 15 kg; sabiendo esto, se obtiene un total de 80kg.

Figura 76

Fuerzas que actúan en el sistema tijeras



Nota. Figura de *elaboración propia*

Diagrama de cuerpo libre.

Se tendrá en cuenta desde la posición de recorrido mínimo del sistema tijeras.

Tabla 22

Diagramas de cuerpo libre

Imagen de posición de menor recorrido	Diagrama de fuerzas X - Y

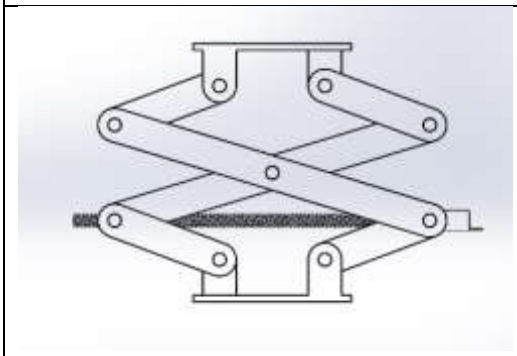
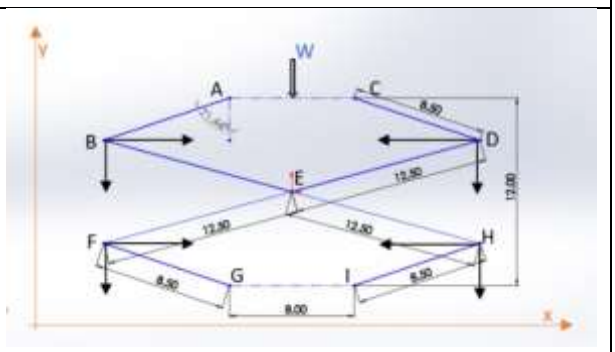
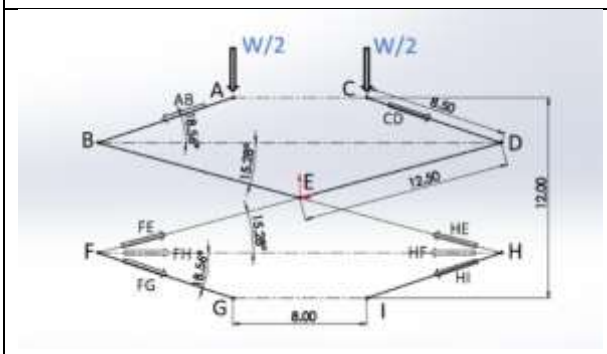
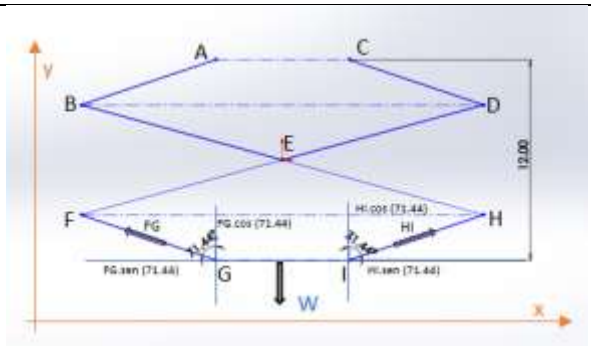

	

Diagrama de fuerzas en nodos F - H	Diagrama de DCL en nodos G - I
	

Nota. Esta tabla contiene figuras de diagramas de cuerpo libre del sistema tijeras, figura de *elaboración propia*.

Para estar en equilibrio los nodos deben cumplir:

$$\sum F_x = 0 \qquad \sum F_y = 0$$

$$\sum F_x = F_B = F_F = F_D = F_H = 0$$

$$\sum F_y = F_B = F_F = F_D = F_H = 0$$

Analizamos fuerzas en los nodos B, D, F y H, en los cuales actúa las fuerzas para elevar y bajar, vemos que en los nodos F y H actúa el usillo.

Sabiendo que las fuerzas:

$$F_{AB} = F_{FG} = F_{CD} = F_{HI}$$

Realizamos diagrama de cuerpo libre en nodo G – I para hallar F_{FG} y F_{HI}

$$\sum F_x = F_{FG}\cos(71{,}44) + F_{HI}\cos(71{,}44) - W = 0$$

Si $F_{FG} = F_{HI}$ y $F = W = m.g = 80\left(9{,}81\frac{m}{s^2}\right) = 784{,}8\,\boldsymbol{N}$

$$F_{FG}\cos(71{,}44) + F_{FG}\cos(71{,}44) - W = 0$$

$$F_{FG}\,2\cos(71{,}44) = W$$

$$F_{FG} = F_{HI} = \frac{80(9{,}81m/s^2\,)}{2\cos(71{,}44)}$$

$$F_{FG} = F_{HI} = 1232{,}8N$$

$$\boldsymbol{F_{AB} = F_{FG} = F_{CD} = F_{HI} = 1232{,}8N}$$

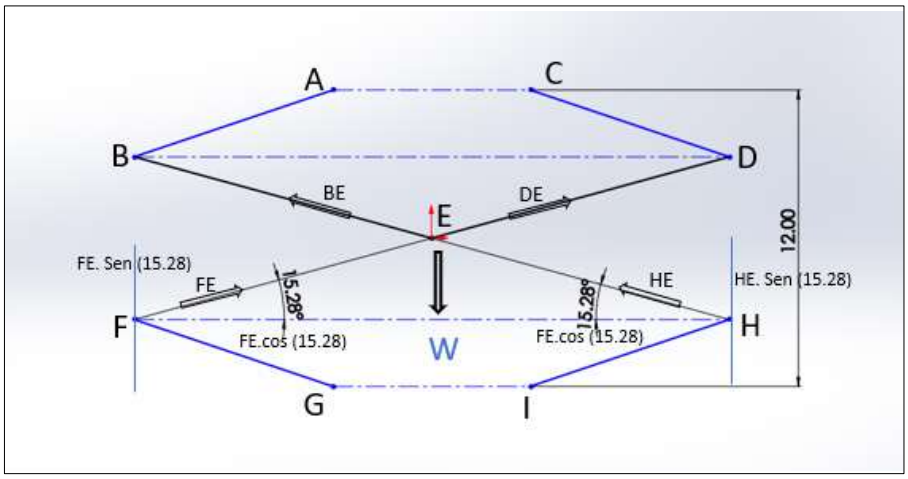
Sabiendo que las fuerzas

$$F_{FE} = F_{BE} = F_{HE} = F_{DE}$$

Realizamos diagrama de cuerpo libre en nodo F – H para hallar F_{FE} y F_{HE}

Figura 77

DCL nodo F-H



Nota. Figura de *elaboración propia*

$$\sum F_x = F_{FE}\,\text{sen}(15{,}28) + F_{HE}\,\text{sen}(15{,}28) - W = 0$$

Si $\quad F_{FG} = F_{HI}$

$$F_{FE}\,\text{sen}(15{,}28) + F_{FE}\,\text{sen}(15{,}28) - W = 0$$

$$F_{FE}\,2\,\text{sen}(15{,}28) = W$$

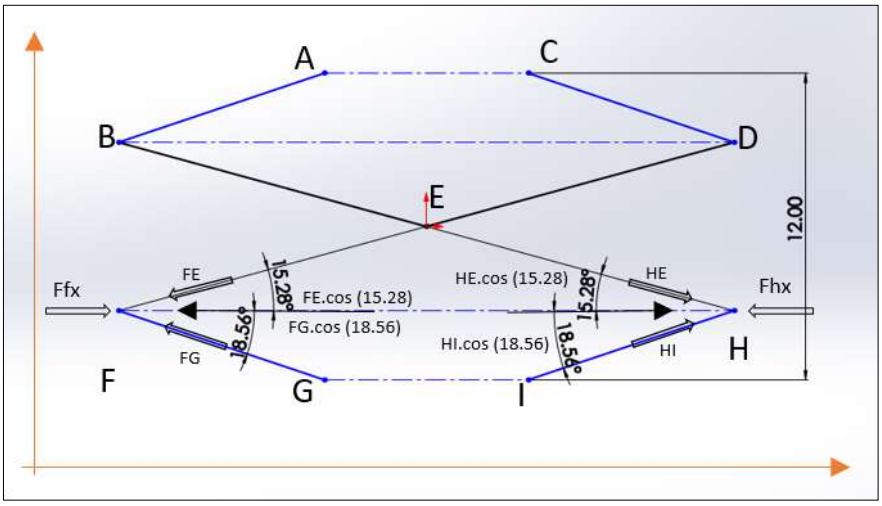
$$F_{FE} = F_{HE} = \frac{80(9{,}81m/s^2)}{2\,\text{sen}(15{,}28)}$$

$$F_{FE} = F_{HE} = 1488{,}97N$$

$$\boldsymbol{F_{FE} = F_{BE} = F_{HE} = F_{DE} = 1488{,}97N}$$

Figura 78

Fuerzas en DCL de nodo F-H



Nota. Figura de *elaboración propia.*

Hallamos $\boldsymbol{F_{fx} = F_{hx}}$

Analizamos en el nodo F

$$F_{fx} - (F_{FE}\,cos(15{,}28) + F_{FG}\,cos(18{,}56)) = 0$$

$$F_{fx} = F_{FE}\,cos(15{,}28) + F_{FG}\,cos(18{,}56)$$

$$F_{fx} = 1488{,}97N\,cos(15{,}28) + 1232{,}8Ncos(18{,}56)$$

$$\boldsymbol{F_{fx} = 2605{,}017N}$$

Selección de husillo de transmisión de movimiento

Para el análisis se tomó en cuenta los husillos disponibles en el mercado, el cual es el husillo roscado trapezoidal, el cual cuenta con fricción relativamente alta, pero esto permite asegurar los movimientos requeridos en posición de reposo sin adicionar más componentes.

Para seleccionar el husillo de forma correcta seguiremos los siguientes pasos:

Tabla 23

Selección de husillo

TABLA DE FÓRMULAS PARA SELECCIÓN DE HUSILLO	
Superficie de contacto requerida	$A_s = \frac{F}{P_p}$ A_s Área de soporte necesaria (mm^2) F Fuerza aplicada (N) P_p Presión máxima permisible (5 N/mm^2, para conjuntos con movimiento)
Velocidad máxima de avance lineal	$V_{sp} = \frac{P_c}{P_p}$ v_{sp} Velocidad de deslizamiento máxima permisible (m/min) P_c Presión cinemática (N/mm^2.m/min). Ver tabla P_p Presión máxima permisible (5 N/mm^2)
Velocidad rotacional máxima permitida	$n_p = \frac{V_{sp} \times 1.000}{d \times \pi}$ n_p Velocidad de giro máxima permisible (rpm) v_{sp} Velocidad de deslizamiento máxima permisible (m/min) $d = d_0 - P_h/2$ P_h Paso nominal del husillo (mm) d_o Diámetro nominal del husillo (mm)

Velocidad de avance permisible	$V_{ap} = \frac{n_p \times P_h}{1.000}$ V_{ap} Velocidad de avance máxima permisible (m/min) n_p Velocidad de giro máxima permisible (rpm) P_h Paso del husillo (mm)

Nota. Esta tabla contiene las fórmulas para la selección del husillo, tabla de *elaboración propia*

a) Superficie de contacto requerida.

$$A_s = \frac{F}{P_p} = \frac{2605{,}017\ N}{5N/mm^2}$$

$$A_s = 521{,}0034\ mm^2$$

Seleccionamos en tabla tuerca con brida tipo EFM con mayor 521,0034 mm^2 de área

Figura 79

Tuerca con brida tipo EFM

Material estándar	Límite elástico 0,2% $R_{p0,2}$ (N/mm²)	Resistencia a rotura R_m (N/mm²)	Elongación a rotura A5 min.	Dureza (HB 10/1000)	Densidad (kg/dm³)	Módulo de elasticidad (N/mm²)	Presión cinemática máx. Pc (N/mm².m/min)
G-CuSn 12 (G Bz 12)	150	280-350	5%	100-110	8.8	90000	400

Para husillo	D_1 (mm)	D_2 (mm)	D_3 (mm)	D_4 (mm)	L_1	L_2	L_3	Peso (kg)	Superficie soporte A_s (mm²)
Tr 16x4	28	48	38	6	44	12	8	0,25	670
Tr 18x4	28	48	38	6	44	12	8	0,25	770
Tr 20x4	32	55	45	7	44	12	8	0,30	870
Tr 24x5	32	55	45	7	44	12	8	0,30	1040
Tr 30x6	38	62	50	7	46	14	8	0,40	1370
Tr 36x6	45	70	58	7	59	16	10	0,60	2140
Tr 40x7	63	95	78	9	73	16	10	1,70	2930
Tr 50x8	72	110	90	11	97	18	10	2,60	4900
Tr 60x9	85	125	105	11	99	20	10	3,70	6040
Tr 70x10	95	180	140	17	100	30	16	7,80	8250
Tr 80x10	105	190	150	17	110	30	16	8,90	10890

Nota. Esta figura corresponde a tabla de tuercas con brida tipo EFM, para seleccionar el Husillo teniendo en cuenta superficie de soporte, captura tomada de catálogo *Niasa, husillos y tuercas.*

De la tabla seleccionamos 16 x 4 con una superficie de 670 mm^2

b) Velocidad máxima de avance lineal

Material	P_c (N/mm².m/min)
G-CuSn 7 ZnPb (Rg 7)	300
G-CuSn 12 (G Bz 12)	400

$$V_{sp} = \frac{P_c}{P_p} = \frac{400\left(\frac{N}{mm^2}\right)}{5\ \left(\frac{N}{mm^2}\right)} = 80\ m/min$$

c) Velocidad rotacional máxima permitida

$$n_p = \frac{V_{sp}(1000)}{d\ x\ \pi} = \frac{80\frac{m}{min}(1000)}{\left(16 - \frac{4}{2}\right)\pi} = 1818{,}913635\ rpm$$

d) Velocidad de avance permisible

$$V_{ap} = \frac{n_p(P_h)}{1000} = \frac{1818{,}913635\ rpm(4mm)}{1000} = 7{,}275654541\frac{m}{min} = \ 7{,}3\ m/min$$

Análisis de Husillo tipo Tr 16x4:

$Diámetro\ (D)$: 16

$Diámetro\ de\ paso\ mínimo\ (Dmin)$: 13,640 mm

$Diámetro\ de\ paso\ máximo\ (Dmax)$: 13,905 mm

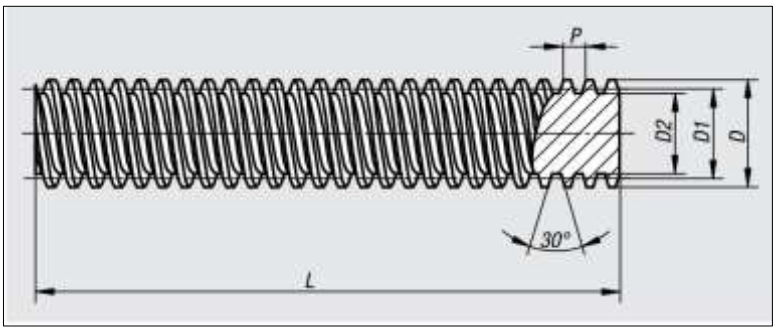
$Diámetro\ medio\ (dm)\ =\ 13{,}7725mm$

$Diametro\ 2\ (D2)$: 10,80

$\lambda = 5°11' = 5{,}1833$

Figura 80

Husillo roscado trapezoidal enrollado

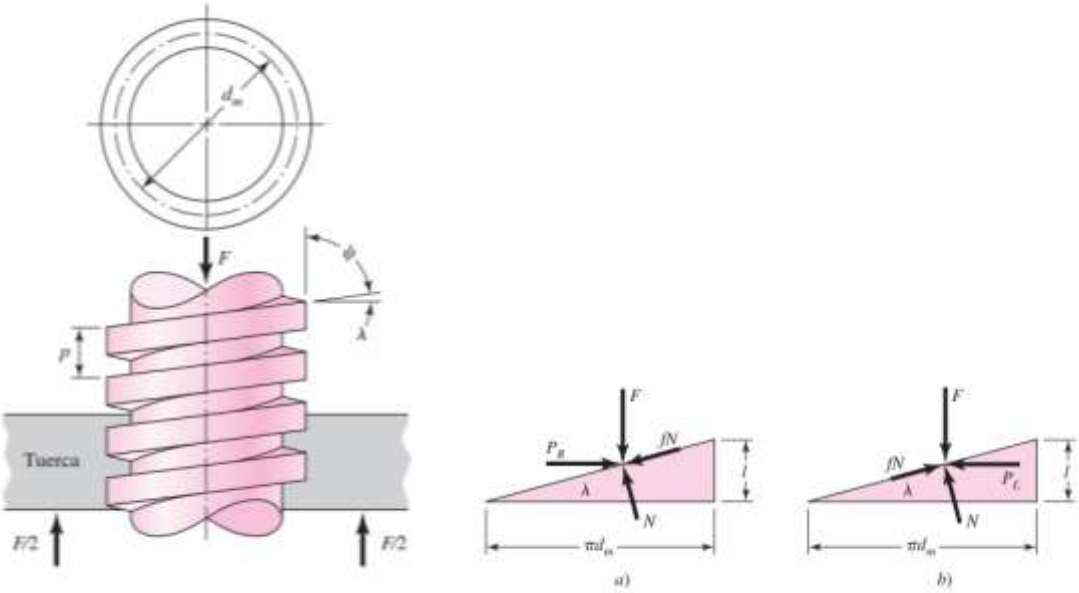


Nota. Figura tomada de *Catálogo norelem*

Análisis de transmisión de movimiento

Figura 81

Diagrama de fuerzas al subir y bajar la carga.



Nota. Figura tomada de *Diseño en ingeniería mecánica de shigley*

Teniendo en cuenta que el sistema debe estar en equilibrio, debe cumplir.

Para elevar la carga

$$\sum F_x = P_R - N\ sen\lambda - fNcos\lambda = 0$$

$$\sum F_y = F + f\ N\ sen\lambda - N\ cos\lambda = 0$$

Para bajar la carga

$$\sum F_x = -P_L - N\ sen\lambda + fNcos\lambda = 0$$

$$\sum F_y = F - f\ N\ sen\lambda - N\ cos\lambda = 0$$

Despejando P

$$P_R = \frac{F(sen\lambda + fcos\lambda)}{cos\lambda - fsen\lambda}$$

$$P_L = \frac{F(cos\lambda - sen\lambda)}{cos\lambda + fsen\lambda}$$

Sabiendo que el par de torsión es el producto de la fuerza P y el radio medio.

El par de torsión para elevar carga (T_R) se puede expresar

$$T_R = \frac{F\ d_m}{2}\left(\frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - fl}\right)$$

El par de torsión para bajar carga (T_L) se puede expresar

$$T_L = \frac{F\ d_m}{2}\left(\frac{\pi f d_m - l}{\pi d_m + fl}\right)$$

Hallamos l

$$l = \pi d_m\ tan\lambda$$

$$l = \pi(13{,}7725\text{mm})\tan(5{,}1833)$$

$$\boldsymbol{l = 3{,}92497mm}$$

Para el coeficiente de fricción tenemos en cuenta datos del fabricante en la siguiente tabla:

Figura 82

Coeficiente de fricción

	Inicio de movimiento (μ_0)		En movimiento	
	Seco	Lubricado	Seco	Lubricado
Tuercas de metal	≈ 0,3	≈ 0,1	≈ 0,1	≈ 0,04
Tuercas de plástico	≈ 0,1	≈ 0,04	≈ 0,1	≈ 0,03

Para el cálculo se parte de reposo en estado seco, por tanto:

$$\mu = f = 0{,}3$$

Si:

$$F = F_{fx} = 2605{,}017N$$

Reemplazamos

$$T_R = \frac{F\ d_m}{2}\left(\frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - fl}\right)$$

$$T_R = \frac{2605{,}01N\ (13{,}7725\text{mm}\ )}{2}\left(\frac{3{,}92497mm + \pi(0{,}3)(13{,}7725\text{mm})}{\pi(13{,}7725\text{mm}) - (0{,}3)(3{,}92497mm)}\right)$$

$$T_R = 7204{,}996381\ \ N.mm$$

$$\boldsymbol{T_R = 7{,}204\ N.m}$$

$$T_L = \frac{F\ d_m}{2}\left(\frac{\pi f d_m - l}{\pi d_m + fl}\right)$$

$$T_L = \frac{2605{,}01N\ (13{,}7725\text{mm}\ )}{2}\left(\frac{\pi(0{,}3)13{,}7725\text{mm} - 3{,}92497mm}{\pi(13{,}7725\text{mm}) + (0{,}3)(3{,}92497mm)}\right)$$

$$T_L = 3654{,}867465N.mm$$

$$\boldsymbol{T_L = 3{,}654N.m}$$

Para bajar carga se requiere vencer la fricción, suele existir casos donde el avance es grande y la fricción de baja, por lo que debe cumplir las siguientes condiciones, para decir que el tornillo es auto - bloqueante.

$\pi f d_m > l$ el tornillo es auto – bloqueante

$\pi f d_m < l$ la carga baja por si sola.

Calculando:

$$\pi(0{,}3)13{,}7725\text{mm} > 3{,}92497mm$$

$$12{,}98027545\text{mm} > 3{,}92497mm = \boldsymbol{auto\ bloqueante}$$

O también

$f > \tan(\lambda)$ el tornillo es auto - bloqueante.

$f < \tan(\lambda)$ la carga baja por si sola.

Calculando:

$$0{,}3 > \tan(5{,}1833)$$

$$0{,}3 > 0{,}0907132 = \boldsymbol{auto\ bloqueante}$$

Esta relación establece el autobloqueo cuando el coeficiente de fricción de la rosca es igual o mayor que la tangente del ángulo de avance de la rosca.

Calculamos cuando el husillo esta lubricado, el coeficiente de fricción es igual a 0,1

$$0{,}1 > \tan(5{,}1833)$$

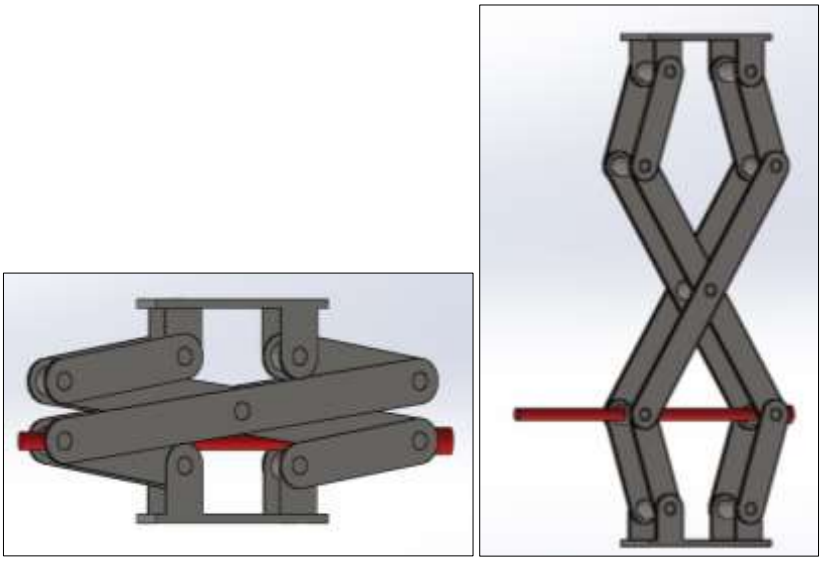
$$0{,}1 > 0{,}0907132 = \boldsymbol{auto\ bloqueante}$$

Con los datos obtenidos, podemos saber que al utilizar el husillo 16x4 de rosca ACME en el sistema tijeras, este no baja por sí solo, lo que garantiza que, al realizar los movimientos de sedestación, bipedestación, el mecanismo quedara fijo en los ángulos deseados, sin adicionar mecanismo de frenado para mantener en posición deseada.

En la siguiente imagen se aprecia el Husillo en recorrido mínimo y máximo del sistema tijeras.

Figura 83

Recorrido mínimo y máximo de sistema tijeras



Nota. Figura de *elaboración propia*

Selección de motor para sistema tijeras

Para selección del motor se toma en cuenta los valores antes obtenidos como:

El par de torsión para elevar carga (T_R)

$$\boldsymbol{T_R = 7,204\ N.m}$$

El par de torsión para bajar carga (T_L)

$$\boldsymbol{T_L = 3,654 N.m}$$

Para la selección se está tomando en cuenta el torque necesario para elevar carga, es en esta función donde se requiere mayor momento de torsión.

Motor seleccionado:

Reductor de gusano de 8NM, motor de 12v DC [22]

Figura 84

Descripción de motorreductor 12V DC 8Nm

Descripción del producto

Nombre del producto	80Kg. cm reductor de gusano 12 v dc motor con alto par para ventana eléctrica
Material	DE ACERO INOXIDABLE
Tensión de	12-24 v
Velocidad	1-100 rpm
Par	1-80kg.cm
Ventaja	Dimensiones pequeñas, bajo ruido, bajo precio
La certificación	CE ROHS
Aplicación	Cerradura eléctrica, autonático cubo de basura, válvula eléctrica, sistema de elevación, TV de elevación

Nota. Figura tomada de *Alibaba*

Figura 85

Motorreductor de gusano 12V DC 8Nm

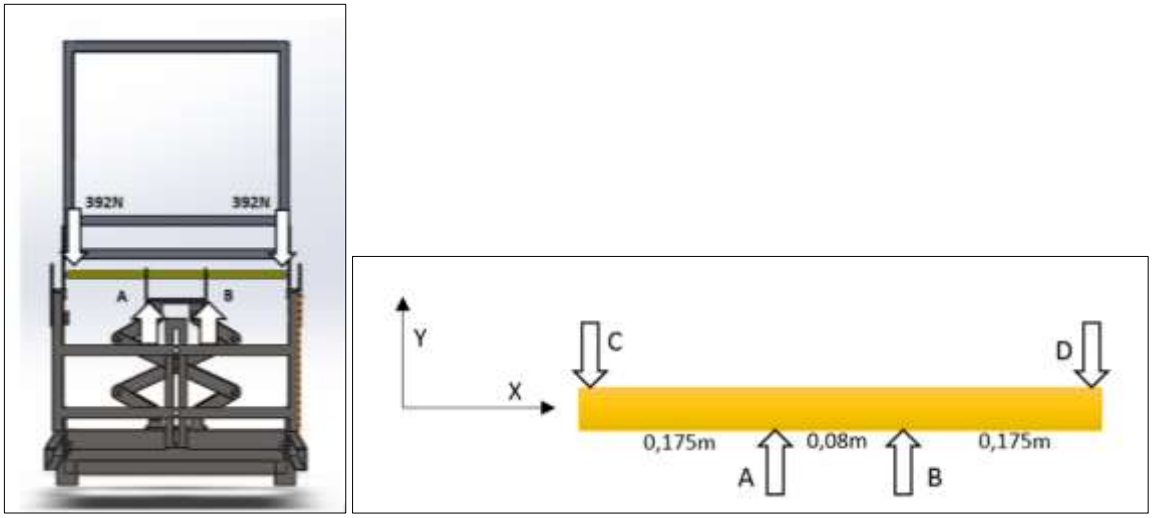
Nota. Figura tomada de *Alibaba*

Dimensionamiento de eje.

Para el dimensionamiento del eje consideraremos las mismas fuerzas que actúan sobre el sistema tijeras, es decir 80kg.

Figura 86

Esfuerzos en eje



Nota. Figura de *elaboración propia.*

$$\sum F_{xy} = -392 + A + B - 392$$

$$A + B = 784N$$

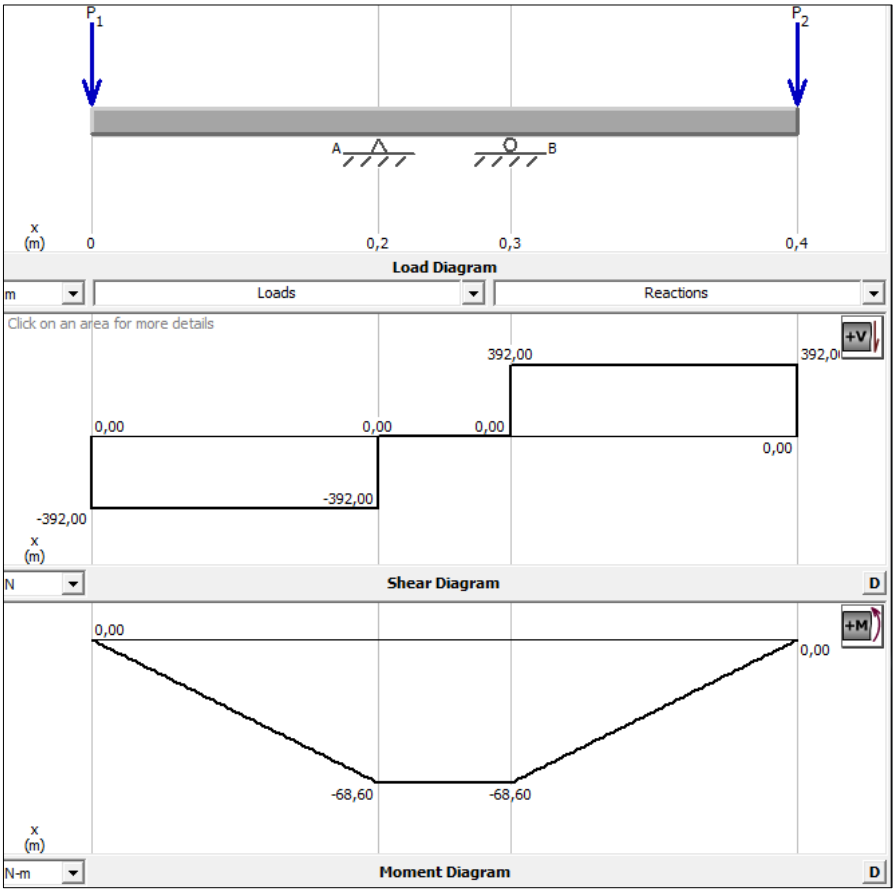
$$\sum M_{A(xy)} = 392\ (0{,}175) + B(0{,}08) - 392(0{,}255)$$

$$B = 392N$$

$$A = 392N$$

Figura 87

Diagramas de momento



Nota. Figura de *elaboración propia*

Momento máximo

$$M_A = M_B = 68{,}6\ Nm$$

Figura 88

Propiedades mecánicas (ASTM A500)

PROPIEDADES MECÁNICAS (ASTM A500/A500M GRADOS A y B)

SECCIÓN	GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)
REDONDO	A	230	310
CUADRADO Y	A	270	310
RECTANGULAR	B	315	400

Nota. Figura tomada de *Aceros Arequipa*

Teniendo en cuenta las propiedades del acero laminado en caliente disponibles en el mercado (ASTM 500) redondo

$$resistencia\ a\ la\ fluencia = S_y = 230\ Mpa$$

$$resistencia\ a\ la\ traccion = S_{ut} = 310\ Mpa$$

Teniendo cargas por flexión

$$S`e = 0{,}504(S_{ut})$$

$$S`e = 156{,}24\ Mpa$$

Sabiendo los momentos resultantes máximos están entre los puntos AC y BD, los momentos en ambos tramos son iguales, calculamos AC.

Factor de superficie: laminado en caliente-

$$K_a = aS_{ut}^b = 0{,}23$$

Factor de tamaño

$$k_b = 1{,}24d^{-0{,}107}$$

Factor de carga

$$k_c = 1$$

Factor de temperatura

$$k_d = 1$$

Factor de confiabilidad: 90%

$$k_e = 1{,}288$$

Calculamos el límite de resistencia a la fatiga.

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e$$

$$S_e = 0{,}29$$

Hallamos

esfuerzos de Von Mises alternantes y medios

$$M_m = \frac{68{,}6 + (-68{,}6\,)}{2} = 0$$

$$M_a = \frac{68{,}6 - (-68{,}6\,)}{2} = 68{,}6$$

Esfuerzos fluctuantes debido a la flexión.

$$\sigma_a = K_f \frac{M_a c}{I} \qquad \sigma_m = K_f \frac{M_m c}{I}$$

$$\sigma_a = \frac{32M_a}{I} \qquad \sigma_m = \frac{32M_m}{I} \qquad I = \pi d^3$$

$$\sigma_a = \frac{2195{,}2}{I} \qquad \sigma_m = \frac{0}{I} = 0$$

Calculamos el diámetro utilizando ecuación de ED-Gerber

$$\frac{1}{n} = \frac{8A}{\pi d^3 S_e}\left\{1 + \left[1 + \left(\frac{2BS_e}{AS_{ut}}\right)^2\right]^{1/2}\right\}$$

$$d = \left(\frac{8nA}{\pi S_e}\left\{1 + \left[1 + \left(\frac{2BS_e}{AS_{ut}}\right)^2\right]^{1/2}\right\}\right)^{1/3}$$

Donde

$$A = \sqrt{4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2}$$

$$B = \sqrt{4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2}$$

$$d = 1{,}42\ cm$$

Con esto definimos el diámetro del eje, el cual debe ser de 1,42 cm = 14,2mm.

Teniendo en cuenta las barras redondas existentes en el mercado peruano, y tomando en cuenta el catálogo de Aceros Arequipa barras redondas lisas y pulidas, la barra elegida para el eje es de 5/8 (15,88 mm).

Figura 89

Dimensiones y peso nominal de barras redondas lisas y pulidas

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m:
REDONDO LISO:

DIÁMETRO NOMINAL (pulg.)	PESO MÉTRICO kg/m	PESO DE LA BARRA kg/6m
3/8	0.56	3.36
1/2	0.99	5.97
5/8	1.55	9.32
3/4	2.24	13.43
7/8	3.05	18.27

Nota. Figura tomada de catálogo de *Aceros Arequipa*

Análisis y simulación cinemática de volcadura del sistema electromecánico

Para el análisis de volcadura tendremos en cuenta la siguiente ecuación:

$$\text{Velocidad limite de vuelco} = v_{lv} = \sqrt{gR\left(\frac{B}{2h}\right)}$$

Donde:

$g = gravedad$

$R = radio\ de\ trayectoria\ del\ vehiculo$

$B = ancho\ de\ vehículo$

$H = altura\ del\ centro\ de\ gravedad\ del\ vehiculo$

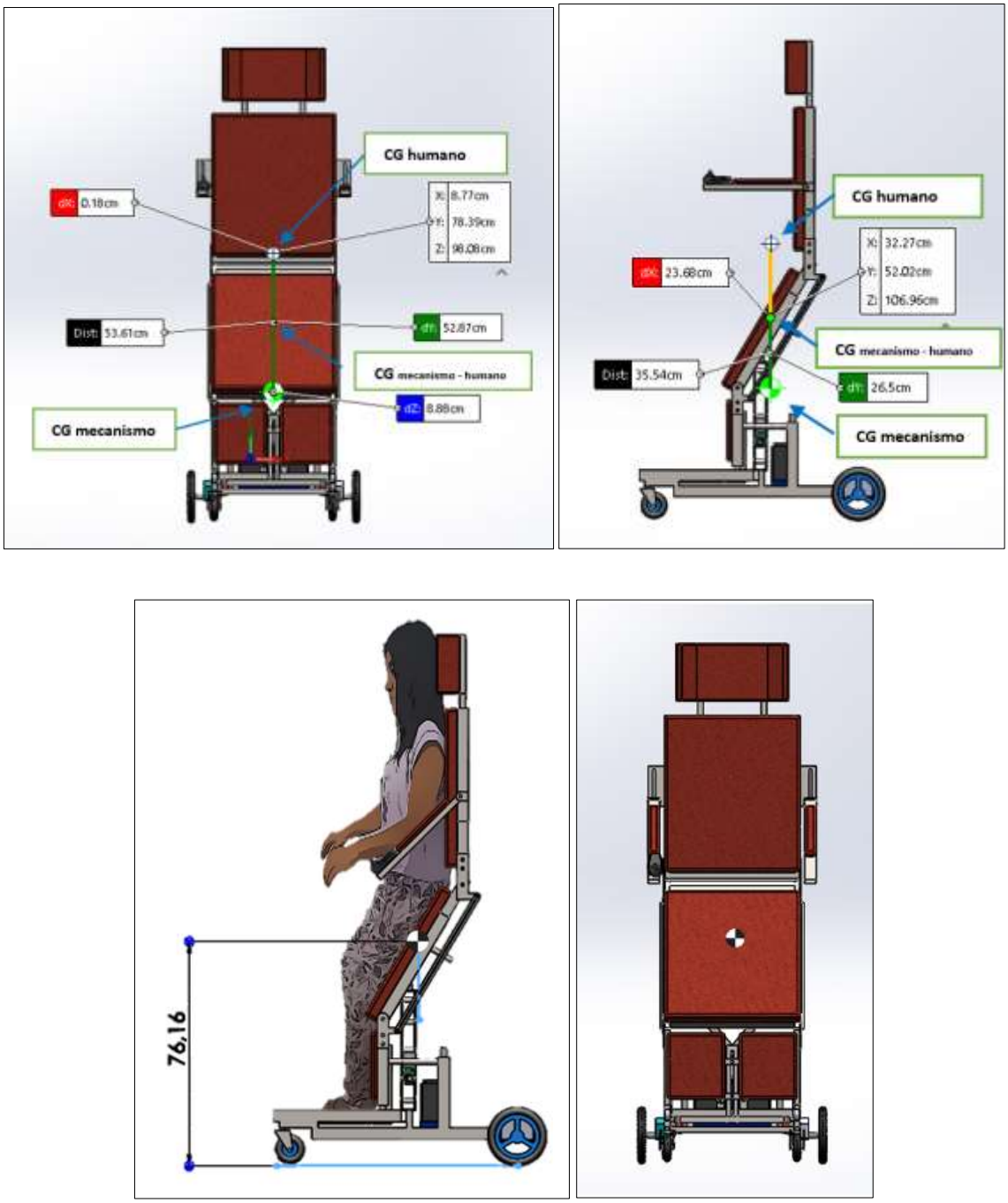
Sabiendo que el peso de la estructura sumado con el peso del mecanismo, es un total de 113,2 kg, obtenemos una fuera de 1110,5N

Teniendo en cuenta el CG de la persona que está ubicado aproximadamente por debajo del ombligo, también ubicamos el punto de CG del mecanismo, sacando media aritmética, el resultado será el centro de gravedad aproximado del mecanismo en uso ($CG_{mecanismo-humano}$).

Centro de gravedad de mecanismo en uso en posición bípeda

Figura 90

CG mecanismo-humano en bipedestación

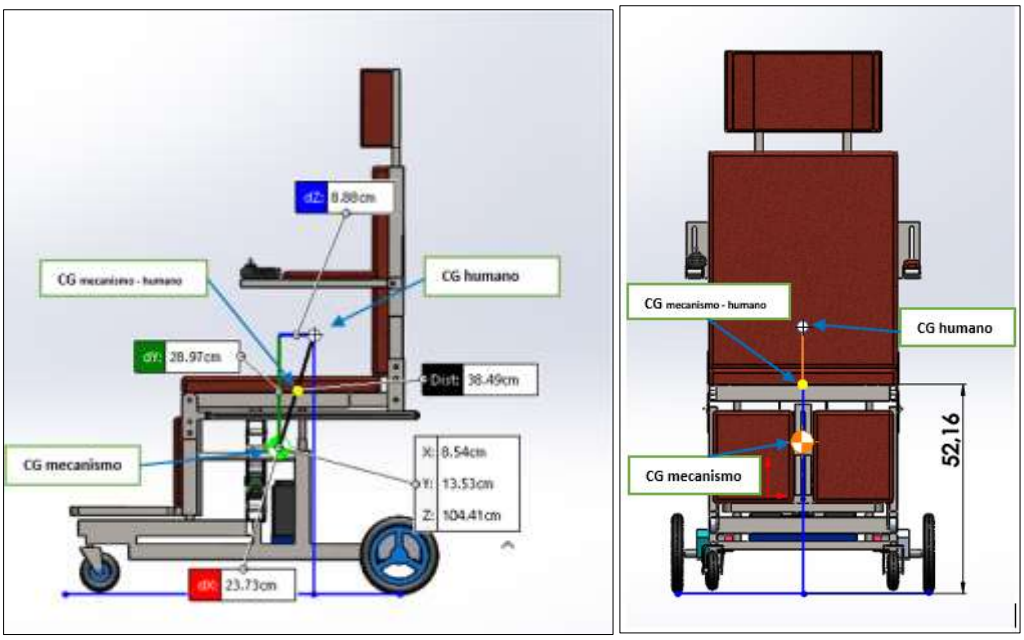


- La distancia entre $CG_{mecanismo}\ CG_{humano} = 52{,}87 = 53\ cm$
- El $CG_{mecanismo-humano}$ se ubica en la parte central a 26,5 cm entre la recta formada por CG_{humano} y el $CG_{mecanismo}$
- El $CG_{mecanismo-humano}$ se ubica a la altura de 76,16 cm sobre la superficie.

Centro de gravedad de mecanismo en uso en posición sedente

Figura 91

CG mecanismo-humano en sedestación

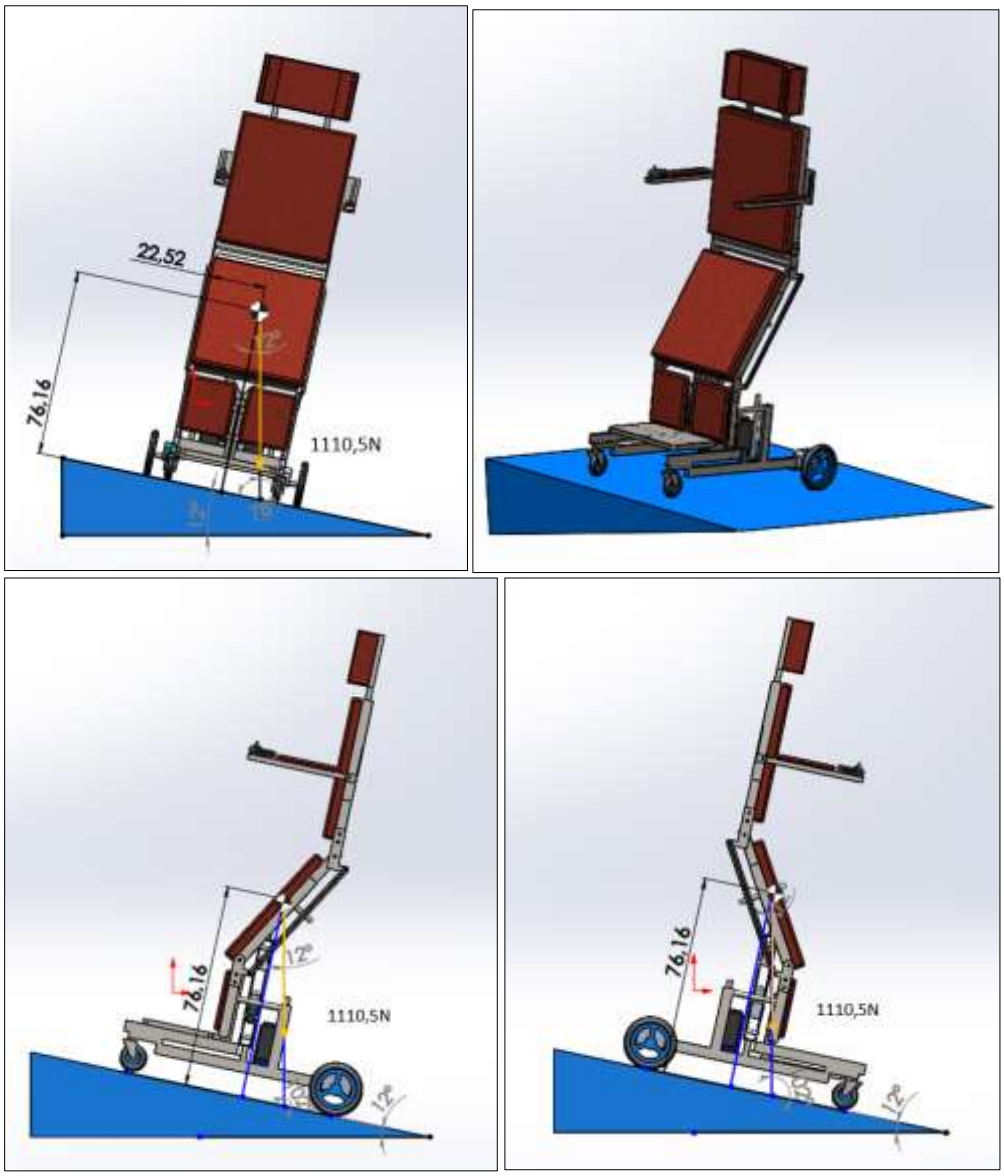


- La distancia entre alturas $CG_{mecanismo}\ CG_{humano} = 28{,}97 = 29\ cm$
- El $CG_{mecanismo-humano}$ se ubica en la parte central entre la recta formada por CG_{humano} y el $CG_{mecanismo}$ (hipotenusa del triángulo rectángulo), a una altura de 52,16 sobre la superficie

Análisis cinemático de volcadura bípeda en pendiente

Figura 92

Análisis cinemático en bipedestación de volcadura en pendiente, ascendente y descendente

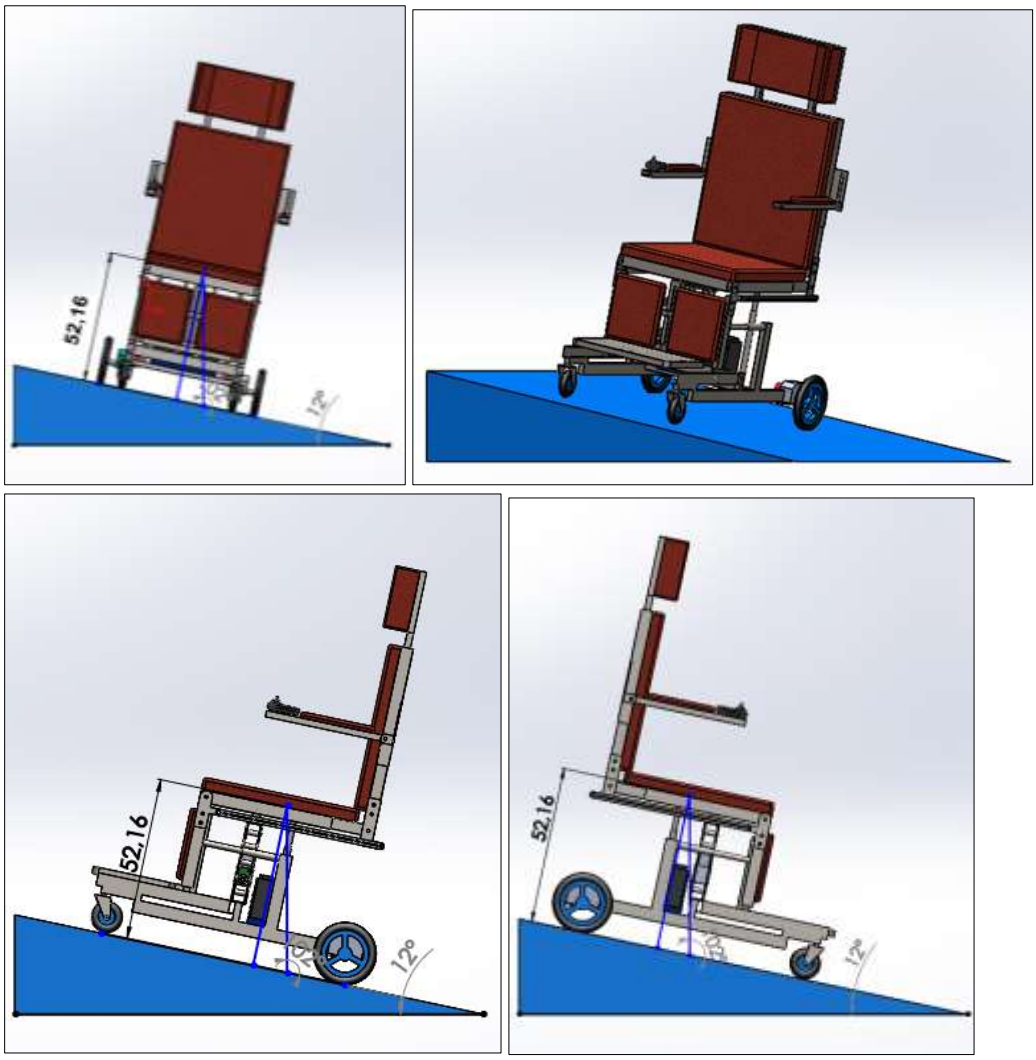


Nota: se observa la fuerza de 1110,05 N (peso de usuario y mecanismo) se encuentra dentro del perímetro formado por las ruedas, esto indica que no hay peligro de vuelco, siempre que no se haga movimientos que permita que el CG caiga fuera del perímetro, como por ejemplo estirar los brazos hacia el sentido de peligro de volcadura. *No se recomienda desplazarse en pendientes en esta posición.*

Análisis cinemático de volcadura bípeda en pendiente

Figura 93

Análisis cinemático en sedestación de volcadura en pendiente, ascendente y descendente



Nota: se observa la fuerza de 1110,05 N (peso de usuario y mecanismo) el desplazamiento es pendientes en esta posición, presenta mayor estabilidad. *Elaboración propia*.

Análisis de volcadura por desplazamiento en posición bípeda

- **Radio límite de volteo a velocidad máxima**

Hallamos el radio de volteo en bipedestación; conociendo los siguientes datos:

$Velocidad\ máxima\ =\ 15km/h$

$Altura\ bipeda\ de\ CG_{mecanismo-humano} = 0{,}7616\ m$

$Distancia\ de\ ruedas = 0{,}63m$

$$v_{lv} = \sqrt{gR\left(\frac{B}{2h}\right)}$$

$$15km/h = \sqrt{9{,}81(m/s^2)(R)(\frac{0{,}63m}{2(0{,}7616m)})}$$

$$15km/h = \sqrt{9{,}81(m/s^2)(\frac{0{,}63m}{2(0{,}7616m)})}\sqrt{R}$$

$$4{,}16m/s = 2{,}01\sqrt{R}$$

$$\frac{4{,}16}{2{,}01} = \sqrt{R}$$

$$2{,}06 = \sqrt{R}$$

$$\boldsymbol{R = 4{,}24m}$$

En velocidad máxima del mecanismo, la cual es de 15km/h, permie giro a un radio como mínimo de 4,24m; al reducir el radio por debajo del límite, ocurrirá volcadura.

- **Velocidad límite de volteo a radio de 1m**

Si el mecanismo es capaz de realizar giro de un radio aproximado a 1 metro, calculamos la velocidad limite en posición bípeda.

$$v_{lv} = \sqrt{9{,}81(m/s^2)(1m)(\frac{0{,}63m}{2(0{,}7616m)})}$$

$$v_{lv} = 2{,}014m/s$$

$$\boldsymbol{v_{lv} = 7{,}254k/h}$$

Análisis de volcadura por desplazamiento en posición sedente

- **Radio límite de volteo a velocidad máxima**

Hallamos el radio de volteo en sedestación; conociendo los siguientes datos:

$Velocidad\ máxima\ =\ 15km/h$

$Altura\ bipeda\ de\ CG_{mecanismo-humano}\ = 0{,}5216\ m$

$Distancia\ de\ ruedas\ =\ 0{,}63m$

$$v_{lv}\ =\sqrt{gR\left(\frac{B}{2h}\right)}$$

$$15km/h = \sqrt{9{,}81(m/s^2)(R)(\frac{0{,}63m}{2(0{,}5216m)})}$$

$$15km/h = \sqrt{9{,}81(m/s^2)(\frac{0{,}63m}{2(0{,}5216m)})}\sqrt{R}$$

$$4{,}16m/s = 2{,}43\sqrt{R}$$

$$1{,}71 = \sqrt{R}$$

$$\boldsymbol{R = 2,92m}$$

- **Velocidad límite de volteo a radio de 1m**

Si el mecanismo es capaz de realizar giro de un radio aproximado a 1 metro, calculamos la velocidad limite en posición sedente.

$$v_{lv} = \sqrt{9{,}81(m/s^2)(1m)(\frac{0{,}63m}{2(0{,}5216m)})}$$

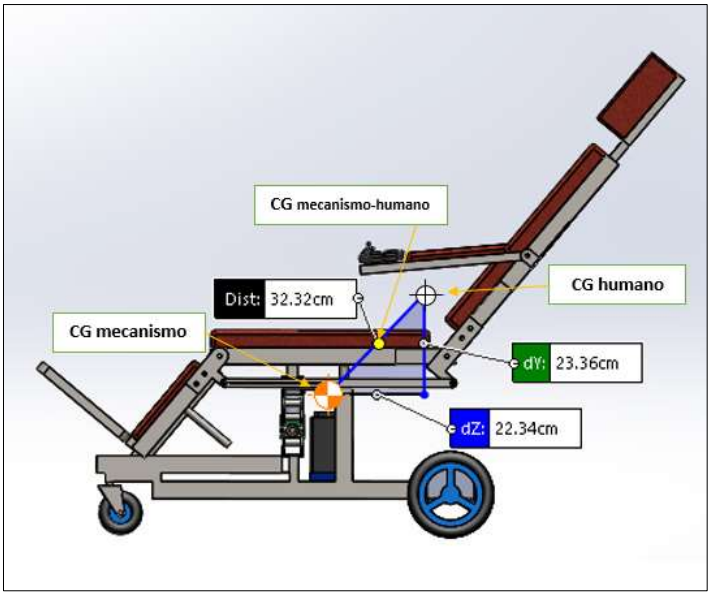
$$v_{lv} = 2{,}434m/s$$

$$\boldsymbol{v_{lv} = 8,762\ k/h}$$

Análisis cinemático de volcadura en inclinación 130° en pendiente

Figura 94

CG mecanismo-humano a 130°



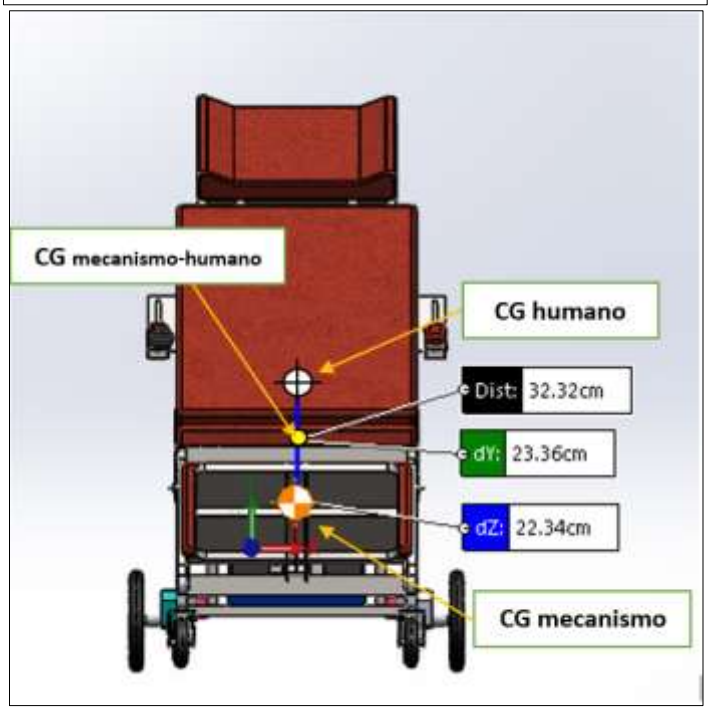
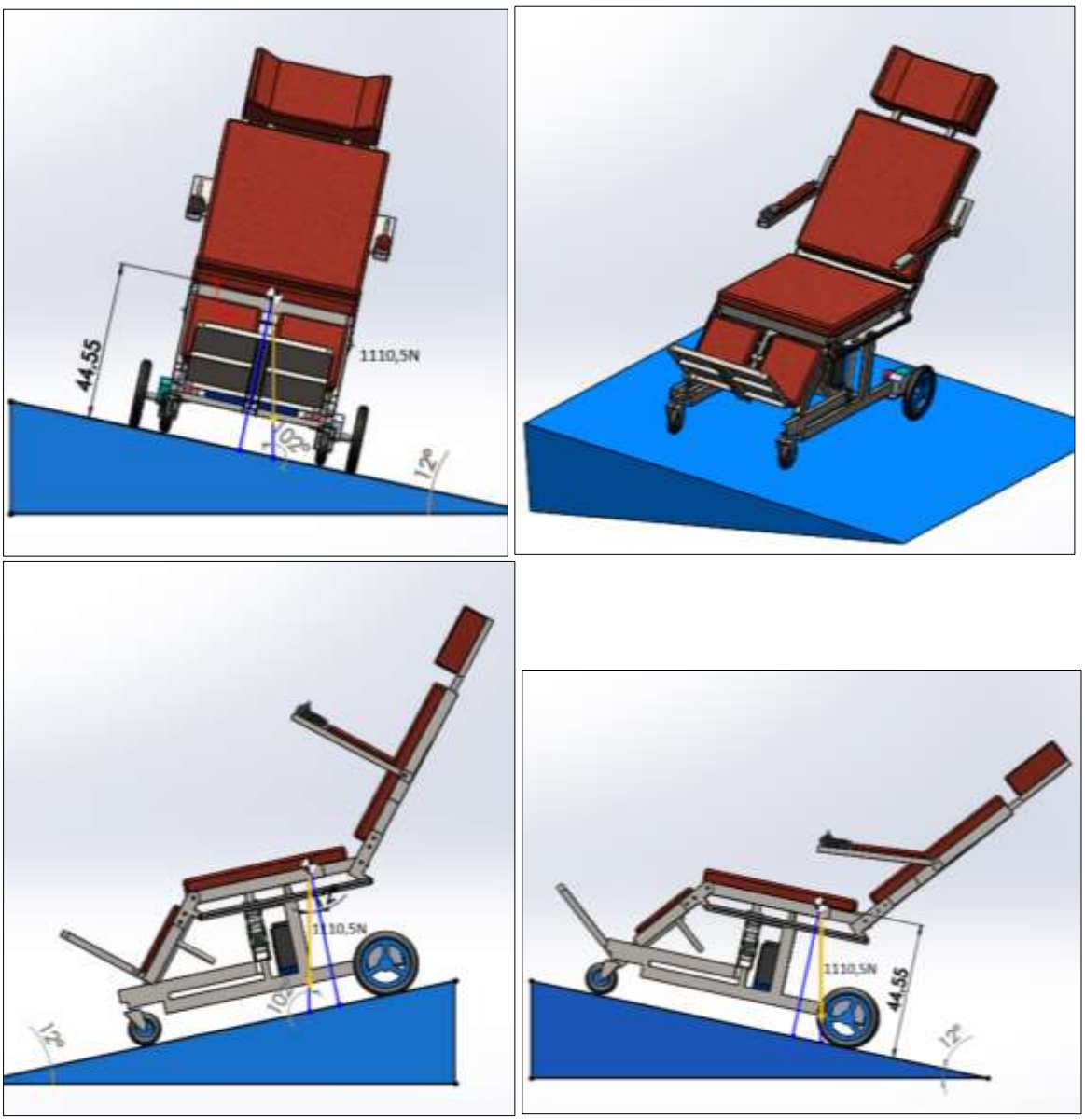


Figura 95

Análisis cinemático en sedestación de volcadura en pendiente, ascendente y descendente



Nota: se observa la fuerza de 1110,05 N (peso de usuario y mecanismo) se encuentra dentro del perímetro formado por las ruedas, así mismo se observa que en posición de 130° en pendiente ascendente (figura derecha inferior), la fuerza está cerca de las ruedas posteriores, lo que demostraría que existe peligro de volcadura; en descendente e inclinación lateral, es estable. *Elaboración propia*.

4.5 Anexo 5. Catálogos

Barras Redondas Lisas y Pulidas

CALIDADES: ASTM A36 Y SAE1045

DENOMINACIONES:
REDO LISO A36; REDO LISO SAE1045.
REDO PULI A36; REDO PULI SAE1045.

DESCRIPCIÓN:
Producto laminado en caliente de sección circular, de superficie lisa y pulida (según requerimiento).

USOS:

CALIDAD	USOS
ASTM A36	Estructuras metálicas, puertas, ventanas, rejas, cercos, barras de transferencia para pavimento rígido, etc. También para recalcado y mecanizado.
SAE 1045	Pernos y tuercas por recalcado en caliente o mecanizado, ejes, pines, pasadores, etc.

NORMAS TÉCNICAS:
- Composición Química y Propiedades Mecánicas: SAE J403 (1045), ASTM A36 / A36M, y NTP 350.400

TOLERANCIAS DIMENSIONALES:
- Barras de diámetros ≤ a 1 1/8": ISO 1035/4 y NTP 241.105
- Barras de diámetros > a 1 1/8": ASTM A6 y NTP 241.105

PRESENTACIÓN:
- Se comercializa en longitudes de 6 metros. En otras longitudes solo a pedido del cliente.
- Las barras de diámetros mayores a 1", son suministradas en estado laminado en caliente y posteriormente pulidas (según requerimiento del cliente).
- Se suministran en paquetes de 1 t.
- La calidad 1045 se identifica en los extremos, pintando la mitad de la sección con color negro.
- La calidad A36 se identifica en los extremos, pintando la mitad de la sección con color verde y la otra mitad con color negro.

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m:
REDONDO LISO:

DIÁMETRO NOMINAL (pulg.)	PESO MÉTRICO kg/m	PESO DE LA BARRA kg/6m
3/8	0.56	3.36
1/2	0.99	5.97
5/8	1.55	9.32
3/4	2.24	13.43
7/8	3.05	18.27
1	3.98	23.87
1 1/4	6.22	37.29
1 3/8	7.52	45.12
2	15.91	95.46
2 1/4	20.14	120.82

REDONDO PULIDO:

DIÁMETRO NOMINAL (pulg.)	PESO MÉTRICO kg/m	PESO DE LA BARRA kg/6m
1 1/8	5.03	30.21
1 1/4	6.22	37.29
1 1/2	8.95	53.70
1 3/4	12.18	73.09
2	15.91	95.46
2 1/2	24.86	149.16

COMPOSICIÓN QUÍMICA EN LA CUCHARA (%):

NORMA	%C máx.	% Mn	% Si max.	%P máx.	%S máx.
ASTM A36	0.26	0.60 - 0.90(*)	0.40	0.04	0.05
SAE 1045	0.43 - 0.50	0.60 - 0.90	-	0.030	0.050

(*) Para diámetros mayores que 3/4".

PROPIEDADES MECÁNICAS:

NORMA	LÍMITE DE FLUENCIA MPa (kg/cm²)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MPa (kg/cm²)	ALARGAMIENTO EN 200 mm min. (%)
ASTM A36	250 (2,530)	400 - 550 (4,080 - 5,620)	20.0
SAE 1045(*)	390 - 540 (4,000 - 5,500)	650 - 800 (6,700 - 8,200)	12.0

(*) Valores Típicos

TOLERANCIAS DIMENSIONALES:
Barras de diámetro > 1" ASTM A 6/A 6M.

NORMA TÉCNICA	DIÁMETRO NOMINAL (d)	DIÁMETRO (d - mm)	OVALIZACIÓN (o - mm) máx.	DESVIACIÓN DE MÁXIMA DE RECTITUD (f - mm/m)	LONGITUD (L - mm) (*)
ASTM A6	1" < D ≤ 1 1/8"	±0.25	0.38	4.16	+ 50 - 0
	1 1/8" < D ≤ 1 1/4"	±0.28	0.41		
	1 1/4" < D ≤ 1 3/8"	±0.30	0.46		
	1 3/8" < D ≤ 1 1/2"	±0.36	0.53		
	1 1/2" < D ≤ 2"	±0.40	0.58		
	2" < D ≤ 2 1/2"	+0.79/-0.0	0.58		

QCQA05-F106/06/SEP 20 - QCQA01-F134/03/SEP 20

Previo acuerdo se comercializa en otras medidas.

ACEROS AREQUIPA

Planchas y Bobinas Laminadas en Frío

PRODUCTOS PLANOS

Planchas y Bobinas LAF

DIMENSIONES NOMINALES

PLANCHAS LAF (PLAF A 1008 TB)	BOBINAS (BLAF A 1008 TB)
0.30 x 1,200 x 2,400 mm	0.30 x 905 mm
0.40 x 905 x 2,400 mm	0.30 x 1,200 mm
0.40 x 1,200 x 2,400 mm	0.40 x 905 mm
0.45 x 1,200 x 2,400 mm	0.40 x 1,200 mm
0.50 x 1,200 x 2,400 mm	0.50 x 905 mm
0.55 x 1,200 x 2,400 mm	0.55 x 1,200 mm
0.60 x 1,200 x 2,400 mm	0.60 x 910 mm
0.70 x 1,200 x 2,400 mm	0.60 x 1,200 mm
0.75 x 1,200 x 2,400 mm	0.70 x 1,200 mm
0.80 x 1,200 x 2,400 mm	0.75 x 1,200 mm
0.85 x 1,200 x 2,400 mm	0.80 x 1,200 mm
0.90 x 1,200 x 2,400 mm	0.85 x 1,200 mm
0.95 x 1,200 x 2,400 mm	0.90 x 1,200 mm
1.00 x 1,200 x 2,400 mm	0.95 x 1,200 mm
1.15 x 1,200 x 2,400 mm	1.00 x 1,200 mm
1.20 x 1,200 x 2,400 mm	1.15 x 1,200 mm
1.45 x 1,200 x 2,400 mm	1.20 x 1,200 mm
1.50 x 1,200 x 2,400 mm	1.45 x 1,200 mm
1.90 x 1,200 x 2,400 mm	1.50 x 1,200 mm
1.95 x 1,200 x 2,400 mm	1.90 x 1,200 mm
2.00 x 1,200 x 2,400 mm	1.95 x 1,200 mm
	2.00 x 1,200 mm

NORMAS TÉCNICAS

ASTM A1008/A1008M Tipo B y Dimensiones según JIS G3141-2011.

USOS

En partes expuestas donde se requiere un buen acabado superficial; como por ejemplo: muebles, tubos, paneles, carrocerías, artefactos electrodomésticos, etc.

PRESENTACIÓN

- ACABADO: Las planchas y bobinas laminadas en frío son aceitadas con bordes de laminación.
- EMPAQUETADO DE PLANCHAS: Se entregan paquetes de 3TM.
- BOBINAS: Se entregan con peso mínimo de 4TM aproximadamente.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Límite de Fluencia mínimo = 140 - 275 MPa (1,410 - 2,810 kg/mm²) (referencial).
Alargamiento en 50 mm = 30.0% mínimo (referencial).

Planchas y Bobinas Zincadas

NORMAS TÉCNICAS

JIS G 3302 o equivalente ASTM A653 / A 653M.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Calidad comercial:
Límite de Fluencia mínimo = 205 - 380 Mpa (2,110-3,860 kg/cm²) mínimo
Alargamiento en 50 mm = 20.0% mínimo
Revestimiento de Zinc
G40 = Mínimo 120 g/m² (total de ambas caras)
G60 = Mínimo 180 g/m² (total de ambas caras)
Doblado a 180°: Diámetro de Pin = 4e.

USOS

En la fabricación de paneles, coberturas, carrocerías, instalaciones para la avicultura, ductos, silos, etc.

PRESENTACIÓN

Las planchas vienen en paquetes de 2.5 a 3 tm aproximadamente.
Las bobinas vienen con peso mínimo de 4tm.

DIMENSIONES NOMINALES

PLANCHAS (PZL JIS G3302)	BOBINAS (BZLJ JIS G3302)
0.30 x 914 x 1800 mm	0.30 x 914 mm
0.30 x 1200 x 2400 mm	0.30 x 1200 mm
0.40 x 914 x 1800 mm	0.40 x 914 mm
0.40 x 1200 x 2400 mm	0.40 x 1200 mm
0.45 x 1200 x 2400 mm	0.45 x 1200 mm
0.50 x 1200 x 2400 mm	0.50 x 1200 mm
0.55 x 1200 x 2400 mm	0.60 x 1200 mm
0.60 x 1200 x 2400 mm	0.75 x 1200 mm
0.75 x 1200 x 2400 mm	0.80 x 1200 mm
0.80 x 1200 x 2400 mm	0.85 x 1200 mm
0.85 x 1200 x 2400 mm	0.90 x 1200 mm
0.90 x 1200 x 2400 mm	1.15 x 1200 mm
0.95 x 1200 x 2400 mm	1.20 x 1200 mm
1.00 x 1200 x 2400 mm	1.45 x 1200 mm
1.15 x 1200 x 2400 mm	1.50 x 1200 mm
1.20 x 1200 x 2400 mm	1.90 x 1200 mm
1.45 x 1200 x 2400 mm	
1.50 x 1200 x 2400 mm	
1.90 x 1200 x 2400 mm	

Platinas

NORMAS TÉCNICAS

- Propiedades Mecánicas: ASTM A36/A36M y NTP 350.400
- Tolerancias Dimensionales: ASTM A6/A6M y NTP 241.105

PRESENTACIÓN

Se comercializa en barras de 6 metros de longitud.
Se suministra en paquetes de 1 t.

USOS

En la fabricación de estructuras metálicas, puertas, ventanas, rejas, piezas forjadas y otros.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Límite de Fluencia mínimo	= 250 Mpa (2,530 kg/cm²) mínimo
Resistencia a la Tracción	= 450 - 550 Mpa (4,080-5,620 kg/cm²)
Alargamiento en 200 mm:	
1/8" y 3/16"	= 15.0% mínimo
1/4"	= 17.5% mínimo
5/16, 3/8", 5/8", 3/4" y 1"	= 20.0% mínimo
Doblado a 180°	= Bueno
Soldabilidad	= Buena

DIMENSIONES

Sistema Inglés (pulgadas)

1/8 x 1/2	1/4 x 1	1/2 x 3
1/8 x 3/4	1/4 x 1 1/4	1/2 x 4
1/8 x 1	1/4 x 1 1/2	5/8 x 4
1/8 x 1 1/4	1/4 x 2	3/4 x 4
1/8 x 1 1/2	1/4 x 2 1/2	1 x 4
1/8 x 2	1/4 x 3	3/8 x 5
3/16 x 1/2	1/4 x 4	3/8 x 6
3/16 x 5/8	3/8 x 1	1/2 x 5
3/16 x 3/4	3/8 x 1 1/4	1/2 x 6
3/16 x 1	3/8 x 1 1/2	5/8 x 5
3/16 x 1 1/4	3/8 x 2	5/8 x 6
3/16 x 1 1/2	3/8 x 2 1/2	3/4 x 5
3/16 x 2	3/8 x 3	3/4 x 6
3/16 x 2 1/2	3/8 x 4	1 x 5
3/16 x 3	1/2 x 1 1/2	1 x 6
1/4 x 5/8	1/2 x 2	
1/4 x 3/4	1/2 x 2 1/2	

Barras Redondas Lisas y Pulidas

DIMENSIONES

REDONDO LISO	
Diámetro nominal (pulgadas)	
3/8	1
1/2	1 1/4
5/8	1 5/8
3/4	2
7/8	2 1/4

REDONDO PULIDO	
Diámetro nominal (pulgadas)	
1 1/8	1 3/4
1 1/4	2
1 1/2	2 1/2

NORMAS TÉCNICAS

Composición Química y Propiedades Mecánicas:
SAE J403 (1045), ASTM A36 / A36M, y NTP 350.400

Tolerancias Dimensionales:
- Barras de diámetros ≤ a 1 1/8": ISO 1035/4 y NTP 241.105
- Barras de diámetros > a 1 1/8": ASTM A6 y NTP 241.105

USOS

Calidad SAE 1045: Pernos y tuercas por recalcado en caliente o mecanizado, ejes, pines, pasadores, etc.

Calidad ASTM A36: Estructuras metálicas, puertas, ventanas, rejas, cercos, barras de transferencia para pavimento rígido, etc.
También para recalcado y mecanizado.

PRESENTACIÓN

- Se comercializa en longitudes de 6 metros. En otras longitudes solo a pedido del cliente.
- Las barras de diámetros mayores a 1", son suministradas en estado laminado en caliente y posteriormente pulidas (según requerimiento del cliente).
- Se suministran en paquetes de 1 t.
- La calidad 1045 se identifica en los extremos, pintando la mitad de la sección con color negro.
- La calidad A36 se identifica en los extremos, pintando la mitad de la sección con color verde y la otra mitad con color negro.

PROPIEDADES MECÁNICAS

	ASTM A36:	SAE 1045*:
Límite de Fluencia mínimo	= 250 MPa (2,530 kg/cm²)	= 390 - 540 MPa (4,000 - 5,500 kg/cm²)
Resistencia a la Tracción	= 400 - 550 MPa (4,080 - 5,620 kg/cm²)	= 650 - 800 MPa (6,700 - 8,200 kg/cm²)
Alargamiento en 200 mm	= 20.0% mínimo	= 12.0% mínimo

* Valores Típicos.

PERFILES

Ángulos Estructurales

NORMAS TÉCNICAS

- Propiedades Mecánicas: ASTM A36 / A36M y NTP 350.400
- Tolerancias Dimensionales:
- Sistema Inglés: ASTM A6 / A6M y NTP 241.105.
- Sistema Métrico: ISO 657 / V y NTP 241.105.

USOS

En la fabricación de estructuras de acero para plantas industriales, almacenes, techados de grandes luces, industrial naval, carrocerías, torres de transmisión. También se utiliza para la fabricación de puertas, ventanas, rejas, etc.

PRESENTACIÓN

Se comercializa en longitudes de 6 metros. Se suministra en paquetes de 1 t.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Límite de Fluencia mínimo	= 250 MPa (2,530 kg/cm²) mínimo
Resistencia a la Tracción	= 400 - 550 MPa (4,080 – 5,620 kg/cm²)*
Alargamiento en 200 mm	
Espesores:	
2.0 mm, 2.5 mm, 3.0 mm, 1/8", 3/32", 4.5 mm y 3/16"	= 15.0% mínimo
6.0 mm	= 17.0% mínimo
1/4"	= 17.5% mínimo
5/16", 3/8" y 1/2"	= 20.0% mínimo
Soldabilidad	= Buena

* Para los espesores de 2.0 mm a 2.5 mm, la resistencia a la tracción mínima es de 340 MPa.

DIMENSIONES

Sistema Métrico (mm)	Sistema Inglés (pulgadas)
20 x 20 x 2.0	2 x 2 x 5/16
20 x 20 x 2.5	2 1/2 x 2 1/2 x 5/16
20 x 20 x 3.0	3 x 3 x 3/16
25 x 25 x 2.0	5 x 5 x 3/8
25 x 25 x 2.5	5 x 5 x 1/2
25 x 25 x 3.0	6 x 6 x 3/8
25 x 25 x 4.5	6 x 6 x 1/2
30 x 30 x 2.0	
30 x 30 x 2.5	
30 x 30 x 3.0	
30 x 30 x 4.5	
38 x 38 x 2.0	

Ángulos Estructurales de Calidad Dual

DIMENSIONES

Sistema Inglés (pulgadas)
1 1/2 x 1 1/2 x 3/32
1 1/2 x 1 1/2 x 1/8
1 1/2 x 1 1/2 x 3/16
1 1/2 x 1 1/2 x 1/4
2 x 2 x 1/8
2 x 2 x 3/16
2 x 2 x 1/4
2 x 2 x 3/8
2 1/2 x 2 1/2 x 3/16
2 1/2 x 2 1/2 x 1/4
2 1/2 x 2 1/2 x 3/8
3 x 3 x 1/4
3 x 3 x 5/16
3 x 3 x 3/8
3 x 3 x 1/2
4 x 4 x 1/4
4 x 4 x 5/16
4 x 4 x 3/8
4 x 4 x 1/2

NORMAS TÉCNICAS

- Composición Química y Propiedades Mecánicas: ASTM A36 / A36M, ASTM A572/A572M, NTP 350.400 y NTP 350.408.
- Tolerancias Dimensionales: ASTM A6/A6M y NTP 241.105.

USOS

Para la fabricación de estructuras de acero en plantas industriales, almacenes, techados de grandes luces, industrial naval, carrocerías, torres de transmisión. También se pueden utilizar para la fabricación de puertas, ventanas, rejas, etc.

PRESENTACIÓN

Se comercializa en longitudes de 6 m. Se suministra en paquetes de 1 t.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Límite de Fluencia mínimo	= 345 MPa (3,520 kg/cm²)
Resistencia a la Tracción	= 450 - 550 MPa (4,590 - 5,620 kg/cm²)
Alargamiento en 200 mm:	
3/32", 1/8" y 3/16"	= 15.0% mínimo
1/4"	= 17.5% mínimo
5/16", 3/8" y 1/2"	= 20.0% mínimo
Soldabilidad	= Buena

Tubo LAC ASTM A500

Tubo fabricado con acero al carbono laminado en caliente (LAC), utilizando el sistema de soldadura de resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW).
Las secciones de fabricación son redondas, cuadradas y rectangulares.

NORMAS TÉCNICAS

Las propiedades mecánicas, dimensiones, pesos y espesores se fabrican según la norma ASTM A500 - Grados A y B según lo solicitado.

USOS

Diversas estructuras livianas y pesadas, correcaías, tijerales, postes, etc.

PRESENTACIÓN

1. Longitud:
   - Redondos: 6.40 m y 6 m.
   - Cuadrados y rectangulares: 6 m.
   - Otras longitudes a pedido.
2. Acabado de extremos: Refrentado (plano), limpios de rebordes.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Sección	Norma técnica		Grado	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación mínimo
	Del tubo	Del acero				
Redondo	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 500 GRADO A	A	228	310	25
		ASTM A 1011 CS TIPO B		-	≥ 290	≥ 25
Cuadrado	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 500 GRADO A	A	269	310	25
	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 1011 CS TIPO B		-	≥ 290	≥ 25
Rectángulo	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 500 GRADO A	B	269	310	25
	ASTM A 500/A 500 M	ASTM A 1011 CS TIPO B		-	≥ 290	≥ 25

(*) Dimensiones y Tolerancias.

DESIGNACIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m

	Designación Nominal	Dimensión exterior (mm)	Espesores (mm) 1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	3.3	4.0	4.5	6.0
REDONDO NOMINAL	1/4"	13.70		0.53	0.58	0.65						
	3/8"	17.10		0.68	0.75	0.84						
	1/2"	21.30		0.87	0.95	1.08	1.16	1.35				
	3/4"	26.70		1.11	1.22	1.38	1.49	1.75				
	1"	33.40		1.40	1.55	1.76	1.91	2.25				
	1 1/4"	42.20		1.79	1.98	2.26	2.45	2.90				
	1 1/2"	48.30		2.06	2.28	2.61	2.82	3.35	3.66	4.37		
	2"	60.30		2.60	2.88	3.29	3.56	4.24	4.64	5.56		
	¤ 2 1/2"	73.00			3.50		4.35	5.18	5.67	6.81		
	3"	88.90			4.29		5.33	6.36	6.97	8.38		
	4"	114.30			5.54		6.90	8.24	9.04	10.88		
CUADRADO L.E.	-	25 x 25	1.06		1.46							
	-	30 x 30	1.30		1.70							
	-	40 x 40	1.78		2.24			3.32				
	-	50 x 50	2.25		3.12		3.87	4.32				
	2"	50.8			3.12		3.87	4.32				
	-	75 x 75			4.50		5.56	6.81				
	-	100 x 100			6.17		7.68	9.17		12.13	13.59	16.98

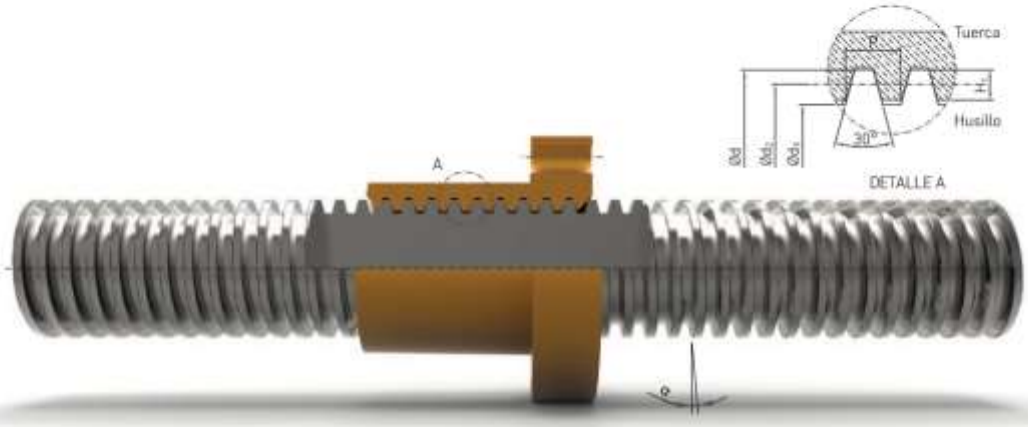
(*) Dimensiones y Tolerancias.

SISTEMA INGLÉS

	Designación Nominal	Dimensión exterior (mm)	Espesores (mm) 1.6	2.0	2.3	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0
CUADRADO L.E.	1"	-	1.36	1.50	1.70	1.84	2.17			
	1 1/4"	-	1.71	1.90	2.16	2.34	2.77			
	1 1/2"	-	2.07	2.29	2.62	2.84	3.37			
	2"	-	2.79	3.09	3.54	3.83	4.56	5.99		
	3"	-		4.69	5.37	5.83	6.96	9.18		
	4"	-		6.28		7.82	9.35	12.37	13.86	
RECT. L.E.	1" x 2"	-	2.10	2.32						
	2" x 3"	-	3.54	3.92		4.87	5.81			
	2" x 4"	-		4.71		5.85	6.98	9.21	10.31	
	2" x 6"	-		6.34		7.89	9.43	12.48	13.98	
	4" x 10"	-								34.60

SISTEMA MÉTRICO

	Dimensión exterior (mm)	Espesores (mm) 1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	6.0	8.0	10.0	12.0
CUADRADO L.E.	25	1.12	1.33	1.47	1.81							
	30		1.62	1.79								
	38		2.07	2.29	2.83	3.36						
	40		2.18	2.41	2.99	3.55						
	50		2.75	3.04	3.77	4.49		6.57	8.53			
	75			4.61	5.73	6.84	9.03	10.10	13.24			
	80			4.93	6.13	7.31	9.65	10.81				
	100			6.18	7.70	9.20	12.17	13.63	17.95			
	125					11.55		17.16	22.66			
	150					13.91		20.70	27.37	36.10	44.64	
	200					18.62		27.76	36.79	48.66	60.34	
	250							34.83	46.21	61.22	76.04	
	300									73.79	91.34	109.49
	400										123.14	147.18
RECTÁNGULO L.E.	20 x 40	1.35		1.70								
	25 x 50	1.65	2.04	2.26								
	40 x 50		2.46	2.73								
	40 x 60	2.26	2.75	3.03	3.60	4.25						
	40 x 80	2.71		3.66	4.39	5.19						
	50 x 70			3.67	4.56	5.43						
	50 x 75					5.42						
	50 x 100		4.16	4.50	5.56	6.60	8.59	10.10	13.24			
	50 x 150			6.17	7.68	9.17	11.73	13.63	17.95			
	150 x 100				9.66	11.55	15.31	17.16	22.66			
	200 x 100					13.91	18.45	20.70	27.37	36.10	44.54	
	200 x 150					16.26	21.59	24.23	32.08	42.38	52.49	
	250 x 100							24.23	32.08	42.38	52.49	
	250 x 150							27.76	36.79	48.66	60.34	
	300 x 200								46.21	61.22	76.04	90.65
	400 x 200										91.34	109.49
	500 x 300										123.14	147.18



Diám. ext. (mm) x Paso (mm)	d_o (mm)	$d_{2\,min}$ (mm)	$d_{2\,max}$ (mm)	d_3	H_1	Ángulo rosca α[1]	Rendimiento η[2]	Peso (kg/m)	Momento inercia (mm^4)	Módulo sección (cm^3)	Momento inercia masa J_{red} ($kg.m^2/m$)
Tr 16x4	16	13,640	13,905	10,80	2	5°11'	0,46	1,21	0,067	0,124	$2,96 \cdot 10^{-6}$
Tr 18x4	18	15,640	15,905	12,80	2	4°32'	0,43	1,58	0,132	0,206	$5,05 \cdot 10^{-6}$
Tr 20x4	20	17,640	17,905	14,80	2	4°2'	0,40	2,00	0,236	0,318	$8,10 \cdot 10^{-6}$
Tr 22x5	22	19,114	19,394	15,50	2,5	4°39'	0,43	2,34	0,283	0,366	$1,11 \cdot 10^{-5}$
Tr 24x5	24	21,094	21,394	17,50	2,5	4°14'	0,41	2,85	0,460	0,526	$1,65 \cdot 10^{-5}$
Tr 26x5	26	23,094	23,394	19,50	2,5	3°52'	0,39	3,40	0,710	0,728	$2,35 \cdot 10^{-5}$
Tr 28x5	28	25,094	25,394	21,50	2,5	3°34'	0,37	4,01	1,050	0,976	$3,26 \cdot 10^{-5}$
Tr 30x6	30	26,547	26,882	21,90	3	4°2'	0,40	4,50	1,130	1,030	$4,10 \cdot 10^{-5}$
Tr 32x6	32	28,547	28,882	23,90	3	3°46'	0,38	5,19	1,600	1,340	$5,45 \cdot 10^{-5}$
Tr 36x6	36	32,547	32,882	27,90	3	3°18'	0,35	6,71	2,970	2,130	$9,10 \cdot 10^{-5}$
Tr 40x7	40	36,020	36,375	30,50	3,5	3°29'	0,37	8,21	4,250	2,790	$1,37 \cdot 10^{-4}$
Tr 44x7	44	40,020	40,275	34,50	3,5	3°8'	0,34	10,10	6,950	4,030	$2,10 \cdot 10^{-4}$
Tr 48x8	48	43,468	43,868	37,80	4	3°18'	0,35	12,00	10,000	5,300	$2,90 \cdot 10^{-4}$
Tr 50x8	50	45,468	45,868	39,30	4	3°10'	0,34	13,10	11,700	5,960	$3,40 \cdot 10^{-4}$
Tr 60x9	60	54,935	55,360	48,15	4,5	2°57'	0,33	19,00	26,400	11,000	$7,30 \cdot 10^{-4}$
Tr 70x10	70	64,425	64,850	57,00	5	2°48'	0,32	26,00	51,800	18,200	$1,40 \cdot 10^{-3}$
Tr 80x10	80	74,425	74,850	67,00	5	2°25'	0,29	34,70	98,900	29,500	$2,40 \cdot 10^{-3}$

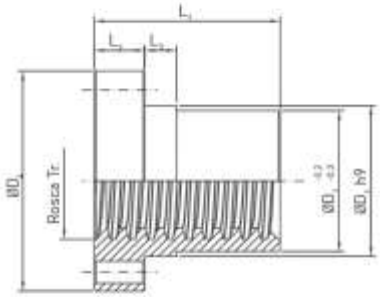
[1] Ángulo de paso en el diámetro de paso.

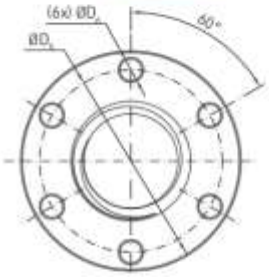
[2] Eficiencia teórica al transformar un movimiento de giro en una traslación axial del husillo, con coeficiente de fricción μ = 0,1. Para otros casos, consultar el apartado de cálculo correspondiente.

NIASA

TUERCA DE BRONCE CON BRIDA TIPO EFM

Fuera de stock disponemos de muchos otros diámetros/pasos de husillos, también con rosca a izquierdas, y asimismo en otros materiales (AISI 304, AISI 316, etc). Además, podemos suministrarle tuercas en materiales plásticos, con cuerpo roscado, etc.





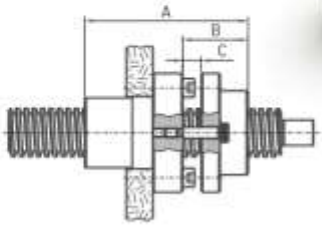
Material estándar	Límite elástico 0,2% $R_{p0,2}$ (N/mm²)	Resistencia a rotura R_m (N/mm²)	Elongación a rotura A5 min.	Dureza (HB 10/1000)	Densidad (kg/dm³)	Módulo de elasticidad (N/mm²)	Presión cinemática máx. Pc (N/mm².m/min)
G-CuSn 12 (G Bz 12)	150	280-350	5%	100-110	8,8	90000	400

Para husillo	D_1 (mm)	D_4 (mm)	D_5 (mm)	D_6 (mm)	L_1	L_2	L_3	Peso (kg)	Superficie soporte A_s (mm²)
Tr 16x4	28	48	38	6	44	12	8	0,25	670
Tr 18x4	28	48	38	6	44	12	8	0,25	770
Tr 20x4	32	55	45	7	44	12	8	0,30	870
Tr 24x5	32	55	45	7	44	12	8	0,30	1040
Tr 30x6	38	62	50	7	46	14	8	0,40	1370
Tr 36x6	45	70	58	7	59	16	10	0,60	2140
Tr 40x7	63	95	78	9	73	16	10	1,70	2930
Tr 50x8	72	110	90	11	97	18	10	2,60	4900
Tr 60x9	85	125	105	11	99	20	10	3,70	6040
Tr 70x10	95	180	140	17	100	30	16	7,80	8250
Tr 80x10	105	190	150	17	110	30	16	8,90	10890

TUERCA DE BRONCE DE SEGURIDAD CON BRIDA TIPO EFMS

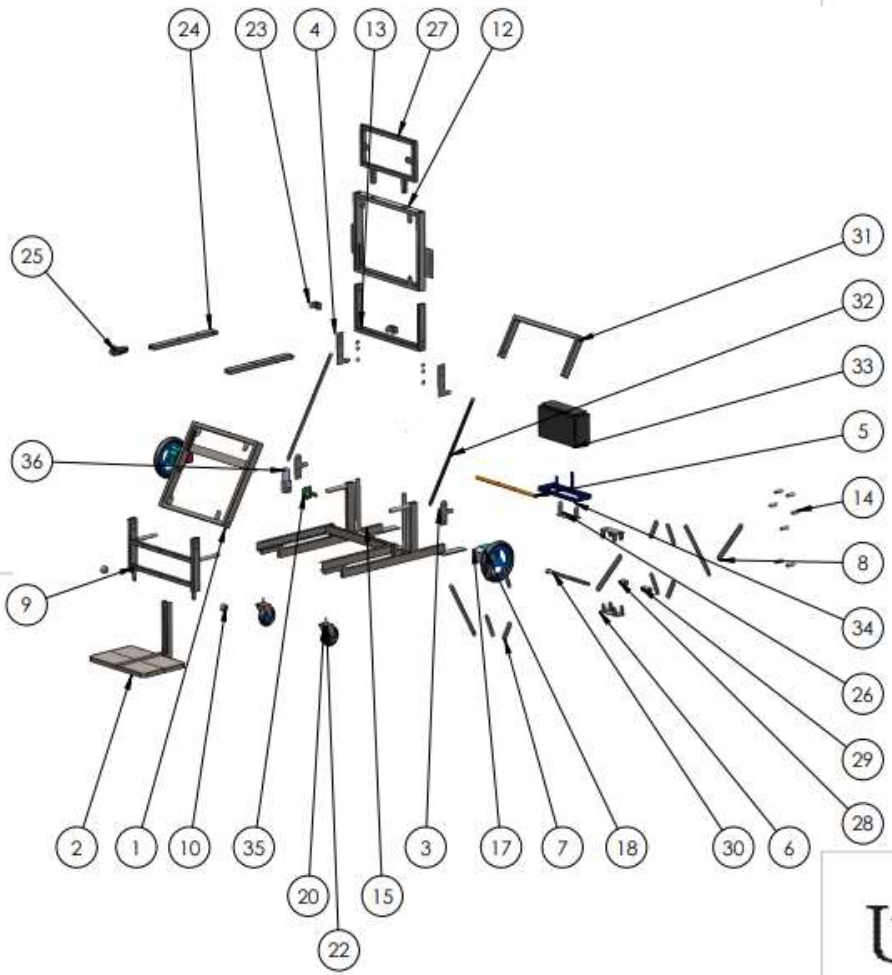
Tuerca aplicable a los elevadores a husillo Serie R y a los soportes a husillo SH. Mismo material estándar que la tuerca con brida tipo EFM.

	A	B	C	Tornillo Guía ISO 7379
Tr 18 x 4	69	25	8	M5
Tr 20 x 4	69	25	8	M5
Tr 30 x 6	78	32	10	M5
Tr 36 x 6	94	35	10	M5
Tr 40 x 7	108	35	10	M6
Tr 50 x 8	132	35	10	M8
Tr 55 x 9	132	35	10	M8
Tr 60 x 9	144	45	15	M8
Tr 70 x 10	155	55	15	M10



4.6 Anexo 6. Plano de vista explosiva

PLANO DE VISTA EXPLOSIVA DE MECANISMO



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Asiento	1
2	Pisadera	1
3	Union asiento reposa pantorrila	2
4	Union asiento respaldar	2
5	Eje principal	1
6	Base s. tijeras	2
7	Eslabon corto	8
8	Eslabon largo	4
9	Reposa pantorrilla	1
10	Rodamiento	2
11	Anillo de separacion	6
12	Respaldar	1
13	Regulador de respaldar	1
14	Eje de tijeras	7
15	Chasis	1
16	Union para ensamble	2
17	Motor	2
18	Llantas	2
19	Eje llantas traseras	2
20	Soporte de llantas	2
21	Eje de ruedas delanteras	2
22	Llantas delanteras	2
23	Regulador de angulo de reposa brazo	2
24	Estructura de repozabrazo	2
25	Joystick	1
26	Soporte pare eje - s. tijeras	1
27	Cabecera	1
28	Soporte pasante 16	1
29	Tuerca 16x4 con hilo	1
30	Husillo 16x4	1
31	Regulador de asiento	1
32	Eslabon 53 cm	2
33	Bateria 24V 50Ah	1
34	Porta bateria	1
35	Soporte de motor de gusano 8N	1
36	Motor de gusano 8N	1

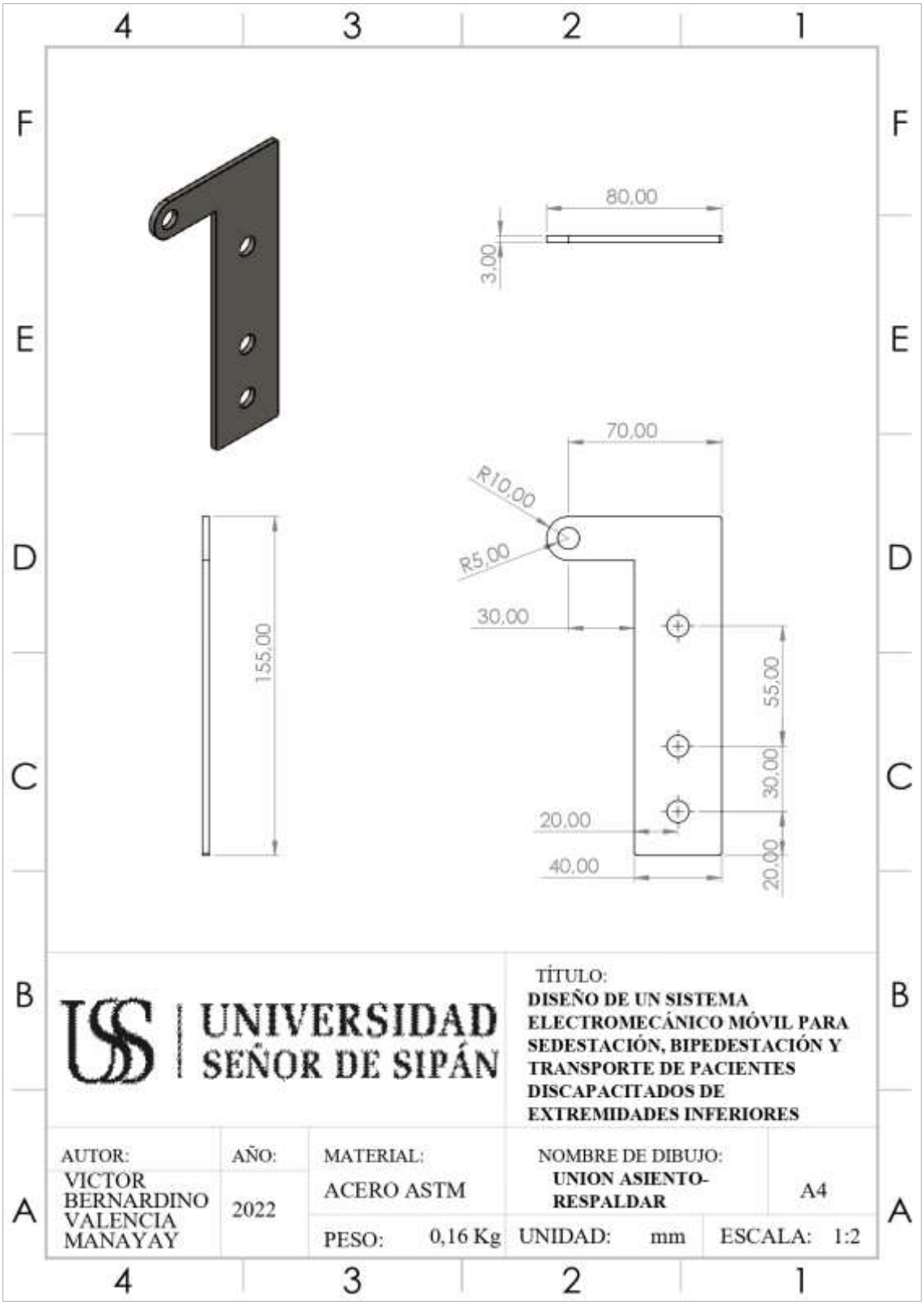
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

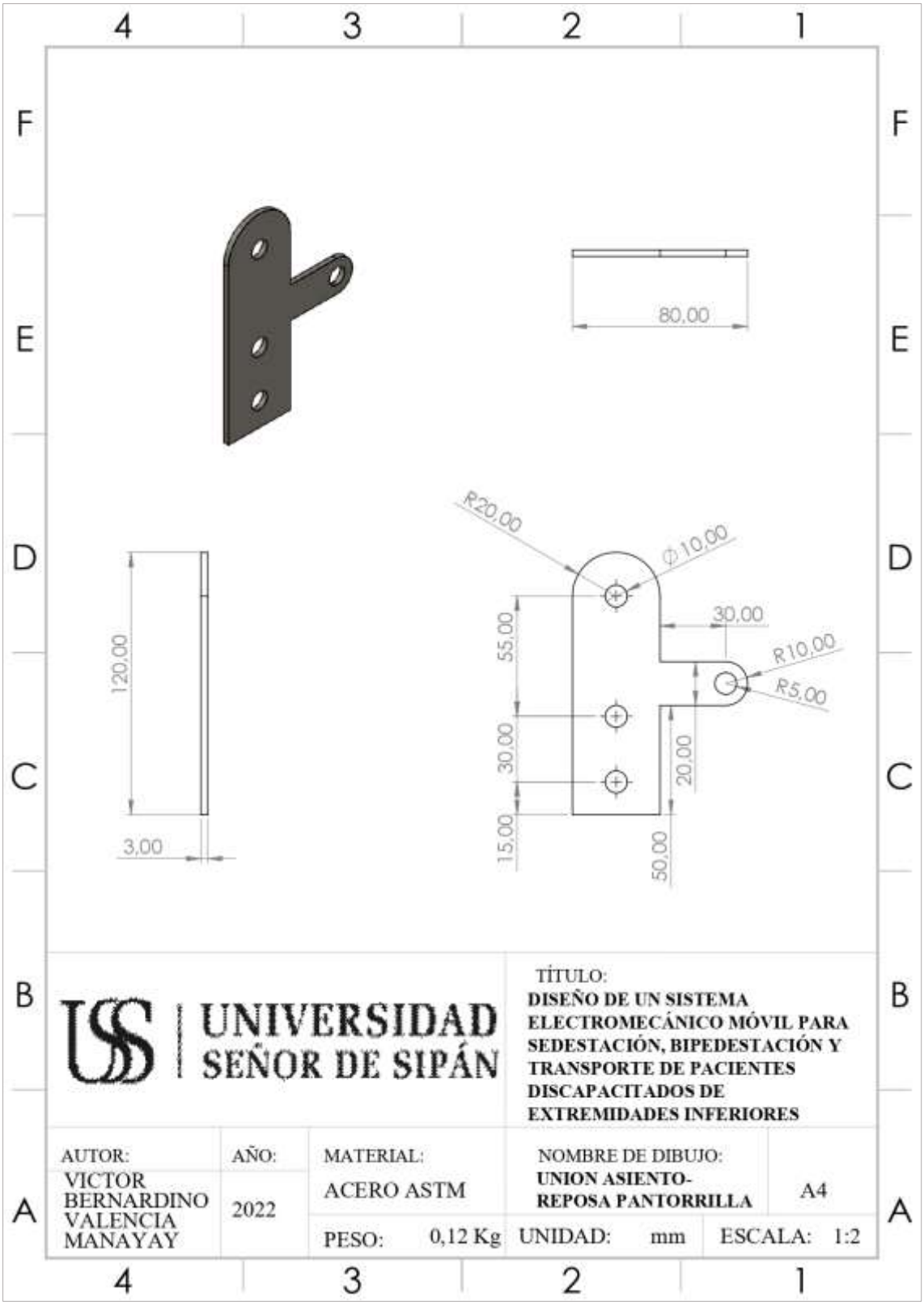
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES

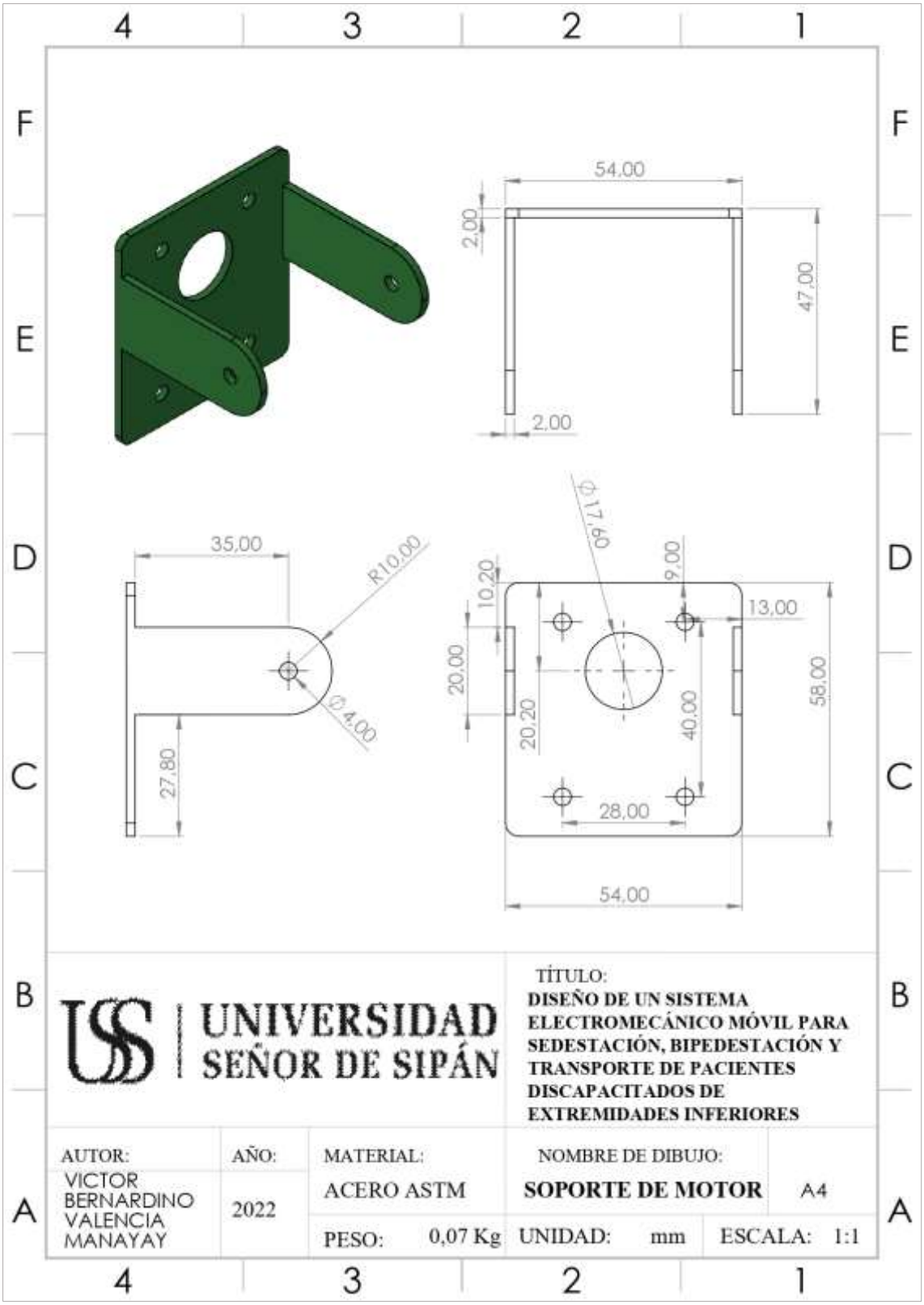
AUTOR:	AÑO:	MATERIAL:	NOMBRE DE DIBUJO:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY	2022	ACERO ASTM	**COMPONENTES MEC.** A3
		PESO: -----	UNIDAD: mm ESCALA: 1:20

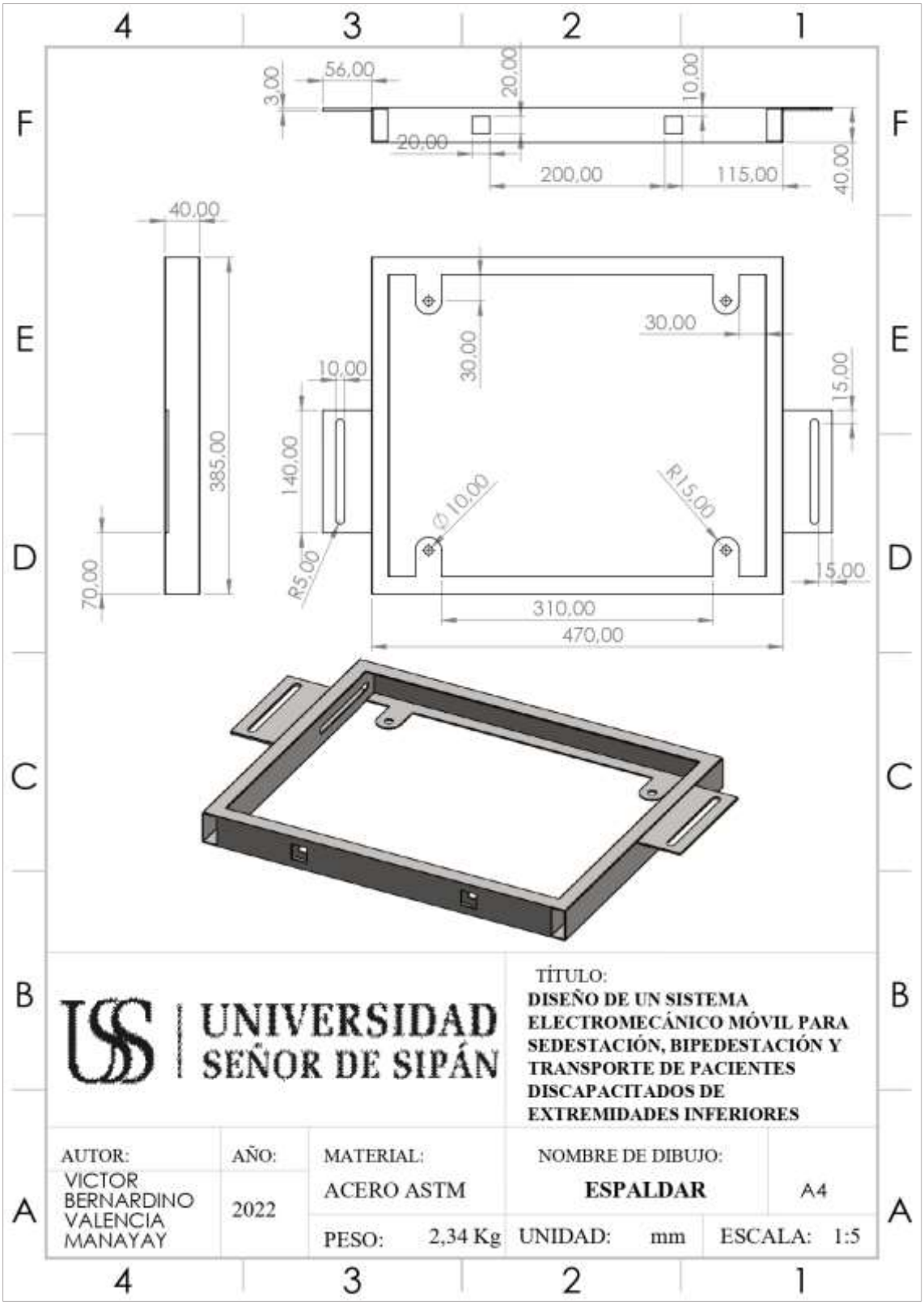
4.7 Anexo 7. Planos de estructura

PLANOS DE ESTRUCTURA DEL MECANISMO

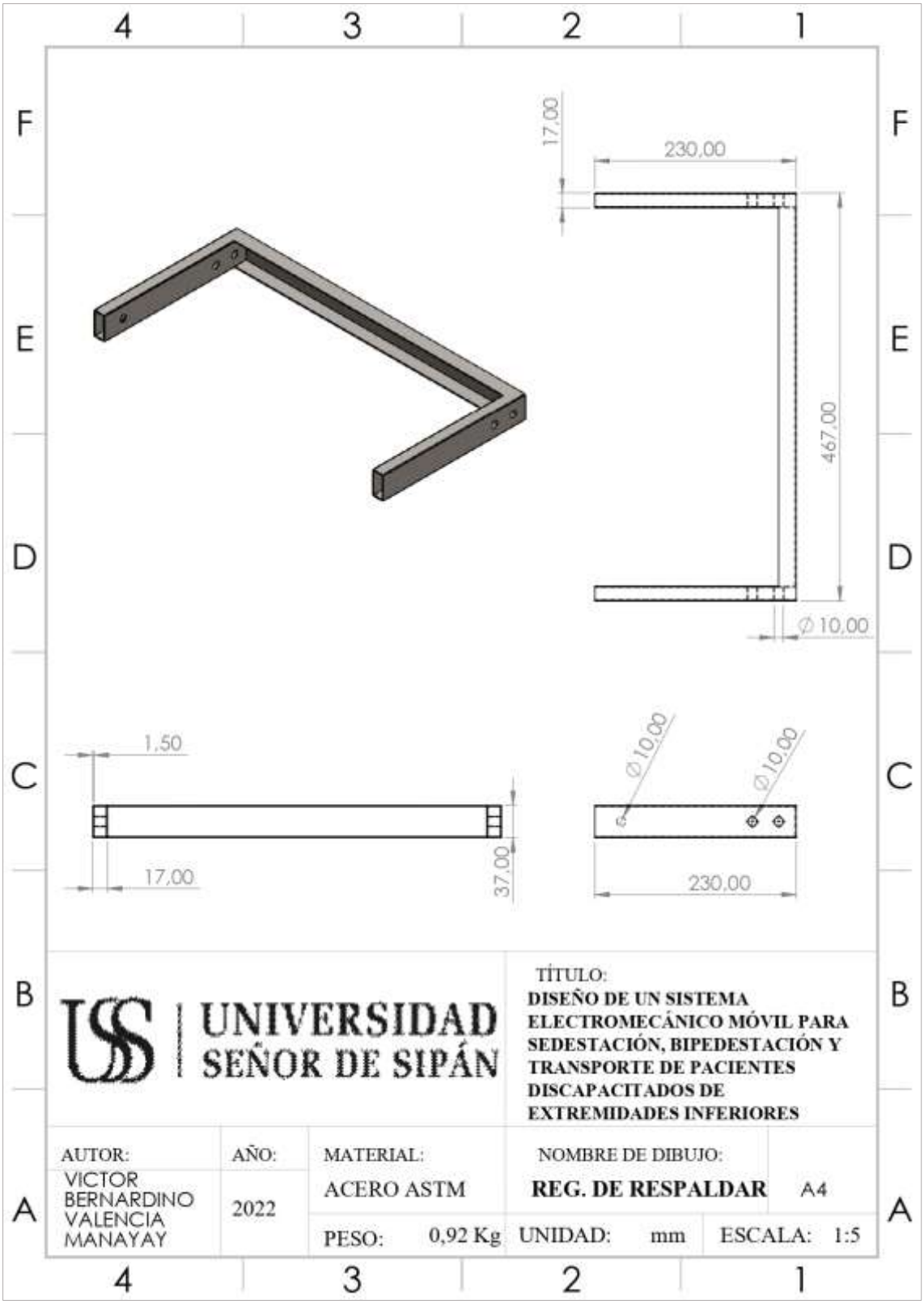

80,00
3,00
70,00
R10,00
R5,00
30,00
55,00
30,00
20,00
40,00
20,00
155,00
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
UNION ASIENTO-RESPALDAR
A4
PESO: 0,16 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:2

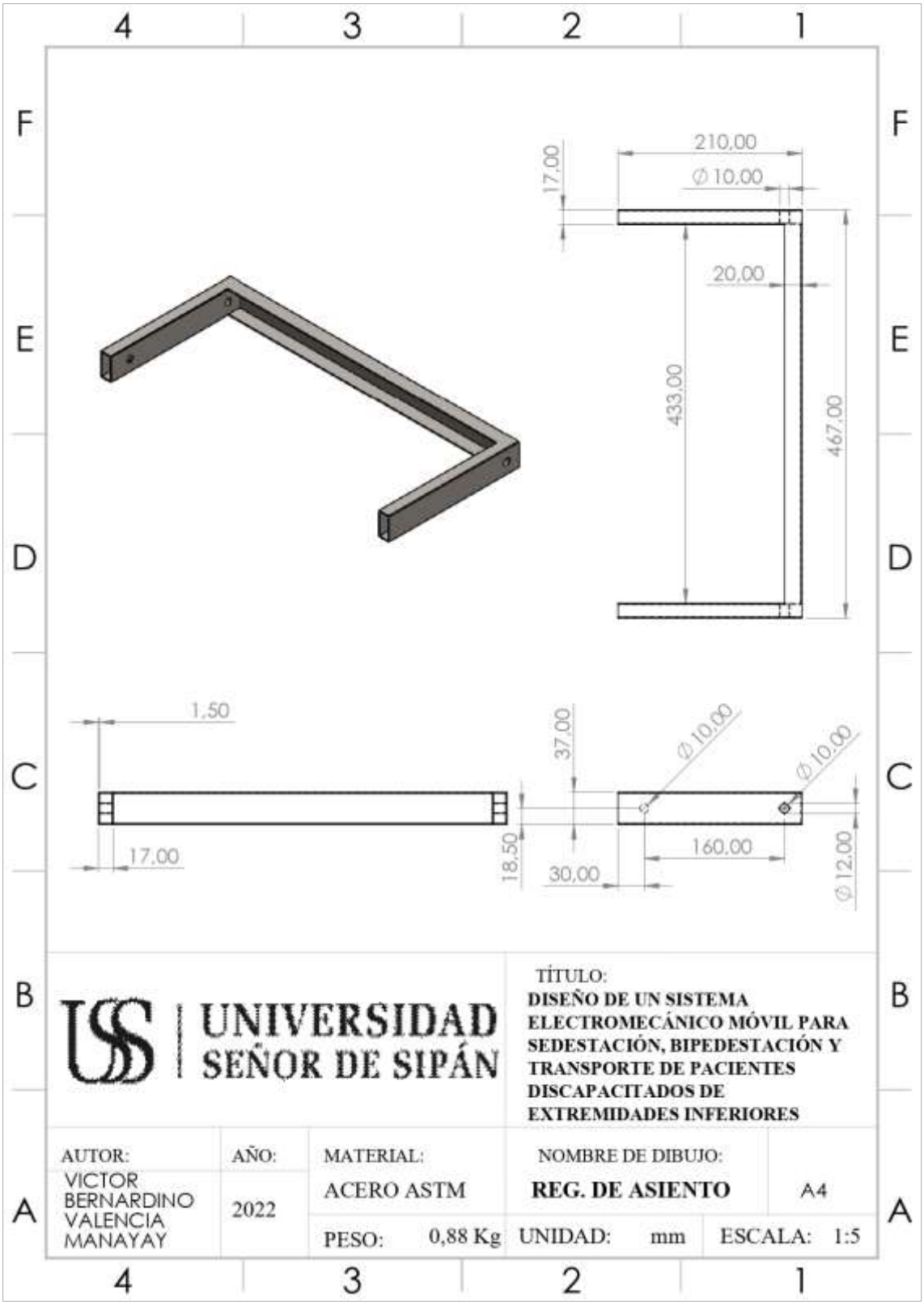

80,00
R20,00
Ø10,00
30,00
R10,00
R5,00
55,00
30,00
20,00
15,00
50,00
120,00
3,00
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
UNION ASIENTO-REPOSA PANTORRILLA
A4
PESO: 0,12 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:2

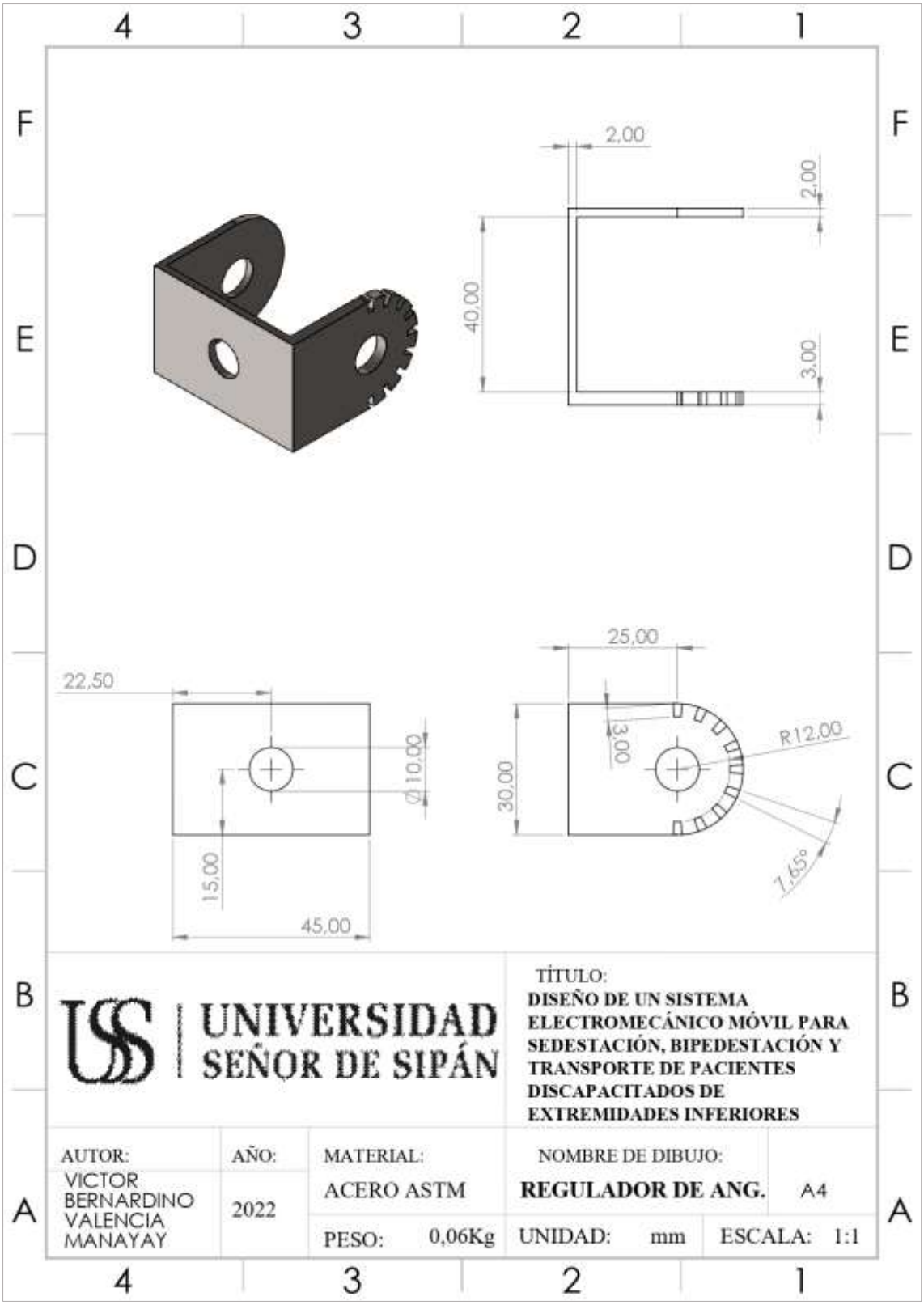

54,00
2,00
47,00
2,00
35,00
R10,00
Ø4,00
27,80
Ø17,60
9,00
10,20
13,00
20,00
20,20
40,00
58,00
28,00
54,00
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
SOPORTE DE MOTOR
A4
PESO: 0,07 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:1

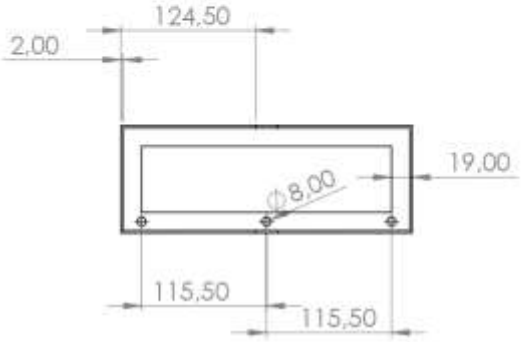

3,00
56,00
20,00
10,00
20,00
200,00
115,00
40,00
40,00
385,00
70,00
30,00
30,00
10,00
140,00
15,00
Ø10,00
R15,00
R5,00
15,00
310,00
470,00
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
ESPALDAR
A4
PESO: 2,34 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:5

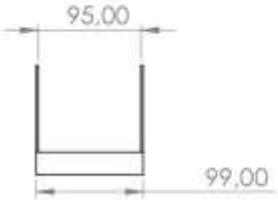
5,00
125,00
65,00
100,00
Ø10,00
90,00
100,00
R10,00
Ø10,00
260,00
Ø10,00
35,00
30,00
20,00
20,00
40,00
1,50
130,00
Ø17,30
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
REPOSA PANTORRILLA
A4
PESO: 2,22 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:5

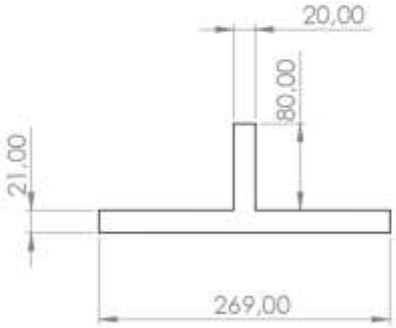

17,00
230,00
467,00
∅ 10,00
1,50
17,00
37,00
∅10,00
∅10,00
230,00
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
REG. DE RESPALDAR
A4
PESO: 0,92 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:5


210,00
Ø 10,00
17,00
20,00
433,00
467,00
1,50
17,00
37,00
Ø 10,00
Ø 10,00
18,50
30,00
160,00
Ø 12,00
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
REG. DE ASIENTO
A4
PESO: 0,88 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:5


2,00
2,00
40,00
3,00
22,50
Ø10,00
15,00
45,00
25,00
3,00
R12,00
30,00
7,65°
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
REGULADOR DE ANG.
A4
PESO: 0,06Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:1



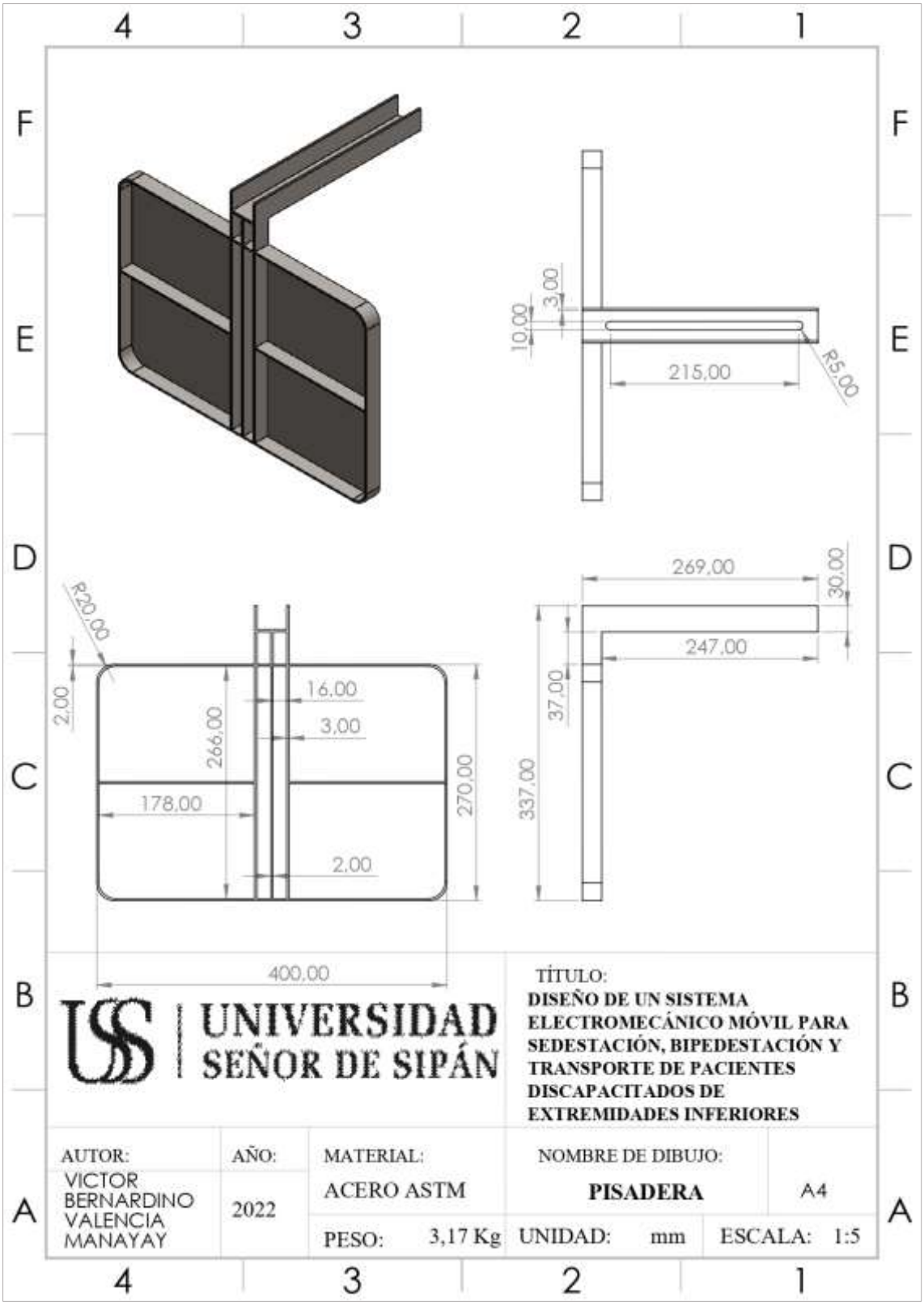


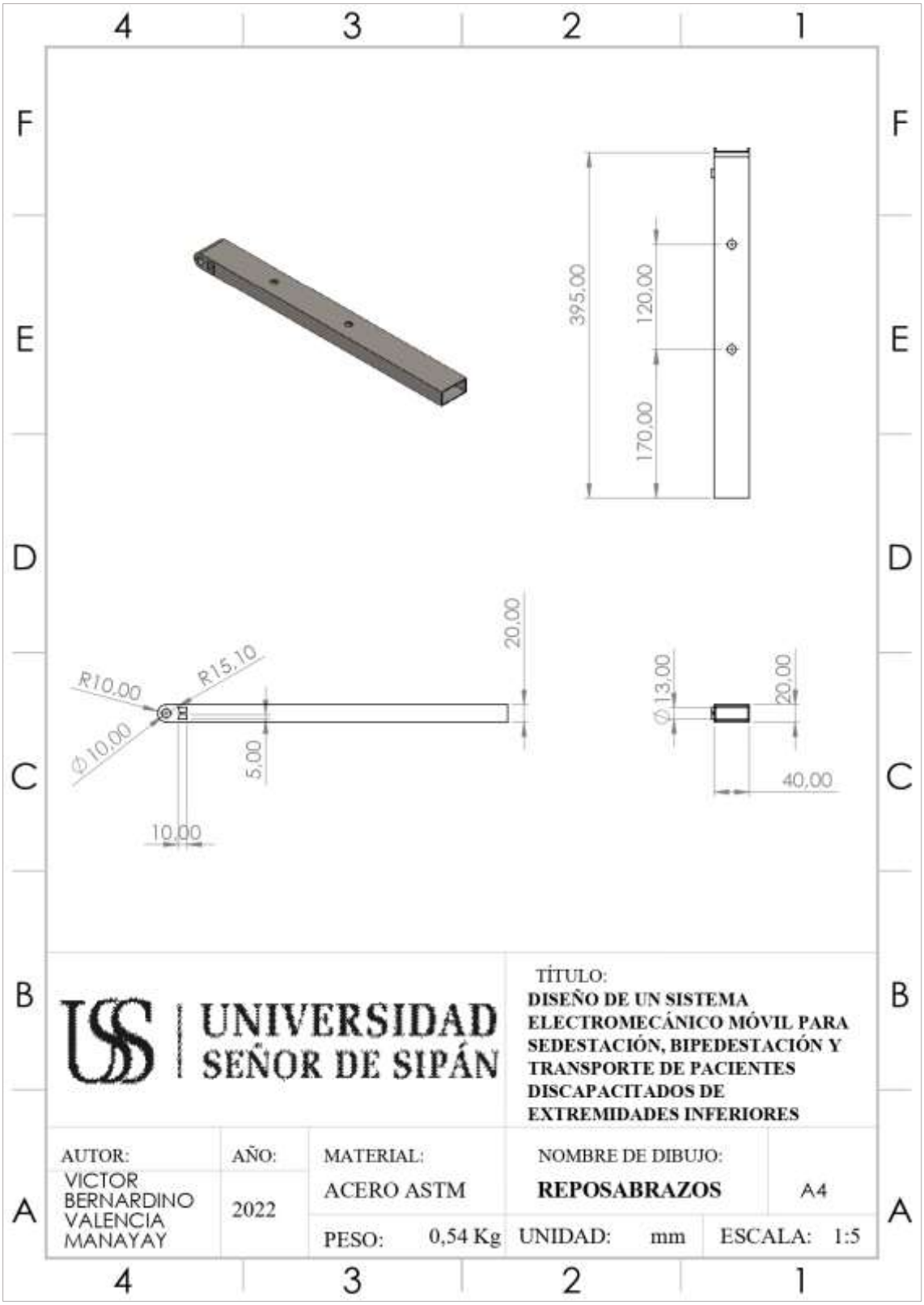


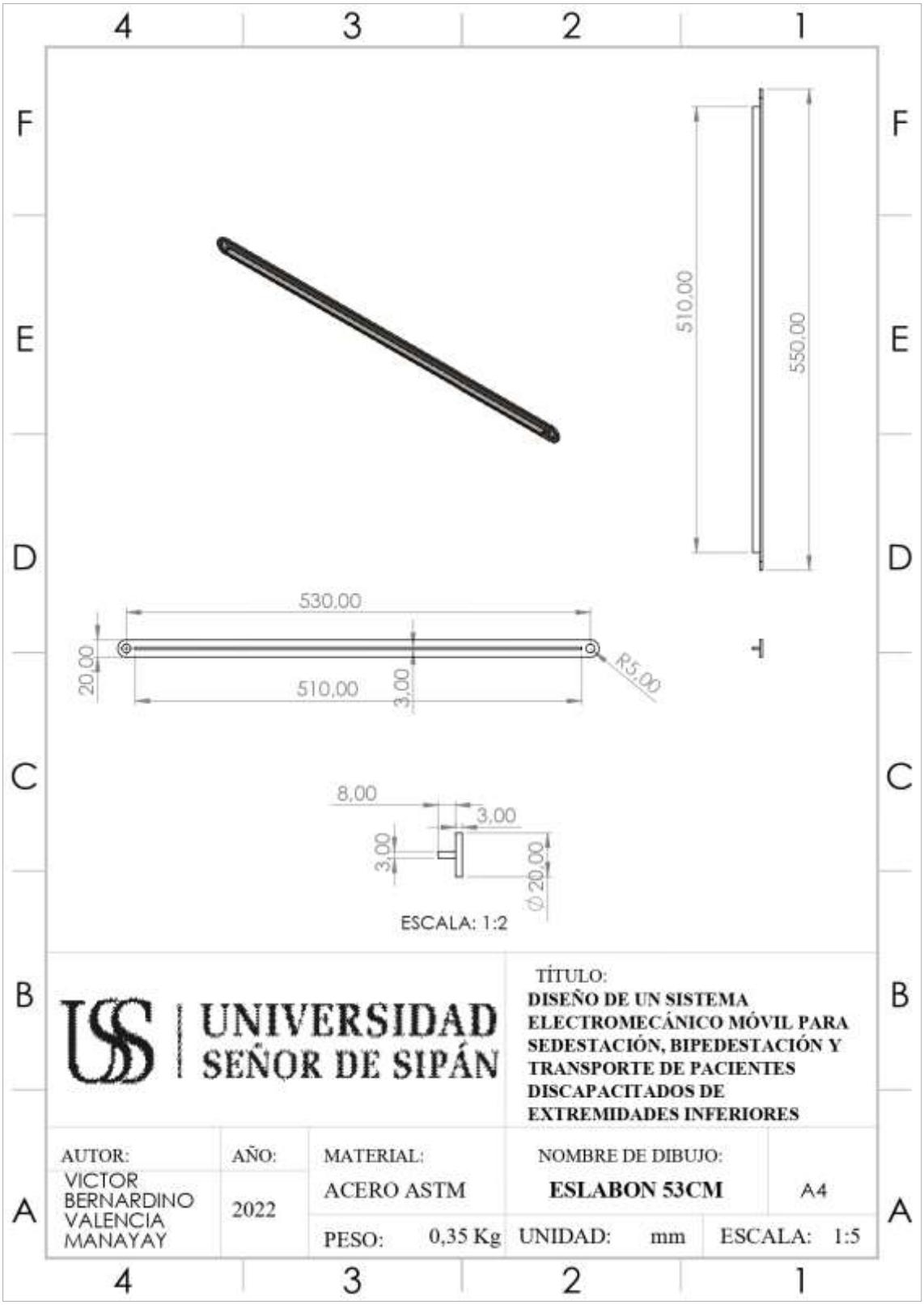
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

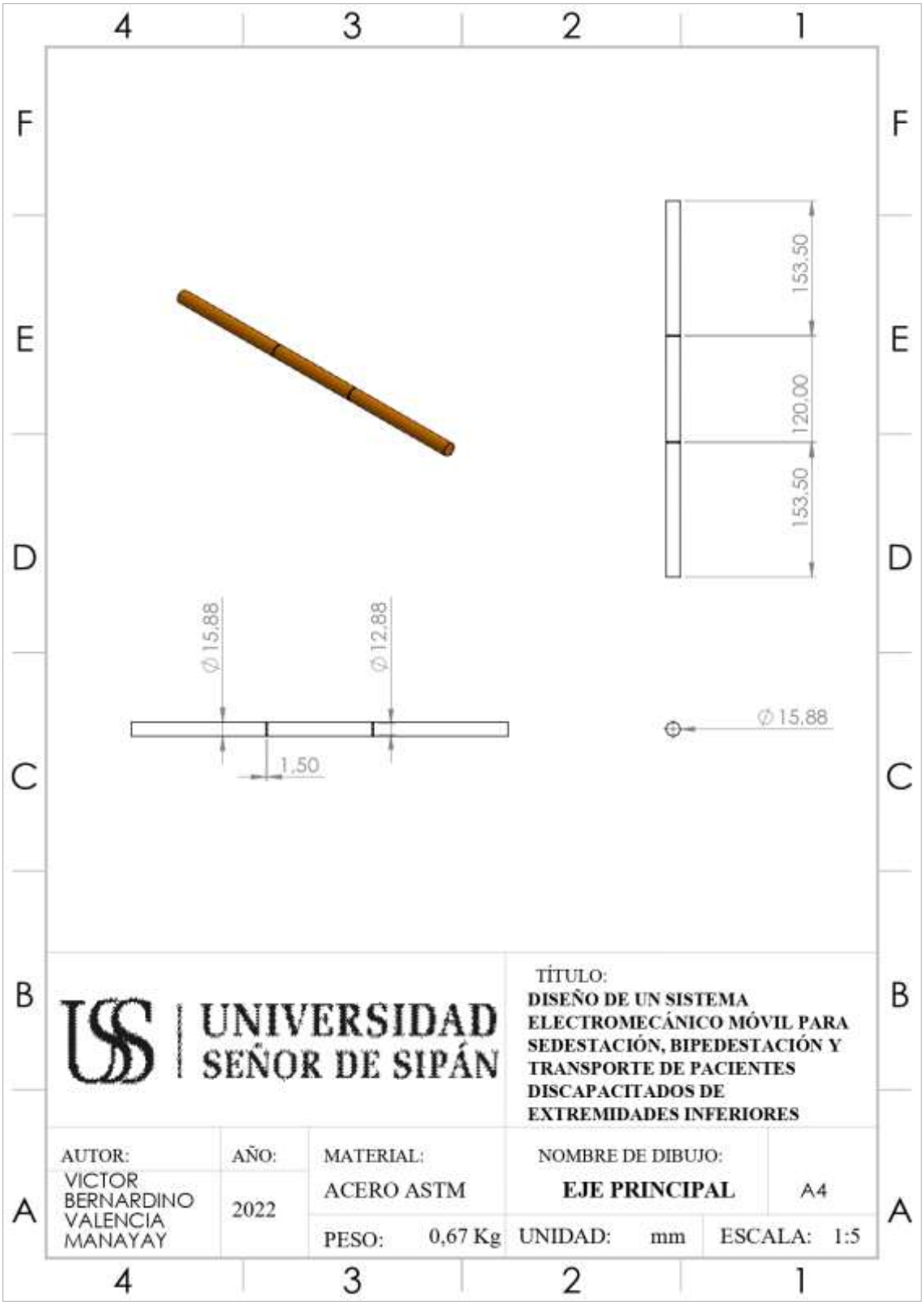
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES

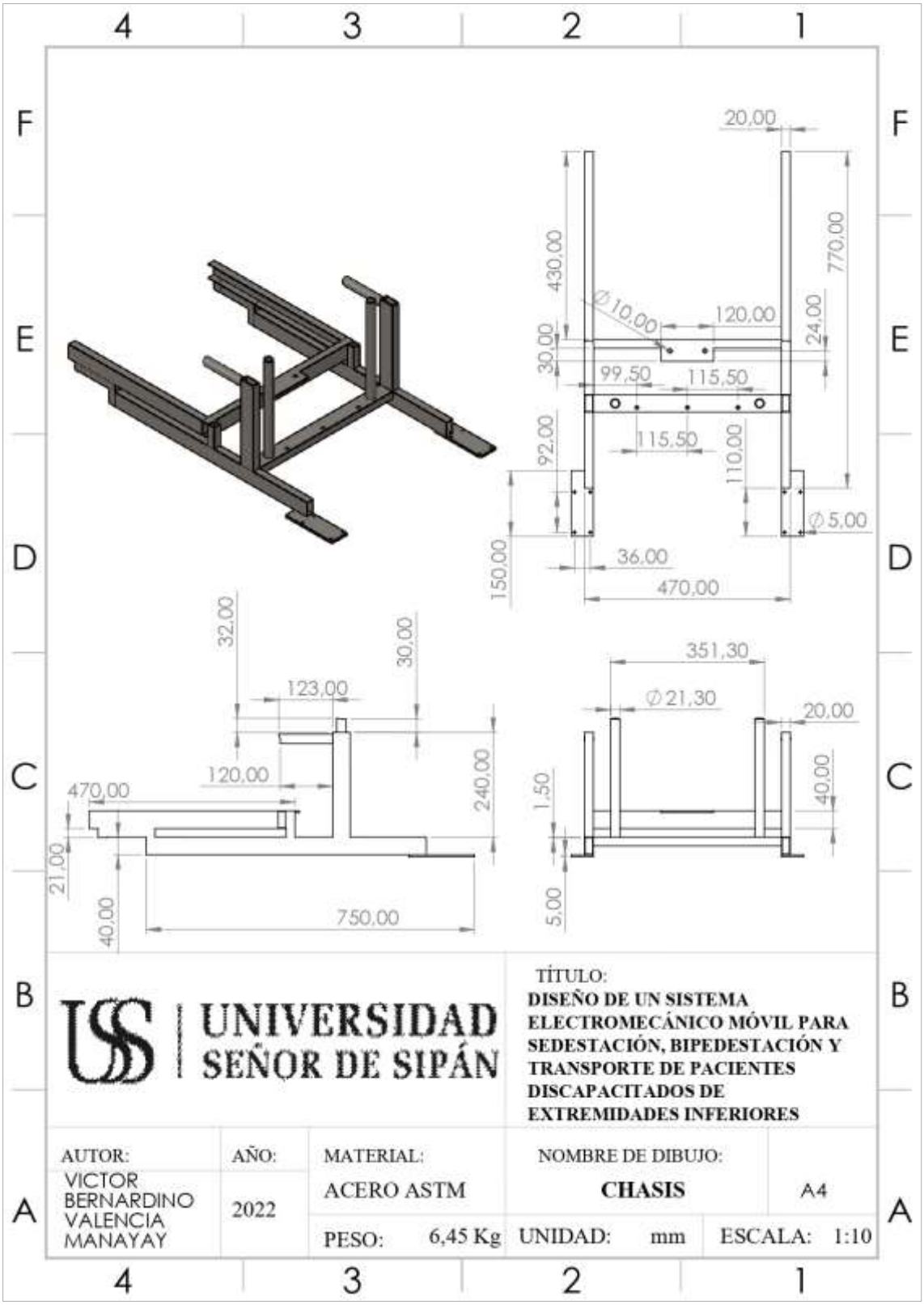
AUTOR:	AÑO:	MATERIAL:	NOMBRE DE DIBUJO:	
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY	2022	ACERO ASTM	**PORTA BATERIA**	A4
		PESO: 0,46 Kg	UNIDAD: mm	ESCALA: 1:5

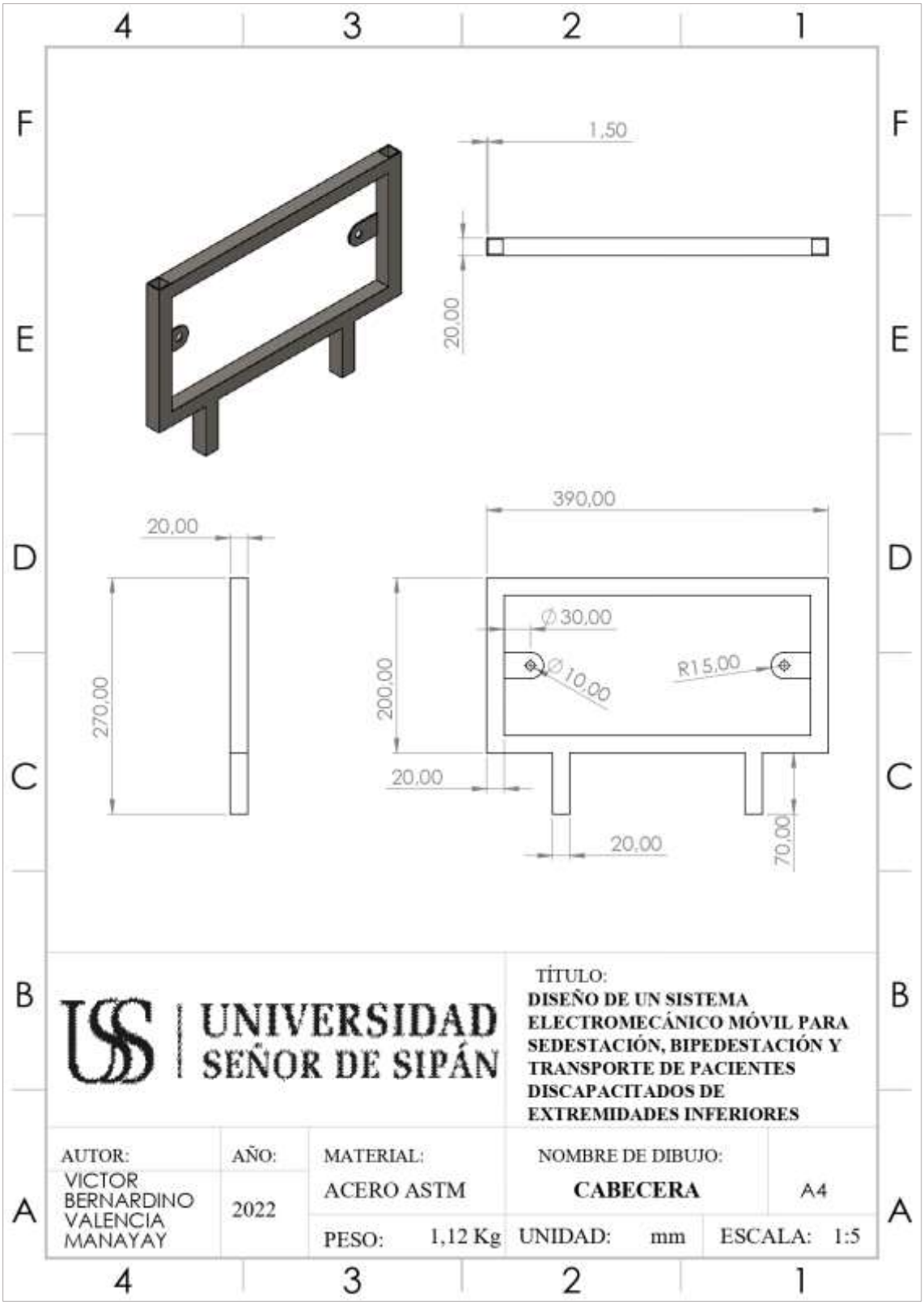

3,00
10,00
215,00
R5,00
R20,00
2,00
266,00
16,00
3,00
178,00
2,00
270,00
400,00
269,00
30,00
247,00
37,00
337,00
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
PISADERA
A4
PESO: 3,17 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:5

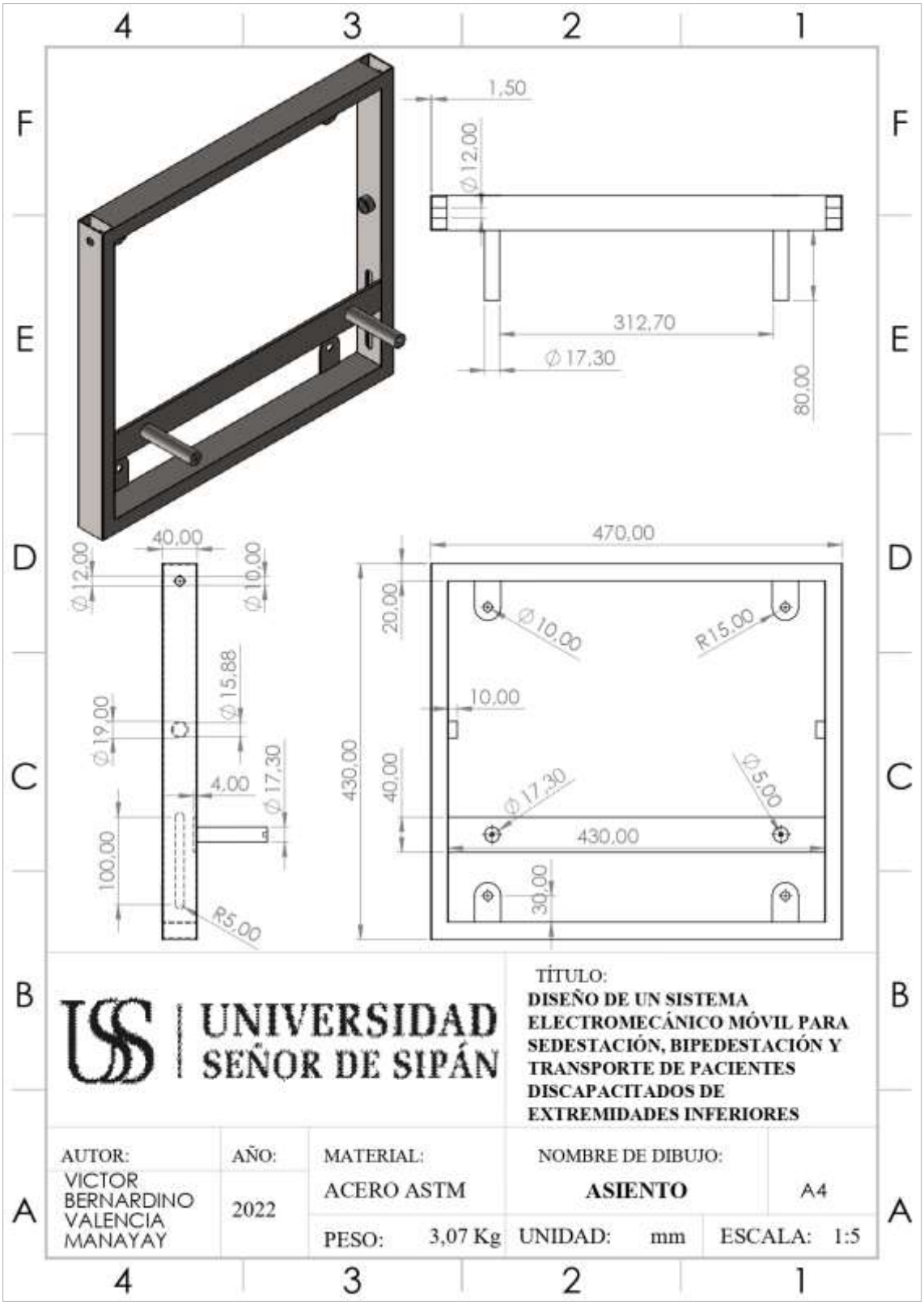

395,00
120,00
170,00
20,00
R10,00
R15,10
Ø10,00
5,00
10,00
Ø13,00
20,00
40,00
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
REPOSABRAZOS
A4
PESO: 0,54 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:5


510,00
550,00
530,00
20,00
510,00
3,00
R5,00
8,00
3,00
3,00
Ø 20,00
ESCALA: 1:2
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
ESLABON 53CM
A4
PESO: 0,35 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:5


153.50
120.00
153.50
Ø15.88
Ø12.88
1.50
Ø15.88
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
EJE PRINCIPAL
A4
PESO: 0,67 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:5

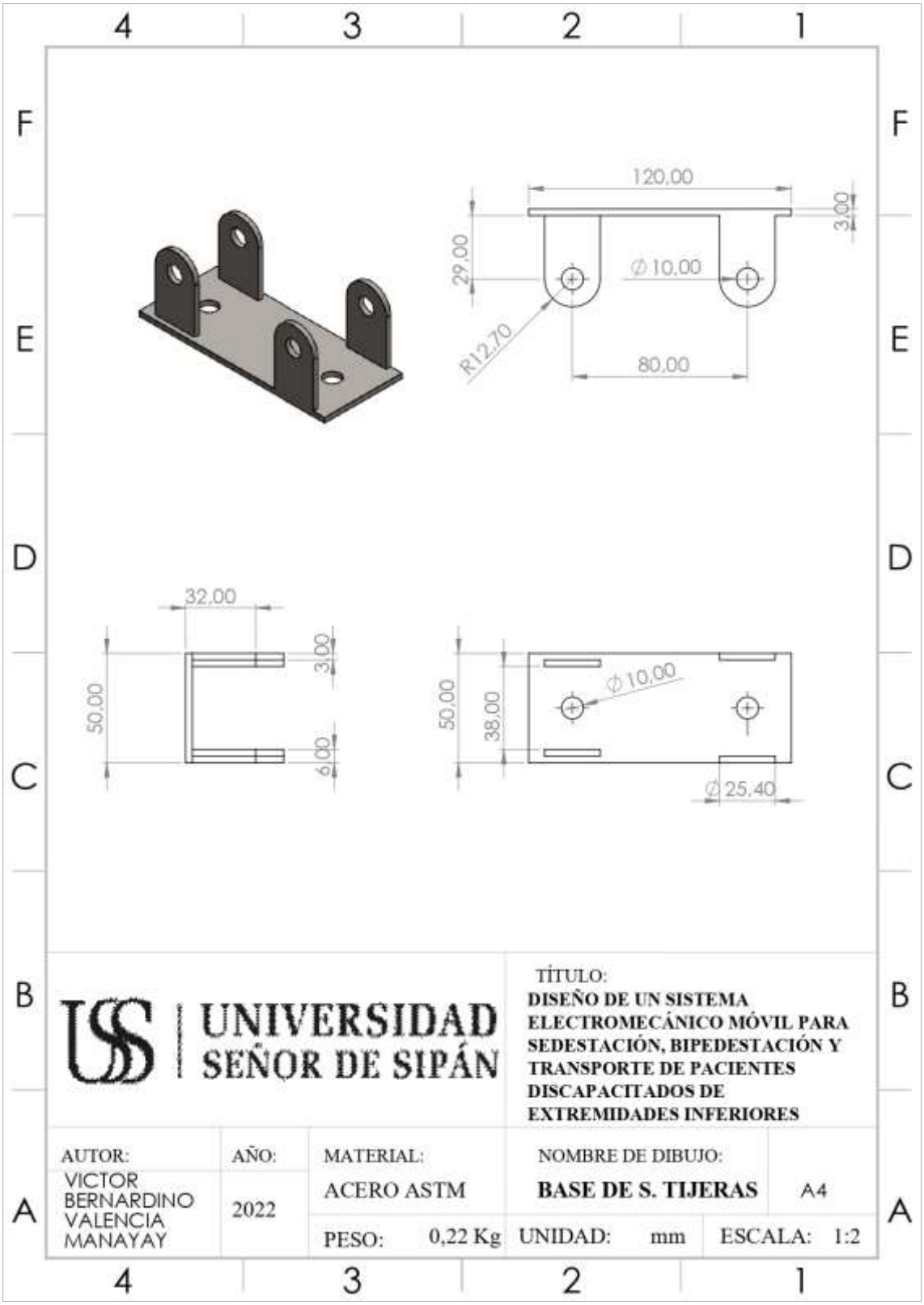

20,00
430,00
770,00
∅10,00
120,00
24,00
30,00
99,50
115,50
92,00
115,50
110,00
∅5,00
150,00
36,00
470,00
32,00
30,00
123,00
120,00
470,00
240,00
21,00
40,00
750,00
351,30
∅21,30
20,00
1,50
40,00
5,00
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
CHASIS
A4
PESO: 6,45 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:10

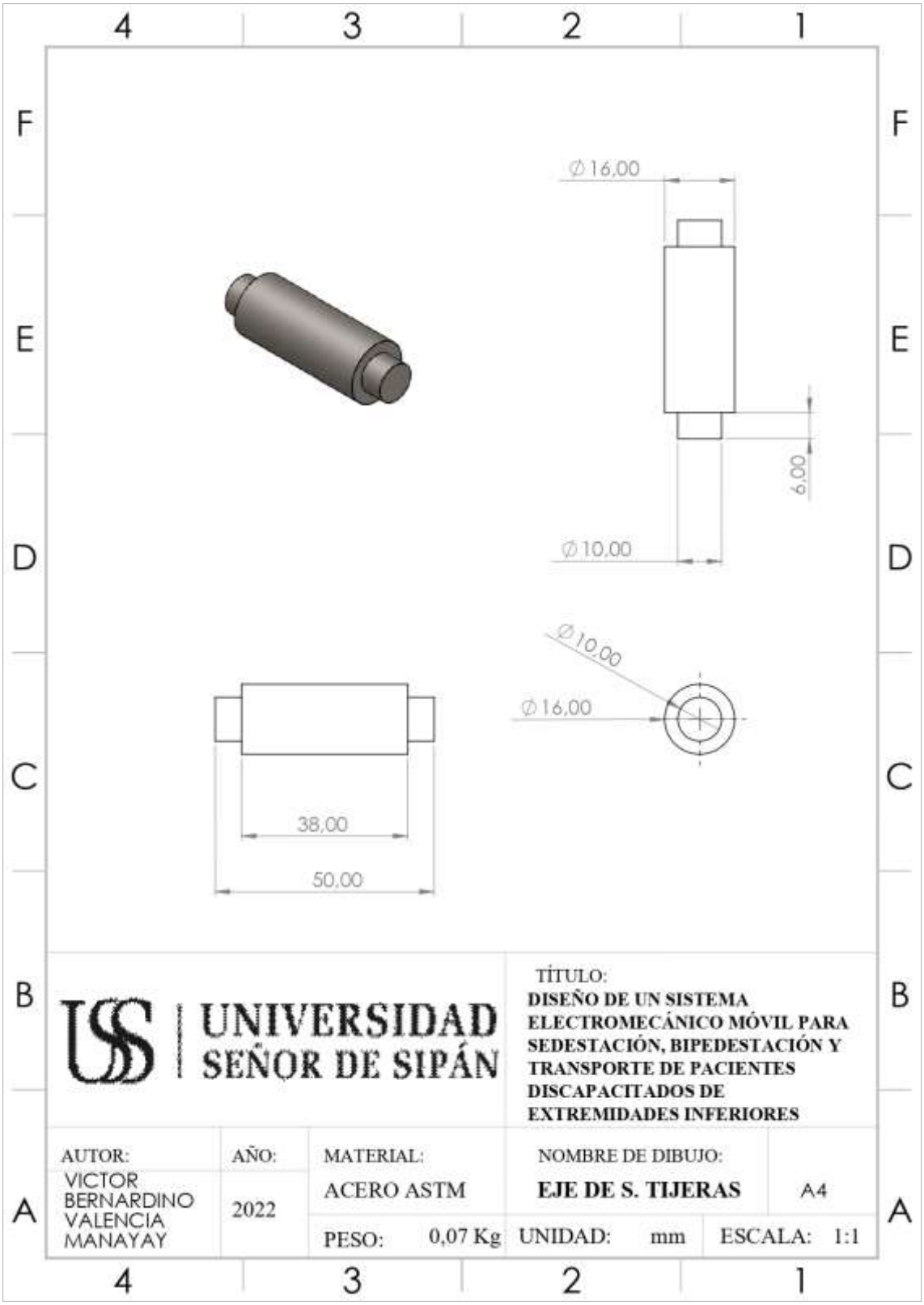

1,50
20,00
390,00
20,00
270,00
Ø30,00
Ø10,00
R15,00
200,00
20,00
20,00
70,00
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
CABECERA
A4
PESO: 1,12 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:5

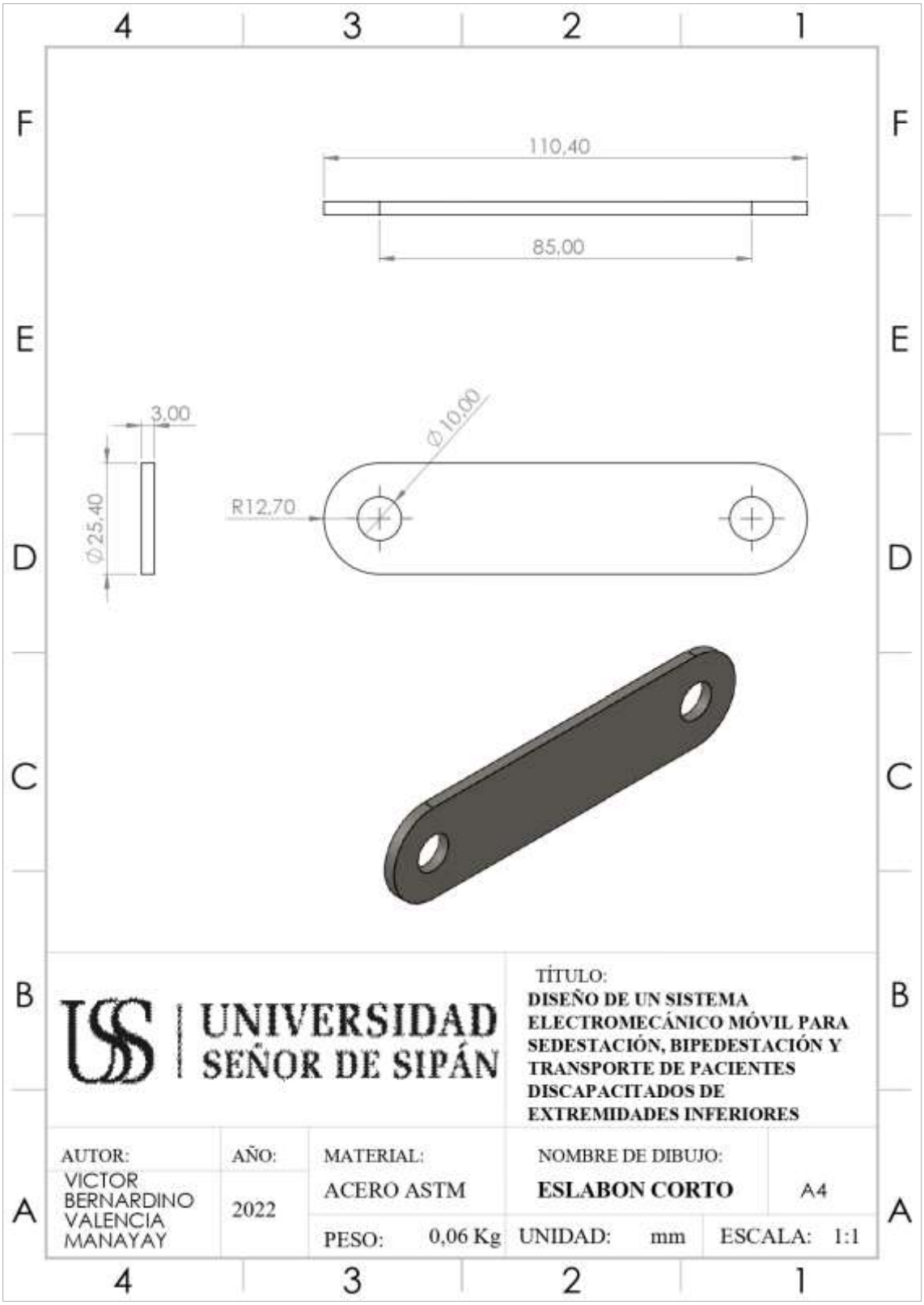

1,50
Ø12,00
312,70
Ø17,30
80,00
40,00
Ø12,00
Ø10,00
Ø15,88
Ø19,00
Ø17,30
4,00
100,00
R5,00
470,00
20,00
Ø10,00
R15,00
10,00
430,00
40,00
Ø17,30
Ø5,00
430,00
30,00
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
ASIENTO
A4
PESO: 3,07 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:5

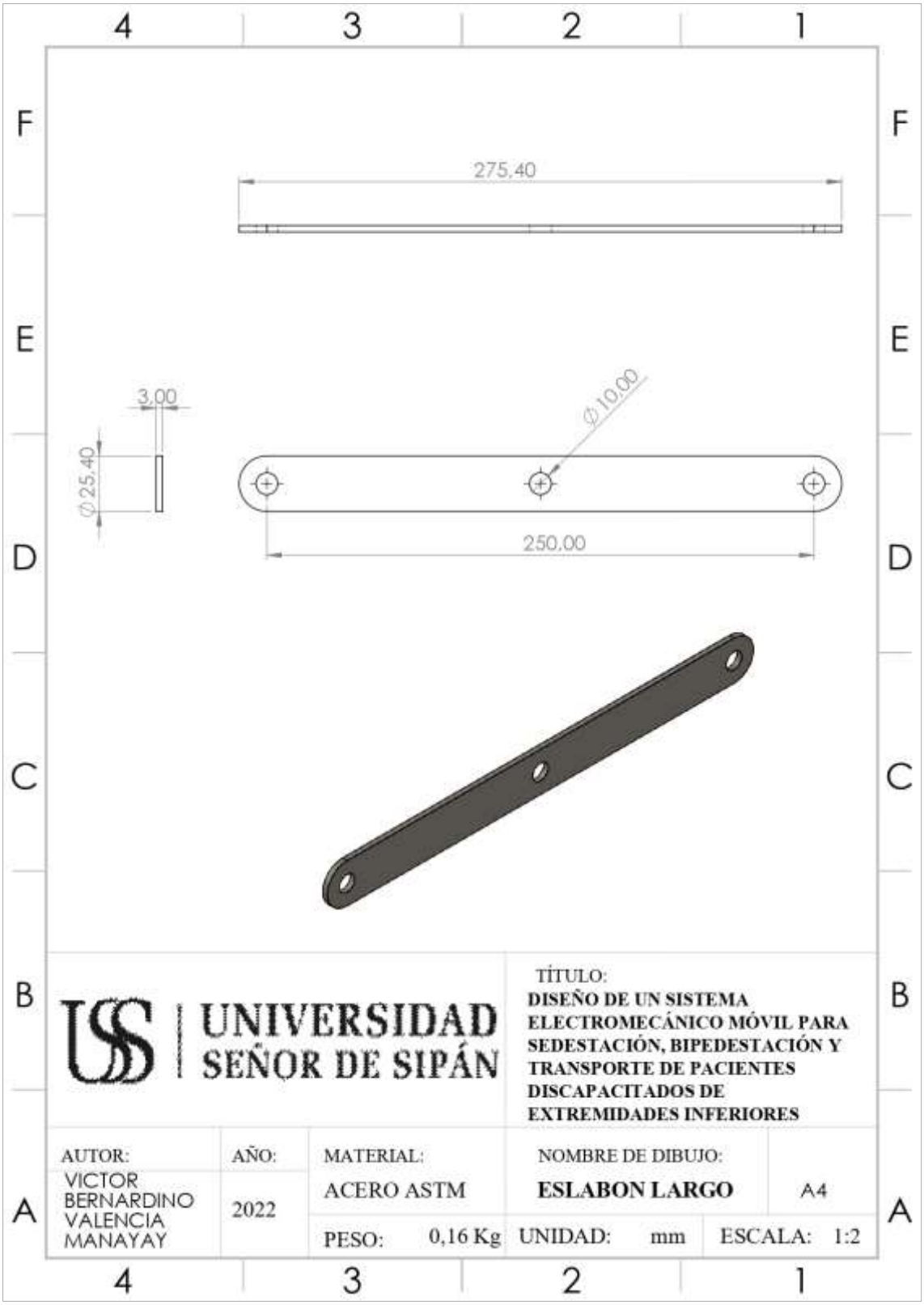
4.8 Anexo 8. Planos de sistema tijeras

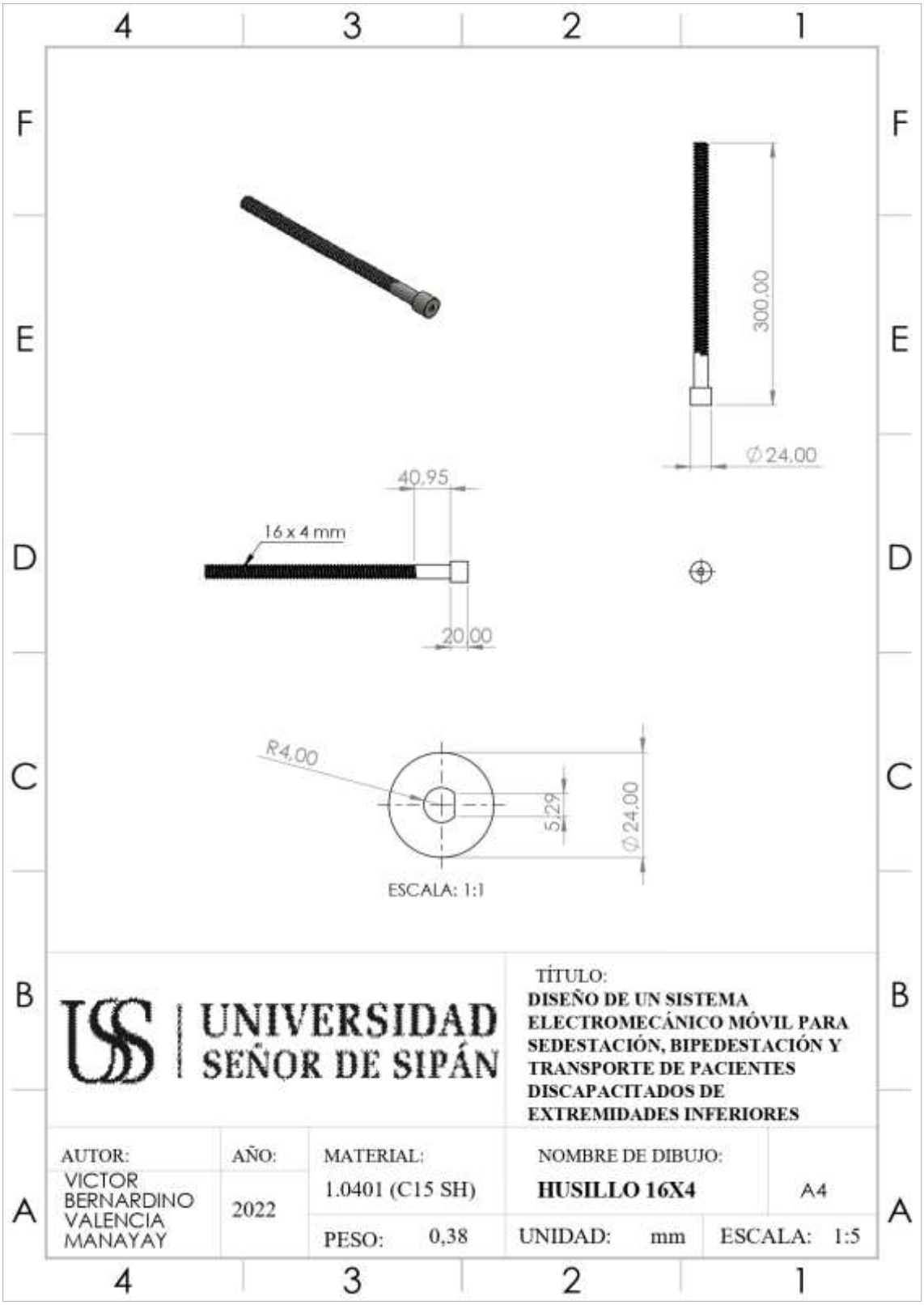
PLANOS DE SISTEMA TIJERAS


120,00
3,00
29,00
∅10,00
R12,70
80,00
32,00
3,00
50,00
6,00
50,00
38,00
∅10,00
∅25,40
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
BASE DE S. TIJERAS
A4
PESO: 0,22 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:2

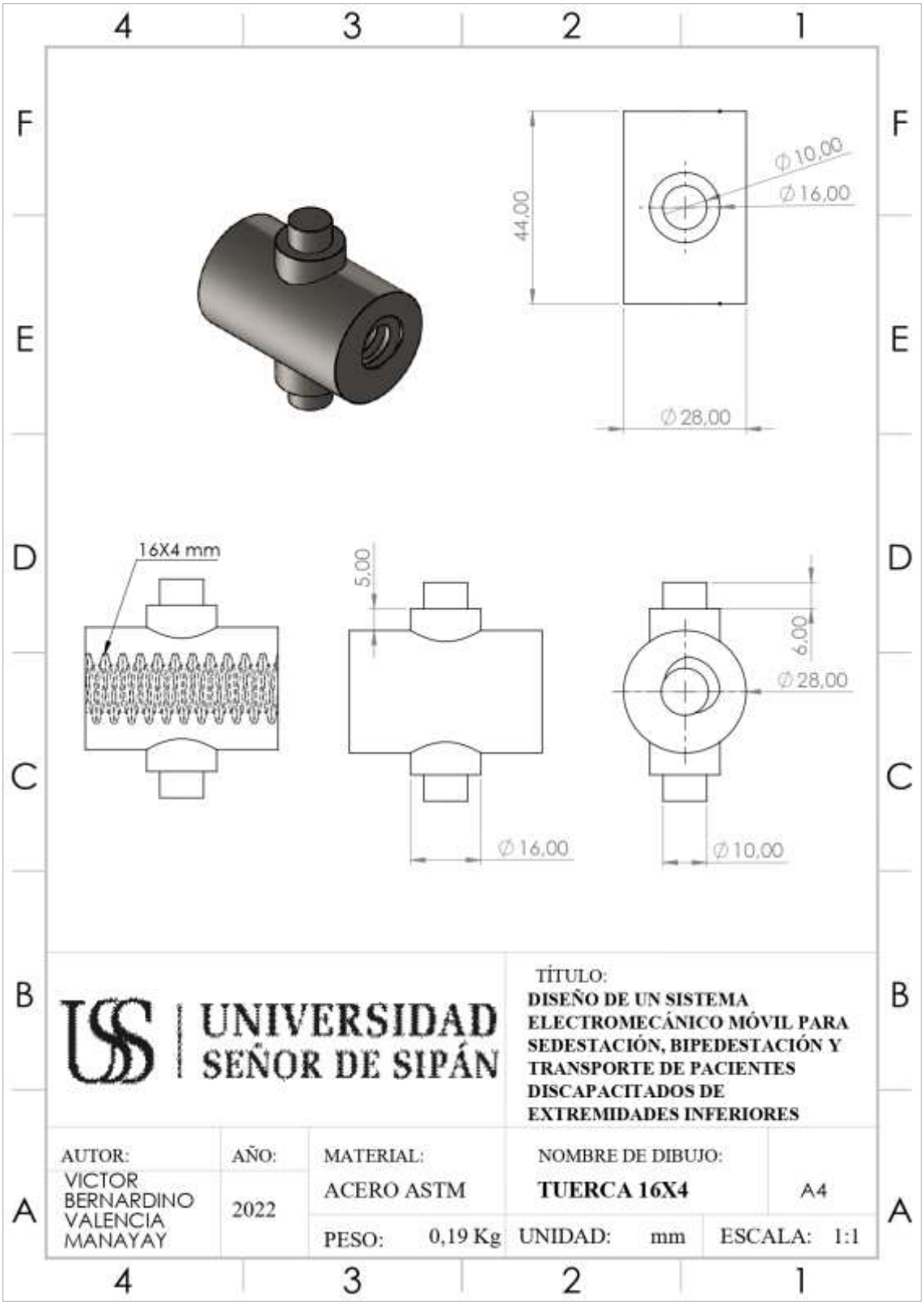

Ø16,00
6,00
Ø10,00
Ø10,00
Ø16,00
38,00
50,00
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
EJE DE S. TIJERAS
A4
PESO: 0,07 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:1


110,40
85,00
3,00
Ø 10,00
R12,70
Ø 25,40
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
ESLABON CORTO
A4
PESO: 0,06 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:1


275,40
3,00
Ø25,40
Ø10,00
250,00
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
ESLABON LARGO
A4
PESO: 0,16 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:2


300,00
Ø24,00
40,95
16 x 4 mm
20,00
R4,00
5,29
Ø24,00
ESCALA: 1:1
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
1.0401 (C15 SH)
NOMBRE DE DIBUJO:
HUSILLO 16X4
A4
PESO: 0,38
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:5

∅28,00
∅4,00
30,00
∅16,00
∅10,00
5,00
∅16,00
∅10,00
50,00
38,00
6,00
∅4,00
∅16,00
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
SOPORTE PASANTE
A4
PESO: 0,12 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:1


4
3
2
1
F
E
D
C
B
A
44,00
∅10,00
∅16,00
∅28,00
16X4 mm
5,00
6,00
∅28,00
∅16,00
∅10,00
UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
TÍTULO:
DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTROMECÁNICO MÓVIL PARA SEDESTACIÓN, BIPEDESTACIÓN Y TRANSPORTE DE PACIENTES DISCAPACITADOS DE EXTREMIDADES INFERIORES
AUTOR:
VICTOR BERNARDINO VALENCIA MANAYAY
AÑO:
2022
MATERIAL:
ACERO ASTM
NOMBRE DE DIBUJO:
TUERCA 16X4
A4
PESO: 0,19 Kg
UNIDAD: mm
ESCALA: 1:1