



Adaptación de un sistema eléctrico para un patinete mecánico de uso como medio de transporte en la ciudad de Bucaramanga

Santiago Tarazona Chaparro

Trabajo de Grado Para Optar al Título de Ingeniero Mecánico

Director

Jabid Eduardo Quiroga Méndez

Doctor en Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Le doy gracias a Dios por darme la oportunidad de tener el privilegio del estudio y por la salud e inteligencia que me brindó para poder llegar a la meta.

Agradezco a mis padres por el apoyo incondicional a lo largo de este arduo camino; son los responsables de mi motivación y mi motor. En especial, a mi madre, que es mi roble y me acompañó en todo el proceso.

Agradezco a mi pareja, Estefanía Álvarez, porque siempre estuvo ahí para levantarme en los peores días, alentándome, dándome todo su apoyo y porque siempre creyó en mí.

Dedico este triunfo especialmente a mi tía Sonia Chaparro, QEPD, una gran ingeniera civil de la UIS, quien me motivaba día a día a ser un gran profesional con su grandioso ejemplo. Le hice una promesa un día, y sé que estará feliz de ver que la cumplí.

Tabla de contenido

Introducción	13
1. Planteamiento del Problema	14
2. Justificación	15
3. Objetivos.....	17
3.1 Objetivo General.....	17
3.2 Objetivos Específicos.....	17
4. Marco Teórico.....	18
4.1 Antecedentes a nivel global	18
4.1.1 Implementación de un prototipo de vehículo eléctrico para movilidad personal, ecuador (Castaño Gonzales,2021)	18
4.2 Antecedentes a nivel nacional.....	19
4.2.1 Diseño de un monoplaza eléctrico tipo scooter como medio alternativo de transporte urbano (Rueda Jaime, 2017)	19
4.3 Antecedentes a nivel local	20
4.3.1 Diseño y construcción de un patinete eléctrico con control de velocidad y sistema de frenado para su uso como medio de transporte en ciudades (Arias Gonzales, 2020).....	20
4.4 Referentes teóricos.....	21
4.4.1 Configuración de vehículos eléctricos	21
4.4.2 Introducción al patinete eléctrico.....	22
4.4.3 Principales partes de un patinete eléctrico	24
5. Reconocimiento y alcance del proyecto	33
5.1 Resultados previstos.....	34

5.2	Requerimientos	34
5.3	Ergonomía y confort	35
6.	Fase de Investigación	40
7.	Fase de Diseño	42
7.1	Selección de alternativas de los sistemas.....	42
7.2	Selección de componentes del sistema estructural	44
7.2.1	Selección del chasis	44
7.2.2	Selección de las ruedas	44
7.3	Selección de componentes del sistema de potencia eléctrica	46
7.3.1	Selección del motor eléctrico.....	46
7.3.2	Selección de la batería	47
7.4	Selección de componentes sistema de frenado	49
7.4.1	Selección del tipo de freno.....	49
7.5	Selección de componentes sistema de control	50
7.5.1	Selección del controlador.....	50
7.6	Especificaciones de diseño	52
7.6.1	Análisis estático del chasis.....	52
7.6.2	Análisis de esfuerzos.....	55
7.6.3	Análisis de desplazamiento.....	56
7.6.4	Factor de seguridad.....	57
7.7	Diseño del sistema de potencia eléctrico	57
7.7.1	Cálculo de potencia y torque requeridos.....	57
7.7.2	Selección del motor eléctrico.....	66

7.7.3	Selección del controlador.....	68
7.7.4	Selección de la batería y cálculo de la autonomía	69
8.	Construcción	71
9.	Presupuesto	77
10.	Pruebas de Operación	77
11.	Análisis Económico TIR.....	80
12.	Conclusiones	83
	Bibliografía	85
	Apéndices.....	87

Lista de figuras

Figura 1. Esquema de la configuración de un vehículo eléctrico	22
Figura 2. Patinete Eléctrico.....	23
Figura 3. Motor Brushed.....	24
Figura 4. Motor Brushless	25
Figura 5. Batería litio 48v	26
Figura 6. Freno de tambor.....	27
Figura 7. Freno de disco	28
Figura 8. Controlador de motor 36v 350w	29
Figura 9. Correa y cadena de transmisión.....	30
Figura 10. Ruedas cubiertas macizas para patinete Xiaomi 8,5"	32
Figura 11. Chasis Xiaomi M365.....	33
Figura 12. Anchura entre codos	37
Figura 13. Altura del codo	38
Figura 14. Dimensiones del pie	39
Figura 15. Chasis patinete original	44
Figura 16. Rueda maciza de patinete	45
Figura 17. Motor Brushless	47

Figura 18. Batería de litio	48
Figura 19. Freno eléctrico	50
Figura 20. Controlador sinusoidal	51
Figura 21. Modelado del chasis	52
Figura 22. Propiedades físicas del chasis.....	53
Figura 23. Disposición de apoyos y cargas chasis.....	54
Figura 24. Resultados de tensiones (Von mises).....	56
Figura 25. Resultado de desplazamiento	56
Figura 26. Resultado de factor de seguridad.....	57
Figura 27. Diagrama de fuerzas	58
Figura 28. Modelo de viga del patinete	60
Figura 29. Diagrama cuerpo libre rueda delantera	62
Figura 30. Diagrama cuerpo libre rueda inclinada	64
Figura 31. Motor Brushless 300W 36V	67
Figura 32. Controlador 36V, 250/350w	69
Figura 33. Batería de Litio 36V 7Ah	70
Figura 34. Proceso de pintura	72
Figura 35. Horquilla de Reemplazo	72
Figura 36. Manubrio BMX	73
Figura 37. Pruebas Sistema Eléctrico	74

Figura 38. Proceso de Pulido	75
Figura 39. Proceso de Ensamblaje	75
Figura 40. Modelo en CAD	76
Figura 41. Análisis de datos prueba en plano	79
Figura 42. Análisis de datos prueba en pendiente.....	80

Lista de tablas

Tabla 1. Dimensiones antropométricas de población colombiana.....	36
Tabla 2. Medidas ergonómicas establecidas	39
Tabla 3. Tipos y características de patinetes más usados en Colombia	40
Tabla 4. Matriz QFD	43
Tabla 5. Matriz de Pugh - Ruedas	45
Tabla 6. Matriz Pugh-Motor eléctrico.....	46
Tabla 7. Matriz Pugh-Bateria.....	48
Tabla 8. Matriz Pugh-Freno	49
Tabla 9. Matriz Pugh- controlador	51
Tabla 10. Detalles de malla.....	55
Tabla 11. Datos de entrada selección del motor.....	60
Tabla 12. Resultados potencia y torque requerido	66
Tabla 13. Presupuesto del proyecto	77
Tabla 14. Resultados prueba de ruta en plano.....	78
Tabla 15. Resultados prueba de ruta en pendiente	79

Lista de apéndices

Apéndice A. Ficha Técnica	87
Apéndice B. Tablas de datos pruebas experimentales	88
Apéndice C. Planos CAD del prototipo	90

Resumen

Título: Adaptación de un sistema eléctrico para un patinete mecánico de uso como medio de transporte en la ciudad de Bucaramanga

Autor: Santiago Tarazona Chaparro

Palabras clave: Sistema eléctrico, modelado en CAD, estudios antropométricos, alternativa sostenible, ciudad de Bucaramanga.

Descripción: En Colombia, particularmente en la ciudad de Bucaramanga, las distancias de movilización por carretera son notoriamente cortas, pero los tiempos de los recorridos se tornan significativamente alargados debido a la congestión vehicular, la falta de vías adecuadas y la carencia de una estructuración eficiente en el sistema vial.

En busca de una alternativa económica y sostenible se realizó este proyecto con el fin de brindar una posible solución adaptando un sistema eléctrico a un patinete originalmente mecánico que sea de fácil acceso para la población, brindando beneficios tanto para el usuario como para el medio ambiente por su bajo costo y la reducción de los gases contaminantes respectivamente.

Para el desarrollo de este trabajo de grado se realizó una investigación de los patinetes más comerciales en Colombia, junto a estudios antropométricos y normatividad, para determinar el alcance que iba a tener el proyecto además de los parámetros y requerimientos de diseño. Posterior a esto se hizo un modelado en CAD del chasis, analizado por el software para calcular la resistencia de su estructura. Luego según los cálculos realizados se prosigue a seleccionar los componentes adecuados del sistema eléctrico mediante una matriz QFD y matrices Pugh para lograr su funcionamiento óptimo, seguido por el proceso de ensamblaje y conexión del sistema.

Finalmente, se efectúa la validación del prototipo con pruebas de ruta y se elabora un estudio económico para la viabilidad del proyecto.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Jaid Eduardo Quiroga Méndez, Doctor en Ingeniería Civil.

Abstract

Title: Adaptation of electric system for a mechanical scooter to be used as a means of transportation in the city of Bucaramanga.

Author: Santiago Tarazona Chaparro

Key Words: Electrical system, CAD modeling, anthropometric studies, sustainable alternative, city of Bucaramanga.

Description:

In Colombia, particularly in the city of Bucaramanga, road travel distances are notoriously short, but travel times become significantly longer due to vehicular congestion, lack of adequate roads and the lack of an efficient structuring of the road system.

In search of an economical and sustainable alternative, this project was carried out in order to provide a possible solution by adapting an electric system to an originally mechanical scooter that is easily accessible to the population, providing benefits for both the user and the environment due to its low cost and the reduction of polluting gases respectively.

For the development of this degree work, an investigation of the most commercial scooters in Colombia was carried out, along with anthropometric studies and regulations, to determine the scope of the project as well as the parameters and design requirements. After this, a CAD modeling of the chassis was made, analyzed by the software to calculate the resistance of its structure. Then, according to the calculations made, we proceeded to select the appropriate components of the electrical system through a QFD matrix and Pugh matrices to achieve optimum performance, followed by the process of assembly and connection of the system.

Finally, the validation of the prototype is carried out with route tests and an economic study is elaborated for the viability of the project.

*Degree Work

**Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Jabid Eduardo Quiroga Mendez, Doctor in Civil Engineering.

Introducción

La movilidad sostenible se ha vuelto esencial debido a la creciente conciencia sobre el impacto de los gases emitidos por los vehículos en la salud humana y el medio ambiente. Diversificar las opciones de transporte urbano es crucial para combatir la congestión y el tráfico causado por el aumento de vehículos.

En este orden los patinetes eléctricos se han convertido en una gran alternativa de movilidad sostenible cada vez mas popular gracias a su bajo coste de adquisición y a su impacto positivo con el medio ambiente ya que no producen gases contaminantes, son totalmente eléctricos, se caracterizan por su versatilidad y su practicidad para cargarlos por su reducido tamaño.

En busca de una posible solución para las problemáticas mencionadas anteriormente, este proyecto de grado propone la adaptación de un sistema eléctrico a un patinete originalmente mecánico, con el fin de facilitar la movilidad del usuario por la ciudad con una baja inversión, de manera cómoda, eficiente y sostenible.

1. Planteamiento del Problema

Actualmente la movilidad sostenible es una necesidad en la cual el ser humano se ha concientizado y ha empezado a tomar acción, ya que el incremento de los niveles de contaminación de los gases emitidos por los vehículos son un problema tanto para la salud del mismo ser humano como un daño para el planeta, además de esto es de mucha utilidad tener varias opciones de movilidad a través de la ciudad debido a la gran congestión o tráfico generado por el aumento de vehículos que se está presentando.

Colombia se encuentra en una situación realmente preocupante debido a que según la organización INRIX, compañía la cual se encarga de estudiar y buscar soluciones inteligentes en el sector de la movilidad en el mundo, en el estudio realizado en el año 2022 Colombia aparece en el ranking con la ciudad de Bogotá en el puesto número cinco a nivel global de las ciudades con peor movilidad a nivel mundial, con un promedio de 122 horas gastadas en el tráfico anuales, además de esto no solo sucede en la ciudad de Bogotá, esto sucede en la mayoría de las ciudades principales del país en las cuales se encuentra la ciudad de Bucaramanga.

En Colombia, particularmente en la ciudad de Bucaramanga, las distancias de movilización por carretera son notoriamente cortas, pero los tiempos de los recorridos se ven significativamente alargados debido a la congestión vehicular, la falta de vías adecuadas y la carencia de una estructuración eficiente en el sistema vial. Esta situación plantea un desafío crucial en términos de movilidad urbana, ya que se encuentra afectando la calidad de vida de los ciudadanos y

contribuyendo a la creciente contaminación atmosférica debido a la proliferación de vehículos motorizados.

La necesidad de encontrar alternativas de transporte que permitan desplazamientos más ágiles y ecológicos se convierte en una prioridad. En este contexto, surge la pregunta fundamental: ¿cómo realizar los desplazamientos en la ciudad de Bucaramanga de manera más eficiente, optimizando el tiempo y reduciendo la emisión de gases contaminantes?

2. Justificación

La siguiente investigación se enfocará en la adaptación de un sistema eléctrico a una patineta originalmente mecánica, ya que se desea mejorar aspectos tanto ecológicos, como la movilización en el área metropolitana de Bucaramanga, ya que en la actualidad esta se ha visto afectada con el paso del tiempo de manera exponencial, por la cantidad de vehículos y la falta de espacios y vías alternativas. Este trabajo permitirá mostrar los cambios y mejoras en varios aspectos generales, dando origen a algunos aportes en varios campos que se detallan a continuación.

En el aspecto ambiental el diseño de este sistema va a tener un impacto positivo en el tema de contaminación de la ciudad, ya que más personas pueden llegar a optar por este tipo de movilidad o tipo de vehículo y con esto disminuir la cantidad de gases emitidos por los típicos medios de transporte.

Económicamente también se podría decir que es una muy buena opción ya que por ejemplo vehículos como motocicletas pueden llegar a estar fuera del presupuesto de muchas personas y se busca con el diseño de este sistema un medio de movilidad más accesible, además de esto, estos vehículos eléctricos no necesitan combustible por lo cual se hace mucho más económico su autosostenibilidad.

Desde el aspecto bioético enfocado hacia la ingeniería mecánica, encarrilado hacia este proyecto, se tiene claramente presente el enfoque del mejoramiento no solo ecológico y de innovación tecnológica, sino también el mejoramiento de la calidad de vida de las personas. En este caso la población de personas que se encuentran establecidas en la ciudad de Bucaramanga, el impacto que representa el establecer un nuevo sistema de transporte económico, se ve reflejado en la disminución del estrés del transporte público colapsado y la gran congestión vehicular que se presenta actualmente. En cuanto al tema de la movilidad a través de la ciudad también ayudara bastante ya que se espera recorrer las distancias en tiempos más cortos, y evitar los excesivos tiempos perdidos en el tráfico a lo largo de la misma.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Adaptar un patinete originalmente mecánico para operar por medio de potencia eléctrica, incorporando un sistema de propulsión eléctrico eficiente y sostenible, con el propósito de facilitar el desplazamiento unipersonal en la ciudad de Bucaramanga garantizando una movilidad más amigable con el medio ambiente.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar los requerimientos de consumo de energía, velocidad, aceleración, frenado y autonomía para el uso adecuado del patinete en la meseta de Bucaramanga a una velocidad máxima de 25km/h con una distancia de frenado de 7,5 metros.
- Realizar pruebas de ruta para la recopilación y análisis de los resultados con el fin de determinar si el dispositivo cumple con los estándares de velocidad establecidos, garantiza un sistema de frenado efectivo y proporciona un nivel óptimo de confort para el usuario.
- Determinar la viabilidad y eficiencia del proyecto realizando un análisis económico TIR evaluando la adaptación propuesta y comparándola con patinetas comerciales.

4. Marco Teórico

La adaptación de sistemas eléctricos a vehículos ligeros, como los patinetes eléctricos, ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años debido a su contribución a la movilidad sostenible y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Este marco teórico se enfoca en los elementos clave relacionados con la adaptación de un sistema eléctrico a un patinete mecánico y también en dar a conocer los antecedentes investigativos que proporcionan apoyo a este trabajo. Es importante mencionar que en el presente marco teórico se estudiarán los proyectos que se han implementado a nivel local, nacional e internacional que están relacionados con patinetes eléctricos y su sistema de potencia eléctrica.

4.1 Antecedentes a nivel global

4.1.1 Implementación de un prototipo de vehículo eléctrico para movilidad personal, Ecuador (Castaño Gonzales, 2021)

Este proyecto de investigación tiene como objetivo la realización de un prototipo de vehículo eléctrico facilitando una movilidad personal eficiente, mejorando el cuidado del medio ambiente y con accesibilidad económicamente. El punto de partida del estudio realizado, según Castaño (2021) fue la selección de los componentes eléctricos la cual este realizó mediante matrices de comparación que permitió la óptima selección de tecnologías. Para los diseños y validaciones hizo uso de cálculos teóricos sustentados en el análisis bibliográficos y apoyos con software.

Además de esto, Castaño (2021) también realizó estudios experimentales, relacionado con pruebas de ruta en diferentes localidades y sectores de la ciudad. En cada prueba realizada en las diversas zonas propuestas, incorporó un análisis de autonomía, velocidad máxima, y el tiempo de carga de la batería con el objetivo de obtener algunos parámetros para comprobar el rendimiento del prototipo elaborado mediante pruebas de funcionales. Se sabe que el rendimiento en general del prototipo está estrictamente ligado a las condiciones de la vía donde será utilizado, es decir: inclinación, desnivel, pendiente y trayectoria en tramos rectos.

La conclusión anterior nos permite reconocer que el rendimiento del prototipo está estrechamente relacionado con las condiciones de la carretera donde se utiliza. Por lo tanto, es de gran importancia llevar a cabo investigaciones teóricas y experimentales para evaluar el desempeño del equipo en diferentes condiciones.

4.2 Antecedentes a nivel nacional

4.2.1 Diseño de un monoplaza eléctrico tipo scooter como medio alternativo de transporte urbano (Rueda Jaime, 2017)

En este trabajo investigativo Rueda (2017) propone el diseño de un vehículo tipo monoplaza propulsado por un motor eléctrico, como medio de transporte alternativo para cualquier tipo de usuario en el área urbana de la ciudad de Bogotá. Partió desde un estudio de las ventajas y desventajas que presentaba la bicicleta como medio alternativo de transporte y con base a esto, seleccionó los principales requerimientos de diseño y las restricciones de este para tener en cuenta,

Teniendo en cuenta que el vehículo propuesto no era un diseño completamente nuevo y diferente a los ya existentes en el mercado, también planteó elaborar un estudio para conocer las

diferentes características en común de estos vehículos, y de este modo establecer cuáles serían los posibles aspectos a innovar en su prototipo.

Para complementar esto Rueda (2017) realizó una matriz comparativa de las principales características de los patinetes eléctricos como son: material, masa, dimensiones, plegado, carga, potencia. Con el propósito de alcanzar una amplia base de usuarios en el futuro y garantizar que todos puedan utilizar el scooter eléctrico de forma fácil, se sugirió una disposición de tres ruedas. Esta configuración ofrece una mayor estabilidad, lo que otorga un mejor equilibrio al usuario, además de incrementar la seguridad y la habilidad al conducir.

Como conclusión de este proyecto se pudo observar que un factor clave en el diseño de estos dispositivos es la innovación y que para ello hay que realizar un análisis comparativo y estudio de características de los patinetes eléctricos que se encuentran actualmente en el mercado, para así poder establecer requerimientos y desarrollar un diseño óptimo.

4.3 Antecedentes a nivel local

4.3.1 Diseño y construcción de un patinete eléctrico con control de velocidad y sistema de frenado para su uso como medio de transporte en ciudades (Arias Gonzales, 2020)

El propósito en el cual se basó Arias (2020) fue en el diseño y construcción de un patinete propulsado con un motor eléctrico el cual conto con control de velocidad y sistema de frenado, orientado en primer lugar a mejorar la movilidad de los estudiantes universitarios para desplazamientos desde su casa al campus o dentro del mismo campus.

La serie de pasos necesarios para lograr los objetivos de este proyecto se plantea siguiendo el enfoque del modelo en V. Comienza con identificar las necesidades del cliente, que vienen definidas por especificaciones técnicas y también se ven afectadas por la normativa de movilidad

que fija los límites de velocidad. De esta forma, se exploran posibles soluciones para las especificaciones, abordando aspectos desde los más generales hasta llegar a una selección detallada de los criterios técnicos y componentes.

De este trabajo se puede destacar el uso del CAD SolidWorks como herramienta para el análisis de esfuerzos, el estudio estático por el método de elementos finitos de cada componente o elemento que requiera ser analizado, además de esto para realizar el diseño y acople de las piezas que componen el patinete.

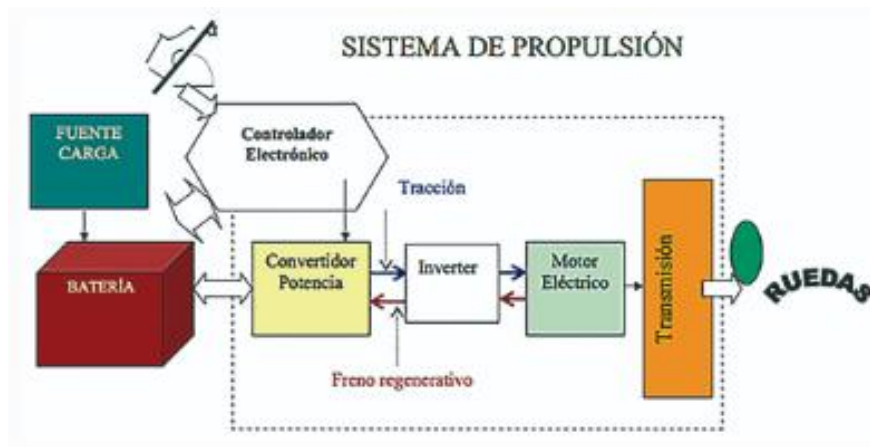
4.4 Referentes teóricos

4.4.1 Configuración de vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos son aquellos que son impulsados por medio de motores eléctricos que transforman la electricidad en impulsos mecánicos por medio de baterías. El sistema de generación y almacenamiento de la energía eléctrica es el sistema básico para poder movilizarse. “La fuerza aplicada puede ser entregada por ruedas impulsadas por motores rotativos o también se pueden utilizar otro tipo de motores no rotativos, como los motores lineales” (García, 2015). A continuación, la figura 1 nos detalla mediante un esquema la configuración de un vehículo eléctrico.

Figura 1.

Esquema de la configuración de un vehículo eléctrico



Nota. Tomado de *Esquema de la configuración de un vehículo eléctrico* por García, M. 2015 pasado, presente y futuro de vehículos eléctricos. (proyecto de grado). Pereira universidad tecnológica de Pereira.

4.4.2 Introducción al patinete eléctrico

El patinete eléctrico o también conocido como scooter eléctrico es considerado un vehículo de movilidad personal (VMP), y trata de un tipo de patinete propulsado por un motor eléctrico que es alimentado por una batería recargable. Los patinetes eléctricos se han convertido en una opción de movilidad personal cada vez más popular, ya que sirven como alternativa ecológica y económica a los vehículos de combustión interna y son de gran utilidad para desplazamientos cortos y medianos en áreas mayormente congestionadas.

Figura 2.*Patinete Eléctrico*

Nota. Tomado de *Bongo Z+ On Road. Patinete Eléctrico*, por Cecotec Innovaciones S.L. 2023, Cecotec (<https://cecotec.es/es/patinetes-electricos/bongo-z-on-road>)

Para entender el funcionamiento de este vehículo se debe establecer la cadena de acciones. El movimiento empieza desde el manillar donde se encuentra el acelerador, en el cual se puede calibrar que potencia se le exige al motor, luego el motor es alimentado por la batería para recibir potencia eléctrica y luego transportarla a las ruedas a través de la transmisión, por lo cual se convierte en potencia mecánica encargada de generar el movimiento.

4.4.3 Principales partes de un patinete eléctrico

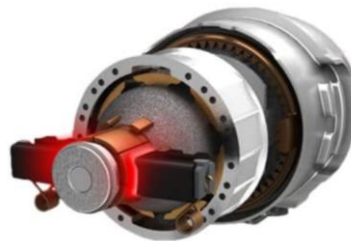
➤ Motor eléctrico:

El motor es el elemento que le brinda la potencia necesaria al patinete para producir su movimiento. Existen dos tipos de motores para los patinetes eléctricos.

Motor con escobillas (Brushed): Como indica su nombre son motores que usan escobillas conectadas a un colector para realizar el cambio de polaridad en el rotor. Estas escobillas son, por tanto, las encargadas de conmutar mecánicamente la corriente de las bobinas del motor.

Figura 3.

Motor Brushed



Nota. Tomado de *motor brushed*, por Ronix MAG premium quality, 2021, RonixTools(<https://ronixtools.com/es/blog/what-are-brushless-motors-and-what-advantages-do-they-offer/#>)

Motor sin escobillas (Brushless): Estos motores no incorporan colector ni escobillas para cambiar la polaridad en el rotor; la conmutación de las bobinas se realiza electrónicamente a través de un controlador de motor.

Figura 4.*Motor Brushless*

Nota. Tomado de *motor brushless* por Ronix MAG premium quality, 2021, RonixTools(<https://ronixtools.com/es/blog/what-are-brushless-motors-and-what-advantages-do-they-offer/#>)

➤ Batería:

Actualmente, la mayoría de los patinetes utilizan baterías de iones litio. Son ligeras, duraderas, y requieren menos mantenimiento, además de esto son las que pueden aguantar cargas parciales sin perder capacidad. Pero suelen encarecer el producto. Aparte de las baterías de iones de litio estándar, existen algunos subtipos entre los cuales se encuentran las baterías de ferro fosfato de litio (LFP), y las baterías de polímero de litio (LiPo). Además, existen las baterías de níquel (NiMH), que llevan muchos años existiendo, o las baterías de plomo selladas (SLA).

Figura 5.

Batería litio 48v



Nota. Tomado de *Batería de litio 48v* por Ecoxtrem, 2023, Imoveblue(<https://www.imoveblue.es/recambios/283-bateria-litio-48v-16ah-patinete-electrico-ecoxtrem.html>)

➤ **Frenos:**

En el sistema de frenado existen dos tipos en los patinetes eléctricos, los mecánicos y los e-breaks (frenos eléctricos); En cuanto a los frenos mecánicos se tienen dos tipos principales que se mencionaran a continuación, los cuales ambos sistemas trabajan con la fuerza de rozamiento entre dos superficies una en movimiento y la otra estática.

Freno de tambor: Es un tipo tradicional de freno que se puede encontrar en un patinete eléctrico, está hecho de un tambor de hierro fundido y un conjunto de placa posterior que se fija a la rueda del scooter. El cubo rodea el freno de tambor, protegiéndolo del medio ambiente, es más pesado que otros tipos de freno.

Figura 6.*Freno de tambor*

Nota. Tomado de *freno de tambor Xiaomi M365* por Decathlon support, 2021, Decathlon(<https://support.decathlon.es/como-reparar-y-ajustar-los-frenos-de-tu-patinete-electrico>)

Freno de disco: El sistema de freno de disco en el patinete eléctrico está conectado al disco de metal, conocido como rotor, que se encuentra en la rueda. Cuando se presiona la palanca de freno, se activa una pinza ubicada junto al rotor, que se sujeta al rotor mediante pastillas de freno. Esto genera fricción, lo que resulta en la reducción de la velocidad de los rotores y las ruedas, llevando finalmente a su detención.

Figura 7.

Freno de disco



Nota. Tomado de freno de disco Xiaomi M365 por Decathlon support, 2021, Decathlon(<https://support.decathlon.es/como-reparar-y-ajustar-los-frenos-de-tu-patinete-electrico>)

Por otra parte, en los frenos electrónicos se encuentran 2 tipos principales: Freno regenerativo (KERS) y freno electrónico; Estos dos tipos de freno tienen en común que se encuentran dentro del motor, son ligeros y requieren poco mantenimiento.

Freno regenerativo: También conocido como KERS que es la abreviatura de Kinetic Energy Recovery System es un sistema de frenado electrónico que recupera la energía producida al frenar y la almacena en la batería para una mayor autonomía en su uso. Su funcionamiento se acciona mediante un interruptor que conecta el motor electrónicamente al sistema de carga generando así resistencia en la rotación de este. En algunos casos se activa simplemente en la desaceleración y en otros en el accionamiento de la palanca de freno, dependiendo del patinete.

Freno electrónico: Este tipo de frenado, funciona prácticamente igual al freno regenerativo exceptuando la recarga de la batería, usa el mismo sistema de generación de resistencia en la rotación del motor, y también se acciona por medio de la palanca o pulsador del frenado.

➤ **Controlador:**

El componente esencial en el patinete eléctrico, el controlador, cumple una función crucial al actuar como un intermediario entre la batería y el motor. Cuando se activa el acelerador, el controlador facilita la transferencia de energía eléctrica desde la batería hacia el motor, permitiendo que este último entre en funcionamiento. La presencia del controlador es esencial para garantizar la seguridad del sistema del patinete, ya que contribuye a mantener una corriente eléctrica constante, evitando así fluctuaciones de tensión. Su rol es significativo, ya que protege el motor contra posibles daños causados por sobrecargas de energía. Además de esto, también desempeña la función de regular la velocidad del motor.

Figura 8.

Controlador de motor 36v 350w



Nota. Tomado de *controladora patinete eléctrico 36v motor 350w* por Bravo Murillo, 2023, Ecoplanetway(<https://www.ecoplanetway.es/leganitos/inicio/126-controladora-patinete-electrico-36v-motor-350w-.html>)

➤ **Transmisión:**

En términos generales, tanto en vehículos como en patinetes eléctricos, la transmisión es el mecanismo encargado de transferir la potencia generada por el motor a las ruedas. Sin esta transmisión, incluso si el motor está funcionando, el patinete no podrá moverse. Por lo tanto, entender el funcionamiento de la transmisión es esencial cuando se trata de comprender cómo opera un patinete eléctrico. En el caso de los patinetes eléctricos, suelen emplearse tres tipos de sistemas de transmisión:

Transmisión por correa: Generalmente, esta es la opción más económica y requiere poco mantenimiento, además de tener una vida útil bastante prolongada.

Transmisión por cadena: Este tipo de transmisión presenta una mayor resistencia a la fuerza del motor y suele utilizarse en patinetes de gama alta.

Transmisión directa: Se encuentra comúnmente en patinetes con ruedas de mayor tamaño. No requiere mantenimiento y, por lo tanto, es la opción más costosa. Sin embargo, su reparación puede ser más complicada.

Figura 9.

Correa y cadena de transmisión



Nota. Tomado de *Sistema de transmisión por correa y cadena* por Castaño G, 2021, Proyecto de grado(<http://repositorio.utn.edu.ec/>)

➤ **Ruedas:**

Existen dos consideraciones importantes relacionadas con las ruedas de los patinetes eléctricos: el tamaño de las ruedas y el material utilizado en su fabricación.

En cuanto al tamaño de las ruedas, generalmente se mide en pulgadas. Las ruedas de mayor diámetro ofrecen una mejor capacidad de absorción de impactos debido a su tamaño más grande, lo que les permite reducir las vibraciones. Sin embargo, las ruedas más grandes pueden acelerar de manera menos eficiente y pueden afectar la maniobrabilidad y el control del patinete.

En lo que respecta al material de las ruedas, generalmente hay dos tipos: ruedas con cámara y ruedas tubeless o sin cámara de aire. Las ruedas con cámara tienen la capacidad de absorber impactos en superficies irregulares, como el asfalto, pero tienen la desventaja de ser más propensas a los pinchazos y, por lo tanto, requieren reemplazos periódicos. Por otro lado, las ruedas tubeless, que son de goma maciza y carecen de cámara de aire, no se pinchan, lo que aumenta su durabilidad en comparación con las ruedas con cámara. Sin embargo, estas ruedas tienen una capacidad de absorción de impactos inferior y pueden ofrecer menos agarre en superficies lisas.

Figura 10.

Ruedas cubiertas macizas para patinete Xiaomi 8,5"



Nota. Tomado de *Ruedas cubiertas macizas para patinete Xiaomi 8,5"* por RankingOnline, 2021, Rodar sports(<https://rodarsports.com/producto/2-cubiertas-macizas-para-patinete-xiaomi-85/>)

➤ **Chasis:**

El chasis de una patineta eléctrica es la estructura principal que proporciona soporte y alojamiento a los elementos clave del vehículo, como el motor, la batería, el controlador, las ruedas y otros sistemas. El chasis actúa como el esqueleto de la patineta eléctrica y es fundamental para su integridad estructural y funcionamiento.

El chasis se diseña cuidadosamente para ser ligero pero resistente, ya que debe soportar la carga del usuario y resistir las fuerzas y vibraciones que se producen durante la conducción. En algunos casos, se encuentran patinetes eléctricos plegables en donde el chasis está diseñado para permitir que el patinete se pliegue de manera compacta para facilitar su transporte y almacenamiento cuando no está en uso.

Figura 11.

Chasis Xiaomi M365



Nota. Tomado de *Estructura para patinete Xiaomi (M365)* por Patinetes eléctricos, 2023, Impextrom(<https://www.impextrom.com/es/>)

5. Reconocimiento y alcance del proyecto

En el desarrollo de este proyecto, se abordará de manera integral y efectiva los desafíos identificados. El propósito fundamental consiste en alcanzar resultados concretos y beneficiosos que contribuyan al cumplimiento de los objetivos específicos. A través de un enfoque tecnológico y la aplicación de la metodología mencionada anteriormente, se pretende optimizar los recursos disponibles, gestionar eficientemente los tiempos de ejecución y garantizar la calidad del producto final. Se aspira a generar un impacto positivo, no solo en términos de cumplimiento de objetivos, sino también en la mejora ambiental del uso de vehículos autónomos.

Este proyecto se concibe como una oportunidad para innovar, aprender de forma experimental y crear soluciones efectivas que respondan a las necesidades identificadas, como son

en este caso la fácil movilización en las ciudades y la reducción de gases contaminantes; fomentando así el progreso y el éxito de este.

5.1 Resultados previstos

- Patinete eléctrico adaptado desde un patinete originalmente mecánico, con una velocidad máxima de 25 km/h, una autonomía de 20km, de acuerdo con las normativas locales de movilidad.
- Patinete eléctrico construido con propulsión eléctrica, sistema de control de velocidad, sistema de frenado con indicadores.
- Pruebas experimentales para evaluar el desempeño del patinete en la ciudad de Bucaramanga.
- Planos a detalle del prototipo
- Ficha técnica.

5.2 Requerimientos

Uno de los objetivos fundamentales al introducir una nueva opción de transporte urbano es facilitar que un segmento más amplio de la población pueda utilizar este medio para desplazarse de manera diferente. En este contexto, resulta crucial examinar las razones que llevan a las personas a optar por el transporte público en lugar de alternativas como el patinete, bicicleta, entre otros.

Como se mencionó anteriormente, en Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, aún son muy pocas las personas que circulan por las calles con este tipo de transporte, contrario a como ya sucede en Bogotá. La ciudadanía confirma que, si bien las ha visto operar y son de fácil adquisición, desconocen si existe una regulación o no. (Pérez, 2019)

El mayor problema que tiene la ciudad de Bucaramanga es que no han creado una regulación o normatividad oficial para las patinetas eléctricas, y por esto y más motivos el usuario desconoce las ventajas del uso de este medio y todo acerca sobre él, además de la mala estructuración vial. Por estos motivos se debe incentivar el uso de este medio alternativo de transporte, para que les den importancia a los usuarios que ya lo implementan y se convierta un medio principal de movilización.

5.3 Ergonomía y confort

Este factor es de vital importancia, dado que la fatiga física resultante del esfuerzo y una mala postura puede afectar el desempeño del usuario y provocar el deterioro de las capacidades y partes del cuerpo involucradas en la movilidad, y en el peor de los casos hasta lesiones. En el caso de los patinetes eléctricos, que comúnmente requieren una posición de pie es necesario definir las dimensiones de este.

Para definir las es de gran importancia tener presentes aquellas medidas críticas que brindarían al usuario una mayor comodidad. Por ello, se analizarán las medidas ergonómicas que afectan directamente a las dimensiones del patinete. Esto contribuye a mejorar su confort, asegurando que al concluir el trayecto no se experimente un deterioro ni fatiga física.

Dichas medidas se sacan de la tabla de Dimensiones antropométricas de población colombiana perteneciente de la publicación “Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana”.

Tabla 1.*Dimensiones antropométricas de población colombiana*

Dimensiones		20 - 29 años (n= 487)					30 - 39 años (n= 447)				
				Percentiles					Percentiles		
		\bar{x}	D.E.	5	50	95	\bar{x}	D.E.	5	50	95
1	Masa corporal (Kg)	66.9	10.45	52.3	66.0	85.3	71.2	9.87	55.8	70.4	87.7
2	Estatuta (cm)	170.1	6.52	159.5	169.4	181.1	168.9	6.27	158.3	169.4	178.5
3	Alcance vertical máximo	214.8	8.81	201.7	214.1	230.6	213.3	8.70	198.2	213.8	226.1
4	Alcance vertical con asimiento	199.8	8.17	187.5	199.5	213.9	198.2	8.07	184.2	198.7	210.8
5	Altura de los ojos	159.1	6.36	148.8	158.6	170.4	158.2	6.19	148.0	158.4	167.6
9	Altura acromial	138.6	5.72	128.8	138.2	148.2	138.1	5.76	129.2	138.4	147.4
10	Altura cresta ilíaca medial	101.6	4.78	94.1	101.4	109.6	100.4	4.69	92.6	100.8	107.6
12	Altura radial	107.0	4.57	99.1	106.9	115.0	106.6	4.68	99.7	107.0	114.4
13	Altura estiloidea	81.7	3.90	75.6	81.6	88.4	81.7	4.02	75.5	81.9	88.2
14	Altura dactilea dedo medio	63.8	3.44	58.4	63.7	69.9	63.9	3.51	58.4	64.2	69.4
25	Anchura del tórax	19.5	1.74	16.8	19.5	22.5	20.5	1.70	17.9	20.5	23.4
38	Alcance anterior brazo	71.4	3.39	66.4	71.3	77.1	71.2	3.23	65.7	71.3	76.7
58	Perímetro rodilla media	36.1	2.37	32.3	36.0	40.0	36.8	2.28	33.2	36.7	40.8
59	Perímetro pierna media	35.3	2.59	31.4	35.2	39.9	36.3	2.38	32.4	36.2	40.3
60	Perímetro supramaleolar	21.6	1.35	19.6	21.6	24.0	21.9	1.28	19.9	22.0	24.1

Nota. Adaptado de Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Ávila Chaurand, R., Prado León, L. R., & González Muñoz, E. L. (2007). Universidad de Guadalajara, Segunda edición, 2007.

Esta tabla presenta diversas medidas antropométricas de la población colombiana, clasificadas por sexo y percentiles (P5, P50, P95). Los datos fueron recopilados y analizados por los autores Rosalío Ávila Chaurand, Lilia Roselia Prado León y Elvia Luz González Muñoz, en colaboración con la Universidad de Guadalajara.

Es de gran importancia remarcar que las medidas pertenecientes en estas tablas son, por consideración propia, antiguas, ya que fueron publicadas en el año 2007, cuando fueron corregidas. Para realizar un estudio ergonómico efectivo es necesario disponer de tablas de medidas antropométricas actualizadas, sin embargo, dada la imposibilidad de encontrar tablas antropométricas más actuales, la utilizada se da por válida.

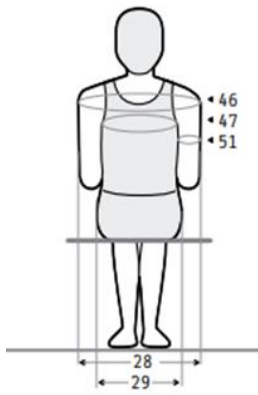
Finalmente, es importante destacar que la tabla recopila datos obtenidos de individuos de diversas edades, basándose en una muestra de 2100 personas con edades comprendidas entre los 20 y 39 años. A pesar de esta diversidad de edades en la población estudiada, se considera que las medidas son válidas. Para adaptar aún más las medidas al público objetivo de al menos 18 años, se emplearán las dimensiones correspondientes al percentil 50, que representa la mitad más baja de la población participante en la investigación.

Teniendo en cuenta que la posición al utilizar el patinete eléctrico comúnmente es de pie, se establecerán las dimensiones más relevantes a continuación:

Anchura entre codos (28): Es la distancia de forma horizontal que separa ambos codos, uno del otro. Esta medida es relevante ya que nos dirá la distancia horizontal del ancho que debe tener el manubrio, o las empuñaduras.

Figura 12.

Anchura entre codos



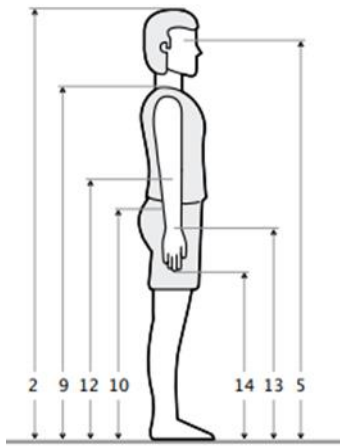
Dimensiones	20 - 29 años (n= 487)				
	\bar{x}	D.E.	Percentiles		
			5	50	95
6	86.5	3.58	80.6	86.3	92.6
7	89.0	3.31	83.8	89.0	94.7
8	78.6	3.31	73.5	78.6	84.1
11	58.8	2.78	54.3	58.8	63.6
15	23.6	2.42	19.4	23.7	27.4
16	14.8	1.30	12.7	14.8	17.0
17	52.9	2.56	48.9	52.8	56.9
18	43.0	2.21	39.5	42.9	46.5
28	42.9	4.25	36.7	42.2	50.5
29	34.3	2.59	30.5	34.3	38.5
41	47.0	2.52	42.9	47.2	51.2
42	57.2	2.64	53.0	57.1	61.6
46	111.7	7.00	101.3	111.2	124.1
47	94.2	6.49	84.6	93.6	105.4
51	30.5	2.66	26.3	30.5	35.1

Nota. Tomado de Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Ávila, R., Prado, L. R., & Muñoz, E. L. (2007). Universidad de Guadalajara, Segunda edición, 2007.

Altura del codo (12): Es la distancia que se encuentra en el eje vertical entre la planta del pie y el codo flexionado. Se determina importante ya que en el momento de la conducción del patinete el usuario se encuentra de pie, sosteniendo el volante con los codos flexionados aproximadamente a 90°, por ende, esta medida que ayudara a determinar la altura entre la base del patinete y el manubrio.

Figura 13.

Altura del codo

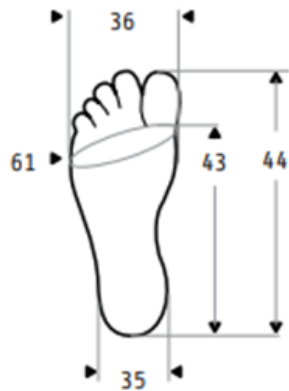


Dimensiones		20 - 29 años (n= 487)				
		\bar{x}	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
1	Masa corporal (Kg)	66.9	10.45	52.3	66.0	85.3
2	Estatura (cm)	170.1	6.52	159.5	169.4	181.1
3	Alcance vertical máximo	214.8	8.81	201.7	214.1	230.6
4	Alcance vertical con asiento	199.8	8.17	187.5	199.5	213.9
5	Altura de los ojos	159.1	6.36	148.8	158.6	170.4
9	Altura acromial	138.6	5.72	128.8	138.2	148.2
10	Altura cresta ilíaca medial	101.6	4.78	94.1	101.4	109.6
12	Altura radial	107.0	4.57	99.1	106.9	115.0
13	Altura estiloidea	81.7	3.90	75.6	81.6	88.4
14	Altura dactilea dedo medio	63.8	3.44	58.4	63.7	69.9
25	Anchura del tórax	19.5	1.74	16.8	19.5	22.5
38	Alcance anterior brazo	71.4	3.39	66.4	71.3	77.1
58	Perímetro rodilla media	36.1	2.37	32.3	36.0	40.0
59	Perímetro pierna media	35.3	2.59	31.4	35.2	39.9
60	Perímetro supramaleolar	21.6	1.35	19.6	21.6	24.0

Nota. Dimensiones antropométricas. Tomada de Dimensiones antropométricas de población

latinoamericana. Ávila Chaurand, R., Prado León, L. R., & González Muñoz, E. L. (2007). Universidad de Guadalajara, Segunda edición, 2007.

Anchura y longitud del pie (36-44): La máxima separación entre la punta del dedo índice del pie y el talón, así como la máxima distancia entre la parte interna y externa del pie, serán cruciales para identificar el espacio ocupado por los pies en la plataforma del patinete. Esta información facilitará el dimensionamiento adecuado de la base, asegurando que tenga una superficie suficiente para que ambos pies descansen cómodamente sin generar molestias.

Figura 14.*Dimensiones del pie*

Dimensiones		20 - 29 años (n= 487)				
		\bar{x}	D.E.	Percentiles		
				5	50	95
19	Anchura de la cara	13.9	0.58	13.0	14.0	15.0
20	Anchura transversal cabeza	15.4	0.57	14.5	15.4	16.5
21	Anchura antero-post. cabeza	18.9	0.74	17.7	18.9	20.1
31	Anchura de muñeca	5.4	0.31	4.9	5.4	6.0
32	Anchura de mano	8.3	0.39	7.7	8.4	9.1
35	Anchura de talón	6.6	0.49	5.9	6.7	7.5
36	Anchura de pie	9.8	0.54	9.0	9.9	10.8
39	Largura de la mano	18.3	0.90	17.0	18.4	20.0
40	Largura palma de la mano	10.3	0.56	9.4	10.3	11.3
43	Largura de pie	25.4	1.22	23.5	25.3	27.5
44	Largura planta del pie	20.4	1.01	18.7	20.4	22.2
45	Perímetro de cabeza	55.3	1.62	52.9	55.4	58.1
54	Perímetro de la muñeca	16.2	0.80	14.9	16.2	17.5
55	Perímetro metacarpial	20.2	1.02	18.7	20.2	22.0
61	Perímetro metatarsial	24.6	1.31	22.6	24.6	26.8

Nota. Tomado de *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana*. Ávila Chaurand, R., Prado León, L. R., & González Muñoz, E. L. (2007). Universidad de Guadalajara, Segunda edición, 2007.

De lo mencionado anteriormente, se establecieron las medidas escogidas en el rango del percentil 50 de la siguiente manera:

Tabla 2.*Medidas ergonómicas establecidas*

Denominación	Tamaño muestra	Media (Cm)	P50(Cm)
Anchura codo a codo	487	42.9	42.2
Altura del codo	487	107	106.9
Anchura del pie	487	9.8	9.9
Longitud del pie	487	20.4	20.4

Nota. Esta tabla muestra las medidas antropométricas escogidas para el desarrollo del proyecto








Para las medidas ergonómicas establecidas en la anterior tabla se les dará un margen de tolerancia de $\pm 20\%$ para la etapa de diseño del producto.

6. Fase de Investigación

En esta fase se realizará una revisión del mercado de los diferentes tipos y características de los patinetes eléctricos más empleados en Colombia. Para ello a continuación se realizará un cuadro con las diferentes especificaciones que trae cada patinete comercial.

Tabla 3.

Tipos y características de patinetes más usados en Colombia

Ilustración	Modelo	Autonomía	Velocidad Max	Motor	Batería	Complementario	Capacidad de carga	Precio
	ECOMI-SK2	20-40 Km (eco)	30-35 Km/h	600Watts (potencia MAX)	Batería de Litio 36v-10,6Ah	Liviano, plegable, Freno trasero de banda.	100kg	\$ 2.250.000
	SEGWAY-NINEBOT F25	20-25 Km	25 Km/h	300Watts	Batería de Litio 36v,5100mAh	Proteccion ipx5, plegable, Freno trasero regenerativo de disco.	100kg	\$ 2.119.000
	AUTECO STARKER Lite	25 Km	25Km/h	Motor HUB DC sin escobillas 350Watts	Batería de Litio ION 36v,6Ah	Freno trasero de disco, plegable, llantas de 8,5" antipinchazos	100kg	\$ 2.100.000
	GO GREEN F15	30Km	30Km/h	350Watts	Batería de Litio 36v,13Ah	Frenos de disco, plegable, llantas de 8," de aire	115Kg	\$ 2.100.000
	XIAOMI-Essential	20 Km	18-20 km/h	250Watts	Batería de Litio 42v, 5100 mAh	Freno regenerativo de disco trasero, proteccion IP54, neumaticos de caucho inflable	100Kg	\$ 1.800.000
	SEGWAY-NINEBOT F40	40 Km	30 km/h	350 Watts	Batería de Litio 36v, 10 Ah	Proteccion IPX5, llantas 10" sello matic, Freno de disco trasero, conexión Bluetooth	120kg	\$ 3.300.000
	SEGWAY-NINEBOT F30	30 Km	30Km/h	300 Watts	Batería de Litio 36v, 7,7Ah	Proteccion IPX5, llantas 10" sello matic, Freno de disco trasero, conexión Bluetooth	120kg	\$ 2.800.000

Nota. Elaboración propia con información tomada de Ranking Mejores patinetas eléctricas 2022: segmento de entrada. LiebreNaranja. <https://www.liebrearanja.com/blog-patinetas-electricas/>

Teniendo en cuenta la anterior información, se pudo observar detalladamente las principales características de los patinetes urbanos más comerciales del país, y junto a esto se concluyeron los aspectos principales a tener en cuenta a la hora de adquirir un patinete urbano o también llamados de última milla, que se muestran a continuación:

- **Potencia:** Cuando se aborda la búsqueda de una solución para la movilidad en la "primera o última milla", la prioridad recae no tanto en la velocidad si no en la seguridad. Aparte de considerar las condiciones de seguridad, es crucial tener en cuenta que la capacidad de un vehículo para superar pendientes está influenciada por la potencia del motor.
- **Batería:** En el caso de las baterías, se ha observado que todos los patinetes planificados utilizan baterías de iones de litio debido a su importancia en diversos aspectos clave. En primer lugar, destacan por su capacidad para proporcionar una cantidad considerable de energía en relación con su tamaño y peso, aspectos cruciales para los vehículos de movilidad personal como los patinetes eléctricos, donde las especificaciones de espacio y peso son consideraciones esenciales.

Adicionalmente, las baterías de iones de litio son reconocidas por su eficiencia y su capacidad para mantener una carga constante a lo largo del tiempo, lo cual garantiza un rendimiento uniforme del patinete eléctrico y previene la pérdida prematura de la capacidad de la batería.

- **Peso:** Una de las principales características de las patinetas urbanas es la versatilidad, he ahí donde entra su peso en juego, ya que los patinetes urbanos buscan ser livianos y fáciles de cargar, por lo cual su sistema de plegado también es otra característica importante que genera practicidad a la hora de la movilización. Todo esto tiene un papel fundamental en su diseño, como por ejemplo en su marco, material, tamaño entre otras.

- **Frenos:** La mayoría de los modelos evaluados utilizan freno de disco, ya que es mucho más eficiente, más liviano y además se recalienta menos que otros tipos como el de tambor, además algunos modelos incorporan el uso de frenado regenerativo que permite acumular energía mientras el usuario acciona el freno.

7. Fase de Diseño

En el siguiente apartado se realizará el diseño del patinete eléctrico, para esto se procederá a ejecutar la selección de alternativas de los diferentes componentes, el diseño conceptual y modelado 3D.

7.1 Selección de alternativas de los sistemas

Para la elección entre alternativas de sistemas, se utilizarán matrices de calidad (QFD) y de selección (Pugh), las cuales evaluarán los requisitos de diseño más importantes teniendo en cuenta los sistemas del patinete eléctrico. Posteriormente, se seleccionarán las alternativas apropiadas mediante una evaluación, donde la alternativa con la puntuación más alta será la elegida.

Los valores que serán tomados para la realización de la matriz de calidad estarán en un rango de 0 a 9 donde:

0 = Nulo

3 = Medio

1 = bajo

9 = Alto

Los requerimientos de diseño establecidos serán:

Economía

Fácil mantenimiento

Confort

Bajo consumo de energía

Impacto ambiental Fácíl manejo

Seguridad Liviano

Antes de realizar la matriz QFD, los sistemas del patinete eléctrico se establecieron en un orden de importancia del 0 al 5, donde 5 es el mayor nivel de importancia.

Tabla 4.

Matriz QFD

		Requerimientos																
		Prioridad	Costo	Confort	Impacto ambiental	Seguridad	Facil mantenimiento	Bajo consumo de energia	Facil manejo	Liviano								
Sistemas																		
Sistema estructural		4	3	12	9	36	1	4	3	12	1	4	0	0	9	36	9	36
Sistema de potencia electrica		5	9	45	1	5	9	45	0	0	3	15	9	45	1	5	3	15
Sistema de frenado		3	3	9	1	3	1	3	9	27	9	27	1	3	3	9	3	9
Sistema de control		4	3	12	1	4	1	4	9	36	1	4	3	12	3	12	1	4
Evaluacion de importancia	Absoluta		78	48	56	75	50	60	62	64								
	Relativa (%)		16	10	11	15	10	12	13	13								

Nota. Esta tabla muestra la matriz QFD donde se establece la importancia de los diferentes sistemas para la selección de los componentes.

Analizando la matriz de calidad establecida anteriormente, se puede observar los porcentajes de importancia de los requerimientos de diseño, lo cual se tomará en cuenta para la selección de los diferentes componentes de los sistemas.

En la matriz de Pugh, se determinarán las alternativas mediante una evaluación basada en su compatibilidad con los requisitos de diseño del patinete. Esta evaluación se expresará mediante una puntuación numérica que varía de 0 a 5, donde 5 representará el grado más alto de relación con los requisitos establecidos.

7.2 Selección de componentes del sistema estructural

7.2.1 Selección del chasis

En cuanto a la selección del chasis, ya que este proyecto está basado en la adaptación de un patinete originalmente mecánico, se tomará el chasis del patinete original y se harán sus respectivas configuraciones para adecuar los diferentes componentes de los sistemas que se incluirán.

Figura 15.

Chasis patinete original



7.2.2 Selección de las ruedas

Para la selección de las ruedas se tienen en cuenta las siguientes alternativas:

Alternativa 1: Ruedas de poliuretano

Alternativa 2: Ruedas inflables

Alternativa 3: Ruedas tubeless

Alternativa 4: Ruedas macizas

Tabla 5.*Matriz de Pugh - Ruedas*

Criterio de selección	Porcentaje	Alternativas							
		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
Costo	16%	5	0.80	3	0.48	1	0.16	4	0.64
Confort	10%	1	0.10	5	0.50	4	0.4	2	0.2
Impacto ambiental	11%	3	0.33	3	0.33	3	0.33	3	0.33
Seguridad	15%	2	0.30	3	0.45	5	0.75	4	0.6
Facil mantenimiento	10%	5	0.50	3	0.30	3	0.3	4	0.4
Bajo consumo de energia	12%	3	0.36	3	0.36	3	0.36	3	0.36
Facil manejo	13%	2	0.26	4	0.52	4	0.52	3	0.39
Liviano	13%	5	0.65	3	0.39	4	0.52	4	0.52
	Total		3.30		3.33		3.34		3.44

Nota. Esta tabla muestra los diferentes criterios para la selección del tipo de ruedas.

Una vez realizada la matriz de Pugh se seleccionan las ruedas macizas, ya que como se puede observar tuvieron el mayor puntaje en la relación criterio de selección y alternativa, además que tienen la ventaja de ser económicas y no tener problemas de pinchazos.

Figura 16.*Rueda maciza de patinete*

Nota. Tomado de Rueda maciza todoterreno 9x2,25 por Ecoplanet way, 2022(<https://www.ecoplanetway.es/leganitos/>)

7.3 Selección de componentes del sistema de potencia eléctrica

7.3.1 Selección del motor eléctrico

Para la selección del motor se tienen en cuenta las siguientes alternativas:

Alternativa 1: Motor Brushless (sin escobillas)

Alternativa 2: Motor Brushed (con escobillas)

Tabla 6.

Matriz Pugh-Motor eléctrico

Criterio de selección	Porcentaje	Alternativas			
		Alternativa 1		Alternativa 2	
Costo	16%	2	0.32	4	0.64
Confort	10%	4	0.40	3	0.30
Impacto ambiental	11%	4	0.44	4	0.44
Seguridad	15%	4	0.60	4	0.60
Facil mantenimiento	10%	5	0.50	3	0.30
Bajo consumo de energia	12%	4	0.48	3	0.36
Facil manejo	13%	4	0.52	3	0.39
Liviano	13%	5	0.65	3	0.39
	Total		3.91		3.42

Nota. Esta tabla muestra los diferentes criterios para la selección del tipo de motor

Realizada la matriz Pugh se establece que el motor más adecuado para el patinete es el motor Brushless (sin escobillas) por su puntaje más alto en la relación criterio/alternativa, además este motor es de los más usados hoy en día ya que puede ser de transmisión directa, y ahorrar el uso de un sistema de transmisión.

Figura 17.

Motor Brushless



Nota. Tomado de Motor de rueda para patinete eléctrico KUGOO M4 / M4 PRO, 48V, 500W, con neumático exterior de 10 pulgadas, 80/65-6 por AliExpress, 2023(<https://es.aliexpress.com/>)

7.3.2 Selección de la batería

Para la selección de la batería se tienen en cuenta las siguientes alternativas:

Alternativa 1: Batería de Níquel

Alternativa 2: Batería de Litio

Alternativa 3: Batería de plomo

Tabla 7.*Matriz Pugh-Batería*

Criterio de selección	Porcentaje	Alternativas					
		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Costo	16%	3	0.48	1	0.16	5	0.80
Confort	10%	4	0.40	4	0.40	4	0.40
Impacto ambiental	11%	2	0.22	4	0.44	1	0.11
Seguridad	15%	3	0.45	4	0.60	2	0.30
Facil mantenimiento	10%	3	0.30	5	0.50	2	0.20
Bajo consumo de energia	12%	3	0.36	5	0.60	1	0.12
Facil manejo	13%	4	0.52	4	0.52	4	0.52
Liviano	13%	3	0.39	5	0.65	1	0.13
	Total		3.12		3.87		2.58

Nota. Esta tabla muestra los criterios de selección para el tipo de batería.

Realizada la matriz Pugh se selecciona la batería de Litio por su puntaje más alto en la relación criterio/alternativa, además a pesar de su costo más elevado, tiene muchas ventajas como su mayor durabilidad, ligera, y tienen mayor densidad de energía, es decir pueden almacenar más energía en menos espacio.

Figura 18.*Batería de litio*

Nota. Tomado de TGHY Batería de litio E-Scooter de 36V 7.8Ah con cargador y BMS 7800mAh por Amazon, 2021 (<https://www.amazon.com/>)

7.4 Selección de componentes sistema de frenado

7.4.1 Selección del tipo de freno

Para la selección del freno se tienen en cuenta las siguientes alternativas:

Alternativa 1: Freno de disco

Alternativa 2: Freno de tambor

Alternativa 3: Freno electrónico

Tabla 8.

Matriz Pugh-Freno

Criterio de selección	Porcentaje	Alternativas					
		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Costo	16%	2	0.32	4	0.64	5	0.80
Confort	10%	5	0.50	2	0.20	3	0.30
Impacto ambiental	11%	4	0.44	4	0.44	4	0.44
Seguridad	15%	5	0.75	3	0.45	2	0.30
Facil mantenimiento	10%	5	0.50	2	0.20	5	0.50
Bajo consumo de energia	12%	4	0.48	4	0.48	4	0.48
Facil manejo	13%	5	0.65	5	0.65	5	0.65
Liviano	13%	5	0.65	2	0.26	5	0.65
Total		4.29		3.32		4.12	

Nota. Esta tabla muestra los criterios de selección para el topo de freno

Realizada la matriz Pugh se selecciona el freno de disco por su puntaje más alto en la relación criterio/alternativa, aunque tenga mayor costo, también cuenta con una gran variedad de ventajas, siendo más liviano, se recalienta menos, necesita menos mantenimiento, y es más seguro.

Sin embargo, el freno electrónico se ha elegido la opción más idónea para el patinete debido a las limitaciones de espacio en el chasis original, que impiden la instalación de un freno de disco o de tambor en la rueda trasera. Por el contrario, el freno electrónico viene integrado en la llanta del motor, lo que no requiere modificaciones físicas en el chasis para su instalación. Además de

este freno, el patinete cuenta con un freno de pie en la parte trasera, que, junto con el freno electrónico, proporciona un frenado eficaz.

Figura 19.

Freno eléctrico



Nota. Tomado de Patinetes eléctricos, Segway por Híbridos y eléctricos, 2023 (<https://www.hibridosyelectricos.com/patinetes/>)

7.5 Selección de componentes sistema de control

7.5.1 Selección del controlador

Para la selección del freno se tienen en cuenta las siguientes alternativas:

Alternativa 1: Controlador de onda cuadrada

Alternativa 2: Controlador de onda sinusoidal

Tabla 9.*Matriz Pugh- controlador*

Criterio de selección	Porcentaje	Alternativas			
		Alternativa 1		Alternativa 2	
Costo	16%	5	0.80	3	0.48
Confort	10%	5	0.50	5	0.50
Impacto ambiental	11%	5	0.55	5	0.55
Seguridad	15%	3	0.45	5	0.75
Facil mantenimiento	10%	3	0.30	4	0.40
Bajo consumo de energia	12%	5	0.60	5	0.60
Facil manejo	13%	2	0.26	4	0.52
Liviano	13%	4	0.52	4	0.52
	Total		3.98		4.32

Nota. Esta tabla muestra los criterios de selección para el tipo de controlador.

Realizada la matriz Pugh se selecciona el controlador de onda sinusoidal por su puntaje más alto en la relación criterio/alternativa, y además por la ventaja de un mejor control en la aceleración y velocidad, ya que aplican energía en un movimiento más continuo y suave, brindando mayor confort a la hora del manejo.

Figura 20.*Controlador sinusoidal*

Nota. Tomado de Patinete eléctrico Controlador de 48V, 350W onda sinusoidal por Amazon, 2023(<https://www.amazon.es/Centralita-Controlador-escobillas-controlador-programador/dp/B0BZVF4DXG>)

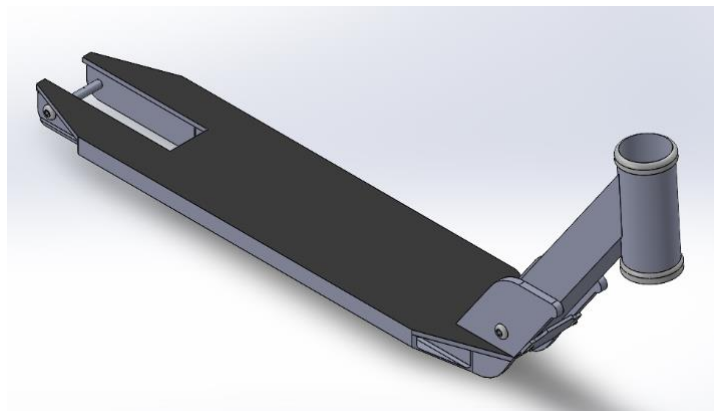
7.6 Especificaciones de diseño

7.6.1 *Análisis estático del chasis*

Se realizó un modelado basado en el chasis del patinete teniendo en cuenta los parámetros originales del diseño, garantizando la precisión del modelo virtual. Adicional a esto se asignaron propiedades mecánicas al modelo, utilizando la aleación de aluminio 1060 como material base, en línea con el material utilizado en el patinete original. Se aplicaron condiciones de carga representativas de situaciones reales de uso, y se llevaron a cabo simulaciones de análisis estático utilizando el método de elementos finitos para evaluar las tensiones y deformaciones en el patinete bajo cargas específicas.

Figura 21.

Modelado del chasis



Nota. Diseño realizado en Solid Works

Paralelo a esto se identificaron las propiedades físicas del chasis del patinete con ayuda de la herramienta SolidWorks.

Figura 22.*Propiedades físicas del chasis*

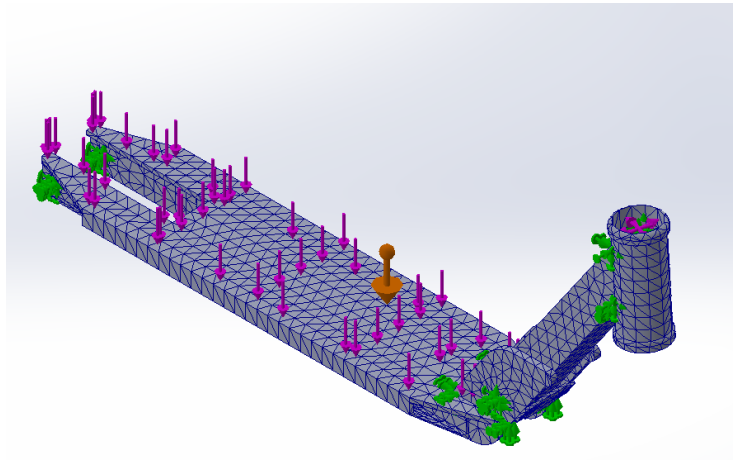
Propiedades de masa de Ensamblaje chasis		
Configuración: Predeterminado		
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --		
Masa = 917.40 gramos		
Volumen = 917.40 centímetros cúbicos		
Área de superficie = 4263.27 centímetros cuadrados		
Centro de masa: (centímetros)		
X = -2.09		
Y = 6.96		
Z = 67.52		
Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gramos * centímetros cuadrados)		
Medido desde el centro de masa.		
lx = (0.00, 0.24, 0.97)	Px = 29558.28	
ly = (0.00, -0.97, 0.24)	Py = 361306.67	
lz = (1.00, 0.00, 0.00)	Pz = 370865.12	
Momentos de inercia: (gramos * centímetros cuadrados)		
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados.		
Lxx = 370864.38	Lxy = 139.47	Lxz = 469.61
Lyx = 139.47	Ly y = 341564.62	Lyz = 78483.42
Lzx = 469.61	Lzy = 78483.42	Lzz = 49301.08
Momentos de inercia: (gramos * centímetros cuadrados)		
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.		
lxx = 4597575.71	lxy = -13174.00	lxz = -128689.27
lyx = -13174.00	lyy = 4527827.54	lyz = 509584.77
lzx = -128689.27	lzy = 509584.77	lzz = 97726.98

Nota. Obtenido de SolidWorks

En el análisis estático estructural mediante el método de elementos finitos (FEM), es esencial considerar las condiciones de carga a las que se expondrá la estructura, así como los métodos de sujeción de los componentes que se incorporarán y sus respectivos grados de libertad. En este caso se tuvo en cuenta un peso máximo del usuario de 100 kg, es decir se propuso una carga alrededor de los 1000N distribuida en la superficie del cuadro para este análisis.

Figura 23.

Disposición de apoyos y cargas chasis



Nota. Diseño realizado en Solid Works

En la fase inicial del análisis estático, se llevó a cabo la generación de la malla para la posterior realización del análisis por elementos finitos (FEA). Durante esta etapa, se identificaron y definieron las cargas aplicadas (representadas en color morado), las restricciones de sujeción (indicadas en color verde), los puntos de contacto entre las piezas y la dirección de la fuerza gravitatoria que actúa sobre el chasis.

Posteriormente se obtienen los detalles de la malla usada por la herramienta, los cuales se pueden observar a continuación.

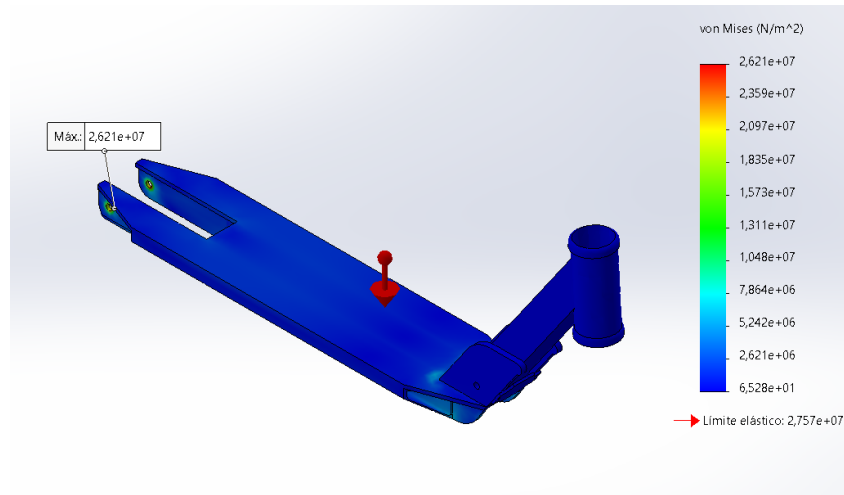
Tabla 10.*Detalles de malla*

Malla Detalles	
Nombre de estudio	Análisis estático 1 (-Predeterminado-)
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 puntos
Tamaño de elemento	1.35895 cm
Tolerancia	0.0679473 cm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	20707
Número total de elementos	10154
Cociente máximo de aspecto	23.559

Nota. Obtenido de SolidWorks

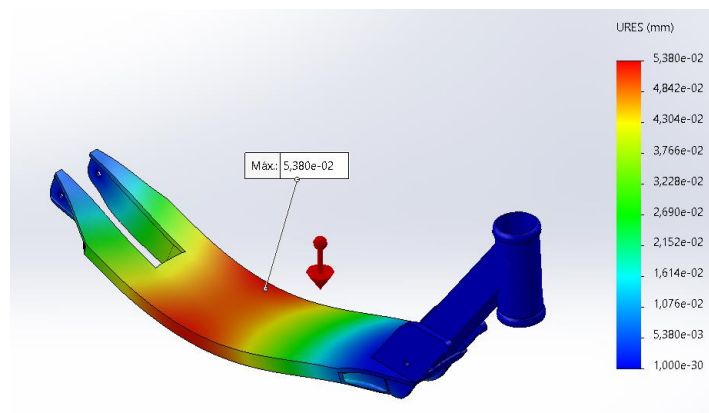
7.6.2 Análisis de esfuerzos

Después de completar el proceso de enmallado, se procedió con la ejecución del análisis, lo que permitió obtener los resultados de los esfuerzos de Von Mises. Estos resultados revelaron que la región crítica del cuadro del patinete, donde se registra el esfuerzo máximo, corresponde a la parte de sujeción trasera. Este fenómeno se atribuye a que la mayor carga se concentra en los puntos de apoyo de la llanta trasera. A pesar de ello, es importante destacar que los resultados mostraron que estos esfuerzos no superan el límite elástico del material.

Figura 24.*Resultados de tensiones (Von mises)**Nota. Obtenido de SolidWorks*

7.6.3 Análisis de desplazamiento

Se evidencia un desplazamiento máximo de $5,380 \times 10^{-2}$ mm en la parte media del cuadro, esto debido al peso máximo establecido ejercido por el usuario.

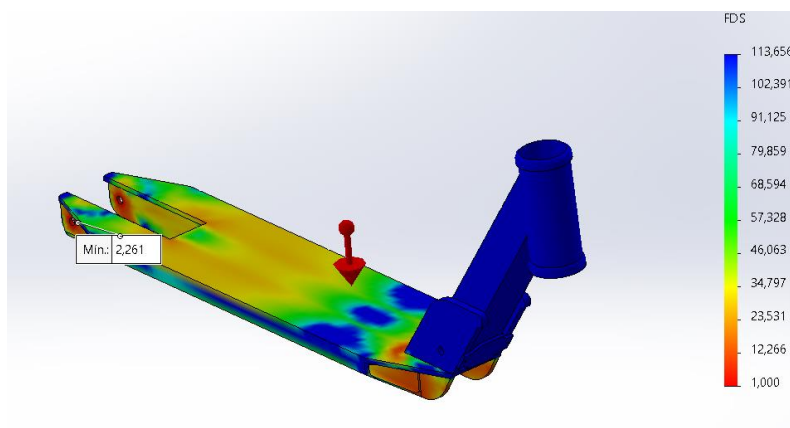
Figura 25.*Resultado de desplazamiento**Nota. Obtenido de SolidWorks*

7.6.4 Factor de seguridad

Los resultados del análisis estático revelaron un factor de seguridad de 2.26, lo cual indica que el componente es capaz de soportar la carga real sin experimentar fallos.

Figura 26.

Resultado de factor de seguridad

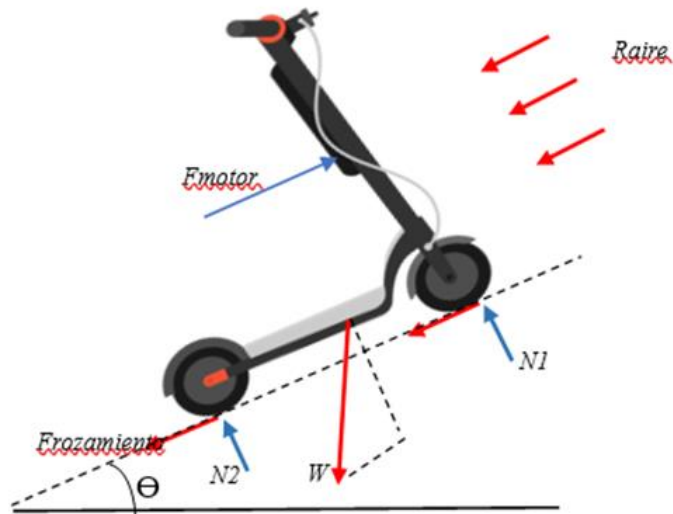


Nota. Obtenido de SolidWorks

7.7 Diseño del sistema de potencia eléctrico

7.7.1 Cálculo de potencia y torque requeridos

Para diseñar el sistema eléctrico, es fundamental tener una comprensión clara de la potencia y el torque necesarios para el patinete. Por lo tanto, se llevará a cabo los cálculos detallados para seleccionar el motor y la batería. Esto implicó el análisis de las fuerzas que actúan en el sistema y también de casos dinámicos para identificar puntos críticos de potencia y corriente del motor, con el fin de realizar una selección apropiada y precisa.

Figura 27.*Diagrama de fuerzas**Nota. Análisis estático del patinete*

De acuerdo con el esquema presentado, las fuerzas que influyen en el patinete son:

- Fuerza normal: Es la fuerza que actúa cuando dos cuerpos entran en contacto, en este caso el suelo y las ruedas del patinete. Esta se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$F_{normal} = M_{total} \cdot g \quad [\text{Ecuación 1}]$$

- Fuerza de Rozamiento: Es la resistencia experimentada cuando un objeto se desplaza sobre una superficie plana, se debe principalmente a la deformación del objeto, aunque también puede ser influenciada por la presión del neumático, la temperatura, y el material. Esta resistencia se determina utilizando la siguiente fórmula:

$$F_{rozamiento} = Cr \cdot F_{normal} \quad [\text{Ecuación 2}]$$

- Resistencia Aerodinámica: Es la fuerza que produce el aire de oposición al movimiento hacia el cuerpo evaluado. Esta se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R_{aerodinamica} = \frac{1}{2} \cdot \rho_{aire} \cdot C_D \cdot A_f \cdot V_{max}^2 \quad [\text{Ecuación 3}]$$

- Potencia: Cantidad de trabajo realizado por un sistema por unidad de tiempo. Esta se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Pot_{requerida} = T \cdot \omega \quad [\text{Ecuación 4}]$$

- Torque: Es una medida de la fuerza aplicada en palanca para hacer girar un objeto, se calcula con la resultante de la fuerza aplicada por la distancia al eje de rotación del objeto. Esta se determina mediante la siguiente ecuación:

$$T_{requerido} = F_{total} \cdot R_{rt} \quad [\text{ecuación 5}]$$

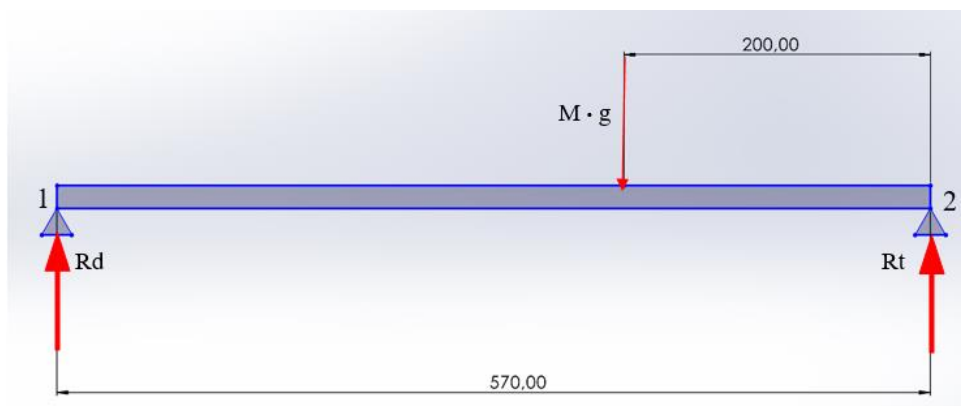
Para la realización de los cálculos se establecen los datos de entrada a tener en cuenta a continuación:

Tabla 11.*Datos de entrada selección del motor*

Datos de entrada				
Parametro	Simbolo	Valor	Unidades	Fuente
Masa usuario	$M_{usuario}$	100	kg	Parametros de diseño
Masa patinete	$M_{patinete}$	15	kg	Parametros de diseño
Gravedad	g	9.81	m/s^2	Valor estandar
Coefficiente de resistencia aerodinamico	C_D	0.9		modelado del comportamiento dinámico de bicicletas y patinetes para la simulacion de conducción en entornos virtuales
Coefficiente de friccion ruedas	C_R	0.035		ZWHEEL
Densidad del aire	ρ	1.23	kg/m^3	J.X. Aguado
Area frontal	A_F	0.7	m^2	modelado del comportamiento dinámico de bicicletas y patinetes para la simulacion de conducción en entornos virtuales

Nota. La tabla muestra los parámetros de entrada para la selección del motor.

A continuación, se procederá a estimar el peso máximo que podría soportar una de las ruedas bajo condiciones desfavorables, donde se dispone que la carga está concentrada a una distancia de 200 mm desde el eje de la rueda trasera. Para simplificar el análisis, se puede considerar el sistema como una viga biapoyada, donde la carga se distribuirá entre los dos puntos de apoyo. (Figura 28)

Figura 28.*Modelo de viga del patinete*

Para calcular la distribución de carga tenemos:

$$\sum M_1 = 0 \rightarrow -m \cdot g \cdot (570 - 200) + Rt \cdot (570) = 0$$

Sabiendo que $m = 110 \text{ kg}$ y $g = 9.81 \text{ N/kg}$; Se obtiene:

$$Rt = \frac{399267 \text{ (N/mm)}}{570 \text{ (mm)}} = 700.46 \text{ (N)}$$

Para hallar la reacción de la rueda delantera se realiza una sumatoria de fuerzas en el eje vertical.

$$\sum F_y = 0 \rightarrow m \cdot g = Rt + Rd$$

$$Rd = 378.64 \text{ N}$$

Por otro lado, se debe tener en cuenta la resistencia ejercida por el viento ya que es una fuerza considerable que se opone al movimiento del patinete en este caso, esta resistencia se debe a la fricción y la presión del aire sobre la superficie del objeto que está en movimiento. Para el cálculo de esta fuerza se utilizará la (Ecuación 3).

$$R_{aerodinamica} = \frac{1}{2} \cdot 1.3 \text{ kg/m}^3 \cdot 0.9 \cdot 0.7 \text{ m}^2 \cdot 6.94 \text{ (m/s)}^2 = 19.72 \text{ (N)}$$

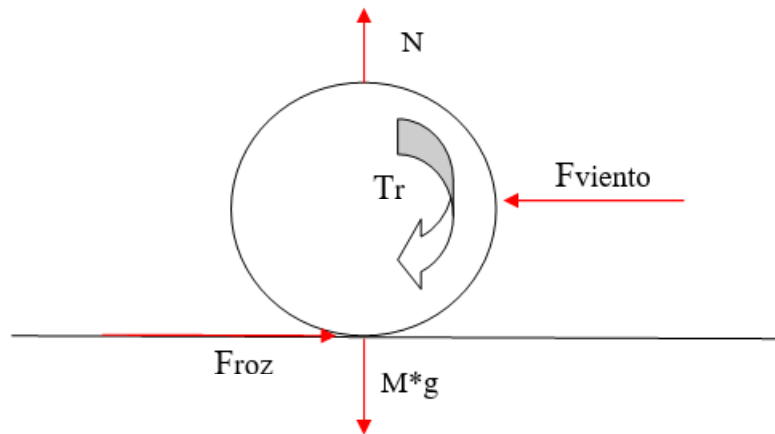
Ya teniendo todos los datos necesarios para el cálculo de la potencia requerida del motor eléctrico, primero se calculará la potencia necesaria para circular en terreno plano (pendiente 0°) a una velocidad de 25 km/h , y posterior a esto se evaluara si con esta potencia el patinete logra subir una pendiente del 15% .

- Cálculo de la potencia en llano:

Para el cálculo de la potencia en terreno plano, se realizará el diagrama de cuerpo libre de la rueda delantera (Figura 29) circulando a una velocidad de 25km/h

Figura 29.

Diagrama cuerpo libre rueda delantera



$$\sum F_y = 0 \rightarrow m \cdot g = N = 378.64 \text{ (N)}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_{roz} - F_{viento} = 0$$

$$F_{roz} = F_{viento} = 19.72 \text{ (N)}$$

Se implementa ahora la ecuación fundamental de la dinámica de rotación:

$$\sum M = I \cdot \alpha$$

Dado que se asume una velocidad constante, la aceleración angular es nula, por ende

$$T_r - F_{roz} \cdot r = 0 \rightarrow T_r = F_{roz} \cdot r$$

$$19.72 (N) \cdot 0.1(m) = T_r = 1.97 (N \cdot m)$$

Conociendo la velocidad lineal y el radio de la rueda, se puede calcular la velocidad angular

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{6.94 \left(\frac{m}{s}\right)}{0.1 (m)} = 69.4 (rad/s)$$

Por lo tanto, la potencia de la rueda es:

$$Pot = T \cdot \omega = 1.97 (N \cdot m) \cdot 69.4 (rad/s) = 136.71 (W)$$

Teniendo en cuenta que el motor escogido será de tipo transmisión directa, se tomará la potencia necesaria de la rueda como la misma potencia necesaria del motor.

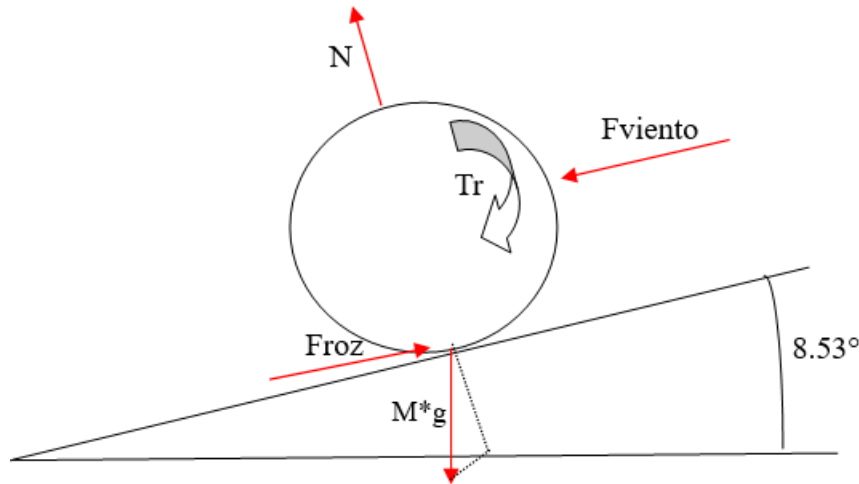
$$Pot_{motor} = 136.71 (W)$$

- Cálculo de la velocidad en una rampa del 15% con la potencia de 136 W.

En el siguiente apartado se comprobará si el patinete podría subir una rampa del 15% con la potencia para circular en plano a 25km/h calculada anteriormente. Primero se realizará el diagrama de cuerpo libre, teniendo en cuenta que una rampa del 15 % equivale a una inclinación de 8.53°.

Figura 30.

Diagrama cuerpo libre rueda inclinada



$$\sum F_y = 0 \rightarrow N = m \cdot g \cdot \cos(8.53^\circ) = 374.5 \text{ N}$$

Ya que no se conoce la velocidad en rampa, se dejará expresado en función de esta, y con la potencia hallada anteriormente se despejará esta velocidad.

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_{roz} - F_{viento} - m \cdot g \cdot \sin(8.53^\circ) = 0$$

$$F_{roz} = F_{viento} + m \cdot g \cdot \sin(8.53^\circ) = 0$$

$$F_{roz} = 56.16 + 0.4v^2(N)$$

Se implementa ahora la ecuación fundamental de la dinámica de rotación:

$$\sum M = I \cdot \alpha$$

Dado que se asume una velocidad constante, la aceleración angular es nula, por ende

$$Tr = F_{roz} \cdot r \rightarrow Tr = (56.16 + 0.4v^2) \cdot 0.1(m) = 5.61 + 0.04v^2(N \cdot m)$$

Sabiendo que la velocidad angular es el cociente entre la velocidad lineal y el radio de la rueda se tiene.

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{v \left(\frac{m}{s}\right)}{0.1(m)} = 10v \text{ (rad/s)}$$

Conocida la potencia en la rueda, podemos establecer una ecuación en la que la velocidad sea la única incógnita.

$$Pot = T \cdot \omega \rightarrow 136(W) = (5.61 + 0.04v^2)(N \cdot m) \cdot 10v \text{ (rad/s)}$$

Resolviendo se obtiene la siguiente ecuación:

$$0.4 \cdot v^3 + 56.1 \cdot v - 136 = 0$$

Despejando la velocidad en la ecuación de grado 3 se obtiene una solución real.

$$v = 2.33 \text{ m/s} = 8.38 \text{ km/h}$$

De lo anterior se puede concluir que el patinete subiría la rampa de inclinación del 15% a una velocidad de 8km/h, teniendo en cuenta que esta velocidad es relativamente baja en relación con la velocidad máxima del patinete, se procede a estudiar el comportamiento del patinete con una potencia más alta.

Además, observando la potencia de los patinetes urbanos comerciales, se observa que sus motores tienen una potencia normalmente entre 200-350 W. Por lo tanto, se procede a evaluar el patinete con un motor de 300 W.

Despejando en la ecuación grado 3 tenemos, en la que el termino independiente es la potencia tenemos.

$$0.4 \cdot v^3 + 58.7 \cdot v - 300 = 0$$

Resolviéndola se obtiene una solución real.

$$v = 4.63 \text{ m/s} = 16.68 \text{ km/h}$$

Obteniendo una velocidad máxima de 16.68 km/h en inclinación de 15%, se decide que una potencia nominal de 300W será suficiente para cumplir con los requisitos del patinete.

Tabla 12.

Resultados potencia y torque requerido

Resultados			
Parametro	Simbolo	Valor	Unidades
Masa total	$M_{usuario}$	110	kg
Fuerza normal(rueda delantera)	F_N	378.64	N
Fuerza de rozamiento	F_r	64.73	N
Resistencia aerodinamica	F_{viento}	19.72	N
Torque requerido	T_r	6.47	N · m
Potencia requerida	P_r	300	W

Nota. La tabla muestra los datos obtenidos de los cálculos de potencia y torque requeridos

Se obtuvo una Potencia requerida de 300 Watts y un torque requerido de 6.47 Newtons por metro, con estos datos se procederá a seleccionar el motor eléctrico.

7.7.2 Selección del motor eléctrico

Con base en los datos de potencia y torque requeridos calculados anteriormente, además del tipo de motor seleccionado, se establece como parámetros para la selección del motor una

potencia de 300 W para motor brushless. Posterior a esto se selecciona el motor que se observa a continuación.

Figura 31.

Motor Brushless 300W 36V



Nota. Tomado de *Motor de repuesto para patinete eléctrico Xiaomi M365/M365 PRO, 300W* por AliExpress, 2023 (<https://es.aliexpress.com/item/1005004467702813.html>)

Marca: Xiaomi

Tensión: 36V

Uso: Patinete eléctrico

Tipo: Motor Hub Brushless

Par: 4.5 N·m

Potencia nominal: 300W

Velocidad (RPM): 600±10 rpm

Peso: 3.31 Kg

7.7.3 Selección del controlador

Después de la selección del motor, se procede a seleccionar el controlador ya que se tendrá en cuenta la tensión y la potencia a las que trabaja el motor eléctrico. En adición a esto se tuvieron en cuenta algunos requerimientos específicos del patinete nombrados a continuación:

- Control de velocidad
- Sistema de frenado electrónico
- Controlador sinusoidal
- Funciones extras de encendido, y funcionamiento

Para seleccionar el controlador también se tuvo en cuenta la corriente máxima permitida, de acuerdo a los datos de potencia nominal y voltaje de trabajo del motor que se encuentran en la siguiente ecuación.

$$\frac{P(W)}{V(V)} = I(A) \rightarrow \frac{300w}{36v} = 8.33A$$

$$I = 8.33A$$

La anterior es la corriente máxima permitida de entrada del motor si se maneja a una tensión de 36v, además el controlador debe tener una capacidad del límite de corriente mayor a esta para evitar sobrecargas.

Figura 32.

Controlador 36V, 250/350w



Nota. Tomado de *Brushless Square Controller with Light Wire for 36V 48V 250W 350W Motors* 36V Brushless Motor Controller por Amazon, 2023 (<https://www.amazon.com/VGEBY-Brushless-Controller-Electric-Bicycle/>)

Volts: DC36V

Current limiting: 13A

Lower Volts: DC30V

Degree brake: Low

Power: 250W/350W

Angle: 120/60°

7.7.4 Selección de la batería y cálculo de la autonomía

Al disponer de los datos del motor y del controlador, se debe seleccionar una batería que proporcione el voltaje y amperaje necesarios. Dado que el motor y el controlador operan a 36V, este valor determina el voltaje de trabajo de la batería. En cuanto al amperaje, al motor le llegará como máximo la corriente máxima de la batería.

El motor de 300W (Potencia=Voltaje*Intensidad) de potencia nominal $I = 300W/36V = 8.33A$, es decir que con una batería de más de 8.33 AH el motor de 300w trabajará a tope de potencia. Sin embargo, en el mercado se encuentran opciones desde 5 a 12 Ah para este tipo de sistemas, para el proyecto se opta por una batería de 7 Ah ya que le provee una buena potencia al motor sin riesgo de sobrecarga por un menor costo.

Figura 33.

Batería de Litio 36V 7Ah



Nota. Tomado de *Batería De Litio Para Scooter Eléctrico De 36 V, 7 Ah, Bater*, por Mercado Libre, 2024 (https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-2087480564-bateria-de-litio-para-scooter-electrico-de-36-v-7-ah-bater-_JM)

Con base en la batería seleccionada se realiza el cálculo de la autonomía ideal del patinete.

La capacidad de la batería se mide en amperios-hora (Ah), en este caso la batería es de 7Ah y opera a 36V, así que se convierte esta capacidad a vatios-hora con la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad de la batería(Wh)} = \text{Voltaje(V)} \times \text{Capacidad(Ah)}$$

$$\text{Capacidad de la batería}(Wh) = 36V \times 7Ah = 252Wh$$

Luego estableciendo que el consumo del motor durante el uso típico es de 300W, se continua a hallar la autonomía dividiendo la capacidad de la batería en el consumo del motor.

$$\text{Autonomía}(h) = \frac{\text{Capacidad de la batería}(Wh)}{\text{Consumo del motor}(W)}$$

$$\text{Autonomía}(h) = \frac{252Wh}{300W} = 0.84h$$

Para conocer la autonomía en términos de distancia se hace la respectiva conversión con la velocidad promedio del patinete:

$$\text{Autonomía}(Km) = \text{Autonomía}(h) \times \text{Velocidad}(Km/h)$$

$$\text{Autonomía}(Km) = 0.84(h) \times 25(Km/h) = 21km$$

Cabe resaltar que este resultado es un resultado ideal en plano, y que no se tuvo en cuenta la recuperación regenerativa de la batería con el frenado electrónico.

8. Construcción

Una vez seleccionadas todas las piezas, se procedió con el ensamblaje y la conexión de los componentes. Estos procesos se llevaron a cabo en Bucaramanga, Santander, en la empresa sDroll, que dispone de las herramientas y componentes necesarios para la mayor parte del proceso de instalación. Dado que el objetivo de este proyecto es adaptar un sistema eléctrico a un patinete originalmente mecánico, se partió con el chasis del patinete, como se muestra en la figura 15. Debido a su estado actual, se desmontaron sus partes y se sometieron a un proceso de pintura.

Figura 34.

Proceso de pintura



Posterior a esto, se identificó un inconveniente durante la instalación del motor en la rueda delantera, ya que no cabía dentro de las dimensiones de la horquilla original. Para solucionar este problema, se reemplazó por una horquilla con el mismo diámetro de tubo, que permitiera pasar por la base y que además fuera lo suficientemente ancha para asegurar y acoplar libremente la rueda en ella, como se muestra en la figura 35.

Figura 35.

Horquilla de Reemplazo



Seguido a esto se tomó en cuenta que el manubrio del patinete original era muy pequeño para las dimensiones antropométricas requeridas mencionadas anteriormente, así que para brindarle una mejor estabilidad y confort al usuario se eligió un manubrio disponible de bicicleta bmx.

Figura 36.

Manubrio BMX



Lo siguiente a realizar antes de empezar el ensamblaje de los componentes eléctricos fue probar todo el sistema eléctrico que consta del acelerador, controlador, batería y motor; conectar su respectivo cableado, y monitorear en el dashboard el voltaje consumido, la velocidad, la batería y los 3 diferentes niveles de velocidad que permite usar el controlador, para así cerciorar que no existieran fallas futuras por mal estado de algún componente.

Figura 37.*Pruebas Sistema Eléctrico*

Nota. Elaboración propia

Una vez confirmado que el sistema eléctrico está en un estado óptimo y funcional, se prosigue a la instalación. Cabe resaltar que, por restricciones de espacio y dimensiones del patinete original, se optó por instalar la batería de forma externa, es decir, en la parte frontal, con un forro especial impermeable de batería con puerto de cargador, donde ira tanto la batería como el controlador del patinete.

Al momento de empezar con la tornillería se tuvo que pulir algunas superficies antes de atornillar ya que la pintura le agrego un poco de grosor a algunas partes.

Figura 38.

Proceso de Pulido



Para el sistema de dirección se utilizaron 2 rodamientos de bolas, para la parte superior e inferior del junte del manubrio con la horquilla. Sumado a esto la llanta trasera tiene incorporado su rodamiento y se realizó una lubricación de estas piezas móviles. Finalmente se instaló el acelerador y freno electrónico se establecieron las conexiones y procedió a ensamblar las piezas restantes.

Figura 39.

Proceso de Ensamblaje



Como resultado del proceso de ensamblaje se obtiene el patinete eléctrico con los requerimientos establecidos. La ficha técnica y los planos de este módulo se pueden encontrar en los apéndices A y C respectivamente.

Figura 40.

Modelo en CAD



Nota. Diseño realizado en Solid Works

9. Presupuesto

Tabla 13.

Presupuesto del proyecto

ARTICULO	CANTIDAD	VALOR TOTAL COP
Motor hub Brushless 300W 36V	1	400.000
Controladora 48V 350 W	1	230.000
Bateria 36V 7Ah	1	500.000
BMS para bateria	1	180.000
Horquilla mecanizada	1	95.000
Manubrio BMX	1	130.000
Poste de direccion	1	70.000
Mano de pintura	1	30.000
Pulida piezas	1	10.000
Dashboard con acelerador	1	30.000
Lija antideslizante	2 50cm x 5cm	10.000
Freno electrico	1	25.000
TOTAL:		1.710.000

Nota. La tabla muestra los costos de los diferentes artículos adquiridos para la construcción del proyecto.

10. Pruebas de Operación

Para las pruebas de operación se realizan 3 diferentes evaluaciones al patinete, en dos diferentes terrenos. Estas pruebas se realizan con el objetivo de determinar las características reales del patinete y la validación de los estándares establecidos como velocidad, aceleración y frenado.

La primera prueba se basa en la recolección y análisis de datos de velocidad en un terreno plano, la segunda prueba consiste en la toma de datos en un terreno con pendiente y por último se establece la prueba de frenado en plano a velocidad máxima, para calcular la distancia de frenado. Las tablas de los datos de tiempo y velocidad tomados se encuentran en el apéndice B.

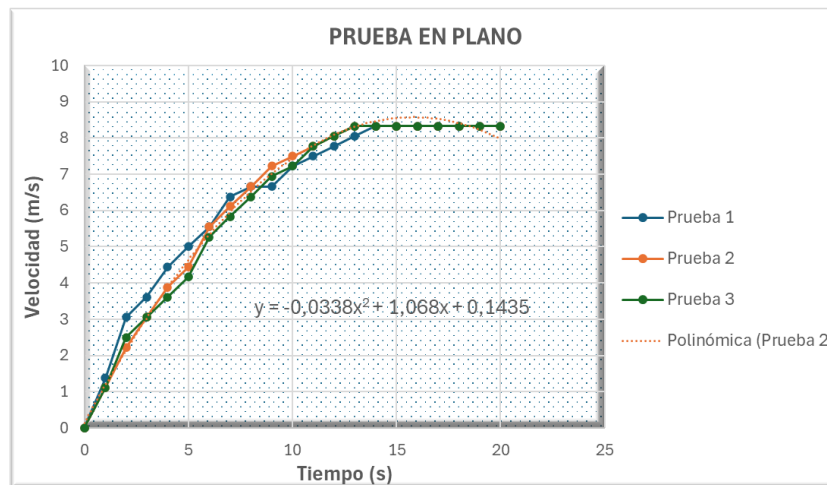
Para la prueba de frenado, se mide la distancia que demora el patinete entre ir a velocidad máxima y detenerse completamente, todo esto en terreno llano. El resultado promedio de 3 pruebas fue una distancia de frenado de 7 metros.

Tabla 14.

Resultados prueba de ruta en plano

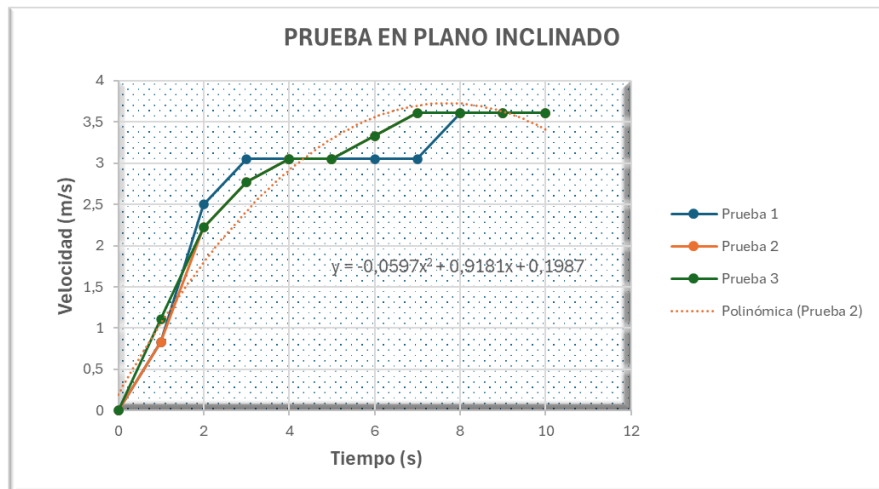
Palmeras del cacique
Direccion: Cra. 49 #931 a 93, Bucaramanga, Santander
Longitud total: 200 m
Material: Concreto
Datos obtenidos de la validación
Velocidad Maxima alcanzada: 30km/h (8.33m/s)
Tiempo promedio de aceleración a vel max: 13s
Peso total carga: 15kg + 72kg
Duración total de la prueba : 15 segundos
Aceleracion promedio: 0,392 m/s ²

Nota. La tabla muestra los datos obtenidos de la validación de la prueba experimental en plano

Figura 41.*Análisis de datos prueba en plano***Tabla 15.***Resultados prueba de ruta en pendiente*

Balcones de la colina
Dirección: Circunvalar #36A 104-47 Floridablanca, Santander
Longitud total: 100 m
Inclinación: 15%
Material: Concreto
Datos obtenidos de la validación
Velocidad Máxima alcanzada: 13km/h (3,61m/s)
Tiempo promedio de aceleración a vel max: 7,3s
Peso total carga: 15kg + 72kg
Duración total de la prueba : 10 segundos
Aceleración promedio: 0,321(m/s ²)

Nota. La tabla muestra los datos obtenidos de la validación de la prueba experimental en plano

Figura 42.*Análisis de datos prueba en pendiente*

11. Análisis Económico TIR

Para evaluar la viabilidad del proyecto de la adaptación de un sistema eléctrico a un patinete mecánico se realiza un análisis económico basado en 2 fases. La primera fase consta de un análisis TIR (Tasa interna de retorno) donde también se haya el VAN (valor actual neto) para determinar si el proyecto es rentable. Para ello se tiene en cuenta la valoración en un periodo de un año, estableciendo como ingresos el ahorro consumido en gasolina en comparación del gasto de movilizarse en carro, y en egresos al coste mensual del mantenimiento del patinete. Por otra parte, se propone establecer en el ultimo mes un valor residual al activo.

Para el valor de la tasa de descuento se determino el valor que se ha utilizado en las últimas décadas en Colombia 12%.

Tabla 16.*Análisis TIR*

Flujo de Egresos		Flujo de Ingresos		Flujo Efectivo Neto	
Mensual	Egresos	Mensual	Ingresos	Mensual	Efectivo Neto
1	\$ 1.710.000,00	1	\$ 280.000,00	1	-\$ 1.430.000,00
2	\$ 40.000,00	2	\$ 280.000,00	2	\$ 240.000,00
3	\$ 40.000,00	3	\$ 280.000,00	3	\$ 240.000,00
4	\$ 40.000,00	4	\$ 280.000,00	4	\$ 240.000,00
5	\$ 40.000,00	5	\$ 280.000,00	5	\$ 240.000,00
6	\$ 40.000,00	6	\$ 280.000,00	6	\$ 240.000,00
7	\$ 40.000,00	7	\$ 280.000,00	7	\$ 240.000,00
8	\$ 40.000,00	8	\$ 280.000,00	8	\$ 240.000,00
9	\$ 40.000,00	9	\$ 280.000,00	9	\$ 240.000,00
10	\$ 40.000,00	10	\$ 280.000,00	10	\$ 240.000,00
11	\$ 40.000,00	11	\$ 280.000,00	11	\$ 240.000,00
12	\$ 40.000,00	12	\$ 880.000,00	12	\$ 840.000,00
				TIR	14%
				VNA	\$ 3.307.533,45

Nota. La tabla muestra los datos de flujos mensualmente por el periodo de un año.

En el anterior análisis se obtuvo un valor TIR de 14% mayor al valor de la tasa de descuento mencionado anteriormente, lo que quiere decir que el proyecto es rentable en cuanto a comparación de la movilidad en automóvil, además el valor de VAN positivo en este caso concluye que por esta inversión se ahorraría un total de \$ 3.307.533 pesos en el año, entre ahorro de gasolina más el valor residual.

La segunda fase trata de la viabilidad del proyecto ejecutando la comparación entre el total del costo entre los patinetes comerciales de características similares y el costo final del patinete eléctrico adaptado. Al realizar el cálculo de costos de la manufactura y adaptación del patinete eléctrico se obtiene un valor de \$1.710.000 pesos que se puede observar en la tabla 13. Sin

embargo, sumándole a este valor el costo de \$800.000 del patinete original, se tiene un costo total de \$ 2.510.000 el cual se comparará con otros patinetes comerciales.

Tabla 17.

Precios patinetes comerciales

Ilustración	Modelo	Autonomia	Potencia	Precio
	ECOMI-SK2	20-40 Km (eco)	600Watts	\$ 2.250.000
	SEGWAY-NINEBOT F25	20-25 Km	300Watts	\$ 2.119.000
	AUTEKO STARKER Lite	25 Km	350Watts	\$ 2.100.000
	GO GREEN F15	30Km	350Watts	\$ 2.100.000
	XIAOMI-Essential	20 Km	250Watts	\$ 1.800.000
	SEGWAY-NINEBOT F40	40 Km	350 Watts	\$ 3.300.000
	SEGWAY-NINEBOT F30	30 Km	300 Watts	\$ 2.800.000
	Patinete Electrico Adaptado PEC	20 Km	300 Watts	\$ 2.510.000

Nota. La tabla muestra los diferentes precios de patinetes comerciales y del prototipo del proyecto

12. Conclusiones

- Una conclusión de este proyecto es que el prototipo es funcional y la adaptación de los diferentes componentes del sistema eléctrico fue exitosa. Esto se confirmó en las pruebas de validación, donde el equipo demostró eficiencia, alcanzando una velocidad máxima de 30 km/h, una distancia de frenado de 7 metros, y una autonomía de 20 km.
- Fue de gran importancia los cálculos y la selección adecuada de los diferentes componentes, debido a que estos operan a distintos niveles de corriente y voltaje. Una selección incorrecta podría causar daños graves en el sistema eléctrico.
- El mayor desafío del proyecto fue el espacio limitado para instalar el sistema de propulsión, debido al tamaño original del patinete mecánico. El reducido tamaño del patinete no permitió la instalación de la batería en la parte inferior de la base como normalmente vienen diseñados estos dispositivos, lo cual llevo a una instalación de batería externa. Además, se tuvo que diseñar una nueva horquilla, e instalar un sistema de frenado electrónico en lugar de un freno, debido a la estructura trasera.
- Es muy importante al momento de realizar las conexiones tener el controlador descargado a tierra, esto se debe a que a veces quedan conexiones restantes. Por otro lado, es muy importante la presencia de una tarjeta BMS en la batería ya que genera protección de las altas cargas y descargas de corriente y se encarga de la gestión energética.

- Se realizó un cambio en el manillar a uno más largo, por motivos de ergonomía y confort, ya que el manillar original medía menos de la medida antropométrica establecida en el apartado 5.3, pero también con el fin de generar más estabilidad y seguridad al usuario a la hora de maniobrar el patinete.
- Teniendo en cuenta que el objetivo del proyecto es la adaptación de un sistema eléctrico a un patinete mecánico, con fines económicos, se puede concluir que se realizó un prototipo suficiente por un costo de 1'710.000 pesos, sin embargo, del análisis económico se pudo concluir, que los patinetes comerciales se encuentran a costos similares y por el contrario no generan gasto de tiempo y esfuerzo en adecuarlos.

Bibliografía

- Aparicio, R. (2011). diseño de un patinete de bajo coste: medio de transporte rápido y ecológico para desplazamientos dentro del campus de la universidad de Almería (proyecto de grado), Universidad de Almería.
- Arias, D. (2020) [En línea]. Diseño y construcción de un patinete eléctrico con control de velocidad y sistema de frenado para su uso como medio de transporte en ciudades. https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/11462/2020_Tesis_Daniel_Felipe_Arias.pdf
- Ávila, R., Prado, L., & González, E. (2007). Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. *Universidad de Guadalajara, Segunda edición, 2007.*
- Castaño, G. (2021). Vehículo Eléctrico Para Movilidad Personal, Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico. Edu.ec. de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11591/2/04%20MEL%20127%20TRA%20BAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Cómo funciona un patinete eléctrico. (2021, febrero 9). [En línea]. Youin blog. <https://weareyouin.com/es-es/blog/como-funciona-un-patinete-electrico>
- García, M. (2015). pasado, presente y futuro de vehículos eléctricos. (proyecto de grado). Pereira: universidad tecnológica de Pereira. <https://core.ac.uk/download/pdf/71398996.pdf>
- Gonzales, C., Mogollón, M.(2023) Diseño de una bicicleta eléctrica con un módulo de transporte de carga que fomente la movilidad urbana sostenible en el Área Metropolitana de Bucaramanga(proyecto de grado) Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander.
- INRIX. (2023, enero 6). [En línea] Global Traffic Scorecard. Inrix. <https://inrix.com/scorecard/>
- Liebre, L. (2023, 2 octubre). Ranking Mejores patinetas eléctricas 2022: segmento de entrada. *LiebreNaranja*. <https://www.liebrenaranja.com/blog-patinetas-electricas/>
- Montoya, L. (2020, febrero 20). Normatividad para uso de patinetas eléctricas en Colombia. Moov Scooters; Moov. <https://moov-scooters.com/normatividad-para-uso-de-patinetas-electricas-en-colombia/>
- Morante, C. (2019, 10 junio). Estudio, diseño y montaje de un patinete eléctrico fabricado con materiales reciclados y análisis de viabilidad económica de su comercialización como kit lúdico-educativo de auto montaje.

file:///C:/Users/Santiago/Downloads/REPORT_Morante_Pita_Christyan_fitxer%20de%20consulta%20(3).pdf

- Patinete, E. (2020, agosto 12). [En línea]. Cómo Funciona un Patinete Eléctrico. Elpatinete.net; El Patinete. <https://elpatinete.net/como-funciona-patinete-electrico/>
- Pérez, I. (2019, 30 abril). Patinetas eléctricas: alternativa de movilidad sin regulación en Bucaramanga. *www.vanguardia.com*. <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/patinetas-electricas-alternativa-de-movilidad-sin-regulacion-en-bucaramanga-DE868849>
- Rueda, J. (2017). DISEÑO DE UN MONOPLAZA ELÉCTRICO TIPO SCOOTER COMO MEDIO ALTERNATIVO DE TRANSPORTE URBANO. [En línea]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/38847/u808739.pdf?sequence=1>
- Santos Moscardo, C. (2023). Modelado del comportamiento dinámico de bicicletas y patinetes para la simulación de conducción en entornos virtuales(proyecto de grado), Universitat Politècnica de Valencia.
- Zhang, S. (2022, enero 13). [En línea] Freno de tambor de patinete eléctrico Vs freno de disco, cuál elegir. GYROOR. <https://gyroorboard.com/es/blogs/posts/electric-scooter-drum-brake-vs-disc-brake>

Apéndices

Apéndice A. Ficha Técnica

Nombre del producto	Especificaciones	Nota
Motor	300 w BLDC HUB MOTOR	Xiaomi 365 36v 300w
Tipo de batería	Li-ion Battery pack	24x8x5
Capacidad de batería	36v 7Ah	
Tiempo de carga	4hr +	Cargado estandar (2.5A)
Maxima velocidad	30 km/h	Funcion de ajuste de velocidad por nivel (I, II, III)
Maximo kilometraje	±20 km	75 kg de carga, 25km/h , terreno plano conduccion continua
Capacidad de subida	Alrededor de 8,53°	Depende de factores como, peso, estado de carretera, carga de batería
Carga maxima	100kg	
Tamaño desplegado	936 x 555 x 1005	Largo x ancho x alto (mm)
Dashboard	Puño acelerador, visualizacion estado de batería, velocidad, voltaje.	Funcion de ajuste de velocidad
Frenos	Freno delantero electrico, y freno trasero de pie	Incorpora funcion de freno regenerativo en el frenado electrico
Neumaticos	Rueda delantera maciza de 8,5", rueda trasera Oxelo town 7/9	

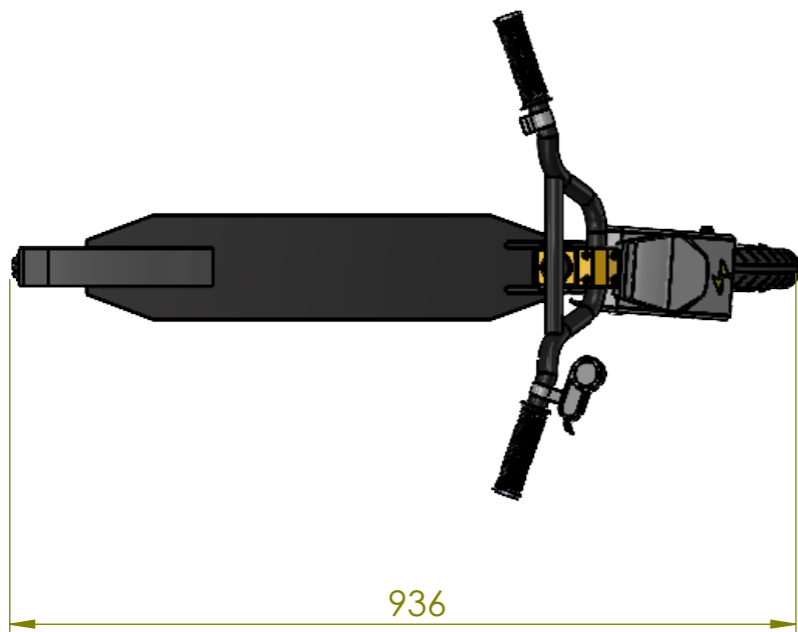
Apéndice B. Tablas de datos pruebas experimentales*Recolección de datos en plano*

Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3	
t (s)	v (m/s)	t (s)	v (m/s)	t (s)	v (m/s)
0	0	0	0	0	0
1	1,38	1	1,11	1	1,11
2	3,05	2	2,22	2	2,5
3	3,61	3	3,05	3	3,05
4	4,44	4	3,88	4	3,61
5	5	5	4,44	5	4,16
6	5,55	6	5,55	6	5,27
7	6,38	7	6,11	7	5,83
8	6,66	8	6,66	8	6,38
9	6,66	9	7,22	9	6,94
10	7,22	10	7,5	10	7,22
11	7,5	11	7,77	11	7,77
12	7,77	12	8,05	12	8,05
13	8,05	13	8,33	13	8,33
14	8,33	14	8,33	14	8,33
15	8,33	15	8,33	15	8,33
16	8,33	16	8,33	16	8,33
17	8,33	17	8,33	17	8,33
18	8,33	18	8,33	18	8,33
19	8,33	19	8,33	19	8,33
20	8,33	20	8,33	20	8,33

Recolección de datos en pendiente 15%

Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3	
t (s)	v (m/s)	t (s)	v (m/s)	t (s)	v (m/s)
0	0	0	0	0	0
1	0,83	1	0,83	1	1,11
2	2,5	2	2,22	2	2,22
3	3,05	3	2,77	3	2,77
4	3,05	4	3,05	4	3,05
5	3,05	5	3,05	5	3,05
6	3,05	6	3,33	6	3,33
7	3,05	7	3,61	7	3,61
8	3,61	8	3,61	8	3,61
9	3,61	9	3,61	9	3,61
10	3,61	10	3,61	10	3,61

Apéndice C. Planos CAD del prototipo



936



1005

725

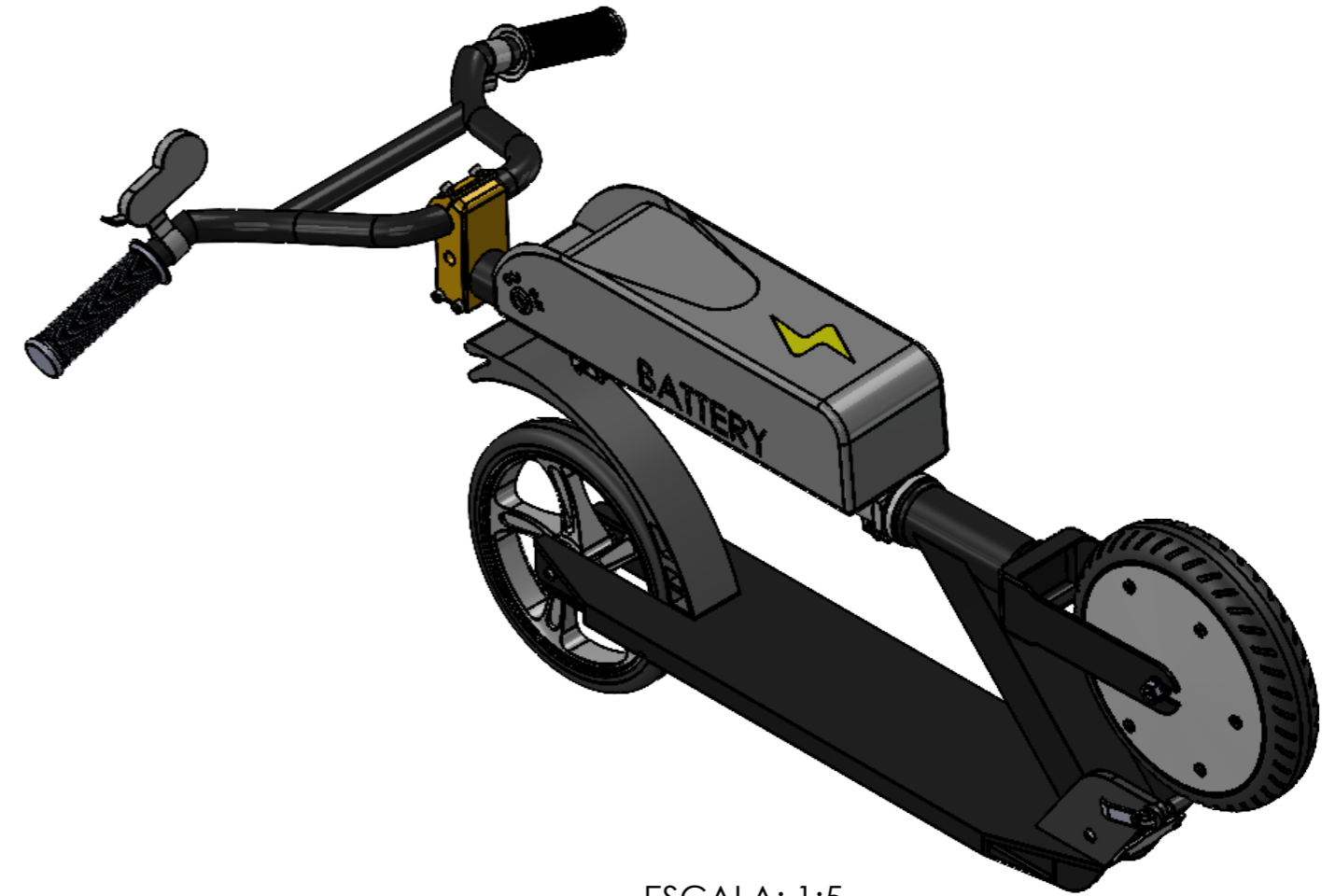
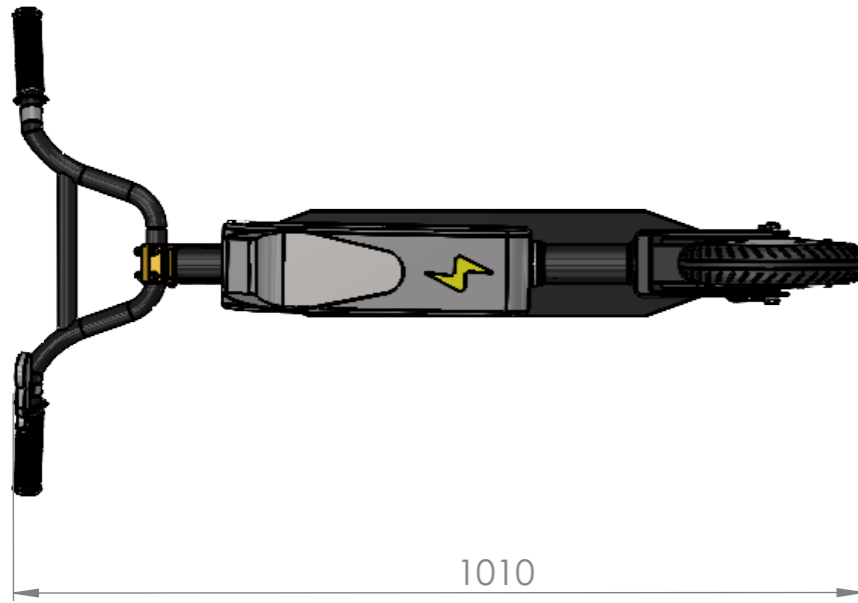


555

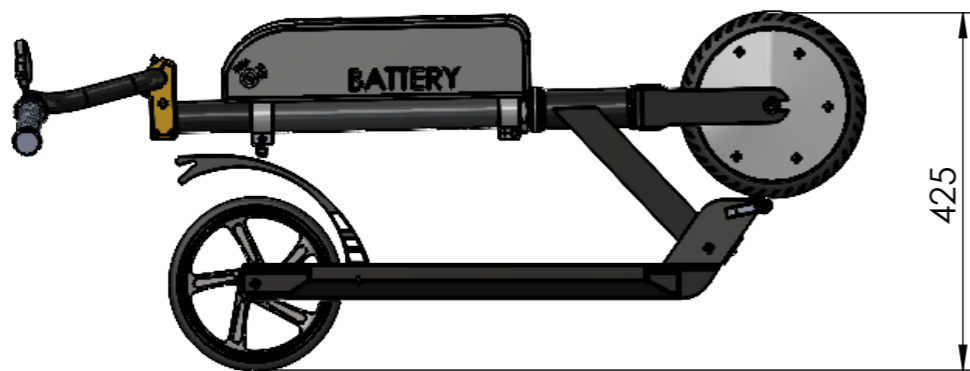


ESCALA: 1:7

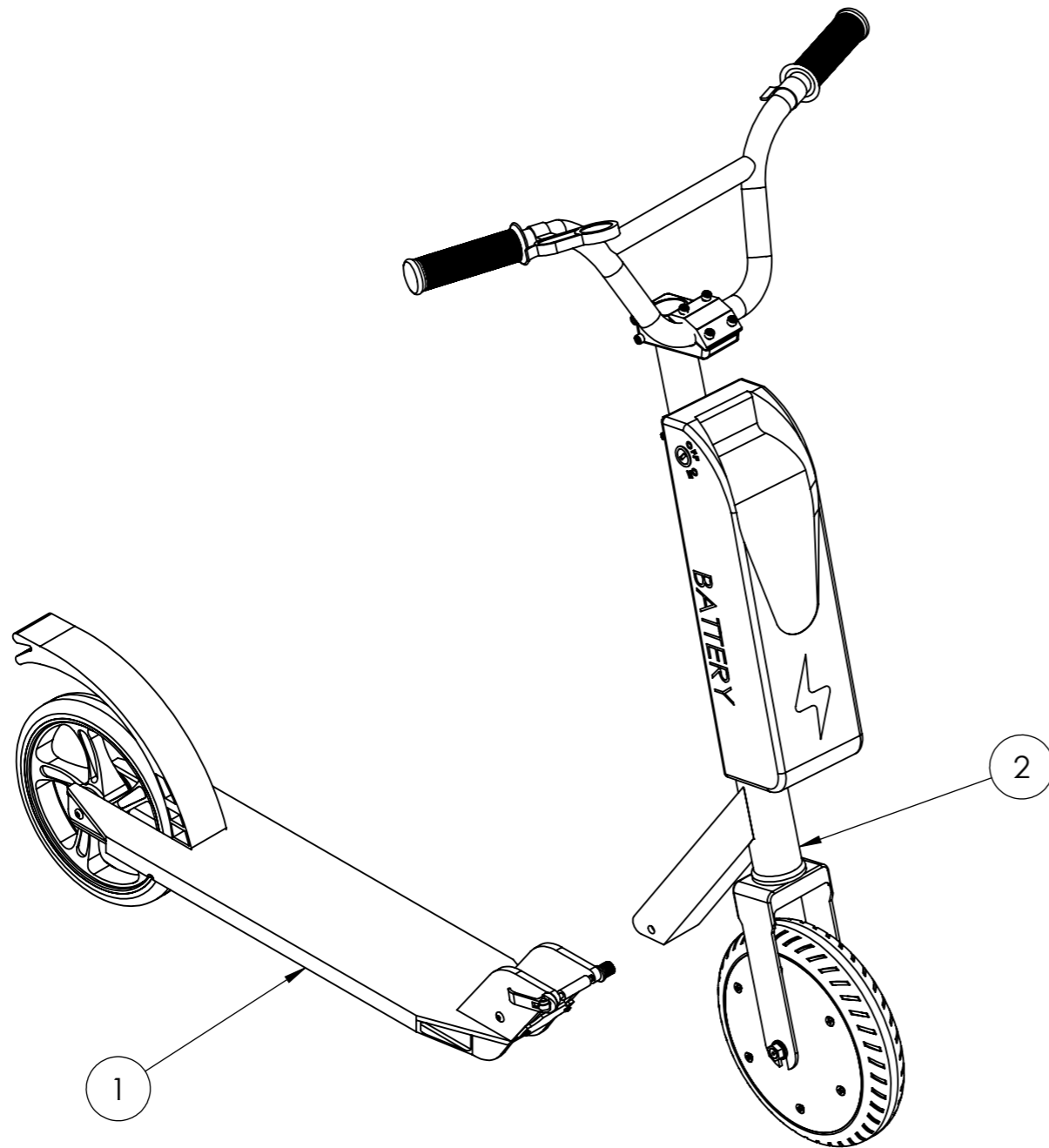
Universidad Industrial de Santander 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
FECHA: 01/07/2024	TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA		
ESCALA: 1:9	DIBUJO: Patinete electrico		CÓDIGO:
A3		AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro	HOJA: 01/30



ESCALA: 1:5



Universidad Industrial de Santander 		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 01/07/2024		TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA	
ESCALA: 1:9		DIBUJO: Patinete electrico plegado	
UNIDADES: mm		CÓDIGO:	HOJA: 02/30
A3		AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro	



ESCALA: 1:7

2	DIRECCIÓN PATINETE	1	PEC - 2
1	BASE PATINETE	1	PEC - 1
Nº	NOMBRE	CANTIDAD	CÓDIGO

Universidad Industrial de Santander



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 01/07/2024

TÍTULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

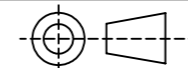
ESCALA: 1:6

UNIDADES: mm

DIBUJO: Explosionado subsistemas

CÓDIGO: PEC

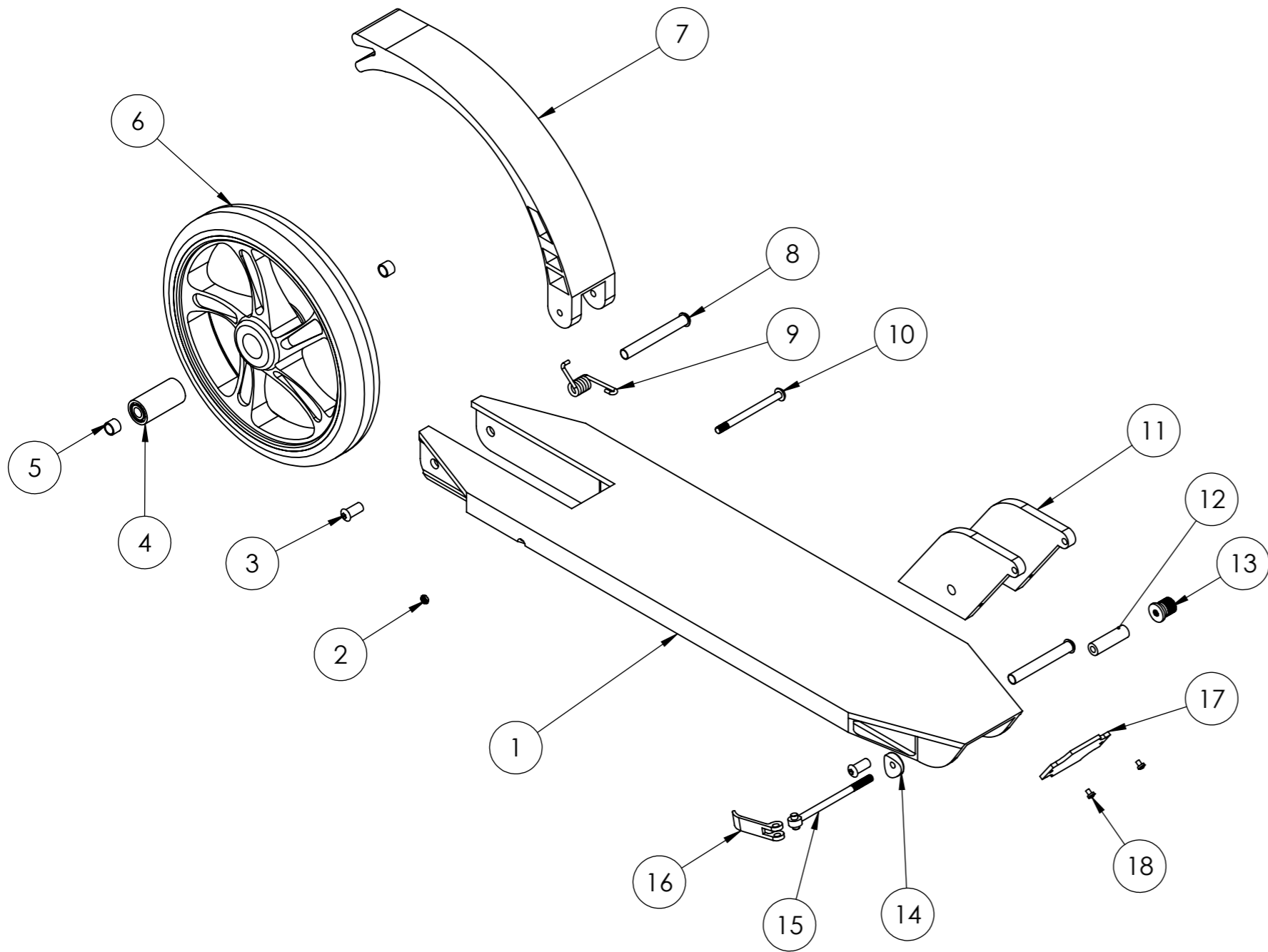
A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

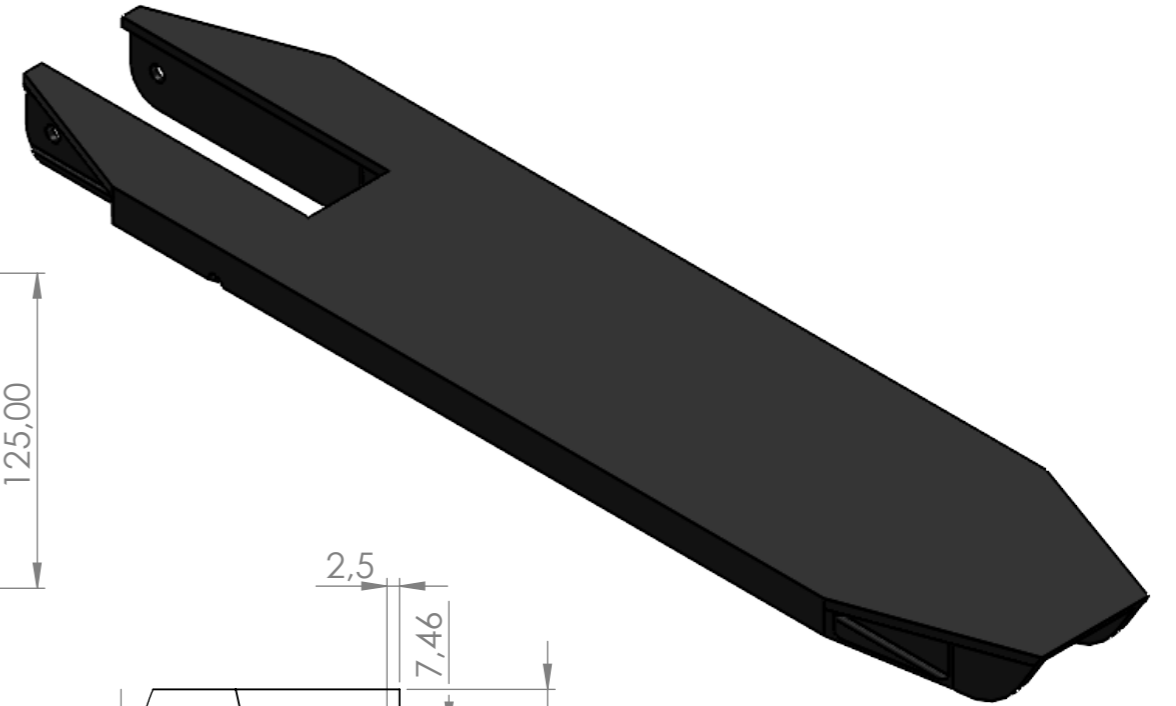
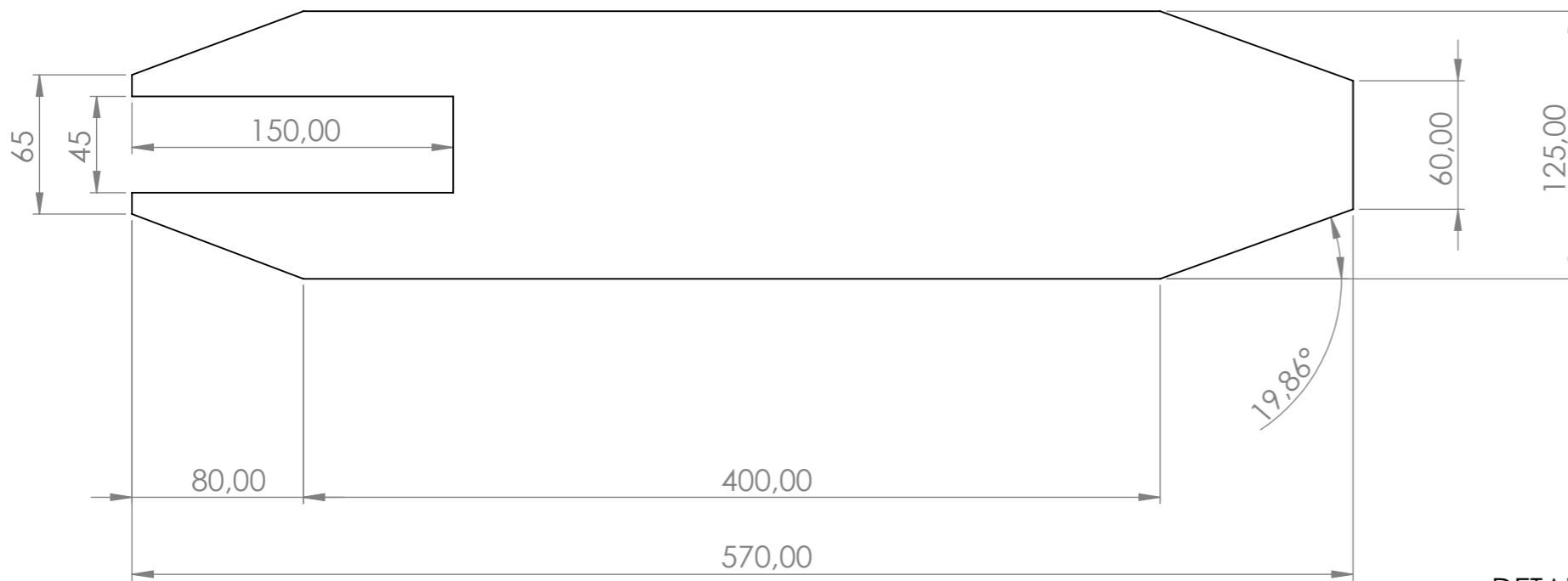
HOJA: 03/30

NOTA: LOS COMPONENTES PEC-1.11 VAN UNIDOS AL COMPONENTE PEC 1.1 POR MEDIO DEL METODO DE SOLDADURA TIG ALTA FRECUENCIA

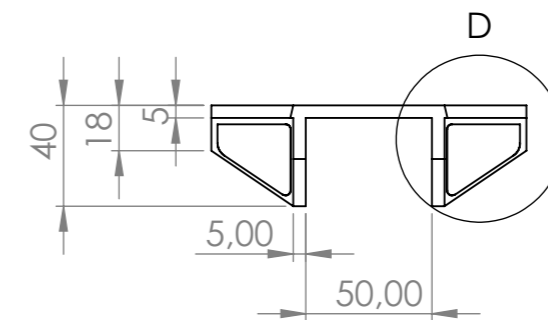
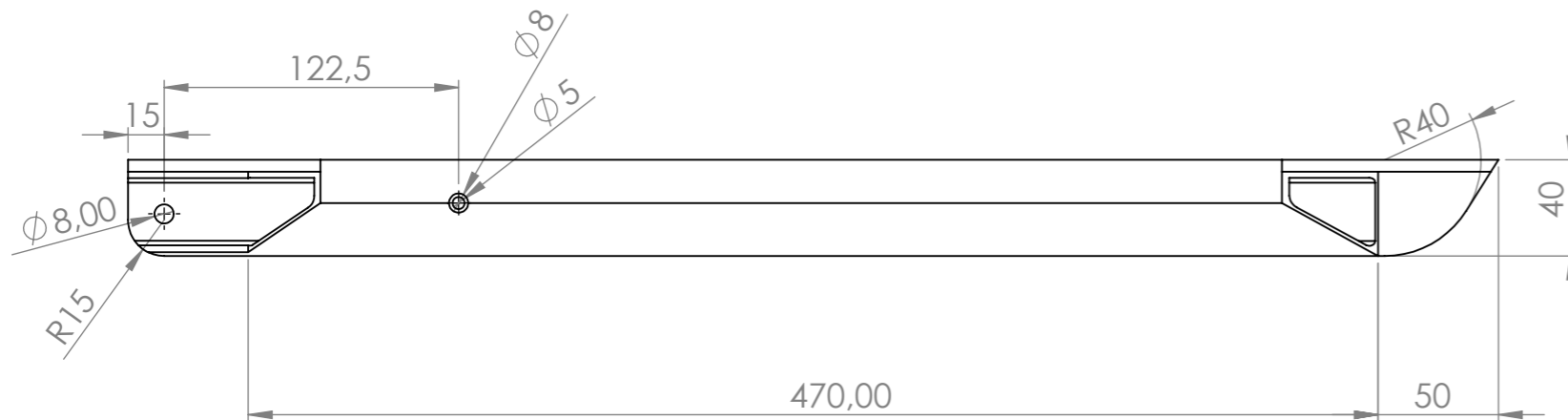
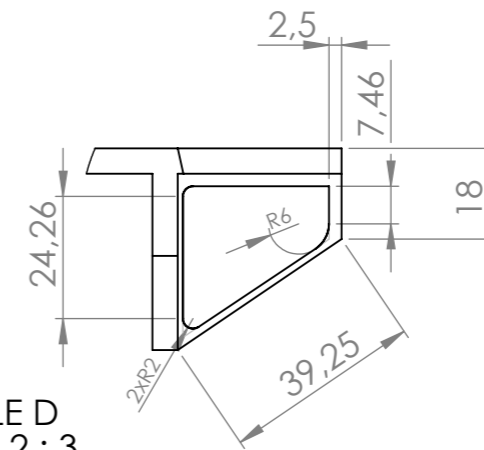


18	Tornillo DIN 7982 M3 x 5	2	PEC - 1.18
17	Soporte frontal	1	PEC - 1.17
16	Maneta pasador de sujecion	1	PEC - 1.16
15	Pasador de sujecion con rosca	1	PEC - 1.15
14	Buje goma	1	PEC - 1.14
13	Tapa pasador de sujecion roscada	1	PEC - 1.13
12	Protector pasador de sujecion	1	PEC - 1.12
11	Acople cuadro-direccion	2	PEC - 1.11
10	Tornillo DIN 7981 M5 x 65	1	PEC - 1.10
9	Resorte freno trasero	1	PEC - 1.9
8	Tornillo doble guias 8mm L45mm M6	2	PEC - 1.8
7	Freno rueda trasera	1	PEC - 1.7
6	Rueda Oxelo town 7/9 200mm PU	1	PEC - 1.6
5	Buje rueda trasera	2	PEC - 1.5
4	Casquillo rueda con rodamiento	1	PEC - 1.4
3	Tornillo doble guias 8mm L34mm M6	2	PEC - 1.3
2	Tuerca DIN 934 hexagonal M5	1	PEC - 1.2
1	Cuadro patinete	1	PEC - 1.1
Nº	NOMBRE	CANTIDAD	CÓDIGO

	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
FECHA: 01/07/2024	TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA		
ESCALA: 1:4			
UNIDADES: mm	DIBUJO:Explosionado base del patinete	CÓDIGO: PEC 1	
A3		AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro	HOJA: 04/30



DETALLE D
ESCALA 2 : 3



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Aleacion de Aluminio 6061-T6

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

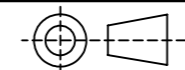
ESCALA: 1:3

UNIDADES: mm

DIBUJO: Cuadro patinete

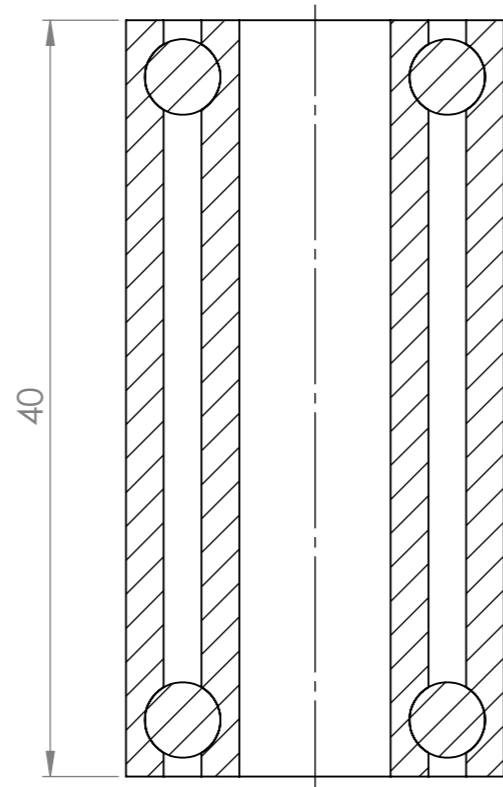
CÓDIGO: PEC 1.1

A3

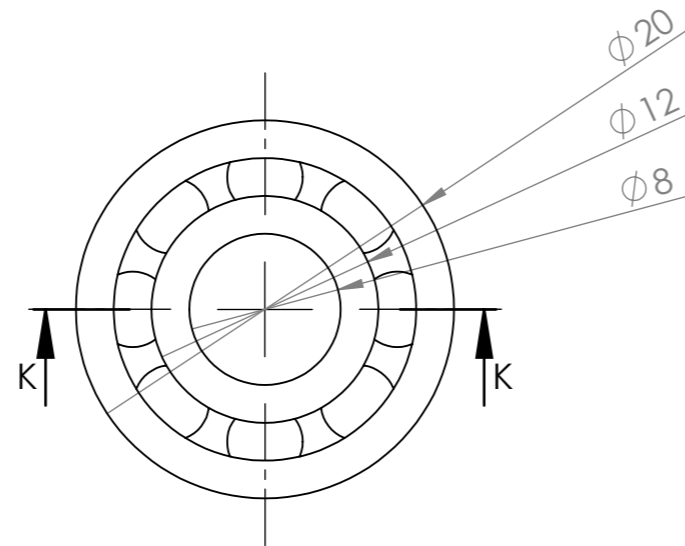
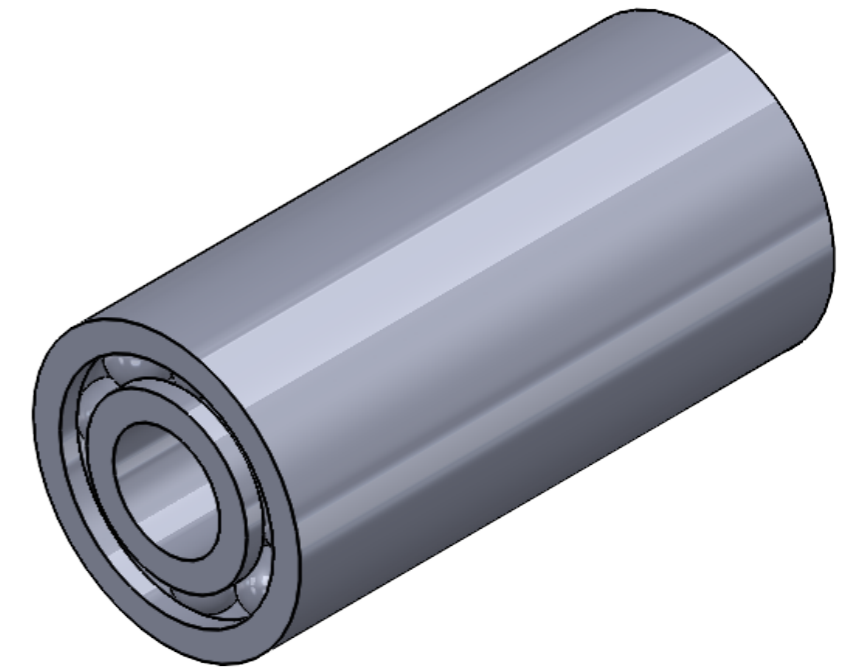


AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 05/30



SECCIÓN K-K
ESCALA 5 : 2



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: 2 Rodamientos ABEC - 5

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TÍTULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

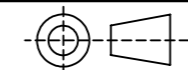
ESCALA: 5:2

UNIDADES: mm

DIBUJO: Casquillo rueda

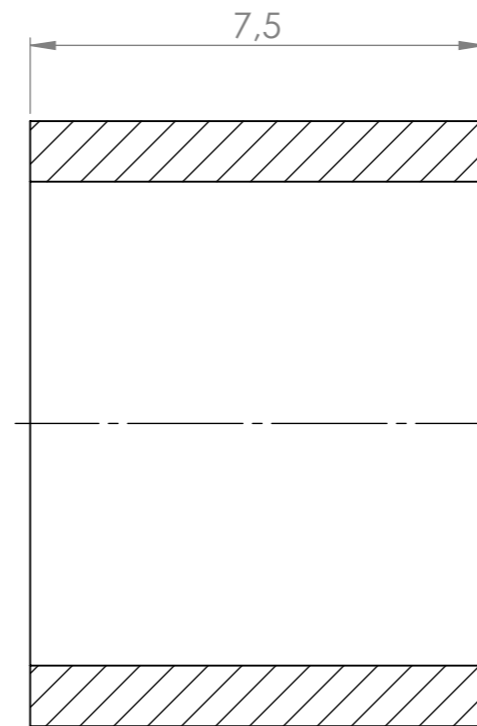
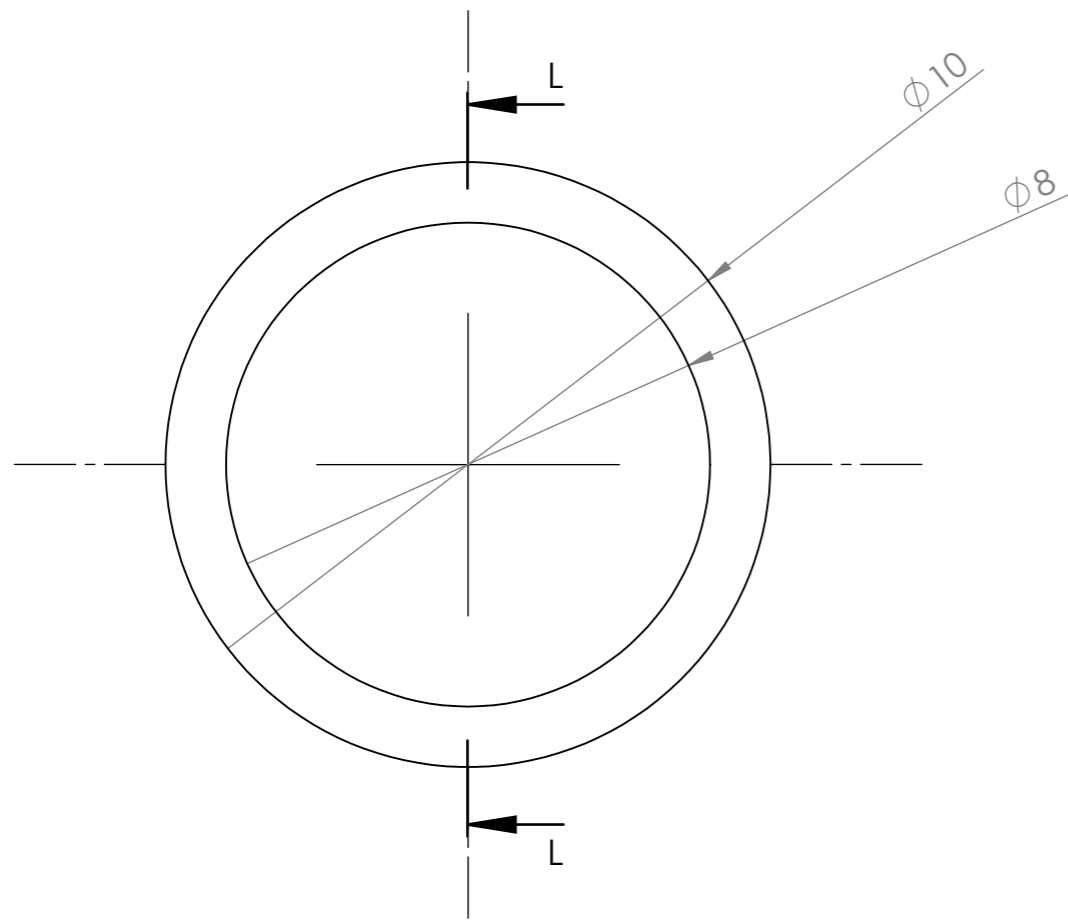
CÓDIGO: PEC 1.4

A3

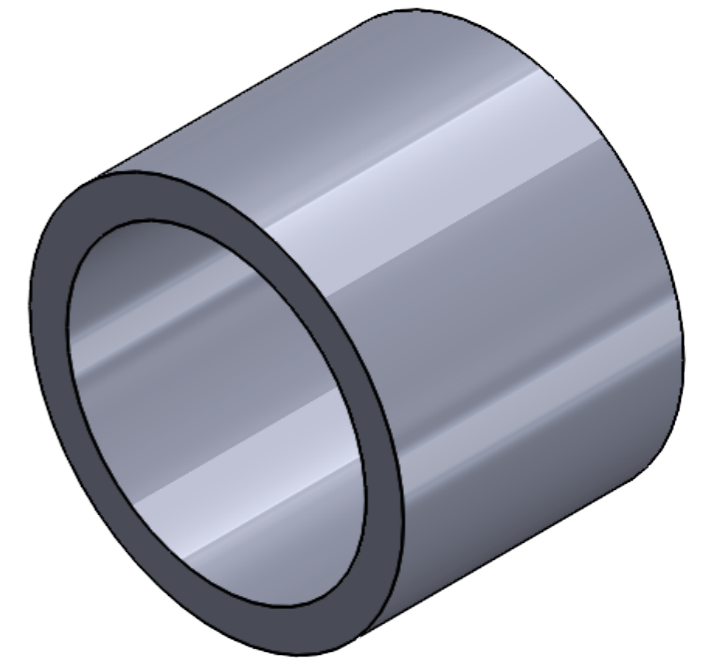


AUTOR: Santiago Tarazona

HOJA: 06/30



SECCIÓN L-L
ESCALA 8 : 1



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Acero inoxidable 304

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TÍTULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

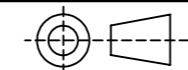
ESCALA: 5:2

UNIDADES: mm

DIBUJO: Buje rueda trasera

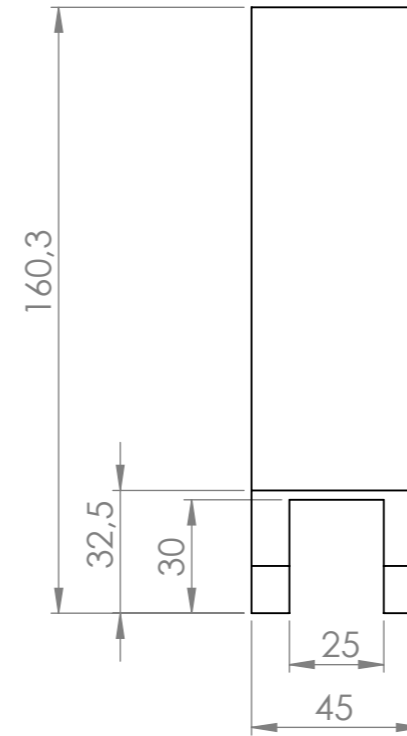
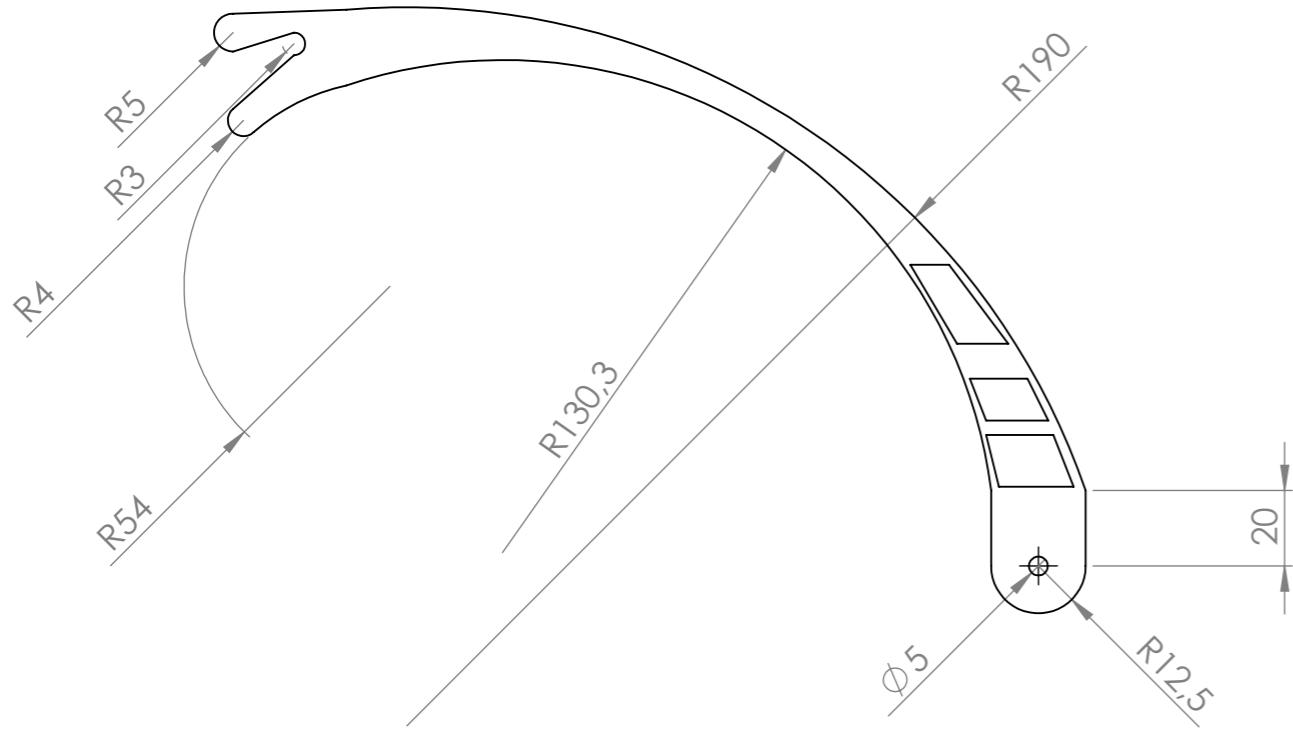
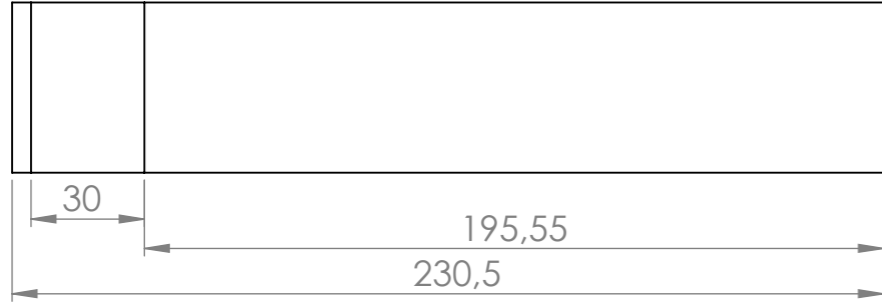
CÓDIGO: PEC 1.5

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 07/30



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Plastico ABS de alta calidad

Universidad Industrial de Santander



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 01/07/2024

TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

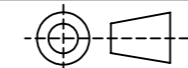
ESCALA: 1:2

UNIDADES: mm

DIBUJO: Freno rueda trasera

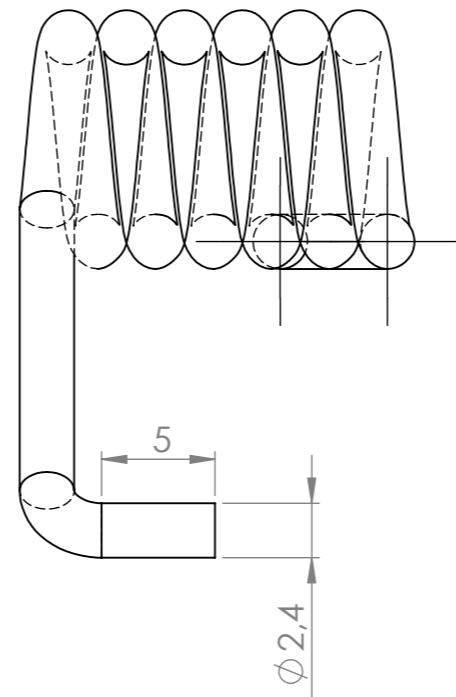
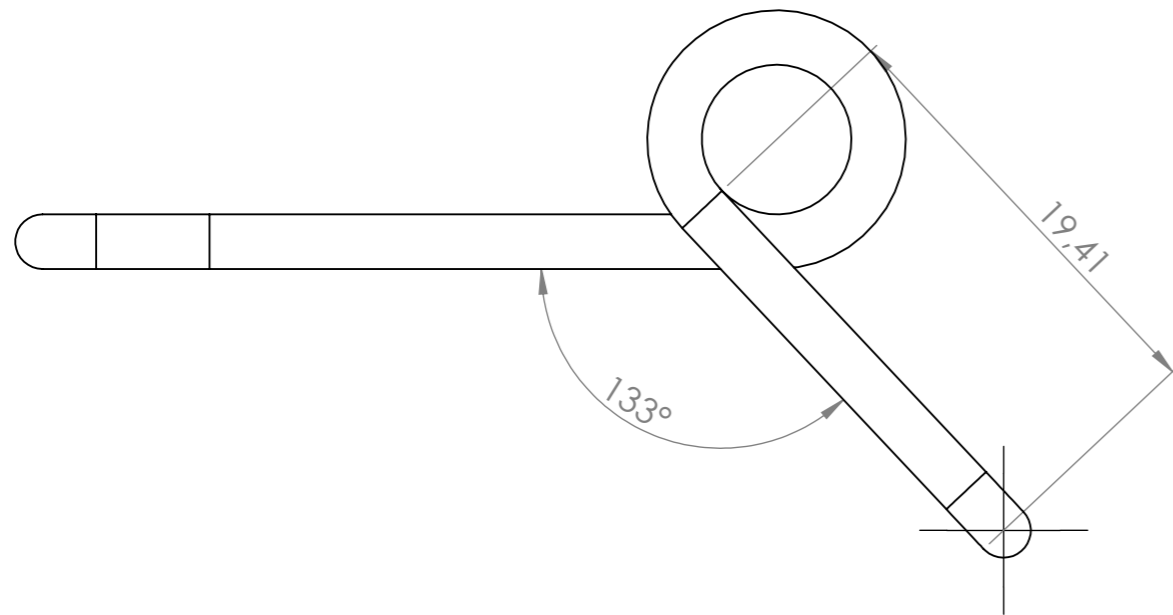
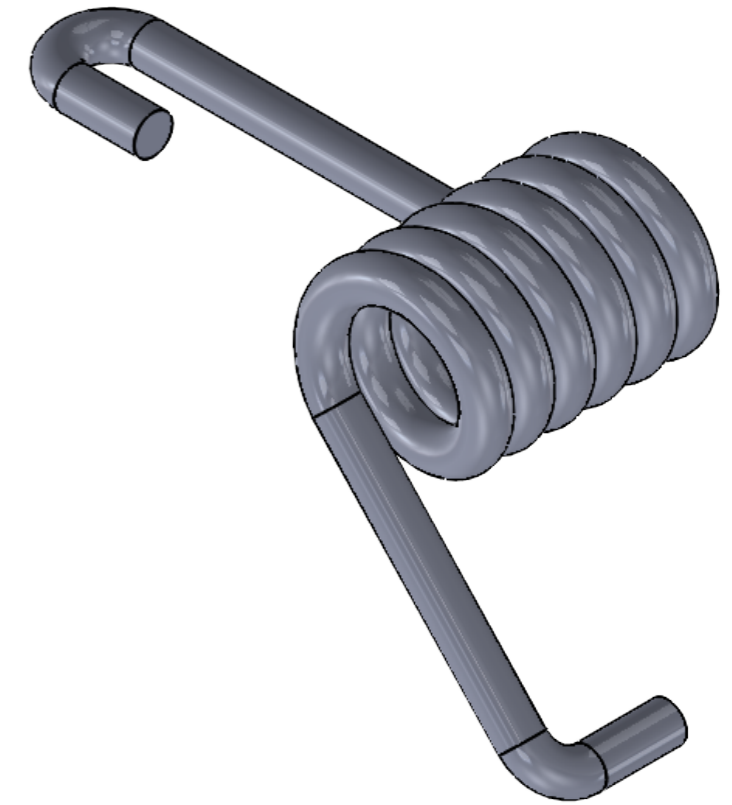
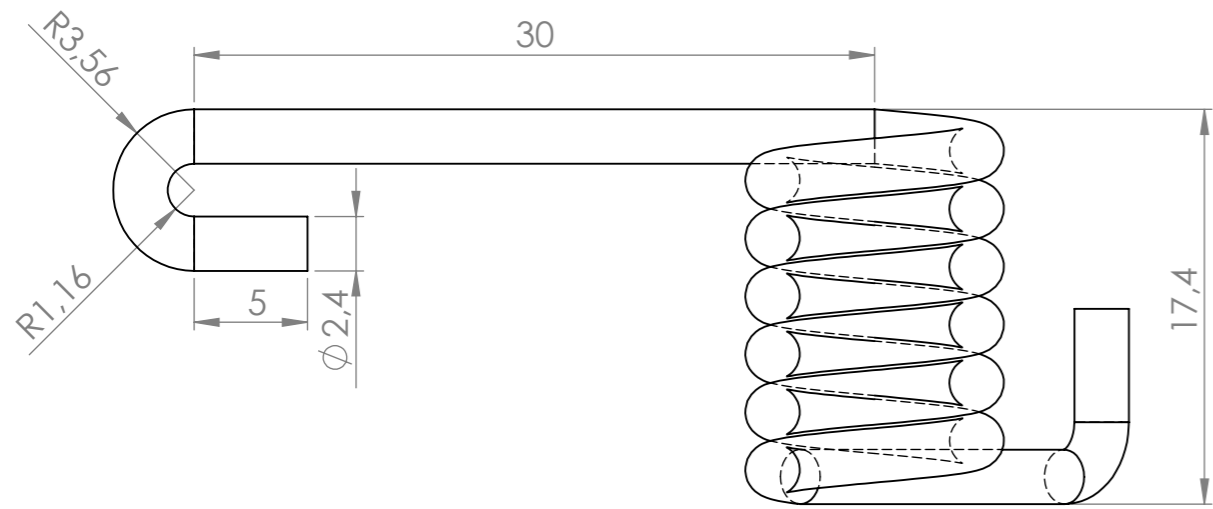
CÓDIGO: PEC 1.7

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 08/30



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Resorte helicoidal de torsion simple SWB, de acero al carbono.

Universidad Industrial de Santander



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 01/07/2024

TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

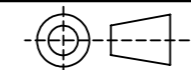
ESCALA: 1:2

UNIDADES: mm

DIBUJO: Resorte freno trasero

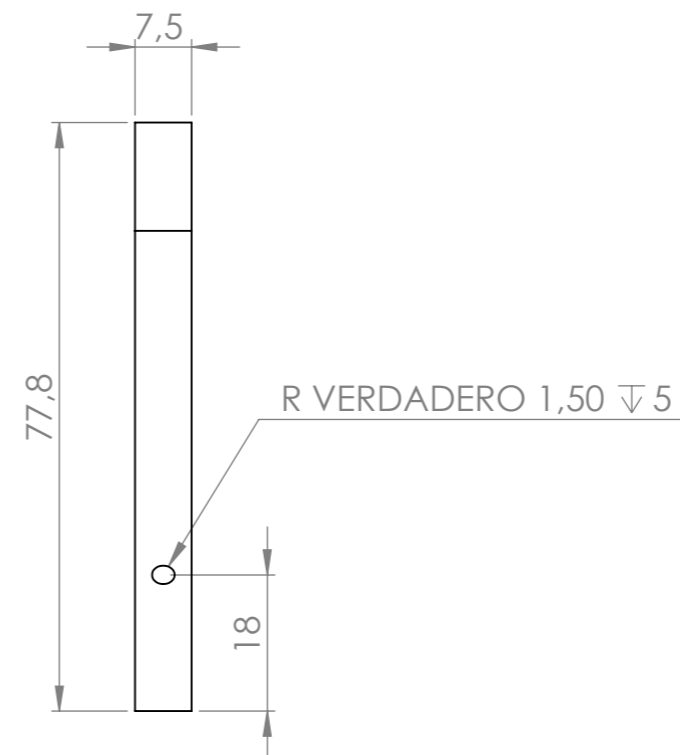
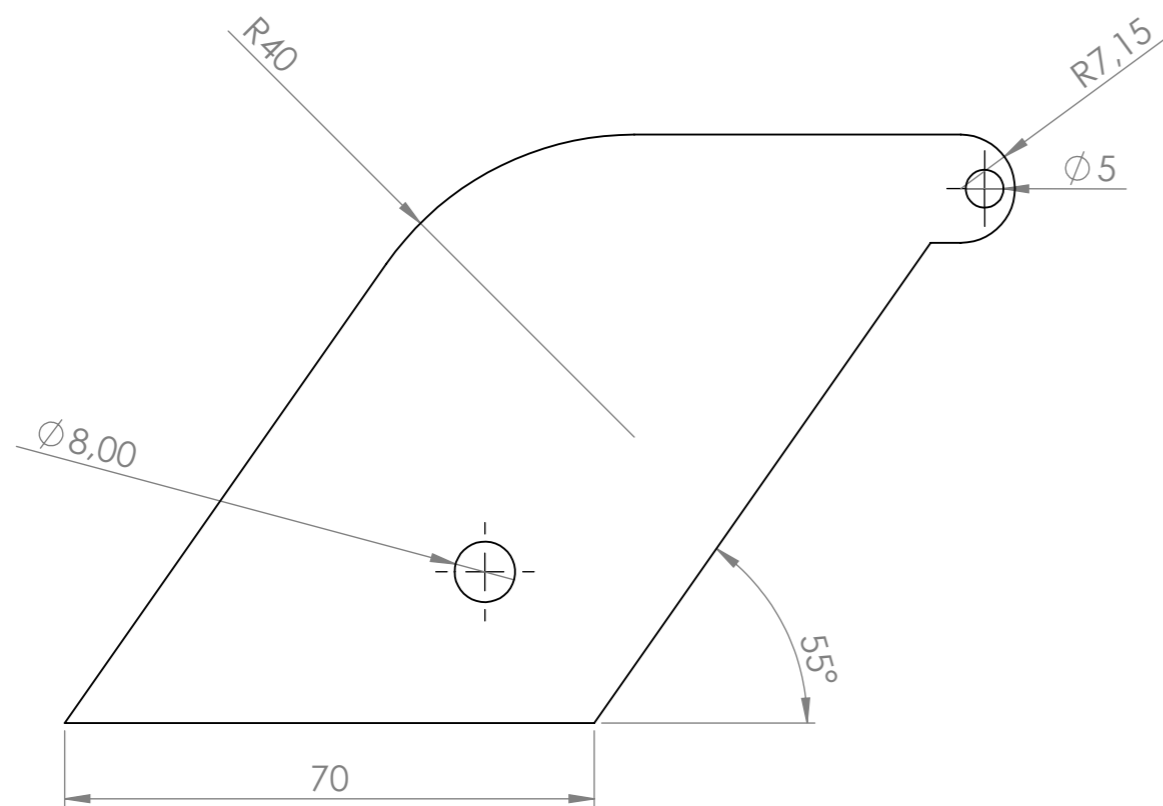
CÓDIGO: PEC 1.9

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 09/30



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Aluminio 6060-T6

Universidad Industrial de Santander



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 01/07/2024

TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

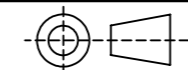
ESCALA: 1:1

UNIDADES: mm

DIBUJO: Acople cuadro-dirección

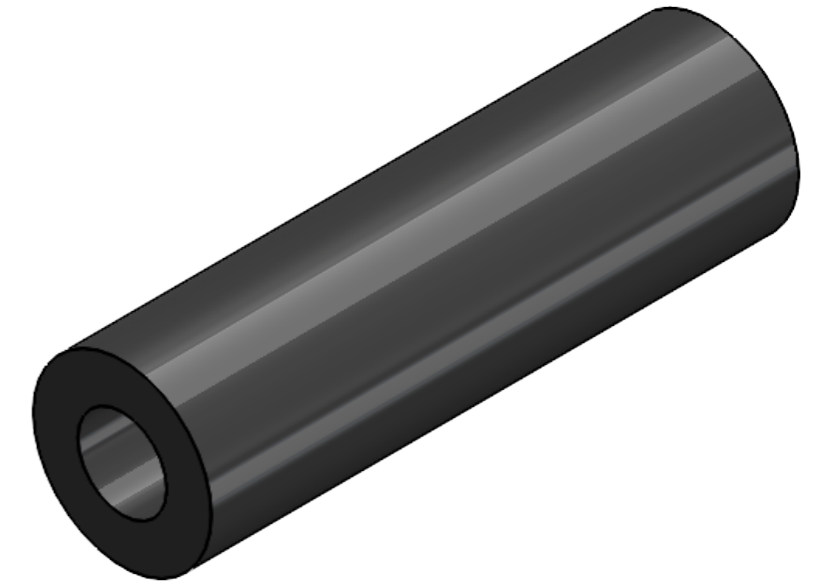
CÓDIGO: PEC 1.11

A3

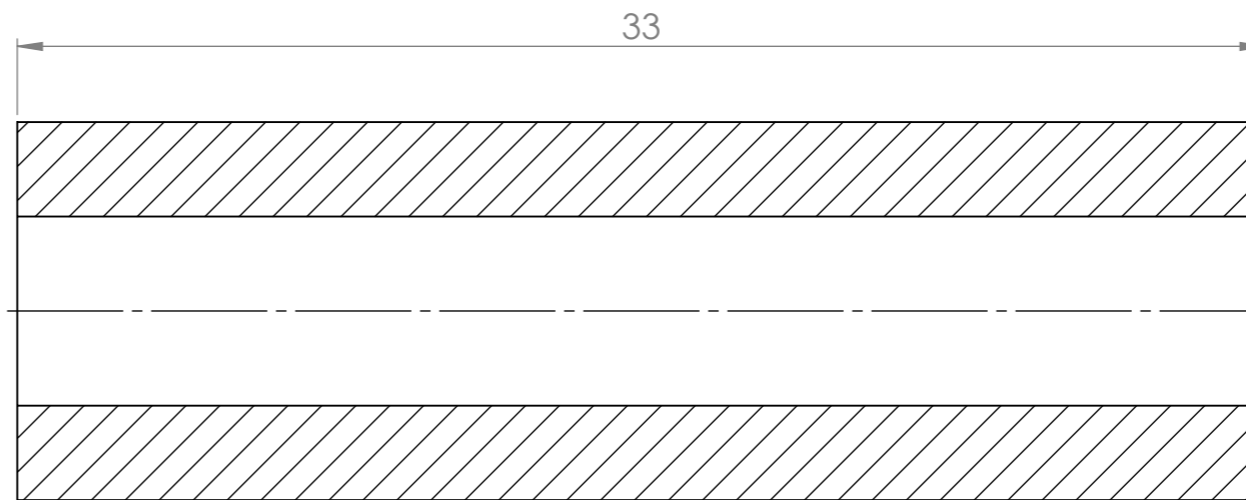
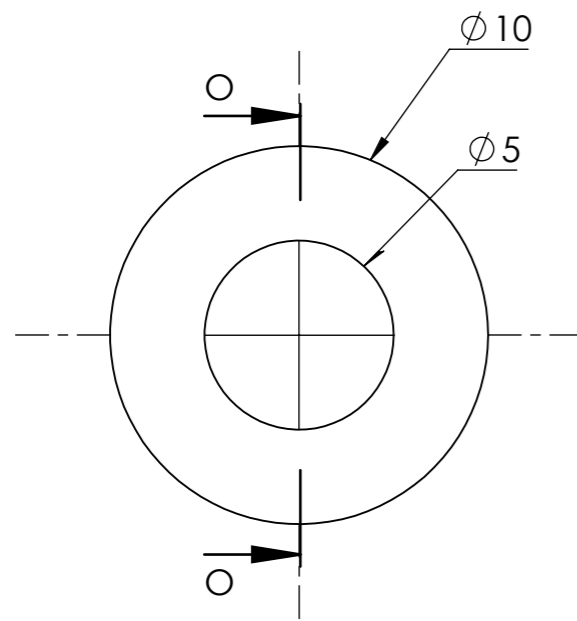


AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 10/30



ESCALA: 10:3



SECCIÓN O-O
ESCALA 5 : 1

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Caucho SBR

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

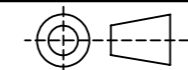
ESCALA: 5:1

UNIDADES: mm

DIBUJO: Protector pasador de sujeción

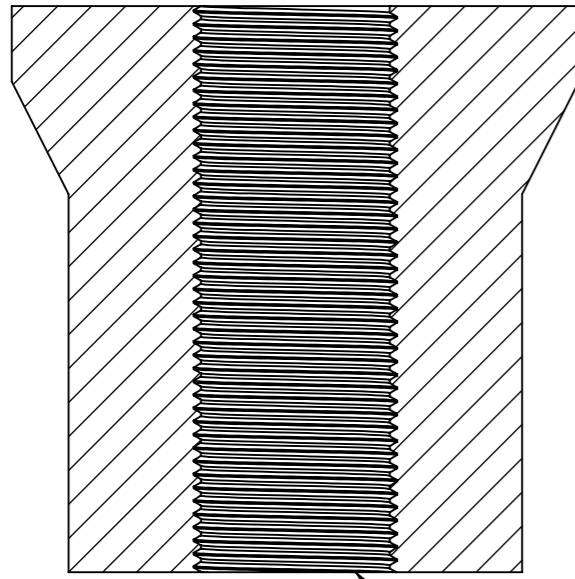
CÓDIGO: PEC 1.12

A3



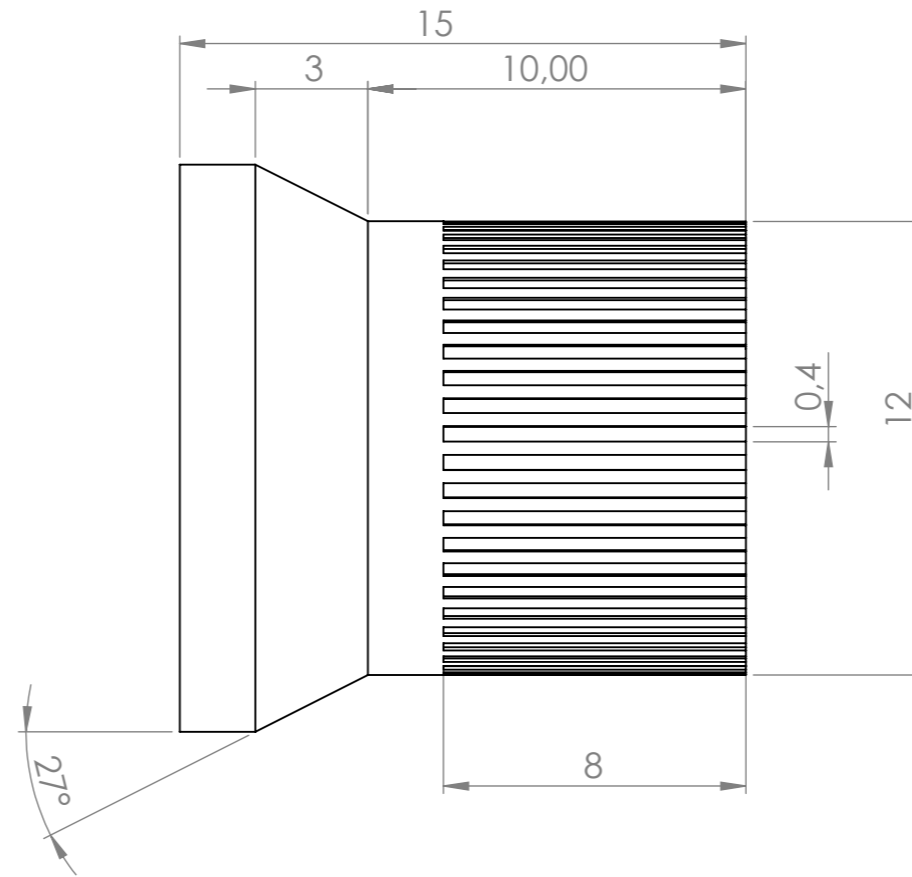
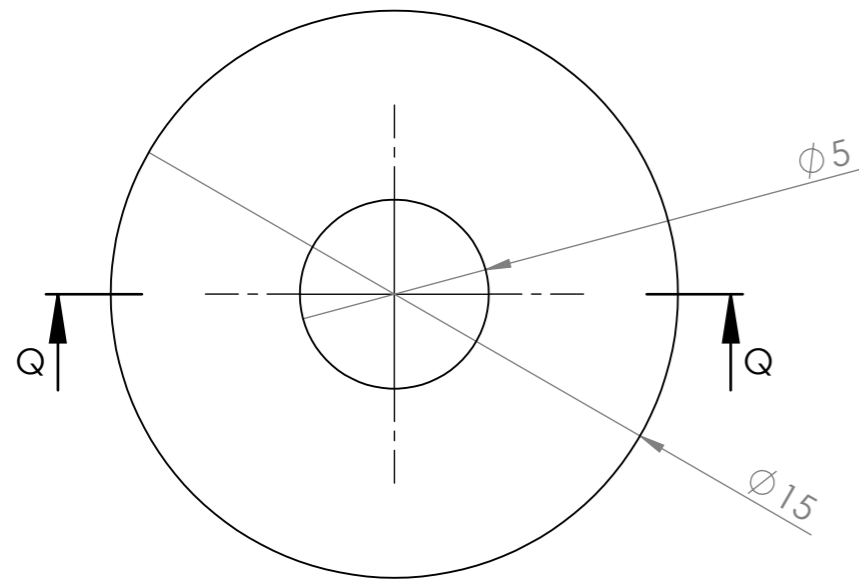
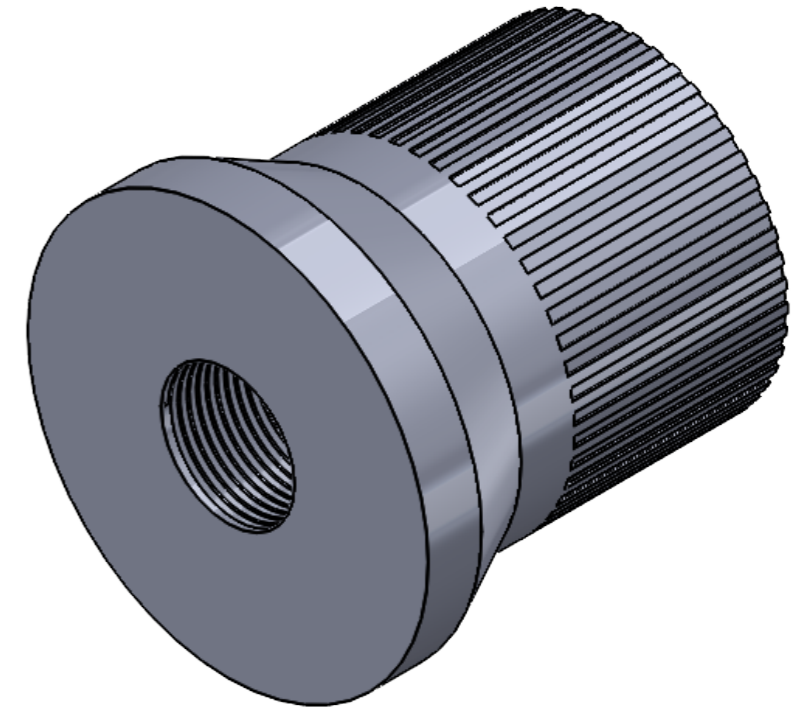
AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 11/30



SECCIÓN Q-Q

Rosca $\phi 5$
paso 0.35mm



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Aluminio 6060-T6

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

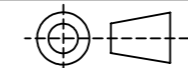
ESCALA: 5:1

UNIDADES: mm

DIBUJO: Tapa pasador de sujecion
roscada

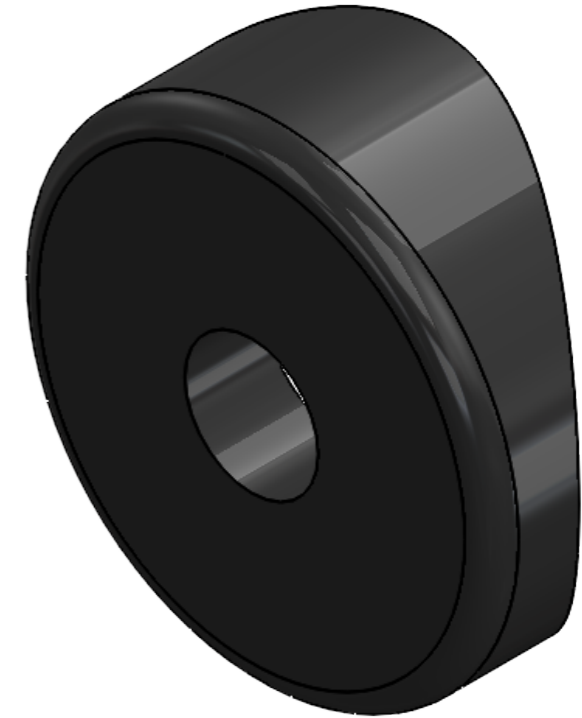
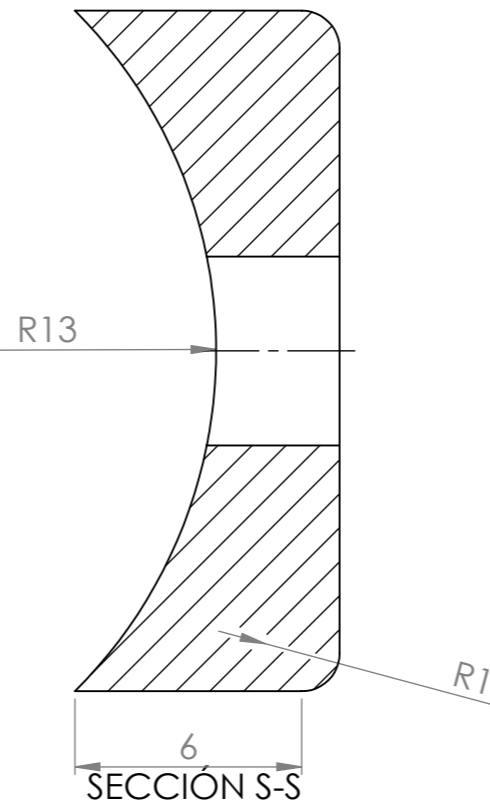
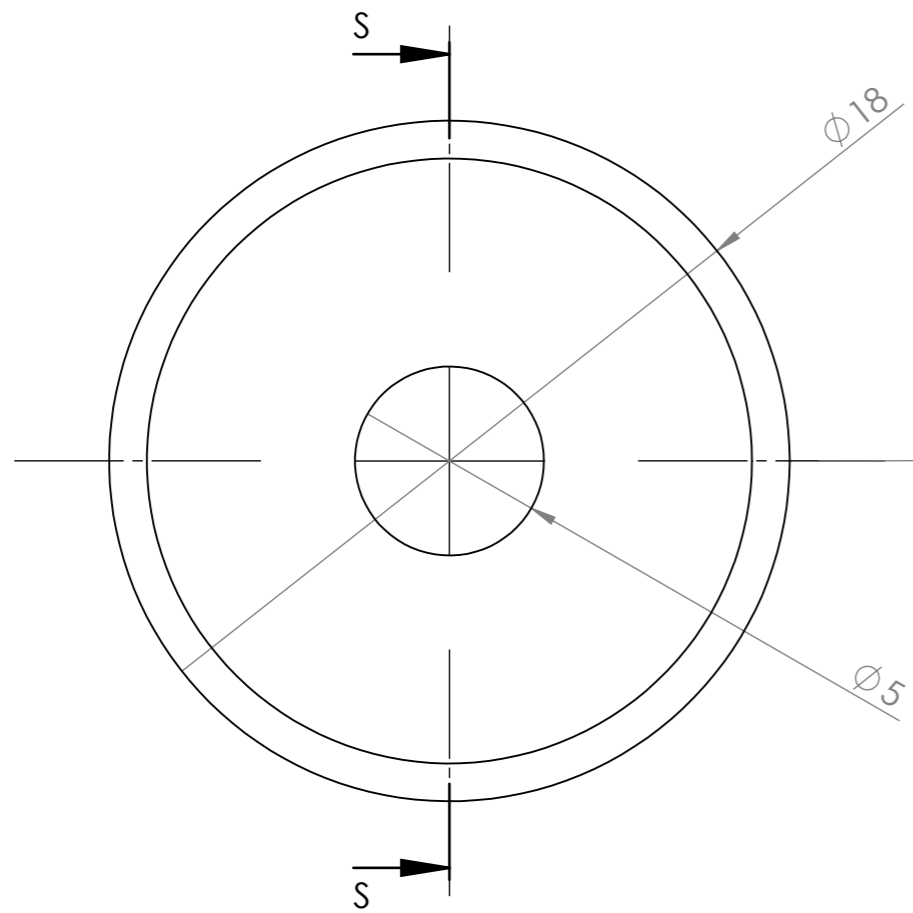
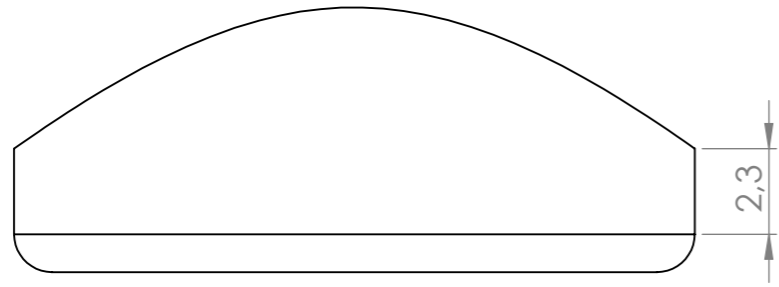
CÓDIGO: PEC 1.13

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 12/30



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Caucho SBR

Universidad Industrial de Santander



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 01/07/2024

TÍTULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

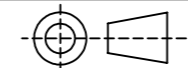
ESCALA: 5:1

UNIDADES: mm

DIBUJO: Buje goma

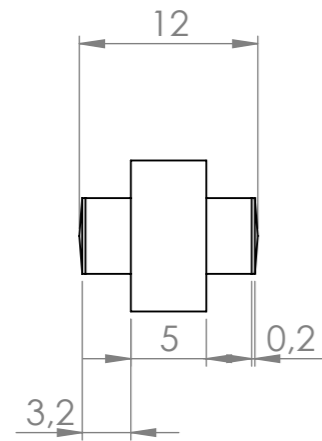
CÓDIGO: PEC 1.14

A3



AUTOR: Santiago Tarazona

HOJA: 13/30



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Acero inoxidable SAE 1020

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

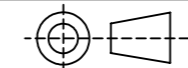
ESCALA: 2:1

UNIDADES: mm

DIBUJO: Pasador de sujecion con rosca

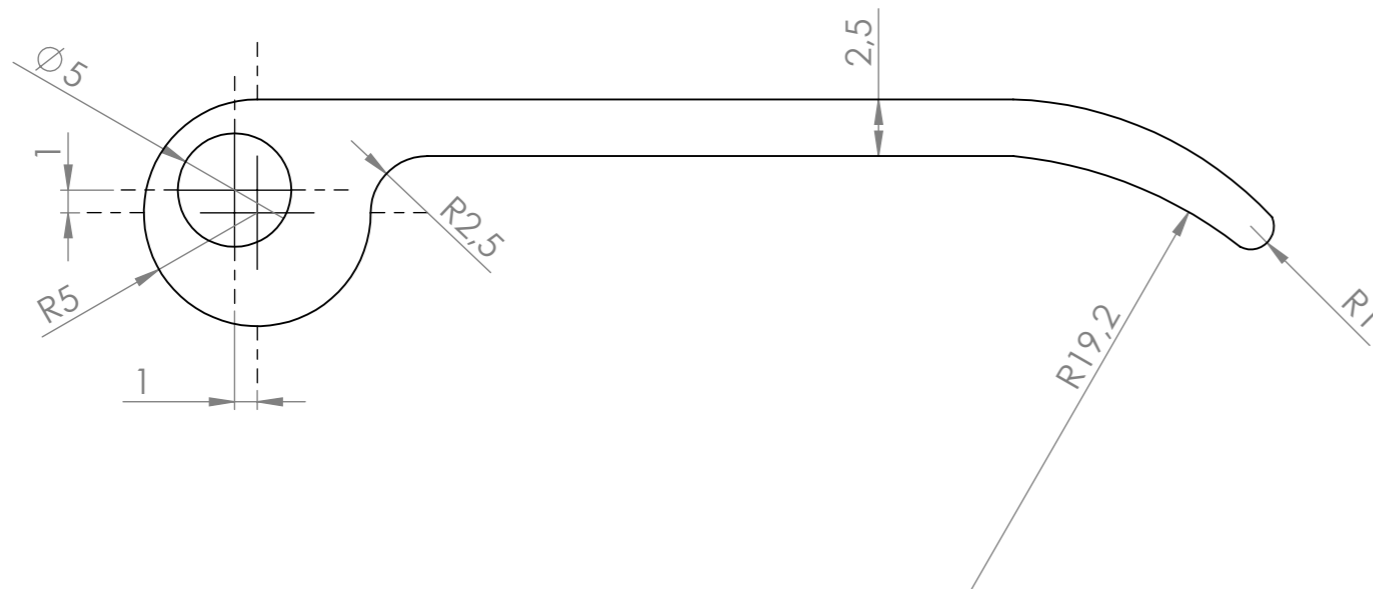
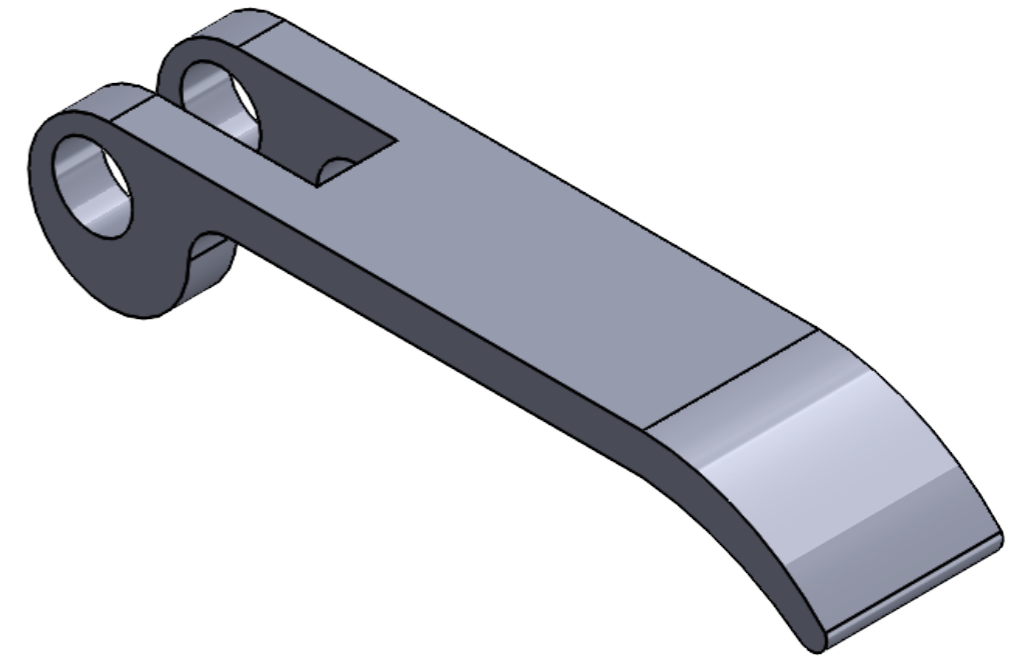
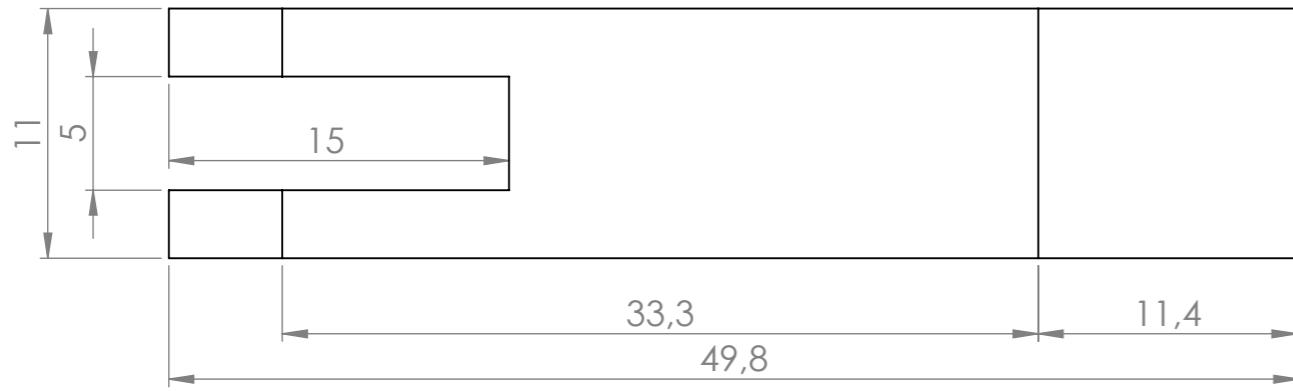
CÓDIGO: PEC 1.15

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

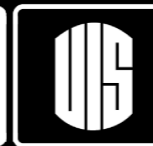
HOJA: 14/30



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Acero inoxidable SAE 1020

Universidad Industrial de Santander



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 01/07/2024

TÍTULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

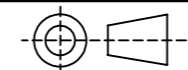
ESCALA: 3:1

UNIDADES: mm

DIBUJO: Maneta pasador de sujeción

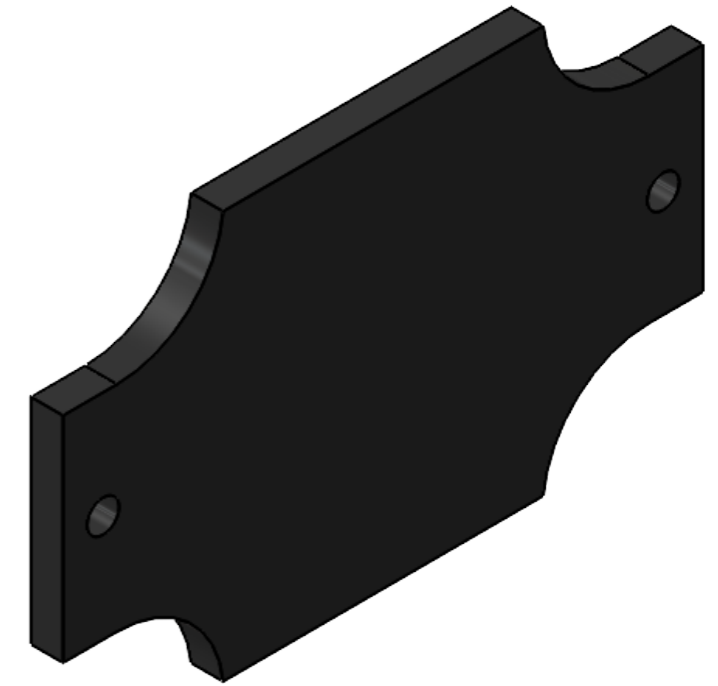
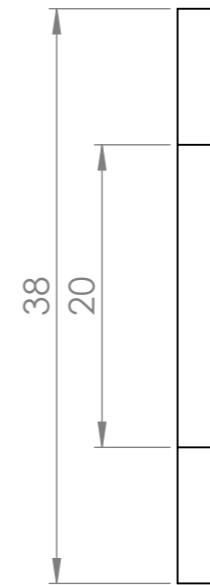
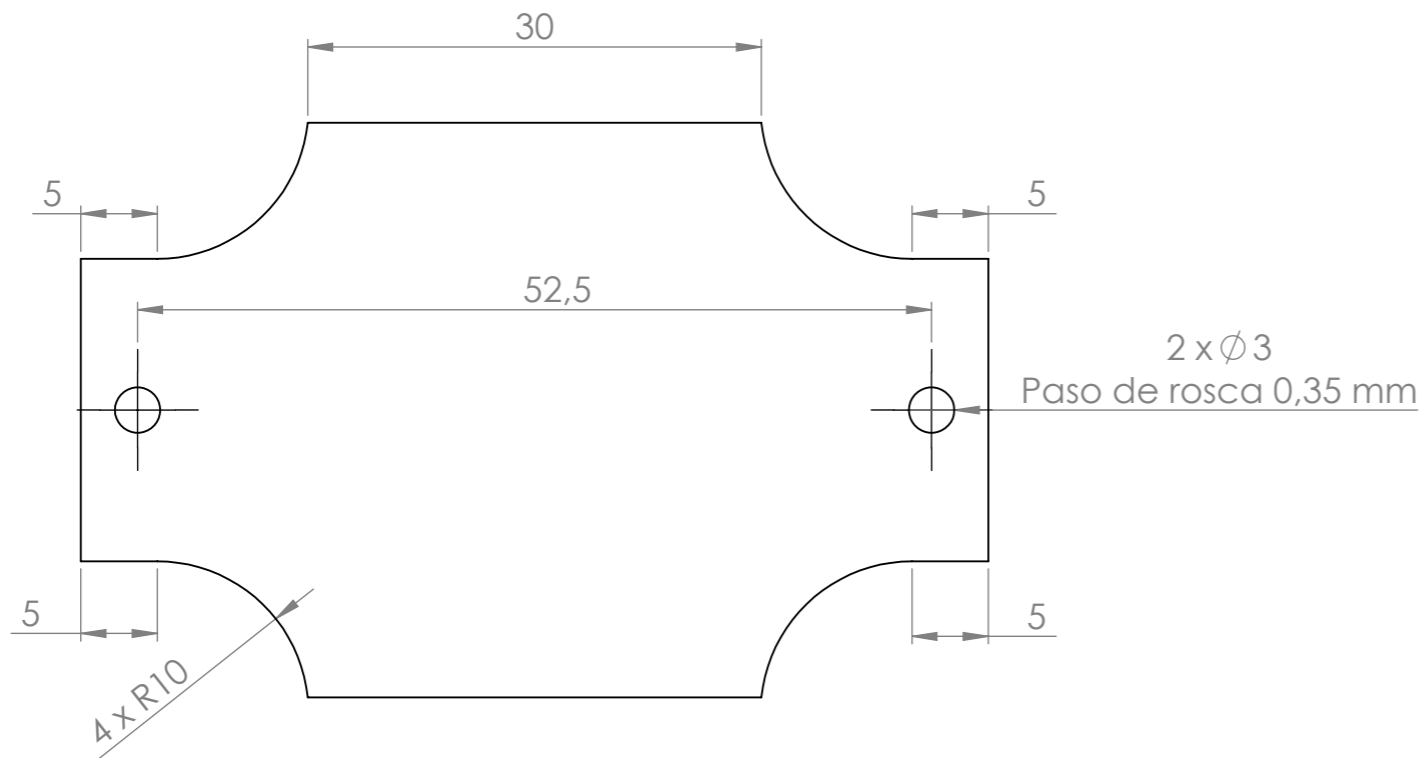
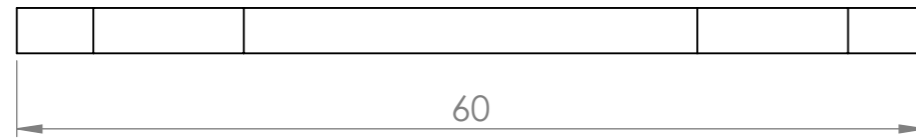
CÓDIGO: PEC 1.16

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 15/30



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Aluminio 6060-T6

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

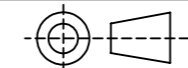
ESCALA: 2:1

UNIDADES: mm

DIBUJO: Soporte frontal

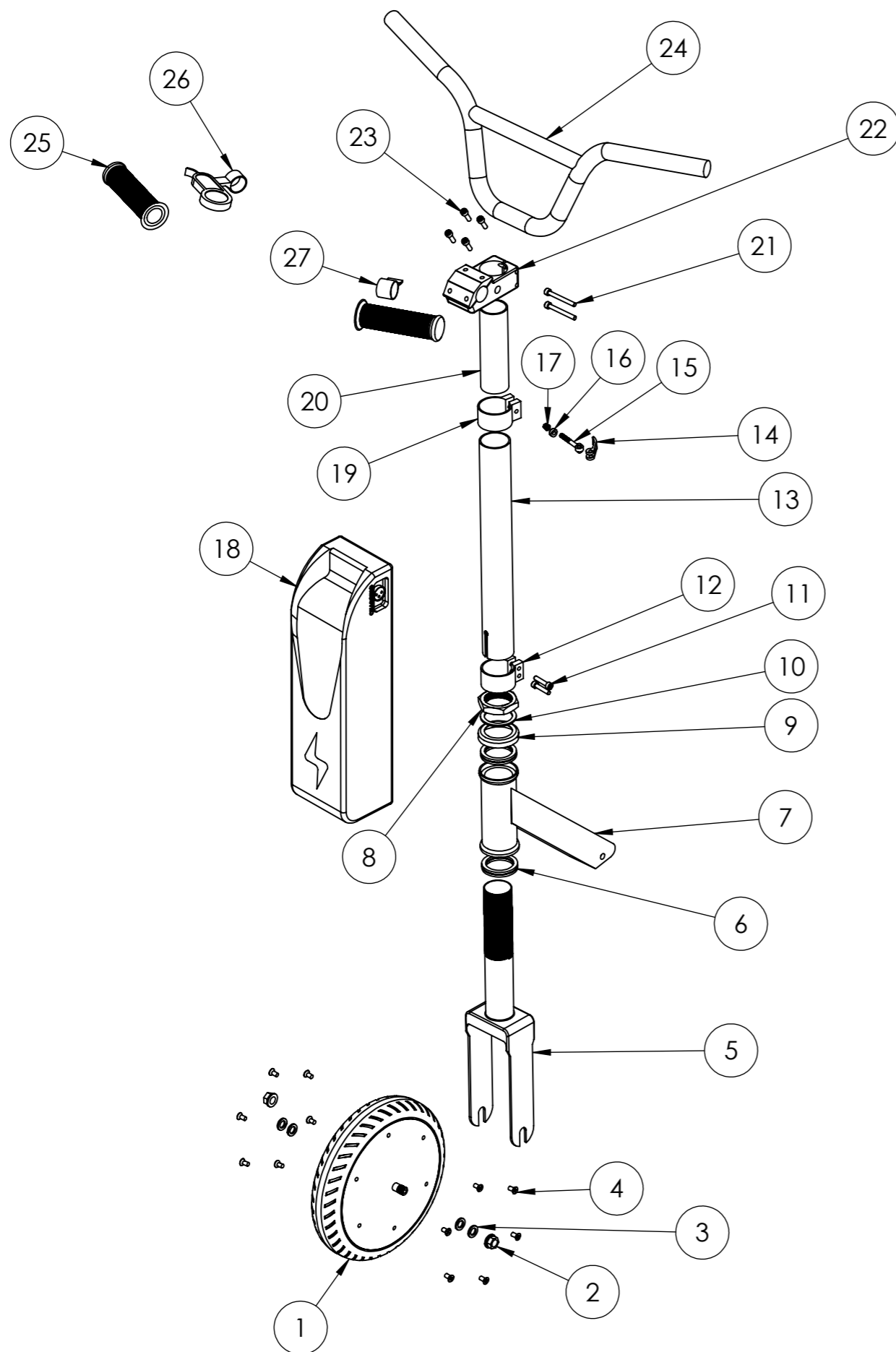
CÓDIGO: PEC 1.17

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 16/30



27	Panel de control pantalla acelerador	1	PEC - 2.27
26	Accionador freno electrico	1	PEC - 2.26
25	Mango	2	PEC - 2.25
24	Manillar ELITE profesional series	1	PEC - 2.24
23	Tornillo DIN 912 M5 x 15	4	PEC - 2.23
22	Potencia	1	PEC - 2.22
21	Tornillo DIN 912 M5 x 45	2	PEC - 2.21
20	Columna dirección	1	PEC - 2.20
19	Abrazadera simple	1	PEC - 2.19
18	Pack Bateria de Litio 36V7Ah controlador 36V 350w	1	PEC - 2.18
17	Tapa roscada	1	PEC - 2.17
16	Tope de goma	1	PEC - 2.16
15	Pasador de dirección con rosca	1	PEC - 2.15
14	Maneta pasador direccion	1	PEC - 2.14
13	Cabezal direccion	1	PEC - 2.13
12	Abrazadera doble agujero	1	PEC - 2.12
11	Tornillo DIN 912 M5 x 25	2	PEC - 2.11
10	Arandela DIN 125 plana M36	1	PEC - 2.10
9	Copa rodamiento	1	PEC - 2.9
8	Tuerca DIN 934 hexagonal M36	1	PEC - 2.8
7	Cuadro	1	PEC - 2.7
6	Rodamiento simple 1-1/8" DISTRIC	2	PEC - 2.6
5	Horquilla	1	PEC - 2.5
4	Tornillo DIN 965 M5 x 10	12	PEC - 2.4
3	Arandela DIN 125 plana M10 (acero 8.8)	4	PEC - 2.3
2	Tuerca DIN 934 hexagonal M10	2	PEC - 2.2
1	Motor Brushless 300W 36V	1	PEC - 2.1
Nº	NOMBRE	CANTIDAD	CÓDIGO

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

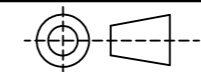
ESCALA: 1:7

UNIDADES: mm

DIBUJO: Explosionado dirección
del patinete

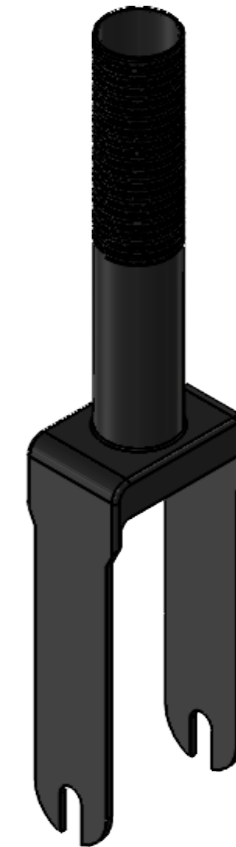
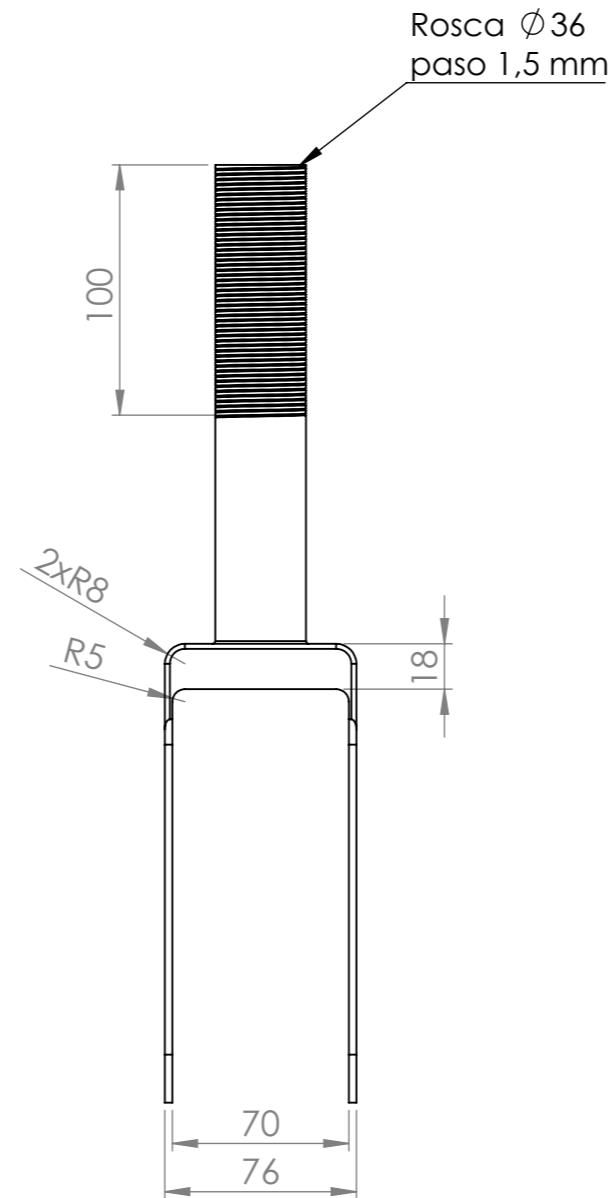
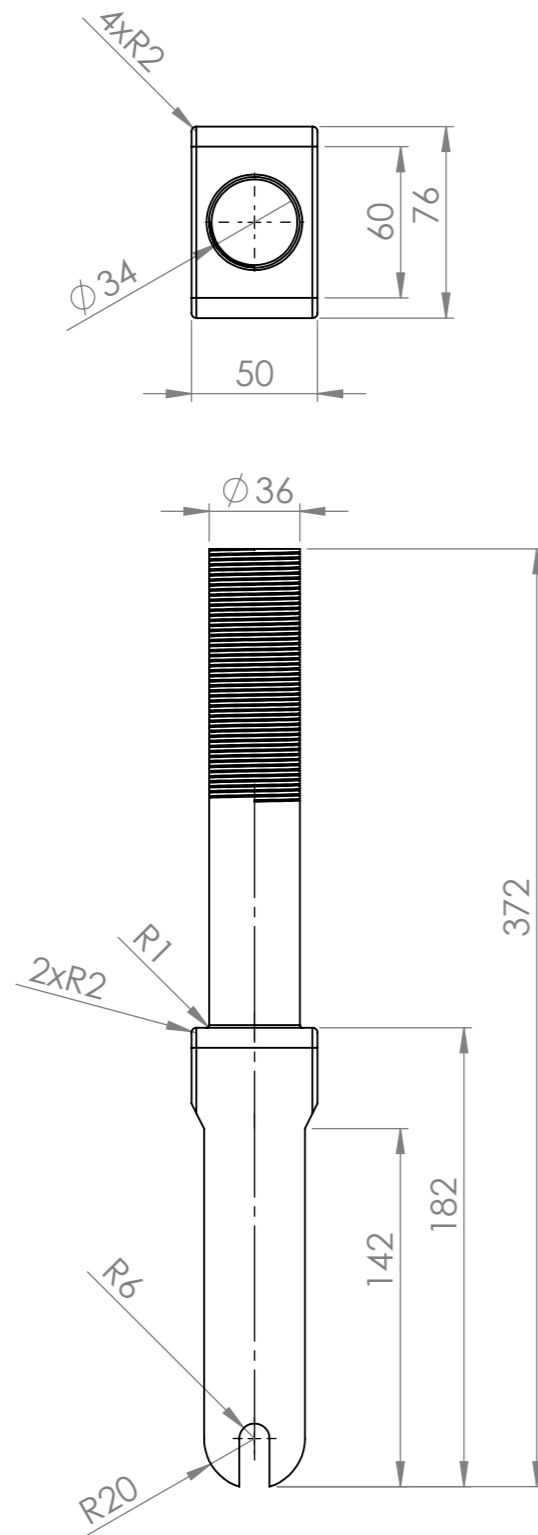
CODIGO: PEC - 2

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 17/30



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Aluminio 6060-T6

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

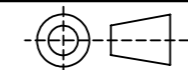
ESCALA: 1:3

UNIDADES: mm

DIBUJO: Horquilla

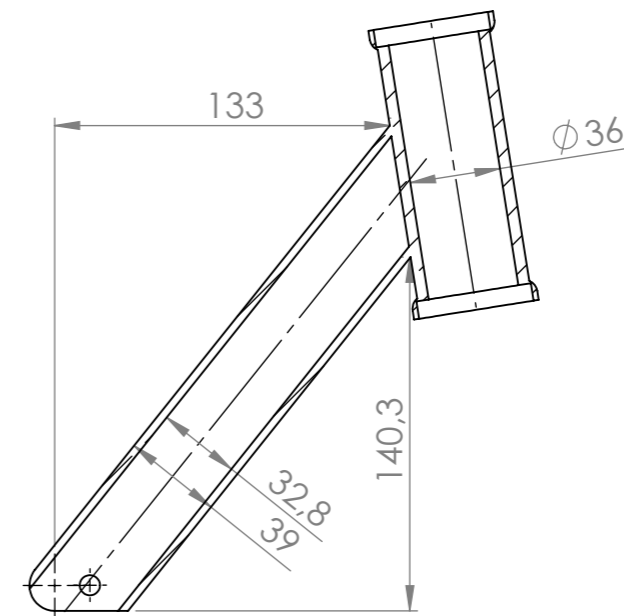
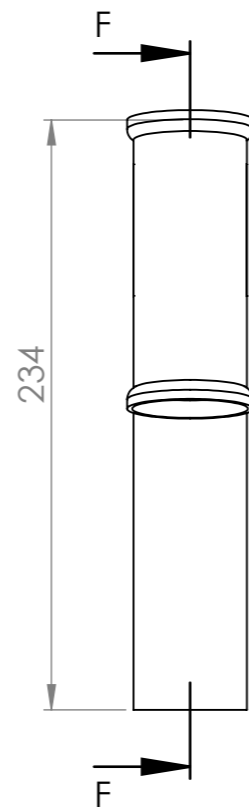
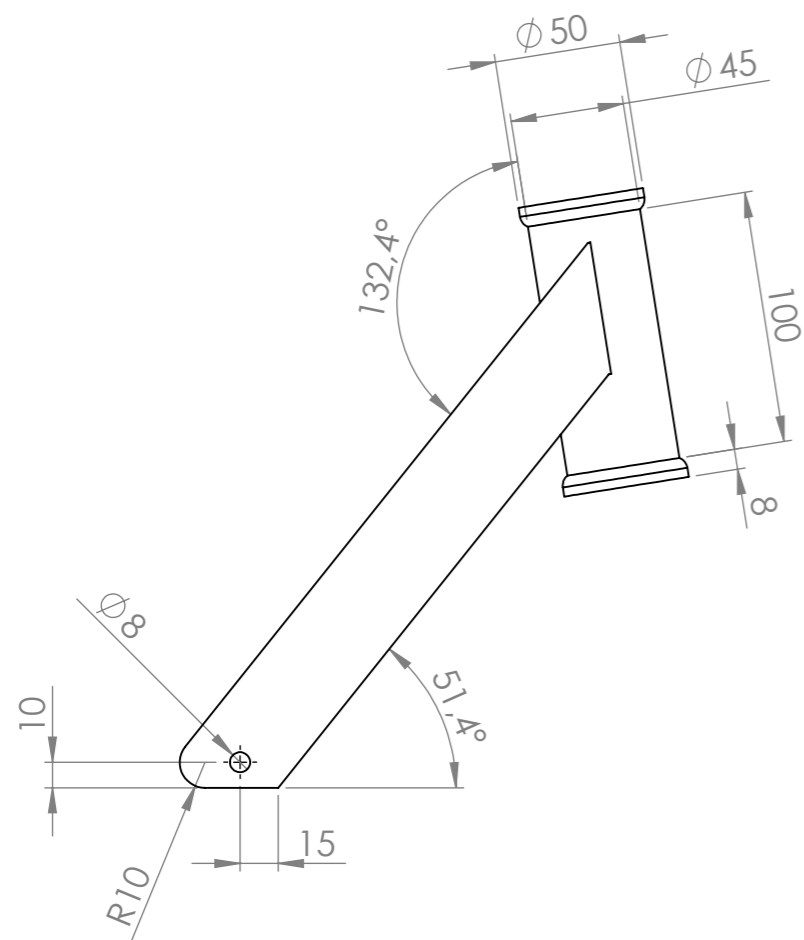
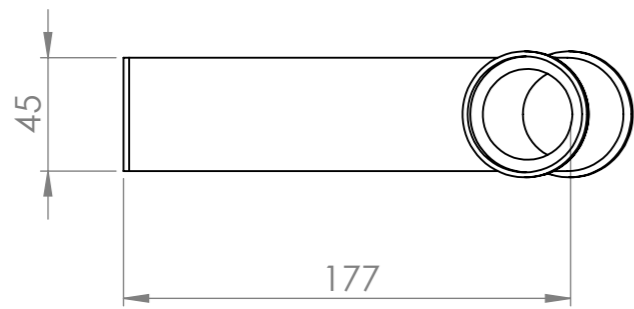
CÓDIGO: PEC 2.5

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 18/30



SECCIÓN F-F
ESCALA 1 : 3



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Aluminio 6060-T6

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TÍTULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

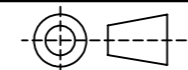
ESCALA: 1:3

UNIDADES: mm

DIBUJO: Cuadro

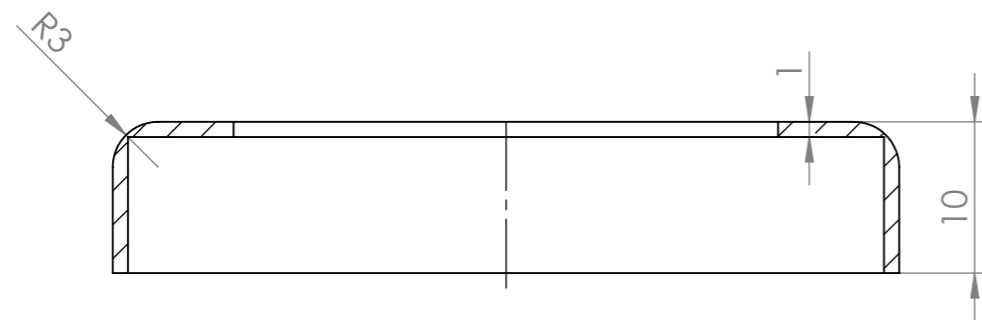
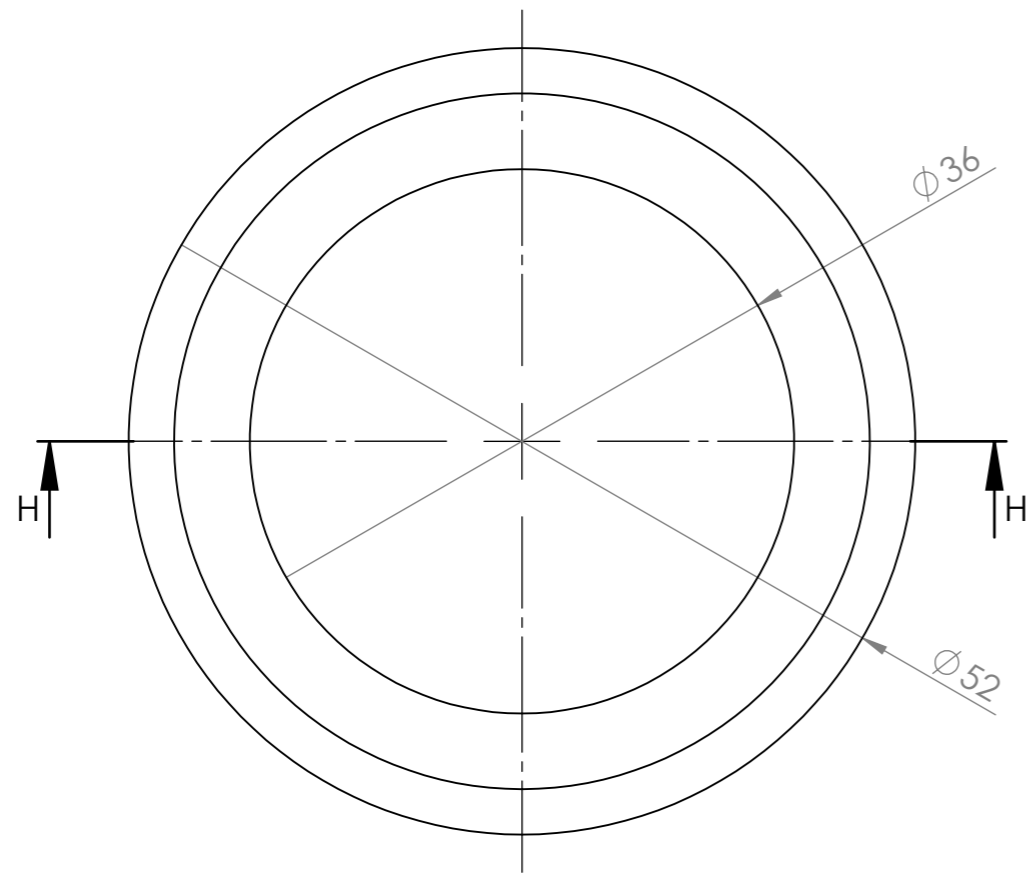
CÓDIGO: PEC 2.7

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 19/30



SECCIÓN H-H



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Aluminio 6060-T6

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

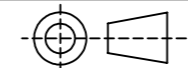
ESCALA: 2:1

UNIDADES: mm

DIBUJO: Copa rodamiento

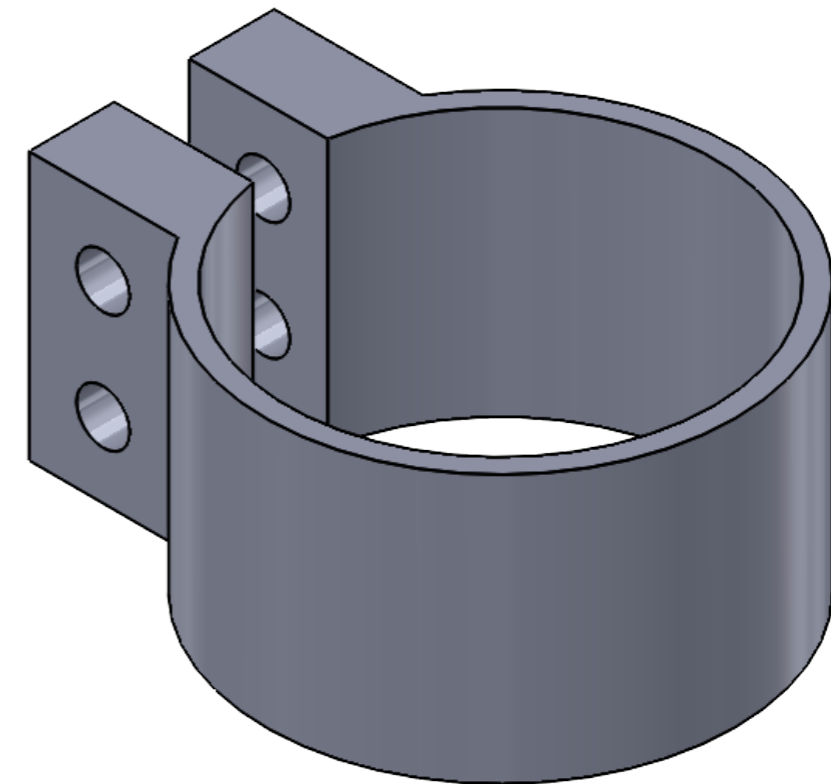
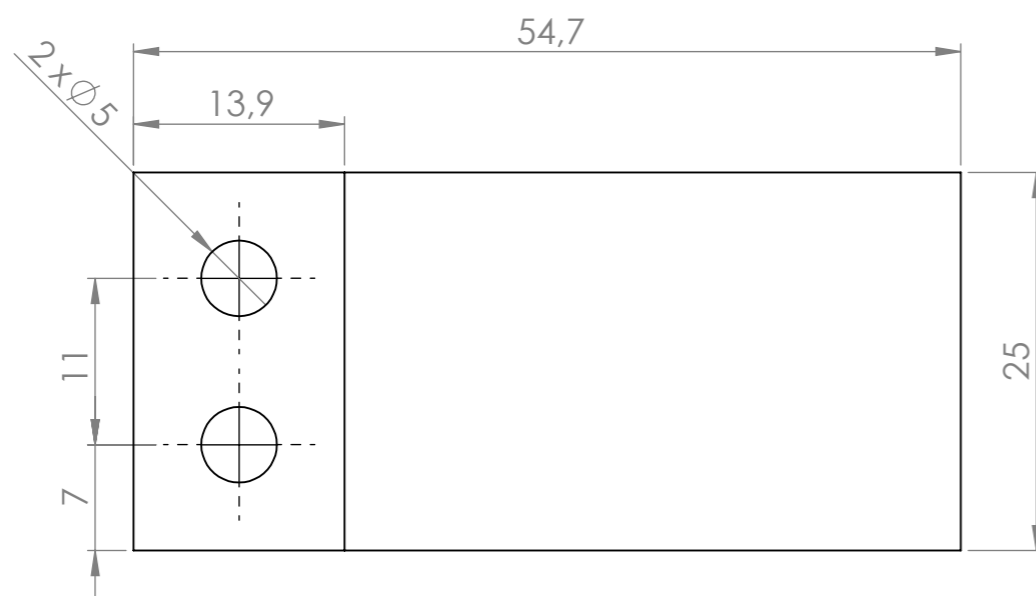
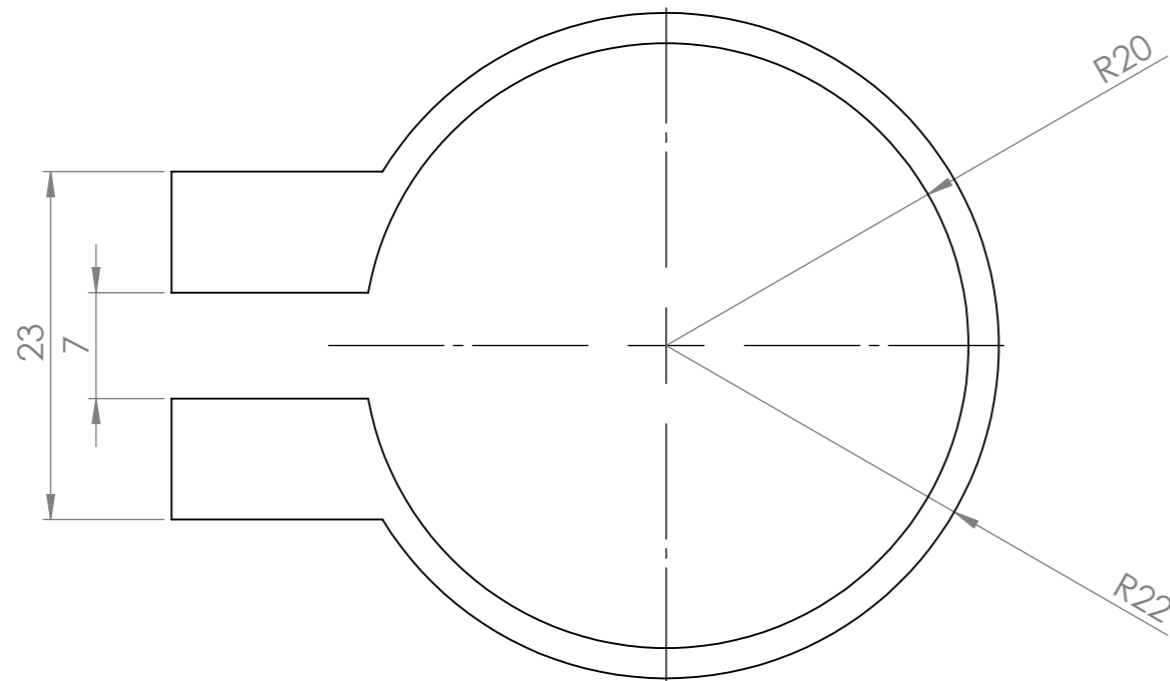
CÓDIGO: PEC 2.9

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 20/30



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Aluminio 6060-T6

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

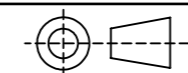
ESCALA: 2:1

UNIDADES: mm

DIBUJO: Abrazadera doble agujero

CÓDIGO: PEC 2.12

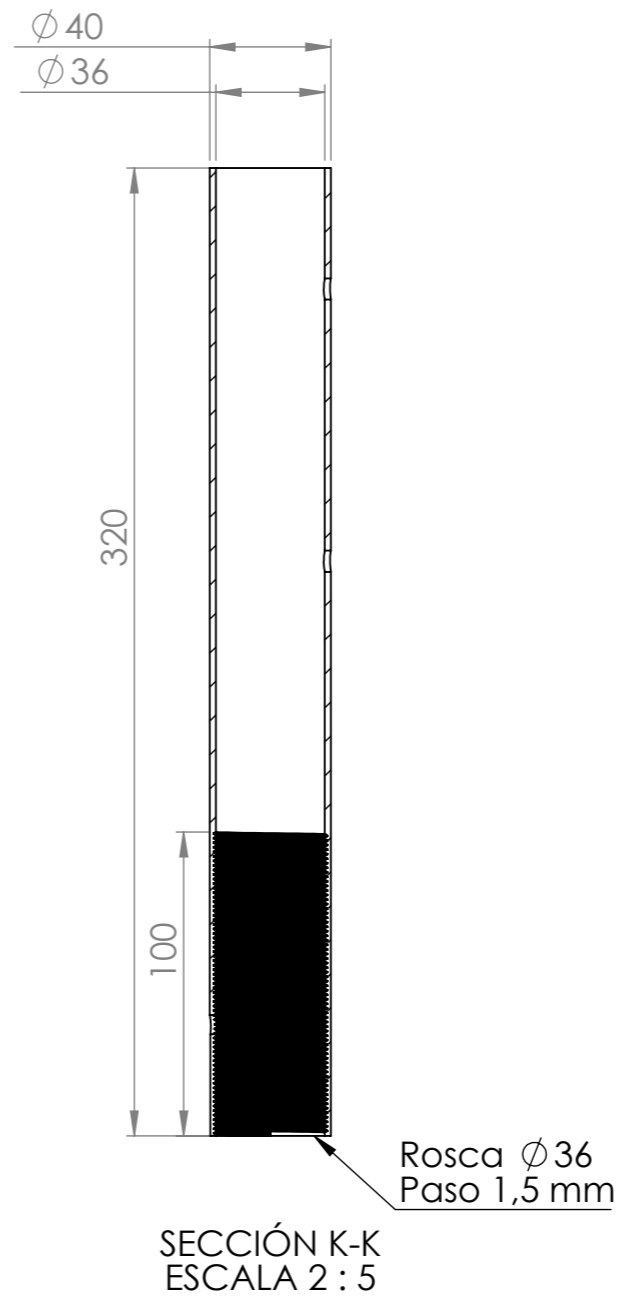
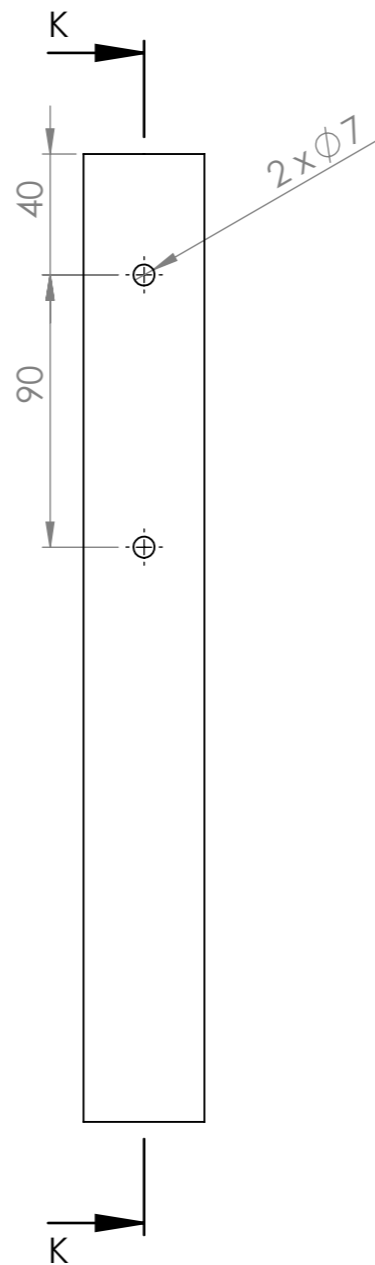
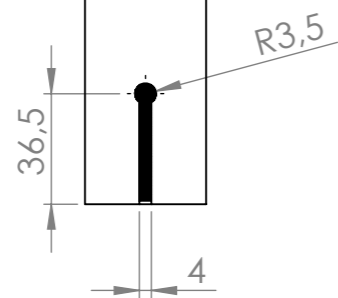
A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 21/30

Vista posterior



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Aluminio 6060-T6

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TÍTULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

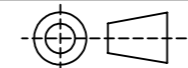
ESCALA: 2:5

UNIDADES: mm

DIBUJO: Cabezal dirección

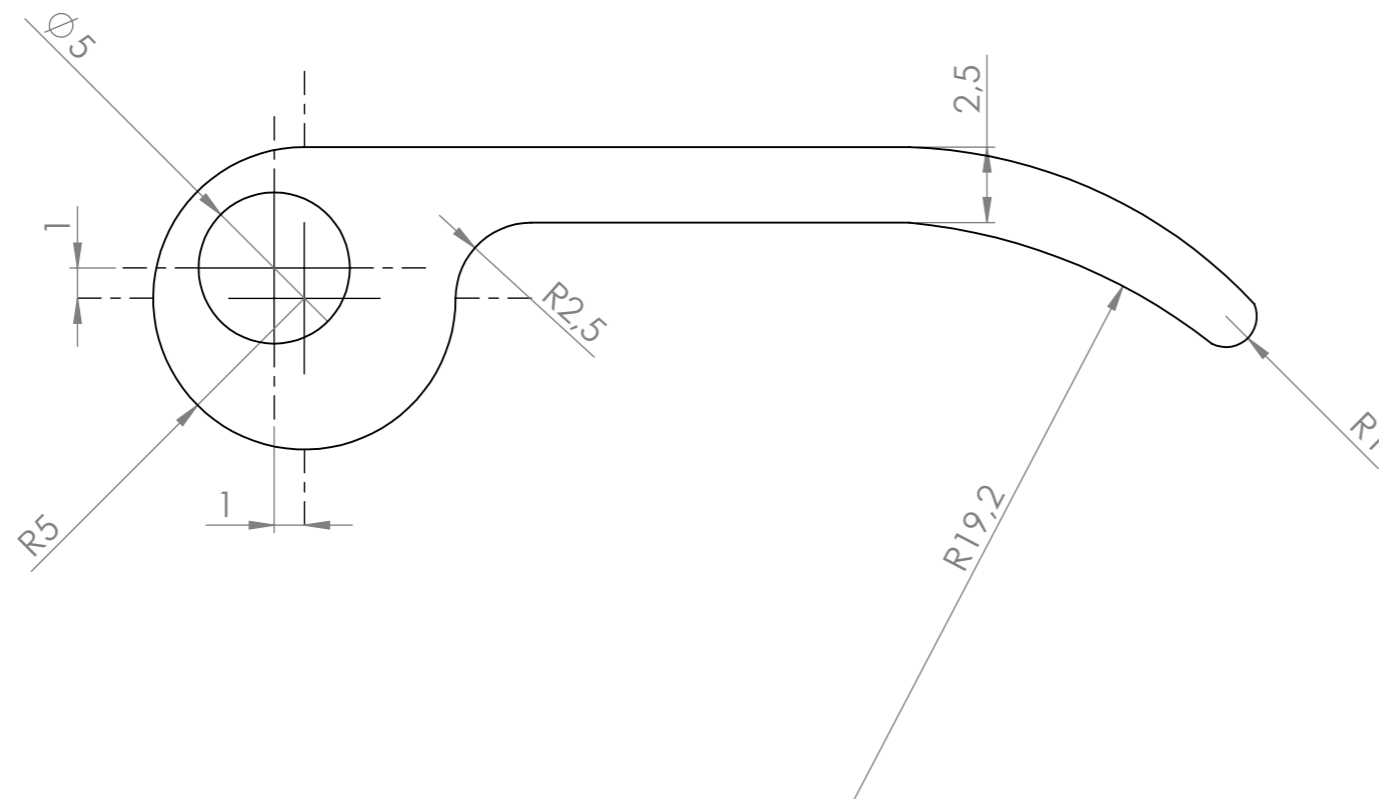
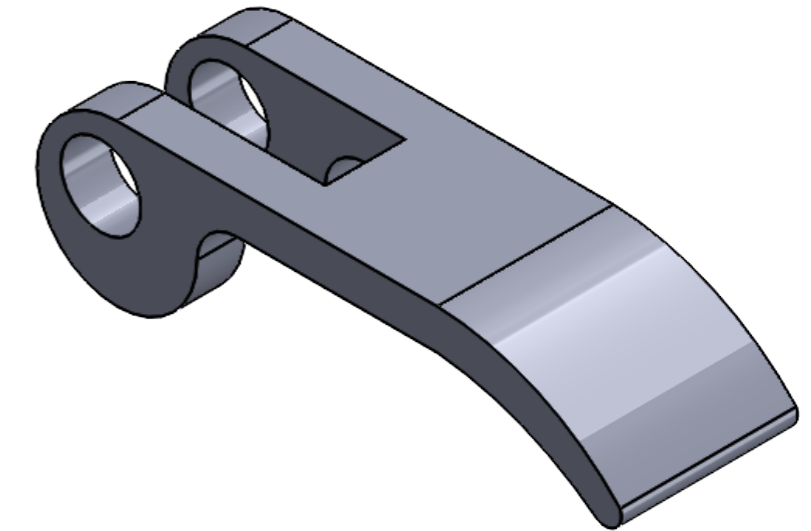
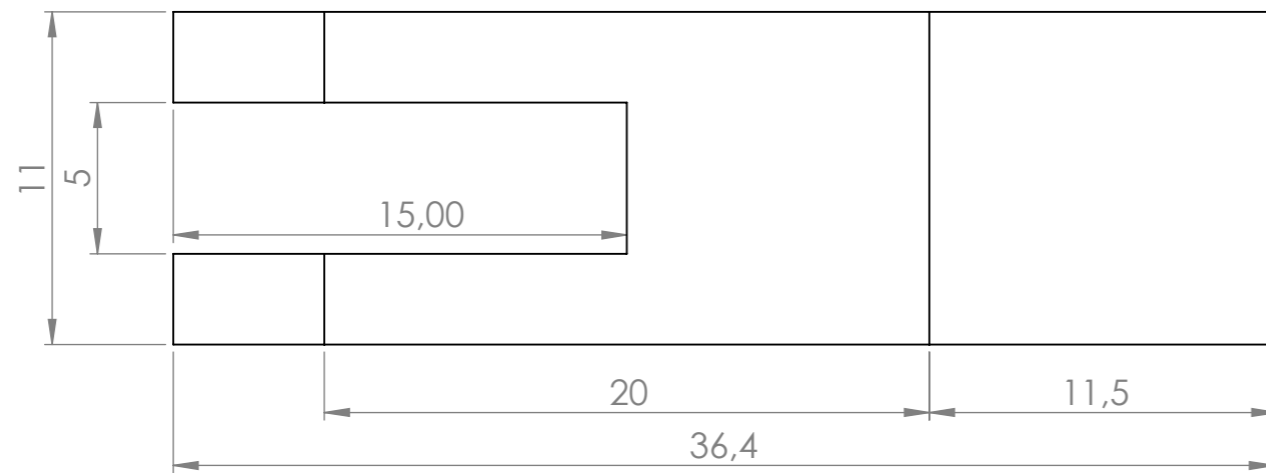
CÓDIGO: PEC 2.13

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 22/30



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Acero inoxidable SAE 1020

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TÍTULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

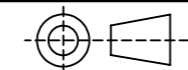
ESCALA: 4:1

UNIDADES: mm

DIBUJO: Maneta pasador dirección

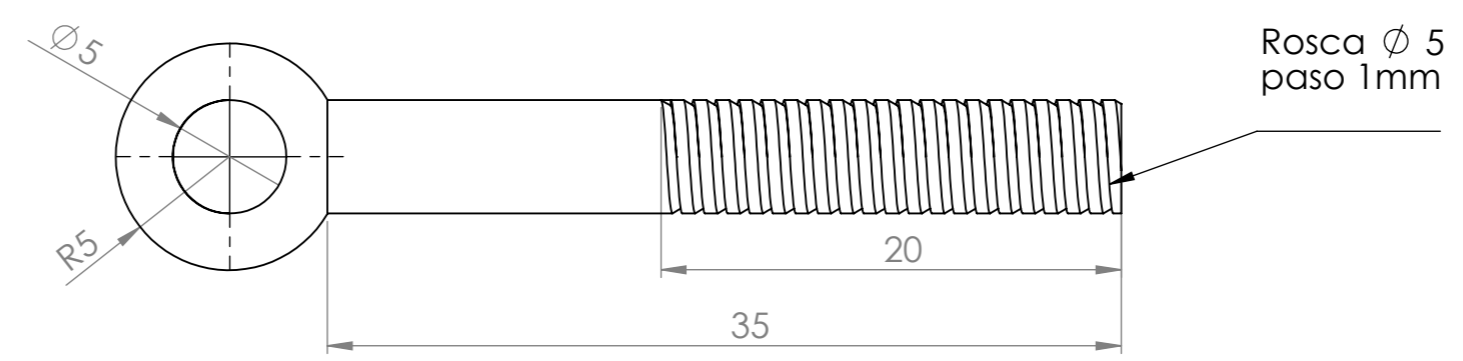
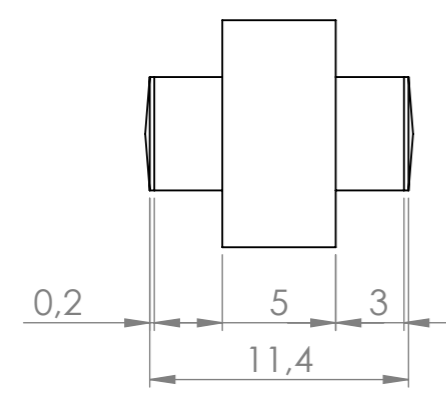
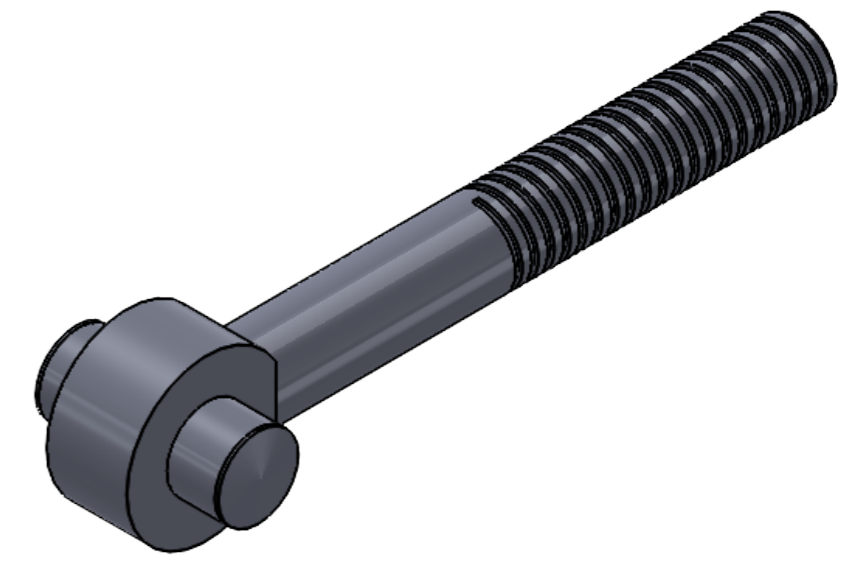
CÓDIGO: PEC 2.14

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

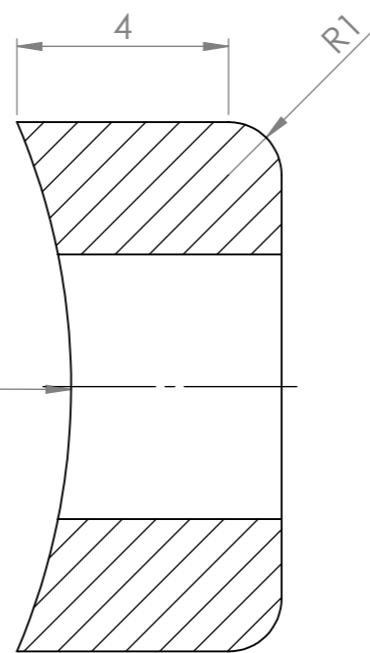
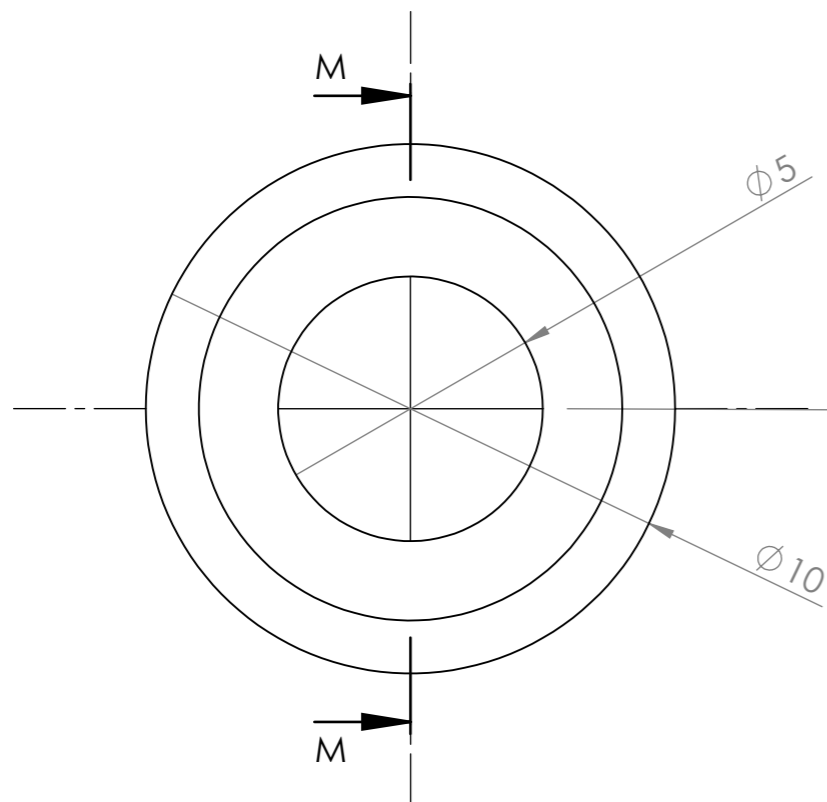
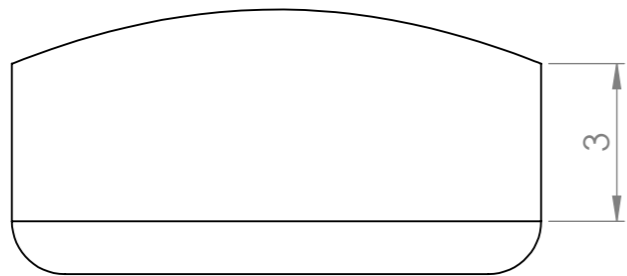
HOJA: 23/30



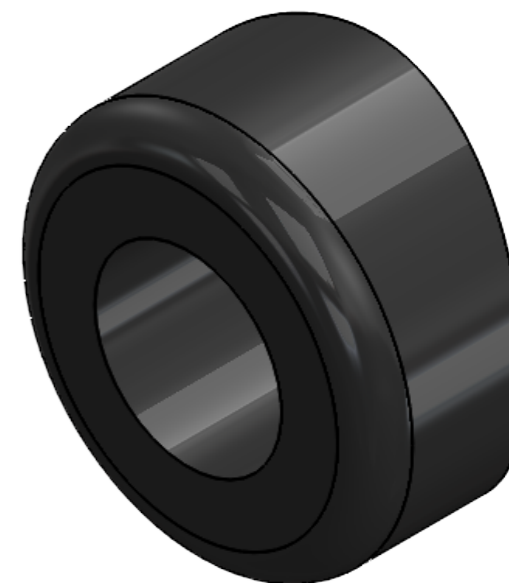
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Acero inoxidable SAE 1020

Universidad Industrial de Santander 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 01/07/2024	TÍTULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA	
ESCALA: 3:1	DIBUJO: Pasador de dirección	CÓDIGO: PEC 2.15
UNIDADES: mm	AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro	HOJA: 24/30
A3		



SECCIÓN M-M
ESCALA 7 : 1



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Caucho SBR

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

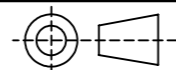
ESCALA: 7:1

UNIDADES: mm

DIBUJO: Tope de goma

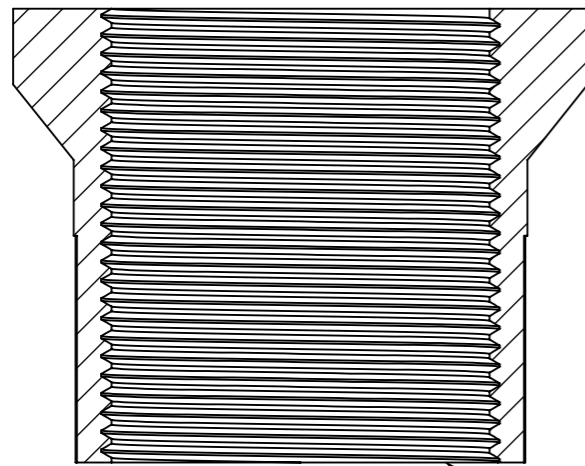
CÓDIGO: PEC 2.16

A3



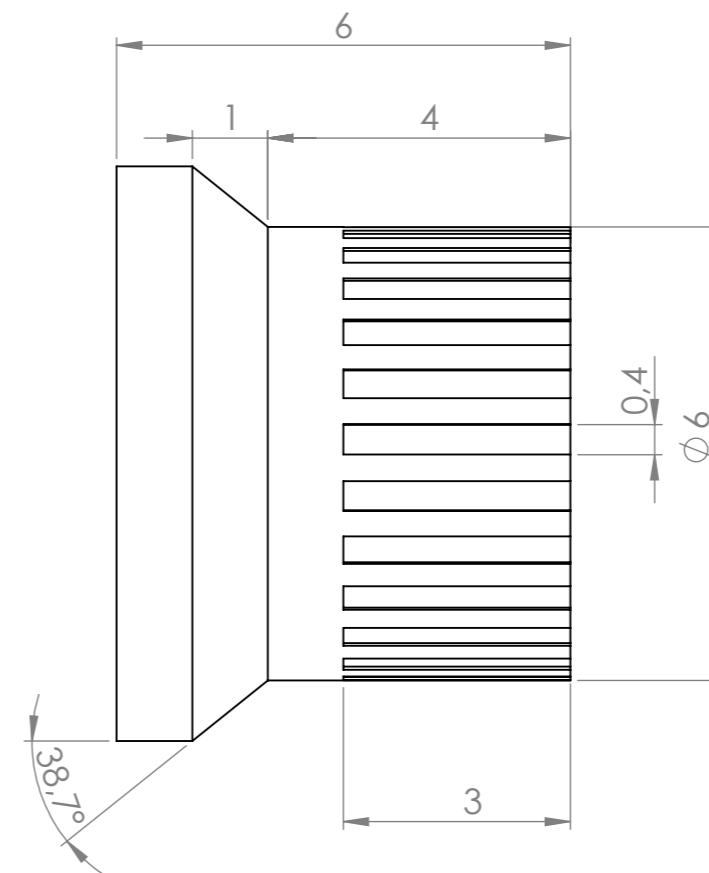
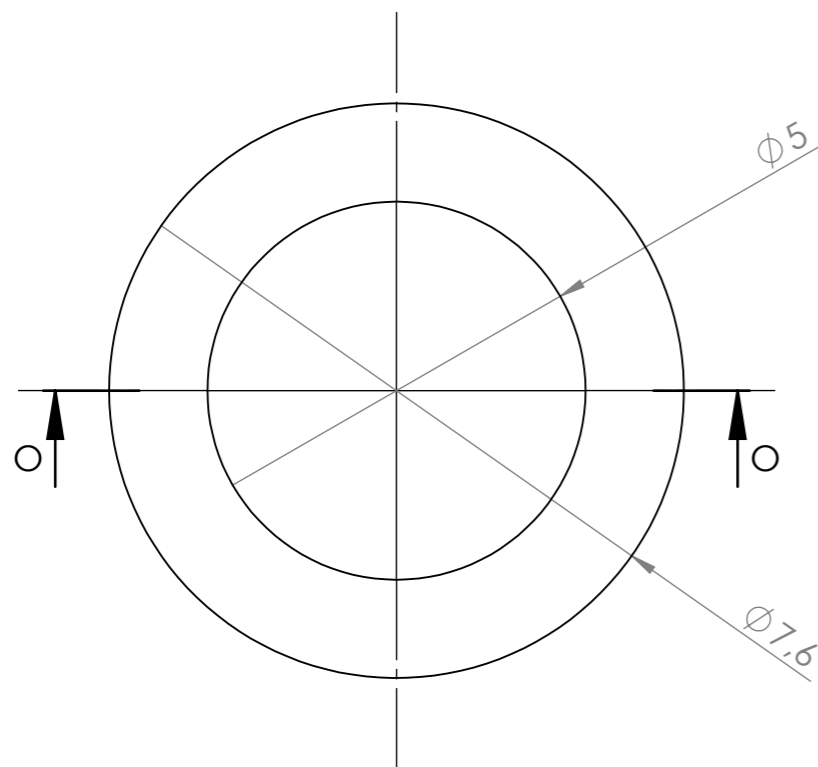
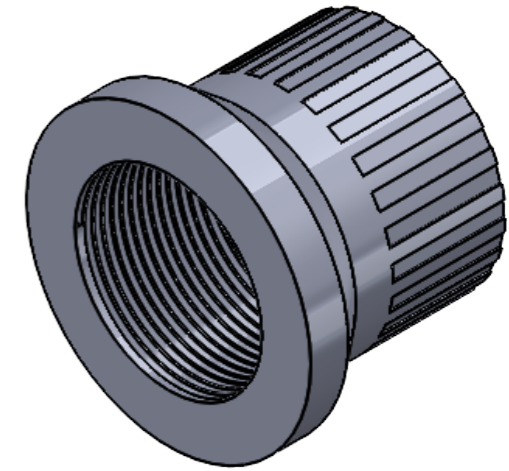
AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 25/30



SECCIÓN O-O

Rosca $\phi 5$
paso 1mm



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Aluminio 6060-T6

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

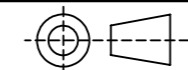
ESCALA: 7:1

UNIDADES: mm

DIBUJO: Tapa roscada dirección

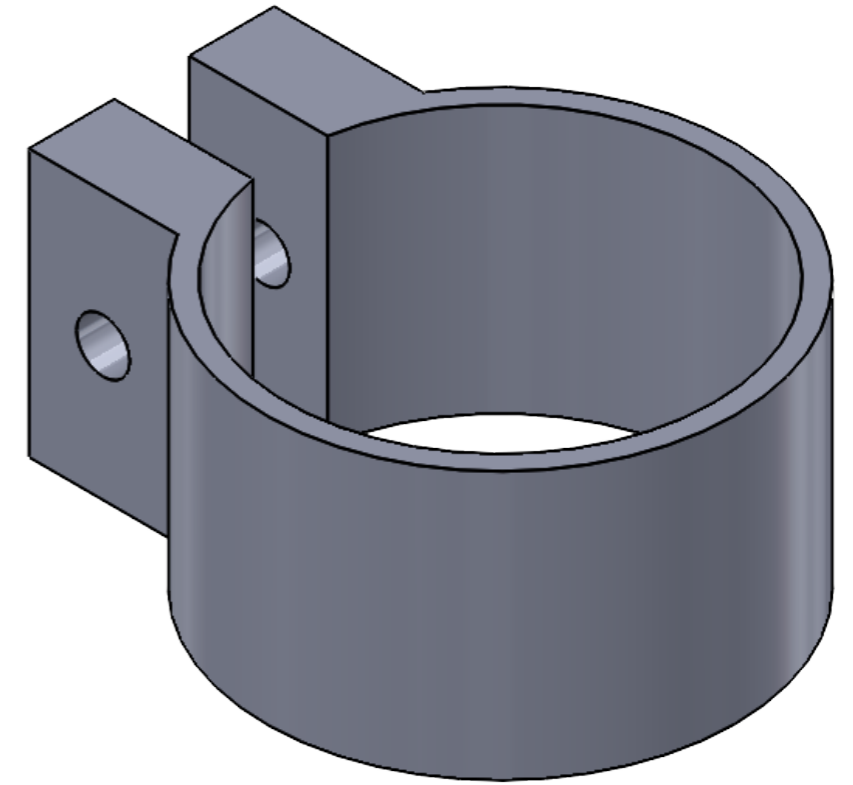
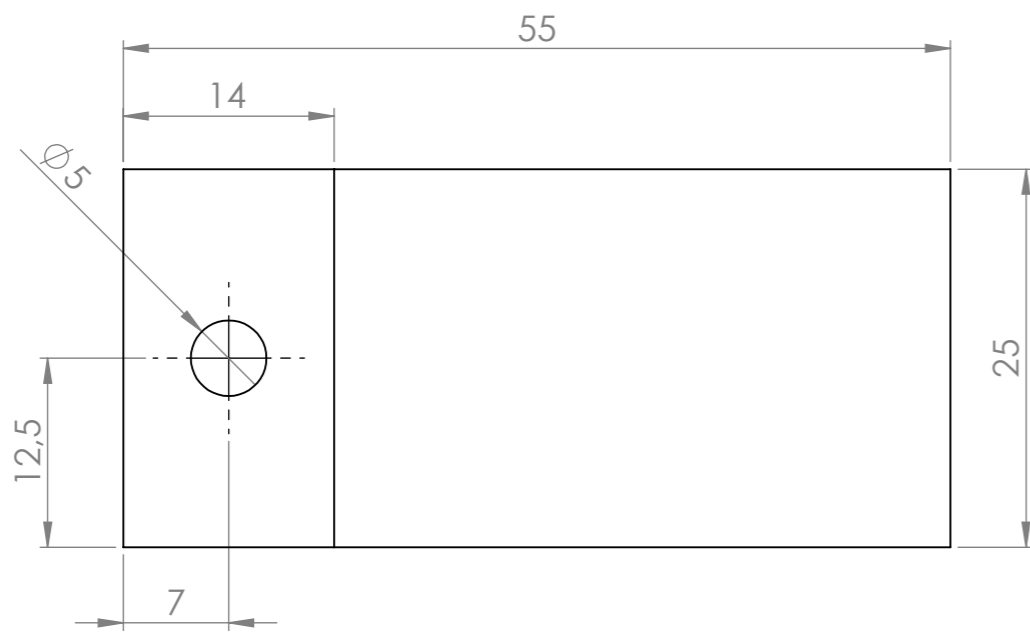
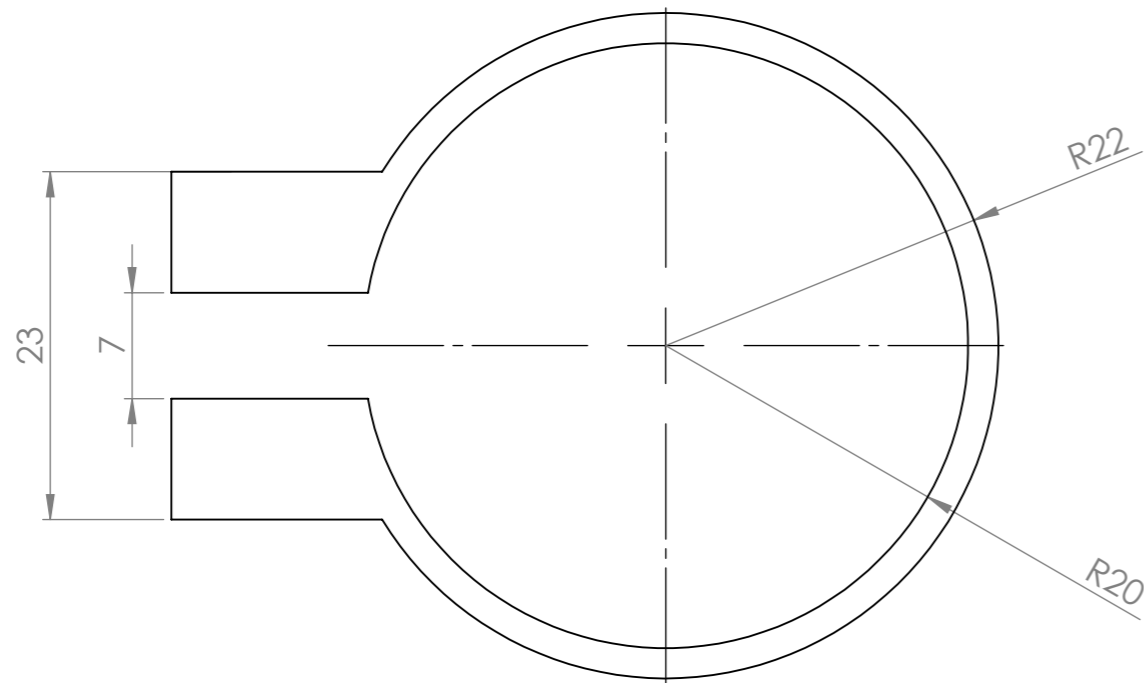
CÓDIGO: PEC 2.17

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 26/30



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Aluminio 6060-T6

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN
PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE
TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

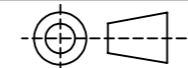
ESCALA: 2:1

UNIDADES: mm

DIBUJO: Abrazadera simple

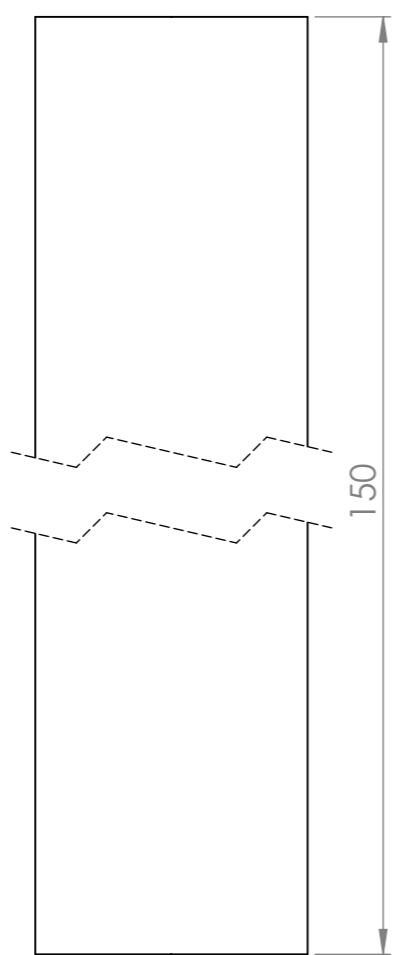
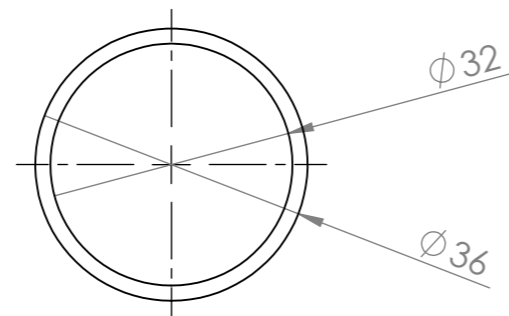
CÓDIGO: PEC 2.19

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

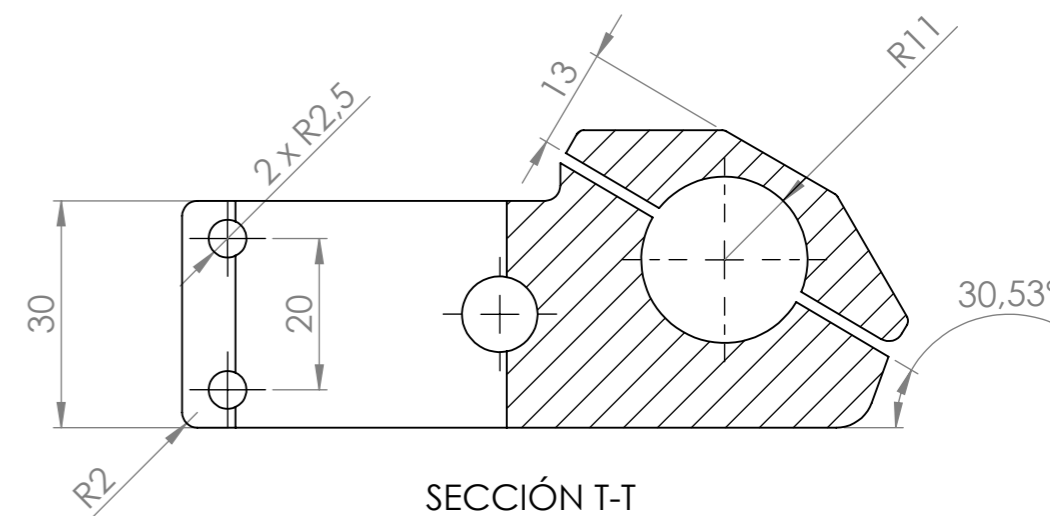
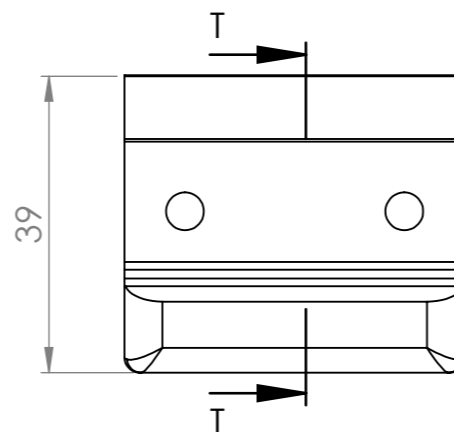
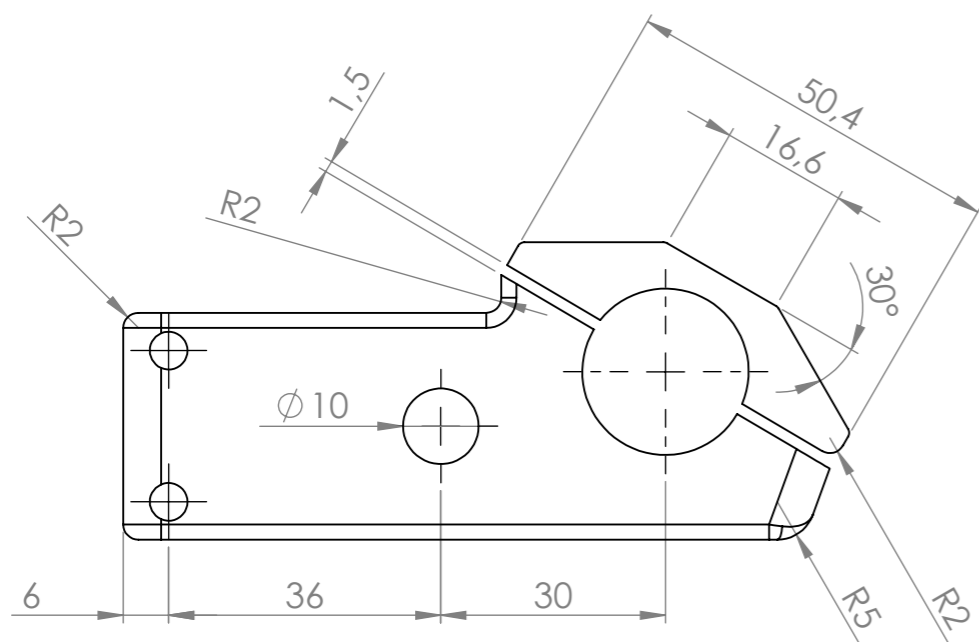
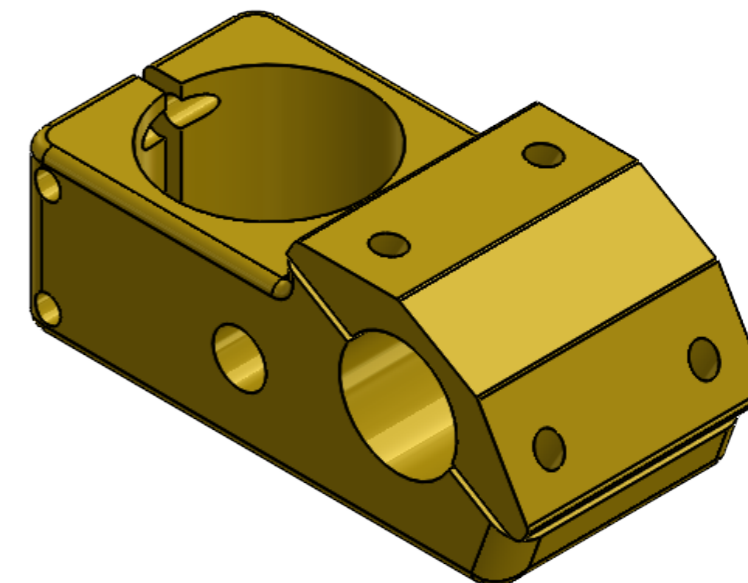
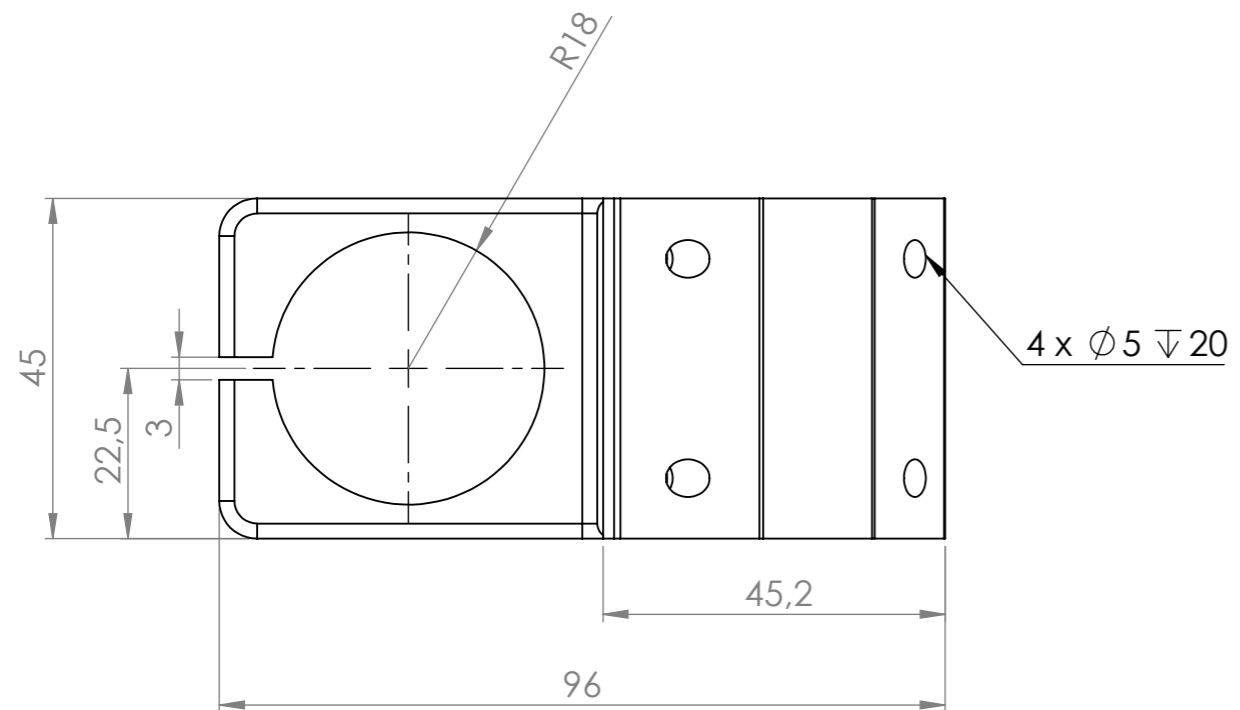
HOJA: 27/30



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Aluminio 6060-T6

Universidad Industrial de Santander 	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
FECHA: 01/07/2024	TITULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA	
ESCALA: 2:1	DIBUJO: Columna dirección	CÓDIGO: PEC 2.20
UNIDADES: mm	AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro	HOJA: 28/30
A3		



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Aluminio 6060-T6

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TÍTULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

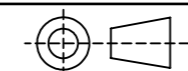
ESCALA: 1:1

UNIDADES: mm

DIBUJO: Potencia

CÓDIGO: PEC 2.22

A3

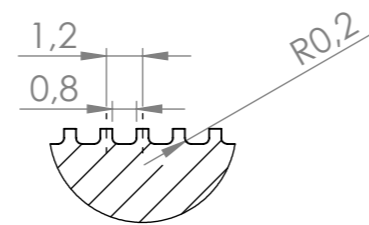


AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

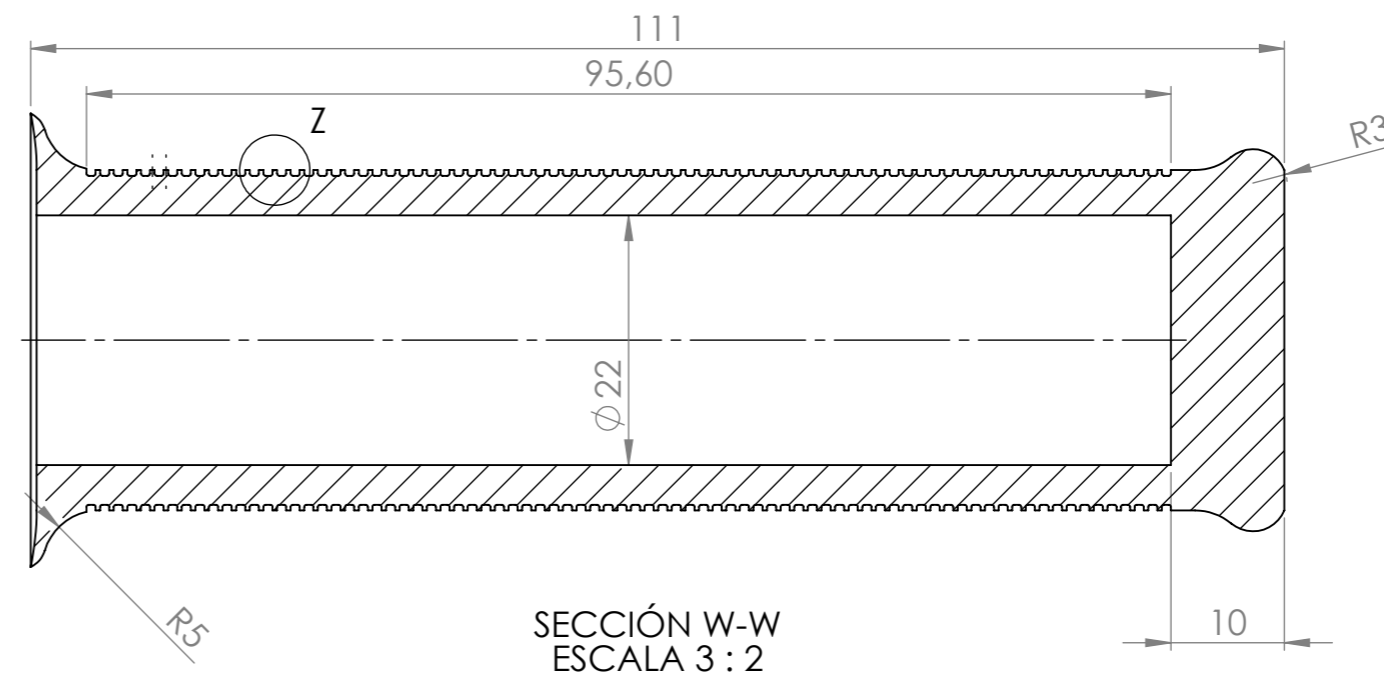
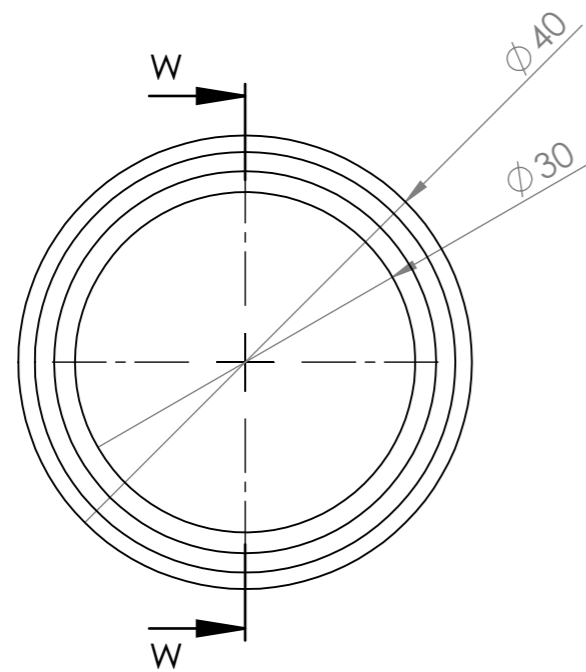
HOJA: 29/30



ESCALA: 1:1



DETALLE Z
ESCALA 4:1



SECCIÓN W-W
ESCALA 3:2

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:

MATERIAL: Silicona

Universidad
Industrial de
Santander



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER**

FECHA: 01/07/2024

TÍTULO: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA ELÉCTRICO PARA UN PATINETE MECÁNICO DE USO COMO MEDIO DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

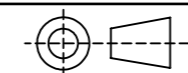
ESCALA: 3:2

UNIDADES: mm

DIBUJO: Mango

CÓDIGO: PEC 2.25

A3



AUTOR: Santiago Tarazona Chaparro

HOJA: 30/30