



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN MECÁNICA PARA EL
MOTOR BRUSHLESS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO DEL PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN CON CÓDIGO AP0018.**

FELIPE HENAO JARAMILLO
ANDRÉS MONTOYA ARANGO

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ
MEDELLÍN
2024

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN MECÁNICA PARA EL
MOTOR BRUSHLESS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO DEL PROYECTO
DE INVESTIGACIÓN CON CÓDIGO AP0018.**

FELIPE HENAO JARAMILLO
ANDRÉS MONTOYA ARANGO

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Mecánica Automotriz

Asesor
Andrés Felipe Romero Maya
Magister en Energia

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ
MEDELLÍN
2024

Contenido

	Pág.
Introducción.....	13
1. Planteamiento del problema	15
1.2 Descripción.....	15
1.3 Formulación.....	15
2. Justificación	16
3. Objetivos.....	17
3.1 Objetivo general.....	17
3.2 Objetivos específicos	17
4. Marco teórico.....	18
4.1 Vehículos eléctricos	18
4.1.1 Definición.....	18
4.1.2 Principio básico de operación	18
4.1.3 Clasificación.....	19
4.2 Motor Brushless.....	21
4.2.1 Definición.....	21
4.2.2 Principio de Funcionamiento	21
4.2.3 Tipos de Motores Brushless	23
4.2.4 Ventajas en Vehículos Eléctricos	23
4.3 Transmisión Mecánica	24
4.3.1 Definición.....	24
4.3.2 Tipos de Transmisión.....	24
4.3.3 Principios y Leyes Aplicadas	26
4.3.4 Importancia en Vehículos de Competencia.....	26
4.4 Metodología CDIO	27
4.4.1 Definición.....	27
4.4.2 Aplicación en el proyecto	28
5. Metodología.....	30
5.1 Tipo de proyecto	30
5.2 Método	30

6. Resultados del proyecto.....	39
6.1 Descripción del diseño final.....	39
6.2 Evaluación teórica del desempeño.....	39
6.3 Comparación teórica entre tipos de transmisiones	40
6.4 Contraste con proyectos similares	41
6.5 Impacto en el vehículo y competencias futuras.....	41
7. Conclusiones	43
8. Recomendaciones.....	45
8.1 Pruebas experimentales del sistema de transmisión	45
8.2 Optimización de materiales y componentes.....	45
8.3 Integración de tecnologías avanzadas	45
8.4 Colaboración con otros proyectos de movilidad eléctrica	45
9. Referencias bibliográficas	47
10. Anexos	49

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Vehículo eléctrico híbrido (HEV)	19
<i>Figura 2.</i> Vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV)	20
<i>Figura 3.</i> Vehículo eléctrico de baterías (EV).....	20
<i>Figura 4.</i> (a) Configuración interna de un motor DC sin escobillas (Brushless), (b) Configuración interna de un motor DC con escobillas	22
<i>Figura 5.</i> Tipos de transmisiones mecánicas (a) Engranaje (b) Cadena (c) Correa	25
<i>Figura 6.</i> Motor Brushless del vehículo original.....	31
<i>Figura 7.</i> (a) Boceto piñonería trasera de transmisión por cadena (b) Boceto tambor de tracción por correa.....	31
<i>Figura 8.</i> Fórmula 'Cálculo de longitud para correas planas'	32
<i>Figura 9.</i> (a) Boceto preliminar sistema de transmisión (b) Boceto soporte auto tensante para la transmisión.....	33
<i>Figura 10.</i> (a) Vista explotada sistema de transmisión (b) Diseño final sistema de transmisión mecánica (c) Vista perspectiva lado motor (d) Vista perspectiva lado transmisión	35
<i>Figura 11.</i> (a) Plano acotado tensor sistema de transmisión (b) Plano acotado eje trasero sistema de transmisión.	36
<i>Figura 12.</i> (a) Prototipo final sistema de transmisión vista trasera lado derecho (b) Prototipo final sistema de transmisión vista trasera lado izquierdo (c) Prototipo final perspectiva lado transmisión (d) Prototipo final perspectiva lado motor.....	38
<i>Figura 13.</i> Comparación de la distancia entre ejes en ambas configuraciones.	42

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Relación de actividades con la metodología CDIO.....	29
Tabla 2. Comparación de tipos de transmisiones mecánicas.....	40

Lista de anexos

	Pág.
Anexo A. Motor Brushless	49
Anexo B. Eje central Motor Brushless.....	50
Anexo C. Paredes tensor de correa	51
Anexo D. Tapa inferior tensor de correa.....	52
Anexo E. Polea trasera	53
Anexo F. Eje trasero.....	54
Anexo G. Correa	55
Anexo H. Rueda libre.....	56
Anexo I. Chumacera.....	57
Anexo J. Rines	58
Anexo K. Neumáticos	59

Resumen

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN MECÁNICA PARA EL MOTOR BRUSHLESS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CON CÓDIGO AP0018.

FELIPE HENAO JARAMILLO

ANDRÉS MONTOYA ARANGO

Este trabajo de grado tiene como objetivo el diseño de un sistema de transmisión mecánica para el motor brushless de un vehículo eléctrico desarrollado bajo el proyecto de investigación con código AP0018. El sistema propuesto busca una forma diferente de transferir la potencia, desde el motor hacia las ruedas, buscando garantizar una mayor eficiencia en la conversión de energía eléctrica en movimiento mecánico.

A través de la metodología CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar, Operar), se realizó un análisis de los componentes mecánicos, evaluando su viabilidad técnica a partir de una revisión del estado del arte, lo cual permitió asegurar que el sistema cumpla con los requerimientos técnicos del vehículo, buscando una mayor eficiencia en la transmisión de potencia y un mejor desempeño en la conducción.

Se plantean varias propuestas de diseño para la transmisión, de tal manera que cuando se valide cumplan con los objetivos establecidos, destacando su capacidad de implementación en vehículos eléctricos de pequeño y mediano tamaño, aportando una solución escalable y eficiente para la industria.

Palabras claves: transmisión mecánica, motor brushless, vehículo eléctrico, eficiencia, diseño.

Abstract

DESIGN OF A MECHANICAL TRANSMISSION SYSTEM FOR THE BRUSHLESS MOTOR OF THE ELECTRIC VEHICLE OF THE RESEARCH PROJECT WITH CODE AP0018.

FELIPE HENAO JARAMILLO

ANDRÉS MONTOYA ARANGO

This thesis aims to design a mechanical transmission system for the brushless motor of an electric vehicle developed under the research project code AP0018. The proposed system seeks a different way of transferring power from the motor to the wheels, ensuring greater efficiency in the conversion of electrical energy into mechanical motion.

Using the CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) methodology, an analysis of the mechanical components was carried out, evaluating their technical feasibility through a state-of-the-art review. This ensured that the system meets the technical requirements of the vehicle, aiming for greater efficiency in power transmission and improved driving performance.

Several design proposals for the transmission are presented, ensuring that, once validated, they meet the established objectives. The system also highlights its potential for implementation in small and medium-sized electric vehicles, providing a scalable and efficient solution for the industry.

Keywords: mechanical transmission, brushless motor, electric vehicle, efficiency, design.

Glosario

Correa plana: tipo de correa utilizada en el sistema de transmisión mecánica, caracterizada por su diseño plano y su capacidad para transferir potencia entre las poleas a través de fricción.

Eficiencia energética: capacidad de un sistema para aprovechar al máximo la energía disponible, minimizando las pérdidas durante la conversión de energía. Es decir, cómo se maximiza la conversión de la energía eléctrica del motor en movimiento mecánico.

Metodología CDIO: un enfoque educativo y de desarrollo de proyectos que sigue las etapas de Concebir, Diseñar, Implementar y Operar. Esta metodología se utiliza para garantizar que el proyecto esté bien fundamentado, desde su concepción hasta su implementación y operación en el entorno real.

Motor brushless: un tipo de motor eléctrico que no utiliza escobillas. Es más eficiente, tiene una vida útil más larga y requiere menos mantenimiento en comparación con los motores de corriente continua tradicionales, lo que lo hace ideal para aplicaciones de alto rendimiento, como los vehículos eléctricos.

SolidWorks: es un software de diseño asistido por computadora (CAD) utilizado para modelar y simular componentes mecánicos en 3D. Este software fue utilizado para llevar a cabo todo el modelamiento de la transmisión.

Prototipo: modelo inicial o versión preliminar del sistema, construido para probar y validar su funcionamiento antes de su implementación final. Hace referencia al sistema de transmisión diseñado para el vehículo eléctrico que fue simulado y probado antes de su fabricación.

Transmisión mecánica: sistema que se encarga de transferir la potencia generada por el motor a las ruedas del vehículo. Es el conjunto de componentes que optimizan el uso de la energía para convertirla en movimiento mecánico.

Vehículo eléctrico: medio de transporte que utiliza energía eléctrica almacenada en baterías para su funcionamiento. El proyecto se centra en mejorar la eficiencia de su sistema de transmisión.

Introducción

El desarrollo del transporte ha sido una constante de innovación, desde los primeros vehículos de tracción animal hasta los avanzados automóviles eléctricos que conocemos hoy en día. La evolución tecnológica ha permitido mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas de transporte, respondiendo a la creciente demanda de soluciones más limpias y respetuosas con el medio ambiente. Los vehículos eléctricos, que representan una parte clave en la transición hacia una movilidad sostenible, requieren sistemas de transmisión altamente eficientes que optimicen el uso de la energía eléctrica.

Este trabajo de grado se inscribe en el contexto de esa evolución tecnológica, formando parte del proyecto AP0018 de la Escudería Bravo del semillero SICAP. El principal objetivo de este proyecto es diseñar un sistema de transmisión mecánica para un vehículo eléctrico impulsado por un motor brushless. Este tipo de motor, conocido por su alta eficiencia y bajo mantenimiento, es ideal para su integración en vehículos eléctricos, pero requiere de un sistema de transmisión que maximice la conversión de energía eléctrica en movimiento mecánico, minimizando las pérdidas y garantizando un rendimiento óptimo.

El proyecto se desarrolla utilizando la metodología CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar, Operar), un enfoque que permite gestionar de manera completa y coordina cada fase del proyecto. En la fase de concepción, se definieron los requerimientos técnicos y los desafíos del sistema. Posteriormente, en la fase de diseño, se emplearon herramientas CAD para modelar la transmisión mecánica, simulando diferentes escenarios de funcionamiento. La fase de implementación permitió la construcción de un prototipo el cual fue sometido a algunas pruebas para validar su viabilidad técnica y funcional. La fase de operación inicialmente incluirá algunas pruebas de funcionamiento y operación del diseño implementado, lo cual permitirá validar todo el prototipo, dicho funcionamiento será abordado por futuros equipos, con el objetivo de probar el sistema en condiciones reales de competencia y exhibición.

Este trabajo enfrenta desafíos técnicos importantes, como la selección de materiales adecuados que soporten las exigencias mecánicas, la correcta integración del sistema de transmisión con el motor eléctrico, y la optimización del diseño para mejorar el rendimiento general del vehículo. A través de los diseños computacionales, se analizaron estos factores, permitiendo visualizar el comportamiento del sistema y realizar ajustes antes de su implementación.

El impacto de este proyecto no se limita al ámbito académico. Su relevancia en el contexto industrial y social se debe al potencial de los resultados para contribuir al desarrollo de vehículos eléctricos más eficientes en Colombia. Este proyecto pretende establecer fundamentos para la introducción de tecnologías sostenibles en el transporte urbano, apoyando la reducción de emisiones contaminantes y promoviendo una movilidad más ecológica.

1. Planteamiento del problema

1.2 Descripción

El desarrollo de vehículos eléctricos para competencias ha generado la necesidad de optimizar los sistemas de transmisión mecánica, especialmente en motores brushless, que son conocidos por su eficiencia y durabilidad. En el contexto del proyecto AP0018, orientado a la construcción de un vehículo para las competencias de tracción eléctrica universitarias, es fundamental diseñar una transmisión que permita una transferencia de potencia eficiente, minimizando las pérdidas y maximizando el rendimiento en situaciones de alta demanda.

Este proyecto busca desarrollar un sistema de transmisión mecánica que garantice la máxima conversión de energía eléctrica en movimiento, respondiendo a las exigencias de una competencia de vehículos eléctricos, además este diseño podrá usarse con fines académicos y de exhibición. Al lograr un diseño eficiente, el equipo no solo mejorará el rendimiento del vehículo, sino que también podría contribuir al avance tecnológico en la movilidad eléctrica competitiva. Este diseño servirá como base para futuros estudios y aplicaciones en competencias similares.

1.3 Formulación

¿Cómo diseñar un sistema de transmisión mecánica para un motor brushless, destinado a un vehículo eléctrico de competencia, que minimice las pérdidas energéticas, maximice el rendimiento bajo condiciones de alta exigencia y garantice la durabilidad del sistema durante la competencia?

2. Justificación

Este trabajo de grado surge como respuesta a la necesidad de optimizar el rendimiento de un vehículo eléctrico destinado a competencias, específicamente dentro del marco del proyecto AP0018. El desarrollo de un sistema de transmisión mecánica para un motor brushless es esencial para garantizar una eficiente transferencia de potencia, lo cual es crucial en un entorno competitivo donde la exigencia de alto rendimiento y durabilidad es constante.

El cambio del diseño original tadpole a uno de cuatro ruedas responde a la necesidad de mejorar tanto la maniobrabilidad como la distribución de peso del vehículo. La nueva configuración tiene el potencial de mejorar la estabilidad y tracción, aumentando así la capacidad del vehículo para enfrentar las condiciones de una competencia, donde cada aspecto del rendimiento es determinante.

Este proyecto además de tener un impacto directo en la competición también representa una oportunidad de aplicar soluciones tecnológicas avanzadas en el diseño de transmisiones mecánicas, utilizando herramientas de diseño computarizado como CAD. Estas herramientas permiten diseñar sistemas más precisos, eficientes y sostenibles, alineándose con la creciente demanda de innovaciones tecnológicas en el sector de la movilidad eléctrica. Además, la investigación y los resultados obtenidos en este proyecto contribuirán al avance académico y al desarrollo de competencias técnicas en los estudiantes participantes, promoviendo el uso de tecnologías limpias y la implementación de soluciones sostenibles. El proyecto también se enmarca en el uso de la metodología CDIO, que asegura una correcta integración de los conceptos de diseño, implementación y operación.

Finalmente, este trabajo tiene el potencial de impactar positivamente en la industria automotriz eléctrica, al proporcionar un modelo escalable para futuros vehículos de competencia y demostraciones académicas, contribuyendo así al avance de la movilidad eléctrica en escenarios tanto locales como internacionales.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general.

Desarrollar un sistema de transmisión mecánica para el motor brushless del vehículo eléctrico del proyecto de investigación con código AP0018.

3.2 Objetivos específicos.

Seleccionar los componentes adecuados para el desarrollo del diseño del sistema de transmisión mecánica en un contexto competitivo.

Diseñar un sistema de transmisión utilizando herramientas de diseño CAD (SolidWorks), asegurando que cumpla tanto con las especificaciones de funcionalidad, como de la metodología propuesta.

Construir un prototipo funcional del sistema de transmisión mecánica que se ajuste al diseño implementado mediante las condiciones propuestas por el CDIO.

4. Marco teórico

A continuación, se van a proporcionar los fundamentos técnicos y conceptuales necesarios para el desarrollo de un sistema de transmisión mecánica para un motor brushless, enfocado en un vehículo eléctrico de competencia. A lo largo de esta sección, se abordarán temas relacionados con los vehículos eléctricos, los motores brushless, la transmisión mecánica, y la metodología CDIO. Cada sección proporcionará una base teórica para respaldar el diseño propuesto.

4.1 Vehículos eléctricos

4.1.1 Definición

Un vehículo eléctrico es impulsado por uno o más motores eléctricos, los cuales son alimentados por energía eléctrica almacenada en baterías recargables o suministrada por fuentes externas. Estos vehículos convierten la energía eléctrica directamente en energía mecánica para la propulsión. Los vehículos eléctricos destacan por su alta eficiencia energética y su capacidad para integrar tecnologías avanzadas como sistemas de propulsión y baterías inteligentes ([Yuan, 2023](#)).

4.1.2 Principio básico de operación

De acuerdo con [Yuan \(2023\)](#), el principio básico de operación de un vehículo eléctrico es la conversión directa de energía eléctrica en movimiento mecánico, a través del motor eléctrico. Este se encarga de transformar la corriente eléctrica en torque para las ruedas del vehículo. La sencillez del sistema eléctrico, en comparación con los motores de combustión interna, también permite una reducción en el número de componentes móviles, lo que resulta en una menor necesidad de mantenimiento.

En el contexto de las competencias, donde la eficiencia energética y el rendimiento son factores relevantes, un motor eléctrico como el brushless ofrece una gran ventaja. Su diseño, al tener menos partes móviles, reduce las pérdidas por fricción y genera menos calor, lo que mejora la eficiencia general y permite un mejor control del torque y la aceleración, estos aspectos son importantes para mejorar el desempeño en carreras. Por ello, se ha decidido utilizar un motor eléctrico en este proyecto, dado que su capacidad para mantener un rendimiento constante bajo condiciones exigentes lo convierte en una opción ideal. De esta manera se asegura una mejor conversión de energía y se minimiza la pérdida de potencia durante el evento.

4.1.3 Clasificación

- **Vehículos eléctricos híbridos (HEV):** Los HEV funcionan con un motor de combustión interna y un motor eléctrico que utiliza energía almacenada en una batería como se puede ver en la Figura 1. La batería se carga a través del frenado regenerativo y del motor de combustión interna. El vehículo no se puede conectar para cargar la batería ([US DEPARTMENT OF ENERGY, 2015](#)).

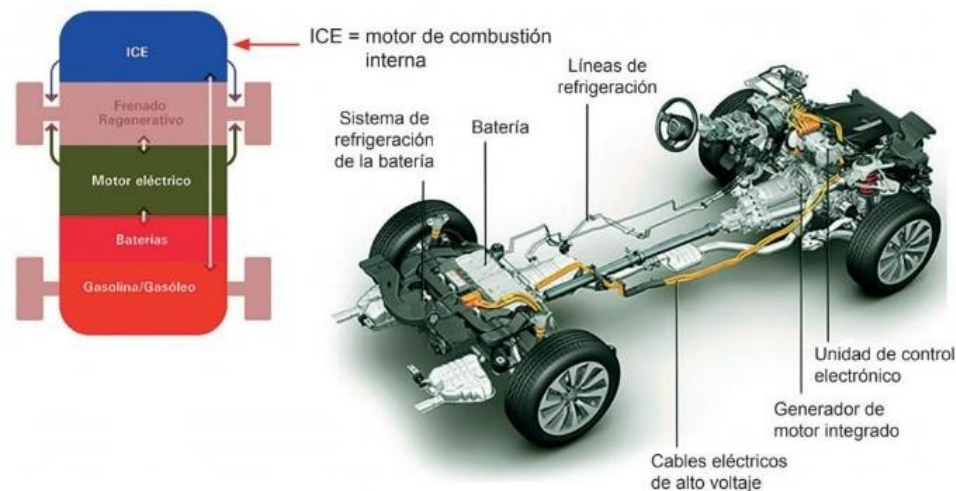


Figura 1. Vehículo eléctrico híbrido (HEV)

Fuente: extraído de www.audi.com

- **Vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV):** Los PHEV funcionan con un motor de combustión interna y un motor eléctrico que utiliza energía almacenada en una batería como se muestra en la Figura 2. La batería se puede cargar conectándola a una fuente de energía eléctrica, mediante el frenado regenerativo y a través del motor de combustión interna ([US DEPARTMENT OF ENERGY , 2015](#)).

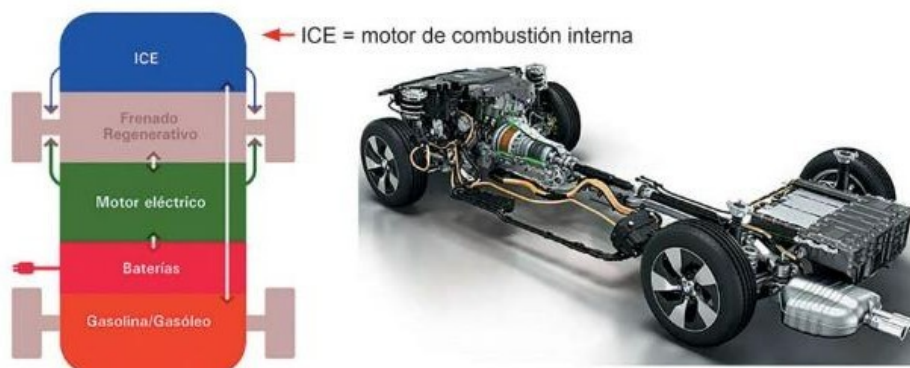


Figura 2. Vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV)

Fuente: extraído de www.endesa.com

- **Vehículos eléctricos de batería (EV):** Los EV funcionan con un motor eléctrico que utiliza energía almacenada en una batería como se observa en la Figura 3. Las baterías del EV se cargan al conectar el vehículo a una fuente de energía eléctrica y mediante el frenado regenerativo ([US DEPARTMENT OF ENERGY , 2015](#)).



Figura 3. Vehículo eléctrico de baterías (EV)

Fuente: extraído de www.volkswagen.com

4.2 Motor Brushless

4.2.1 Definición

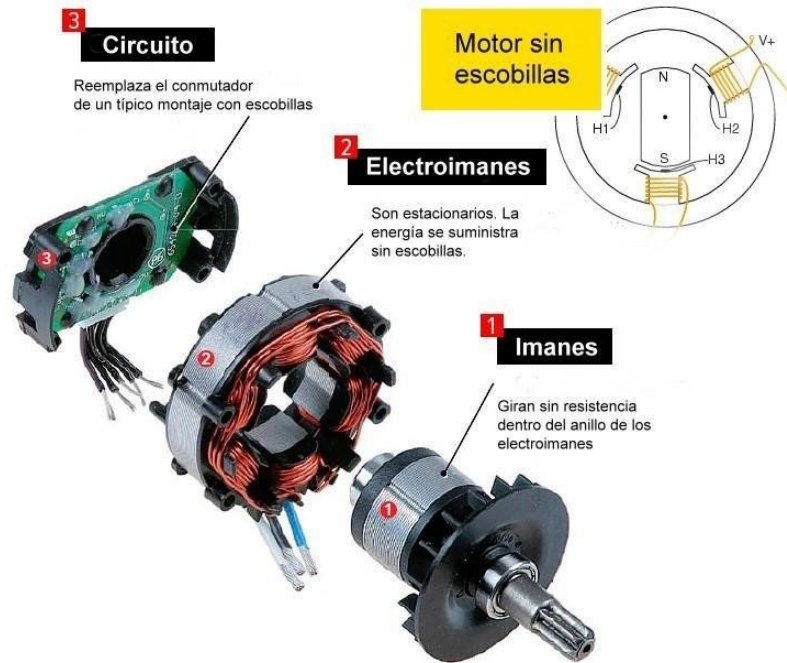
El motor brushless, también conocido como motor sin escobillas, es un tipo de motor eléctrico de corriente continua que no requiere escobillas mecánicas para cambiar la dirección de la corriente en el rotor. Esto lo distingue de los motores tradicionales, que utilizan escobillas para conmutar la corriente a través de un conmutador mecánico. En los motores brushless, la conmutación se realiza electrónicamente, lo que reduce el desgaste y mejora la eficiencia del sistema ([Hughes & Drury, 2019](#)).

4.2.2 Principio de Funcionamiento

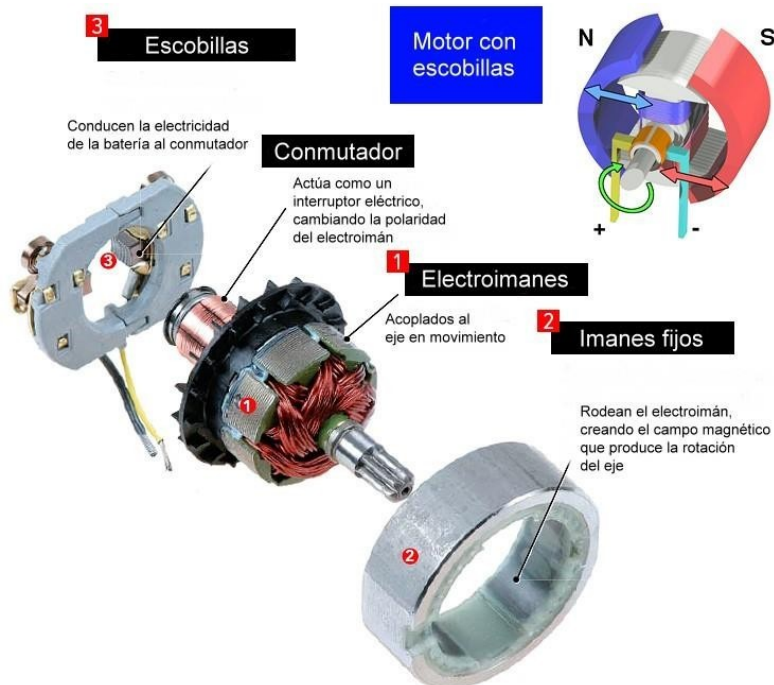
Según [Hughes & Drury \(2019\)](#), los motores brushless utilizan imanes permanentes en el rotor, y un conjunto de bobinas en el estator. Cuando las bobinas del estator se energizan secuencialmente, crean un campo magnético que interactúa con los imanes del rotor, causando que éste gire. Este proceso se controla mediante un controlador electrónico, que regula el flujo de corriente a través de las bobinas para garantizar que el rotor mantenga su rotación sin contacto físico con las escobillas.

El controlador del motor brushless es responsable de generar las señales que cambian la polaridad de las bobinas en el momento exacto en que el rotor se alinea con ellas. Este sistema además de eliminar el desgaste por fricción también permite un control sobre la velocidad y el torque, lo que hace que este tipo de motor sea especialmente adecuado para aplicaciones de alta eficiencia, como los vehículos eléctricos en el contexto de competencias.

En la figura 4 se puede evidenciar la configuración interna de un motor de corriente directa sin escobillas (Brushless). También se agrega la configuración interna de un motor de corriente directa convencional que usa escobillas.



(a)



(b)

Figura 4. (a) Configuración interna de un motor DC sin escobillas (Brushless), (b) Configuración interna de un motor DC con escobillas

Fuente: extraído de www.demaquinasyherramientas.com

4.2.3 Tipos de Motores Brushless

De acuerdo con lo dicho por [Cook, \(2013\)](#) existen dos tipos principales de motores brushless, que se diferencian por la corriente que utilizan para funcionar:

- **Los BLDC outrunner** tienen imanes permanentes en la sección exterior que se mueve al girar el eje de salida. Los BLDC suelen tener más torque para un tamaño determinado que los motores inrunner y funcionan a menor velocidad. Los electroimanes están dispuestos en la sección interior del estator. No se enfrían tan bien como sus homólogos inrunner, y la carcasa no proporciona tanta protección contra los elementos.
- **Los BLDC inrunner** disponen los electroimanes dentro de una carcasa exterior fija, mientras que los imanes permanentes están en el rotor interno. Los motores inrunner suelen girar más rápido que los motores outrunner, produciendo un torque menor con un tamaño determinado. Los motores inrunner tienen la ventaja de estar mejor protegidos de la intemperie y mejor refrigerados, ya que las bobinas de los electroimanes están unidas directamente a la carcasa exterior.

4.2.4 Ventajas en Vehículos Eléctricos

El uso de motores brushless en vehículos eléctricos ofrece las siguientes ventajas:

- **Mayor eficiencia:** Los motores brushless tienen una eficiencia energética mucho mayor que los motores con escobillas debido a la eliminación de la fricción interna. Esto permite que una mayor cantidad de energía de la batería se convierta en movimiento útil.
- **Menor mantenimiento:** Al no depender de escobillas, los motores brushless requieren menos mantenimiento, lo que reduce los costos operativos a largo plazo y mejora la confiabilidad del vehículo.
- **Operación silenciosa:** Debido a la ausencia de fricción mecánica, los motores brushless son más silenciosos que sus contrapartes con escobillas, lo que resulta en una conducción más suave y agradable.

4.3 Transmisión Mecánica

4.3.1 Definición

[Kumar \(2018\)](#) propone la siguiente definición para transmisión mecánica. “Es el proceso de transmitir movimiento desde un eje hacia otro utilizando algún tipo de conexión entre ellos, como correas, cadenas o engranajes. Estas conexiones permiten transferir energía mecánica para realizar trabajo útil”. La forma en que lo hace depende básicamente del tipo de transmisión, ya que puede ser transmitido a las ruedas a través de diversos mecanismos, como engranajes, correas o cadenas.

En el caso de los vehículos de competencia, la transmisión juega un papel importante en la optimización del rendimiento, ya que cualquier pérdida de potencia durante este proceso puede reducir significativamente la eficiencia general del vehículo.

4.3.2 Tipos de Transmisión

Como lo establece Maye [Pang \(2023\)](#), existen diversos tipos de transmisiones de potencia, cada uno con características y aplicaciones únicas. Estos son algunos de los más importantes:

- **Transmisión por engranajes:** La transmisión por engranajes es uno de los métodos más utilizados en la transmisión de potencia. Consiste en el uso de ruedas dentadas (engranajes) que se acoplan y transmiten la energía de manera eficiente. Esta transmisión se aplica en diversas industrias, como la automotriz, la industria pesada y la manufacturera.
- **Transmisión por cadenas:** La transmisión por cadenas utiliza una cadena metálica que se acopla a ruedas dentadas para transmitir la potencia. Este tipo de transmisión se utiliza comúnmente en aplicaciones que requieren altas cargas o velocidades, como en la industria agrícola, la construcción y la minería.

- **Transmisión por correas:** La transmisión por correas utiliza bandas de material flexible para transferir el movimiento y la potencia entre dos ejes. Las correas pueden ser de diferentes tipos, como correas dentadas, correas planas, correas en V o correas sincrónicas. Este tipo de transmisión se utiliza en aplicaciones que requieren una operación silenciosa y una absorción de vibraciones, como en maquinaria industrial y sistemas de transporte.

En la figura 5 se pueden evidenciar gráficamente los diferentes tipos de transmisión explicados anteriormente.

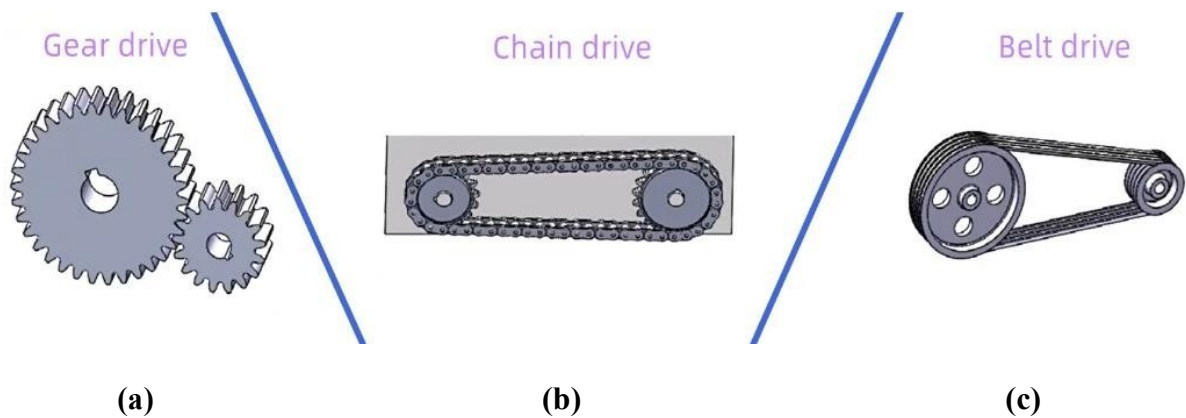


Figura 5. Tipos de transmisiones mecánicas (a) Engranaje (b) Cadena (c) Correa

Fuente: extraído de www.angmotor.com

El proyecto usa una transmisión de correa plana, esto principalmente por las prestaciones con las que cuenta en un contexto competitivo. Debido a la simplicidad de su diseño y la capacidad para trabajar de manera eficiente a altas velocidades, este tipo de transmisión minimiza las pérdidas de energía por fricción.

Las correas planas son menos propensas al desgaste rápido en comparación con otros tipos de transmisión, lo que reduce la necesidad de constantes mantenimientos. Esto permite que el

vehículo opere de manera más consistente sin interrupciones para ajustes o reparaciones. Además, las correas planas son capaces de absorber impactos y cargas repentinas, lo que es ideal para entornos de alta exigencia como lo son las competencias. El diseño ligero de la transmisión de correa también contribuye a reducir el peso total del vehículo, lo que es un factor determinante, ya que se busca maximizar la relación peso-potencia.

4.3.3 Principios y Leyes Aplicadas

El diseño de una transmisión mecánica eficiente se basa en los principios de la mecánica clásica. Tal como lo señala [StudySmarter \(2024\)](#) la mecánica clásica estudia los cambios de energía de un cuerpo, así como el trabajo producido por las fuerzas que generan el movimiento.

Esto se asocia principalmente a la ley de la conservación de la energía, que establece que la energía no se crea ni se destruye, sino que se transforma. La energía generada por el motor eléctrico se transforma en energía mecánica en las ruedas por medio de la transmisión, y la eficiencia del sistema depende de cuánto de esa energía se conserva durante el proceso. Además, la primera ley de Newton ‘Un objeto permanece en su mismo estado de movimiento, a menos que sea perturbado por una fuerza’ como indica [StudySmarter \(2024\)](#), ley conocida como la ley de la inercia, es especialmente relevante en el diseño de la transmisión, ya que el sistema debe ser capaz de vencer la inercia inicial del vehículo para ponerlo en movimiento.

4.3.4 Importancia en Vehículos de Competencia

En el contexto de las competencias, la transmisión mecánica juega un gran papel en el rendimiento general del vehículo. Una transmisión eficiente garantiza que la energía generada por el motor se transfiera de manera óptima a las ruedas, minimizando las pérdidas de potencia y mejorando la aceleración y la velocidad del vehículo. En este proyecto, la implementación de una transmisión de correa plana ha sido útil para mejorar el rendimiento del vehículo.

Además de la mejora en la transmisión, este proyecto ha involucrado un cambio en la configuración del vehículo, pasando del diseño original tipo tadpole (dos ruedas delanteras y una rueda trasera) a un diseño de cuatro ruedas. Este cambio aparte de permitir la incorporación de un sistema de transmisión más eficiente también mejora la estabilidad y maniobrabilidad del vehículo. Al agregar una rueda más, se ha incrementado la superficie de contacto del vehículo con el suelo, lo que distribuye de manera más equilibrada las cargas durante la carrera y mejora la tracción.

El cambio en la configuración también permitirá un mejor aprovechamiento del torque generado por el motor eléctrico, lo que significa que el manejo será más preciso y mejorará la capacidad de respuesta en diferentes situaciones, como las curvas cerradas y las aceleraciones rápidas durante la competencia.

4.4 Metodología CDIO

4.4.1 Definición

Según lo expresado por [Hillebrand et al., \(2019\)](#) el CDIO es un enfoque educativo y metodológico que integra las fases de Concebir, Diseñar, Implementar, y Operar en el desarrollo de proyectos de ingeniería.

El objetivo de este método es garantizar que los estudiantes y profesionales de ingeniería desarrollen competencias que abarquen desde la concepción de una idea hasta la implementación y operación de un producto o sistema. Esta metodología se ha adoptado ampliamente en universidades y centros de investigación debido a su enfoque práctico y orientado al ciclo de vida completo de un proyecto.

Cada una de las fases del CDIO se relaciona de la siguiente manera:

- **Concebir:** Implica la identificación de necesidades, la formulación del problema, y la definición de los requisitos del proyecto. En esta etapa se establecen los objetivos técnicos y funcionales que debe cumplir el sistema.
- **Diseñar:** Se refiere a crear diseños, planos o dibujos que describan lo que se ha de implementar o fabricar. En esta etapa se evalúan diferentes soluciones y se selecciona la que mejor cumpla con los requisitos del proyecto.
- **Implementar:** En esta etapa, el sistema diseñado se implementa a través de la construcción de un prototipo o simulación digital.
- **Operar:** La fase de operación implica la puesta en marcha del sistema en un entorno real o simulado.

4.4.2 Aplicación en el proyecto

La metodología CDIO se adapta perfectamente al desarrollo del sistema de transmisión mecánica de este proyecto, ya que permite estructurar el proceso de diseño y validación en etapas claras y definidas. Estas etapas se desglosan en actividades y se relacionan con la metodología CDIO como se puede observar en la Tabla 1. A continuación, se explica cómo se aplica cada fase del CDIO al diseño de la transmisión mecánica:

1. **Concebir:** En esta primera fase, se realizó un análisis de los requisitos del sistema de transmisión, considerando las especificaciones del motor brushless y las necesidades del vehículo eléctrico en un entorno competitivo. Esta etapa incluyó la investigación y selección de los componentes mecánicos más adecuados, buscando mejorar el rendimiento en función de los requerimientos de potencia, peso y durabilidad para asegurar que el diseño cumpla con las exigencias en un contexto competitivo.
2. **Diseñar:** La fase de diseño se centró en el modelado y desarrollo del sistema de transmisión utilizando herramientas CAD, en este caso SolidWorks. Durante esta etapa, se exploraron diferentes configuraciones para la transmisión de correa plana, asegurando que el diseño cumpla con los requisitos de funcionalidad. El diseño final se validó

teóricamente, evaluando cómo responde a las condiciones de carrera y a las exigencias del motor.

3. **Implementar:** En esta etapa, se procede a la construcción de un prototipo del sistema de transmisión. El prototipo servirá como una representación física del diseño propuesto, ya que se pretende ilustrar físicamente lo diseñado en fases anteriores.
4. **Operar:** Aunque la implementación completa en condiciones de competencia real será abordada por futuros equipos, la fase de operación incluirá algunas pruebas iniciales del diseño propuesto. Estas pruebas permitirán validar el funcionamiento del prototipo asegurando que el diseño cumple con los requerimientos de funcionalidad. El equipo perteneciente a la Escudería Bravo del semillero SICAP se encargará de llevar el sistema a la competición, donde se evaluará su desempeño en un entorno real.

Tabla 1. Relación de actividades con la metodología CDIO

Actividad	Etapa CDIO
Análisis de los requerimientos técnicos del sistema de transmisión	Concebir
Identificación y selección de los componentes adecuados para el diseño de la transmisión	Concebir
Modelado y diseño del sistema de transmisión mecánica en CAD (SolidWorks)	Diseñar
Evaluación de diferentes configuraciones y ajuste del diseño final de la transmisión	Diseñar
Construcción de un prototipo funcional	Implementar
Documentación de los resultados obtenidos	Implementar
Realización de pruebas de funcionamiento inicial en el prototipo	Operar
Preparación del prototipo para futuras exhibiciones	Operar
Transferencia del sistema a futuros equipos para pruebas en condiciones reales de competencia	Operar

Fuente: diseño propio.

5. Metodología

5.1 Tipo de proyecto

Este proyecto se sitúa dentro de la investigación aplicada, dado que su objetivo principal es el desarrollo de un sistema de transmisión mecánica para un vehículo eléctrico de competencia, específicamente un sistema de transmisión de correa plana para mejorar la eficiencia y el rendimiento del motor brushless. La investigación aplicada busca resolver un problema práctico, basado en la integración de componentes previamente seleccionados y a la mejora del funcionamiento dentro de un contexto competitivo.

5.2 Método

La metodología utilizada en este proyecto está basada en el enfoque CDIO que permite una gestión estructurada de todas las fases del proyecto. A continuación, se describen las etapas de esta metodología, aplicadas al desarrollo del sistema de transmisión.

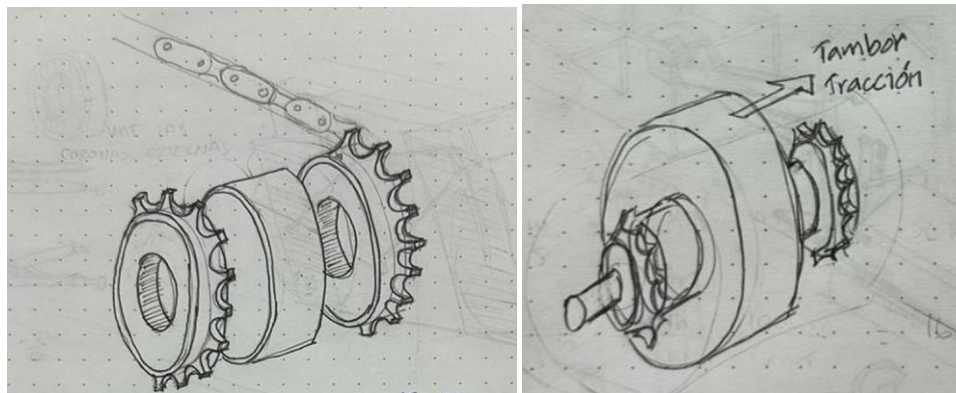
Concebir es la etapa inicial, en esta se identificaron los requerimientos técnicos del sistema de transmisión, con el fin de asegurar que este pudiera integrarse de manera correcta con el motor brushless ya instalado en el vehículo. El primer paso fue analizar visualmente el motor en el vehículo original, como se puede observar en la Figura 6, para determinar las dimensiones y características clave que influirían en el diseño del sistema de transmisión. Durante esta etapa, se llevaron a cabo las mediciones preliminares necesarias para desarrollar el diseño. El motor tenía un diámetro externo de 18 cm, con un canal interior de 3.5 cm. Este canal juega un papel importante al guiar la correa y asegurar una correcta transferencia de potencia entre el motor y las ruedas del vehículo. A partir de estos datos, se diseñó un sistema de transmisión que fuera compatible con el motor existente, y que además ofreciera una mejora en la maniobrabilidad del vehículo. Esta primera fase fue un paso importante para asegurar que el diseño final cumpliera con las exigencias del entorno competitivo en el que operaría el vehículo.



Figura 6. Motor Brushless del vehículo original

Fuente: captura propia.

También se realizaron algunos bocetos a mano alzada, como se muestra en la Figura 7. Estos bocetos ayudaron a conceptualizar la propuesta inicial de la transmisión.



(a)

(b)

Figura 7. (a) Boceto piñonería trasera de transmisión por cadena (b) Boceto tambor de tracción por correa

Fuente: diseño propio.

Esta etapa incluye además la identificación y selección de componentes, es por esto que se realizaron algunos cálculos que permitieron determinar la longitud adecuada de la correa utilizada en el sistema de transmisión.

Según lo expuesto por [SENA \(2013\)](#) en el capítulo 4 de su libro *correas planas*, al seleccionar una correa plana es fundamental contar con la longitud exacta que se requiere para el sistema de transmisión en el que será utilizada. Por esta razón, como se observa en la Figura 8 utilizamos la siguiente fórmula:

$$L = 2C + 3.14 (R^1 + R^2)$$

Figura 8. Fórmula 'Cálculo de longitud para correas planas'

Fuente: [SENA](#)

Donde,

- L = Longitud de la correa
- C = Distancia entre centros
- R^1 = Radio polea mayor
- R^2 = Radio polea menor

En este caso la distancia entre centros es de 20 cm, el radio de la polea mayor (motor brushless) tiene un valor de 9 cm y el radio de la polea menor corresponde a 7 cm. Aplicando estos valores en la fórmula tenemos que:

$$L = 2(35) + 3.14 \times (9 + 7)$$

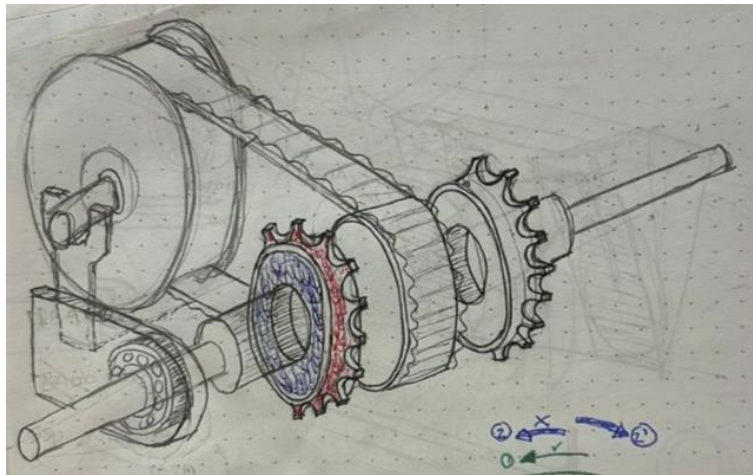
$$L = 70 + 3.14 \times 16$$

$$L = 70 + 50.24$$

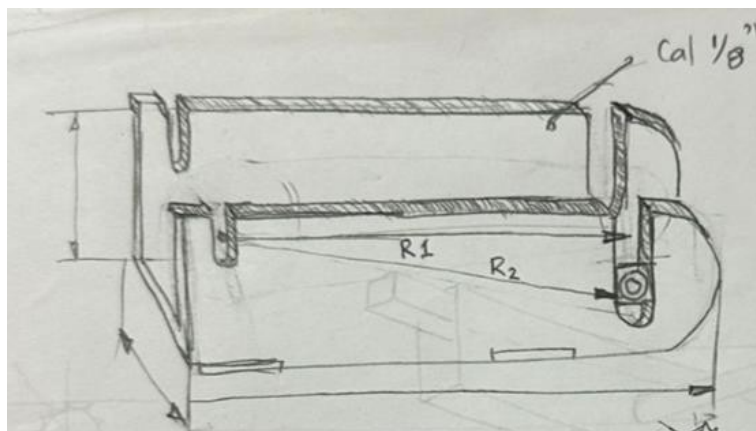
$$L = 120.24 \text{ cm}$$

Por lo tanto, la longitud calculada de la correa es de 120.24 cm. Estos cálculos, basados en las dimensiones de las poleas y la distancia entre centros, aseguran que el sistema cumpla con las especificaciones necesarias para un correcto funcionamiento.

La etapa de diseñar comenzó con bocetos a mano alzado mucho más detallados como se observa en la Figura 9, estos sirven como base para el modelamiento digital del sistema de transmisión propuesto.



(a)

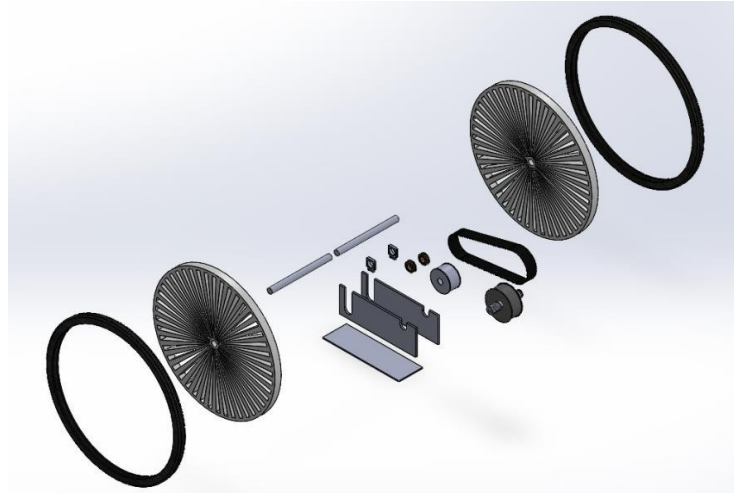


(b)

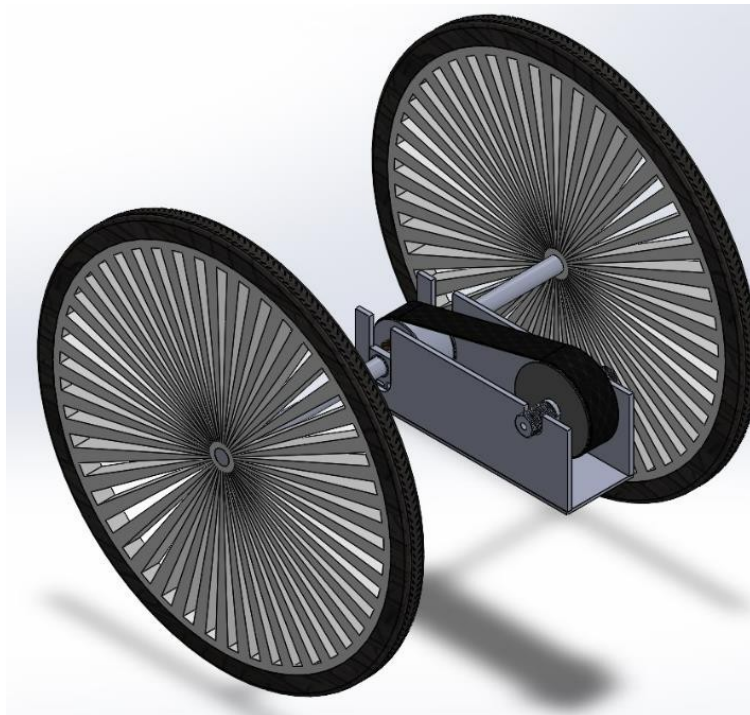
Figura 9. (a) Boceto preliminar sistema de transmisión (b) Boceto soporte auto tensante para la transmisión

Fuente: diseño propio.

A partir de estos bocetos, se desarrolló un diseño computacional utilizando herramientas CAD, como SolidWorks, para modelar la transmisión como se muestra en la Figura 10. Se evaluaron diferentes configuraciones del sistema, teniendo en cuenta factores como el tamaño y los materiales. En esta etapa se realizaron los ajustes necesarios al diseño para llegar a una versión final que cumpliera con las especificaciones técnicas necesarias.



(a)



(b)

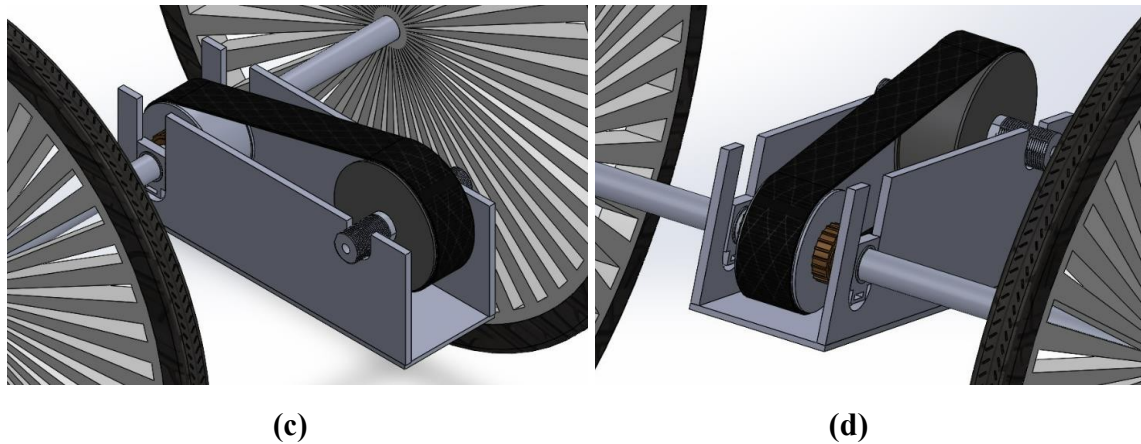
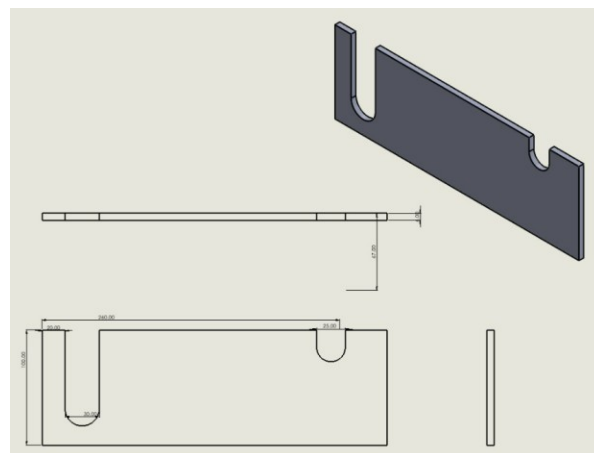


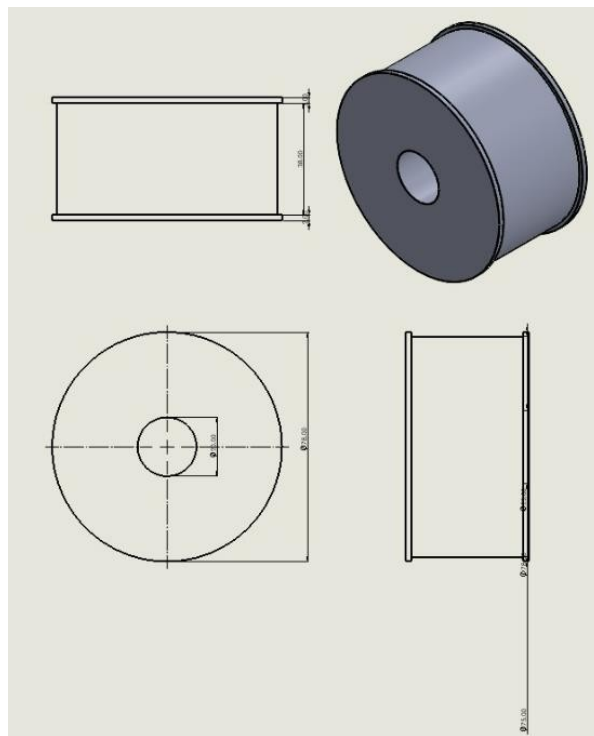
Figura 10. (a) Vista explotada sistema de transmisión (b) Diseño final sistema de transmisión mecánica (c) Vista perspectiva lado motor (d) Vista perspectiva lado transmisión

Fuente: diseño propio.

Una vez que el diseño computacional fue terminado, se procedió con la etapa de implementación que corresponde a la construcción de un prototipo funcional del sistema de transmisión. Este prototipo se fabricó con materiales que simulan las condiciones del sistema real, lo que permitió realizar algunas pruebas básicas iniciales sobre su viabilidad técnica y funcionalidad. El prototipo fue ensamblado utilizando los componentes diseñados previamente en SolidWorks, siguiendo los pasos detallados en el modelo digital. En la Figura 11 se pueden observar los planos acotados de estos elementos, las medidas incluidas en cada plano resultaron útiles al momento de fabricar físicamente cada pieza.



(a)



(b)

Figura 11. (a) Plano acotado tensor sistema de transmisión (b) Plano acotado eje trasero sistema de transmisión.

Fuente: diseño propio.

La fabricación del prototipo inició con la creación del tensor, elaborado a partir de una lámina de aluminio cortada y ajustada de acuerdo con las medidas especificadas en el plano acotado y el diseño digital. La polea trasera, pieza clave en el sistema, fue construida utilizando materiales PBC, ruedas libres y cocas caja centro, las cuales permitieron guiar la dirección de la transmisión. Para el eje de la polea se utilizó un espárrago de 1/2", este se aseguró con arandelas y tuercas para de esta manera garantizar su estabilidad y correcta alineación dentro del sistema. La correa fue comprada según las medidas calculadas previamente y se integró como el elemento principal de transmisión. El motor brushless fue facilitado por el semillero responsable del proyecto y se instaló para finalmente completar el sistema total de transmisión.

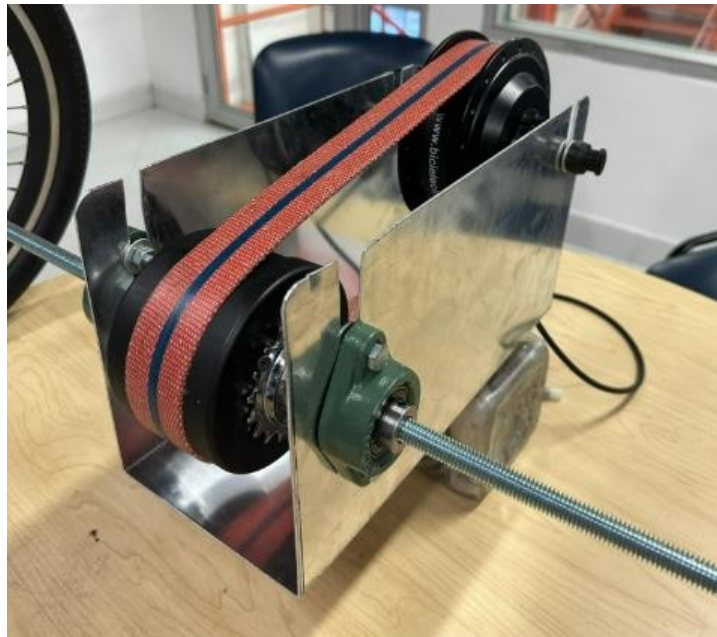
En la Figura 12 se puede observar el prototipo ensamblado, donde cada uno de los elementos trabajados individualmente se encuentra integrado en conjunto. Este prototipo permitió evaluar de forma preliminar aspectos como la tensión de la correa y el alineamiento de las poleas, proporcionando información importante sobre la viabilidad técnica del diseño implementado.



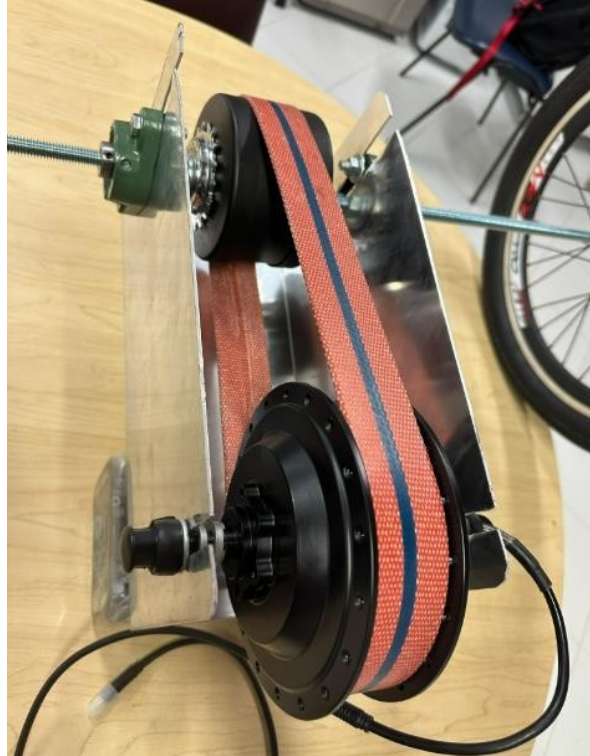
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 12. (a) Prototipo final sistema de transmisión vista trasera lado derecho (b) Prototipo final sistema de transmisión vista trasera lado izquierdo (c) Prototipo final perspectiva lado transmisión (d) Prototipo final perspectiva lado motor

La etapa final es operar, esta incluyó la prueba del prototipo en condiciones controladas, pero las pruebas en un entorno real de competencia serán realizadas por futuros equipos del semillero de investigación. Durante esta fase, se realizaron pruebas iniciales para validar el funcionamiento básico del sistema, enfocándose en aspectos como la estabilidad y la durabilidad de la transmisión.

6. Resultados del proyecto

6.1 Descripción del diseño final

El sistema de transmisión mecánica diseñado para este proyecto se ajusta a los requerimientos iniciales, logrando una mejora en la transferencia de potencia entre el motor brushless y las ruedas del vehículo eléctrico. La transmisión de correa plana fue seleccionada por su simplicidad, bajo mantenimiento y capacidad para operar eficientemente a altas velocidades. A diferencia de las transmisiones de cadena o engranajes, la correa plana ofrece una ventaja considerable en términos de peso, lo que permite que el vehículo funcione de manera más suave y ligera.

Además, el diseño en SolidWorks permitió realizar un análisis más preciso de los componentes, asegurando que la correa y las poleas se alineen correctamente para evitar el deslizamiento, un factor clave en la eficiencia del sistema. Según estudios previos de diseño de vehículos eléctricos realizados por [Kumar \(2018\)](#), la transmisión por correa plana puede mejorar la eficiencia de un sistema hasta en un 5%, especialmente en aplicaciones donde la consistencia en el rendimiento es crítica.

6.2 Evaluación teórica del desempeño

Aunque no se realizaron pruebas experimentales en esta etapa del proyecto, la evaluación teórica indica que la transmisión de correa plana proporcionará un rendimiento superior en términos de eficiencia energética y durabilidad. De acuerdo con lo expuesto por [Kumar \(2018\)](#), las transmisiones de correa plana tienen una eficiencia estimada de entre 90% y 95%, lo que las convierte en una opción ideal para reducir las pérdidas de energía en comparación con las transmisiones por cadena, cuya eficiencia puede ser afectada por el desgaste y la fricción entre los eslabones.

El diseño realizado en SolidWorks también muestra que la tensión adecuada de la correa reduce las pérdidas por deslizamiento, y la correcta alineación de las poleas contribuye a una distribución uniforme del torque. Estas características mejorarán el desempeño del vehículo, incrementando la aceleración y permitiendo que el motor funcione a su máxima capacidad sin pérdidas significativas de potencia.

6.3 Comparación teórica entre tipos de transmisiones

Para contrastar el diseño de la transmisión de correa plana con otros tipos de transmisión (cadena y engranajes), se realizó un análisis teórico que evalúa parámetros clave como el peso, la eficiencia y el mantenimiento. Este análisis se basa en estudios realizados en el libro Diseño en ingeniería mecánica de [Shigley \(2012\)](#), donde se destaca la eficiencia superior de las transmisiones de correa plana en aplicaciones donde el mantenimiento y el peso son factores determinantes, esto se puede evidenciar en la Tabla 2.

Tabla 2. Comparación de tipos de transmisiones mecánicas

Tipo de Transmisión	Peso	Eficiencia Estimada	Mantenimiento
Correa Plana	Ligero	90-95%	Bajo
Cadena	Medio	85-90%	Alto
Engranajes	Pesado	90-95%	Alto

Fuente: Adaptado de [Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. \(2012\)](#). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.

Este análisis muestra que, en términos de peso y mantenimiento, la transmisión de correa plana ofrece más ventajas frente a las otras dos opciones. Aunque las transmisiones por engranajes tienen una eficiencia similar, su complejidad y peso las hacen menos competitivas para vehículos que buscan velocidad y eficiencia energética, como es el caso de este proyecto.

6.4 Contraste con proyectos similares

Al comparar el diseño de este sistema de transmisión con proyectos similares, se pueden encontrar varios estudios que confirman las ventajas de la transmisión de correa plana en vehículos eléctricos. Por ejemplo, en un estudio realizado por [Yuan \(2023\)](#) *Electric Vehicles: Theory and Design*, demuestra que la transmisión por correa plana es especialmente útil en vehículos eléctricos de bajo y mediano tamaño debido a su simplicidad mecánica y su capacidad para minimizar las pérdidas de energía.

Otro estudio llevado a cabo por Maye [Pang \(2023\)](#) en *Tipos de transmisiones mecánicas* también respalda la selección de este tipo de transmisión para aplicaciones donde la reducción de peso y el bajo mantenimiento son prioridad. Estos proyectos confirman que el uso de una transmisión de correa plana mejora el rendimiento general del vehículo, al reducir el desgaste y las interrupciones por mantenimiento, lo cual es importante en un entorno de competencia.

6.5 Impacto en el vehículo y competencias futuras

El diseño final de la transmisión mejorará la maniobrabilidad del vehículo y también permitirá una mejor aceleración y estabilidad en las competencias. Con el cambio de la configuración tadpole (tres ruedas) a una configuración de cuatro ruedas, aunque se agregue algo de peso, esto no afectará negativamente el desempeño general del vehículo. De hecho, la distribución del peso será más equilibrada, ya que la distancia entre ejes se verá reducida, como se observa en la Figura 12; esto reducirá la inercia y aumentará la maniobrabilidad, permitiendo un control más preciso en curvas y durante las maniobras rápidas, lo cual es fundamental en entornos de alta competencia. Este cambio también favorece la estabilidad del vehículo. Al tener una configuración de cuatro ruedas, el vehículo contará con un centro de gravedad más bajo y una mejor distribución del peso, lo que incrementará su adherencia al suelo y facilitará su control, especialmente en situaciones de aceleración y frenado brusco.

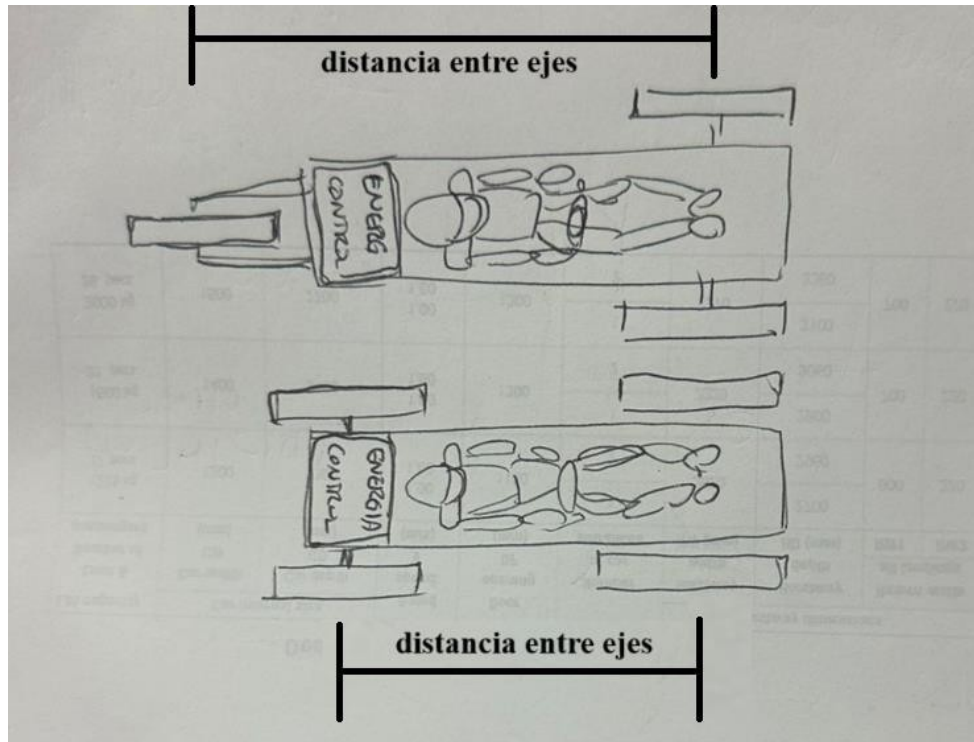


Figura 13. Comparación de la distancia entre ejes en ambas configuraciones.

Fuente: diseño propio.

La transmisión de correa plana, por su parte, mejora la eficiencia en la transferencia de potencia desde el motor brushless, lo que permite que el vehículo aproveche mejor la potencia disponible. Además, dado que la transmisión de correa plana requiere menos mantenimiento, se reducirá el tiempo de inactividad durante las pruebas y competencias, aumentando las posibilidades de éxito en escenarios de alta exigencia.

7. Conclusiones

Este proyecto de grado logró cumplir con el objetivo de diseñar un sistema de transmisión mecánica para un vehículo eléctrico, siguiendo la metodología CDIO. El sistema de correa plana permitió mejorar la transferencia de potencia entre el motor brushless y las ruedas, lo que resulta en una mayor eficiencia y un mantenimiento más sencillo en comparación con otras opciones de transmisión, como la cadena o los engranajes.

Al desarrollar el proyecto, se seleccionaron los componentes necesarios para mejorar el rendimiento del vehículo en competiciones. Se tuvieron en cuenta factores como la resistencia de los materiales, lo que permitió un diseño funcional y adecuado para las exigencias del motor y las condiciones de uso. El uso de herramientas de diseño como SolidWorks facilitó la creación del modelo y permitió realizar ajustes antes de construir el prototipo. La construcción de un prototipo físico permitió comprobar que el diseño es viable, aunque aún se requieren pruebas en un entorno real.

El proyecto también ofrece una contribución al campo de la movilidad eléctrica, ya que el diseño de este sistema de transmisión ayuda a mejorar la eficiencia de los vehículos eléctricos, tanto en competiciones como en diferentes aplicaciones. La simplicidad de la transmisión de correa plana la convierte en una opción atractiva, ya que reduce el mantenimiento y aumenta la durabilidad del sistema. Aparte de beneficiar a los vehículos de competencia, puede también aplicarse a vehículos eléctricos urbanos, contribuyendo a un transporte más sostenible.

A lo largo del proyecto, se demostró que la metodología CDIO es adecuada para proyectos de diseño como este. Cada fase del proceso, desde la concepción hasta la implementación del prototipo, permitió lograr un diseño ajustado a las necesidades del motor y el vehículo. En el futuro, se podrán realizar investigaciones adicionales para implementar el diseño en el vehículo eléctrico y evaluar su comportamiento en condiciones de carrera.

En conclusión, el sistema de transmisión de correa plana diseñado no solo cumple con los objetivos del proyecto, también presenta una opción práctica y eficiente para la industria automotriz. Con un diseño que mejora la transferencia de potencia y reduce los costos de mantenimiento, este sistema puede ser una solución viable tanto para competiciones como para vehículos eléctricos de uso urbano, aportando beneficios tangibles al sector de la movilidad sostenible.

8. Recomendaciones

8.1 Pruebas experimentales del sistema de transmisión

Se recomienda llevar a cabo pruebas físicas del sistema de transmisión de correa plana en el vehículo eléctrico real. Aunque el diseño físico fue validado teóricamente, es importante someter el sistema a condiciones de competencia reales para evaluar su rendimiento, durabilidad y eficiencia en entornos de alta exigencia. Estas pruebas proporcionarían datos cuantitativos valiosos que permitirían ajustar y optimizar el diseño.

8.2 Optimización de materiales y componentes

Una línea futura de investigación podría centrarse en la optimización de los materiales utilizados en la construcción de la correa y la polea. Es recomendable explorar nuevos materiales que ofrezcan una mayor resistencia al desgaste, mayor durabilidad y una mejor relación peso-rendimiento, lo que podría mejorar aún más la eficiencia del sistema de transmisión en competiciones.

8.3 Integración de tecnologías avanzadas

Con el avance de la tecnología en el campo de la movilidad eléctrica, se recomienda explorar la integración de sensores inteligentes que monitoreen la tensión de la correa y el desgaste de los componentes. Esto podría mejorar la eficiencia del mantenimiento y aumentar la vida útil del sistema, permitiendo ajustes automáticos que mejoren el rendimiento del vehículo.

8.4 Colaboración con otros proyectos de movilidad eléctrica

Finalmente, sería recomendable que futuros equipos de investigación colaboren con proyectos de mayor envergadura en el campo de la movilidad eléctrica. Al vincular este sistema de

transmisión con otras investigaciones centradas en la optimización de motores eléctricos o el uso de energías renovables, se podrían generar soluciones integrales que aborden tanto el rendimiento del vehículo como su impacto ambiental.

9. Referencias bibliográficas

- ANG DRIVE. (30 de Noviembre de 2022). *ANG DRIVE*. Obtenido de <https://es.angmotor.com/info/belt-chain-gear-drives-77947562.html>
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México, D.F.: McGraw-Hill/Interamericana E.
- Cook, J. (10 de Abril de 2013). *Electronic Components*. Obtenido de <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/what-is-a-brushless-dc-motor>
- Herramientas Eléctricas y Accesorios. (02 de Febrero de 2018). *DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS*. Obtenido de <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/tecnologia-brushless-sin-carbones-intro>
- Hillebrand, R. C., Arrieta, B. C., Santos, M. M., & Acosta, A. R. (10 de Septiembre de 2019). *MODELO EDUCATIVO OFRECIDO POR CDIO COMO SOPORTE CURRICULAR EN PROGRAMAS*. Obtenido de <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/download/120/115/227#:~:text=El%20CDIO%20es%20una%20metodolog%C3%ADa,%2C%20Dise%C3%B1ar%2C%20Implementar%2C%20Operar>.
- Hughes, A., & Drury, B. (2019). *Electric Motors and Drives Fundamentals, Types and Applications*. Newnes.
- Kumar, P. (2018). *Basic Mechanical Engineering*. McGraw-Hill Education.
- Montecelos, J. T. (2019). *Vehículos eléctricos*. Paraninfo.
- Pang, M. (2023). *Engineering Passion*. Obtenido de <https://www.engineeringpassion.com>
- SAE International. (2023). *Electric Vehicles: Theory and Design*. SAE International. Obtenido de <https://www.sae.org>
- SENA. (2013). *Correas Planas*. Bogotá: Repositorio SENA.

StudySmarter. (2024). *StudySmarter*. Obtenido de

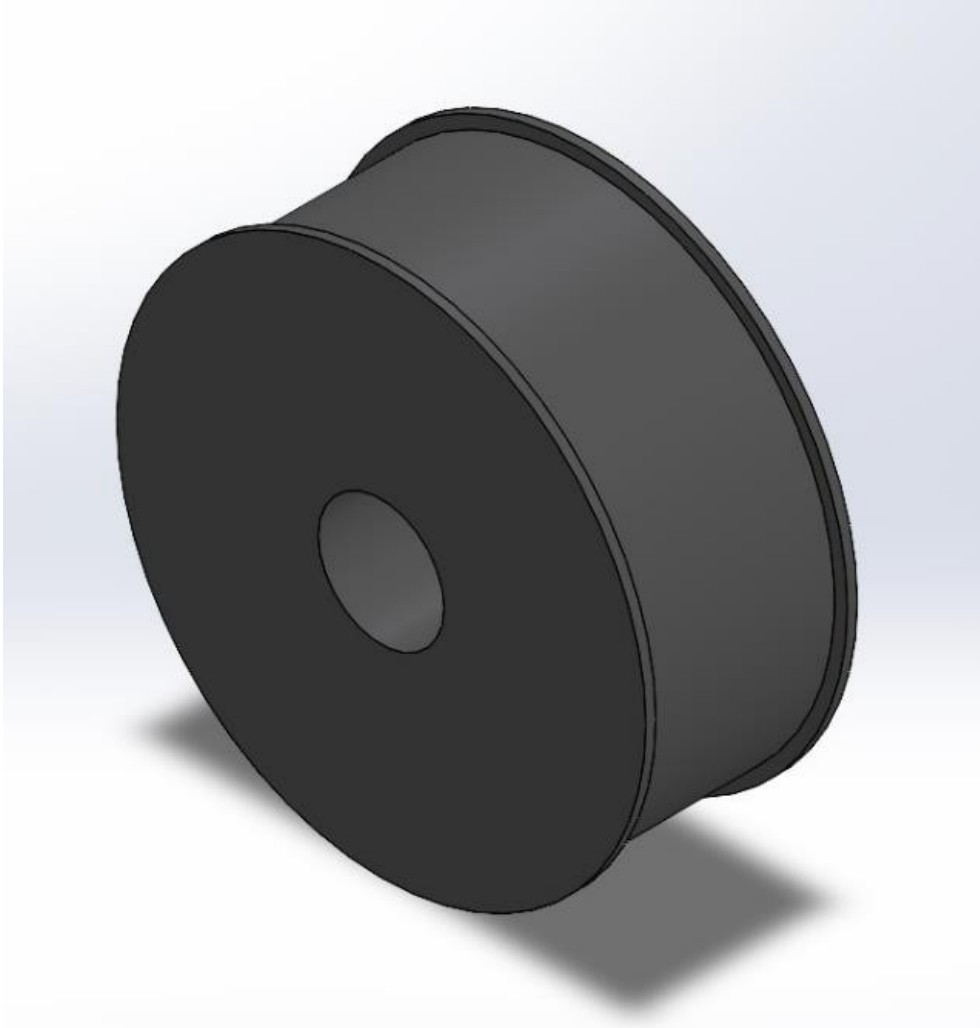
<https://www.studysmarter.es/resumenes/fisica/mecanica-clasica/>

US DEPARTMENT OF ENERGY. (Agosto de 2015). *US DEPARTMENT OF ENERGY*.

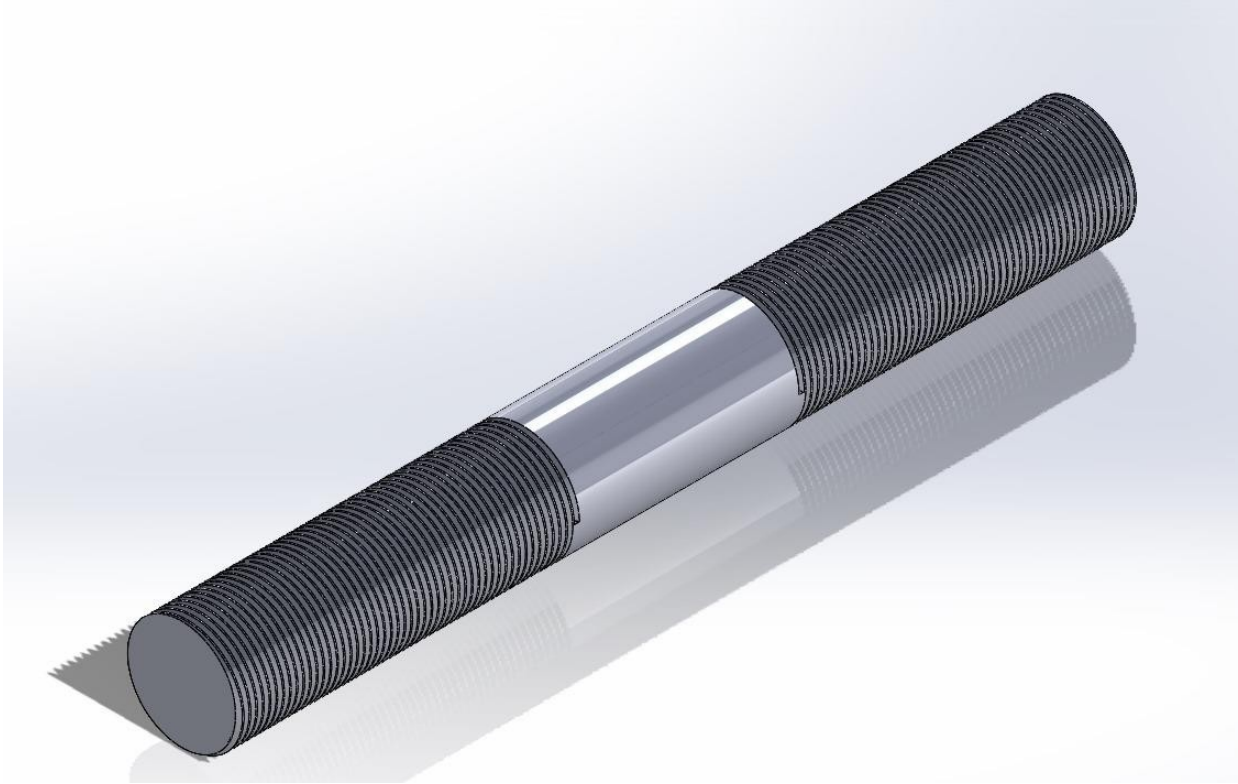
Obtenido de https://afdc.energy.gov/files/u/publication/hpev_spanish.pdf

Yuan, Y. (2023). *Electric Vehicles: Theory and Design*. SAE International.

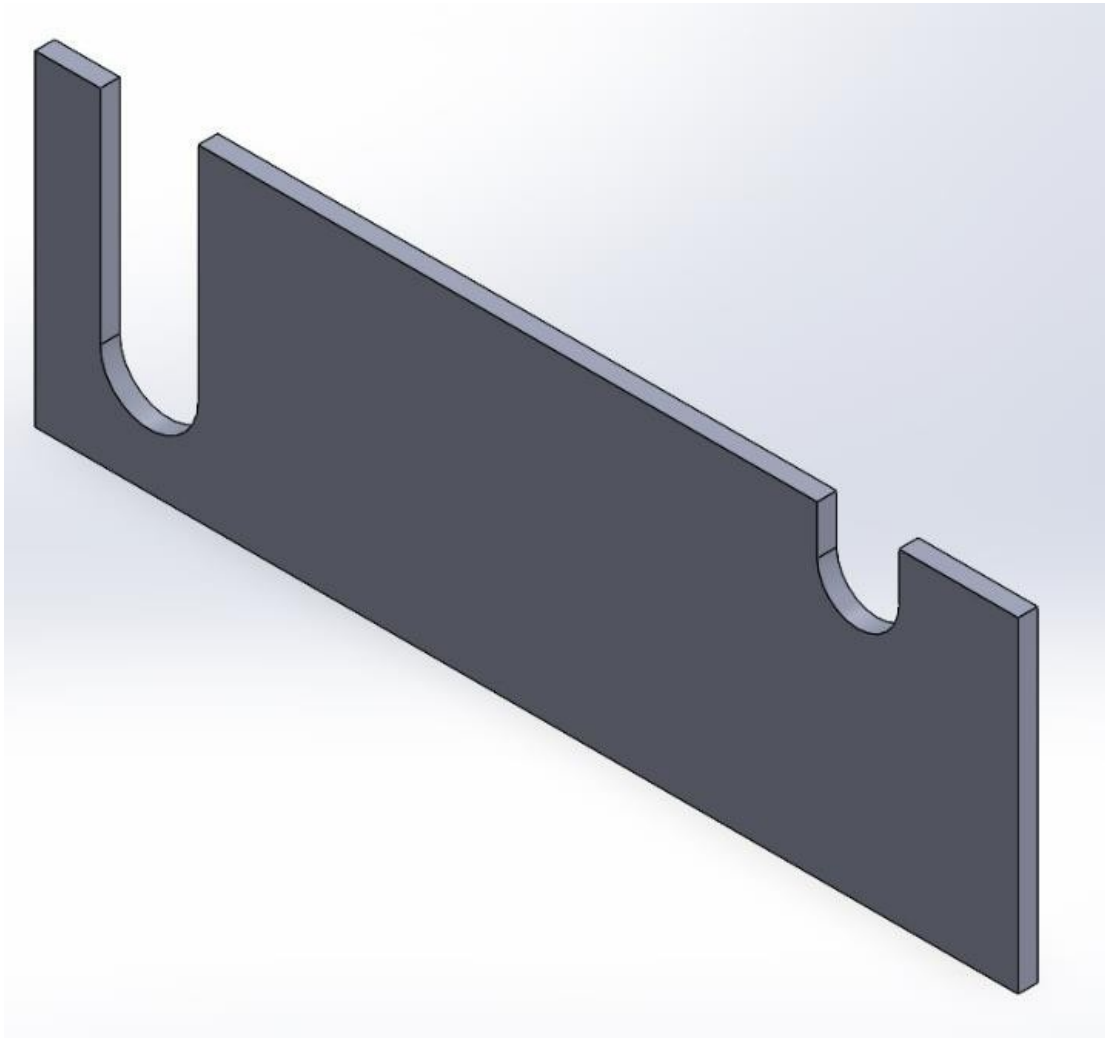
10. Anexos



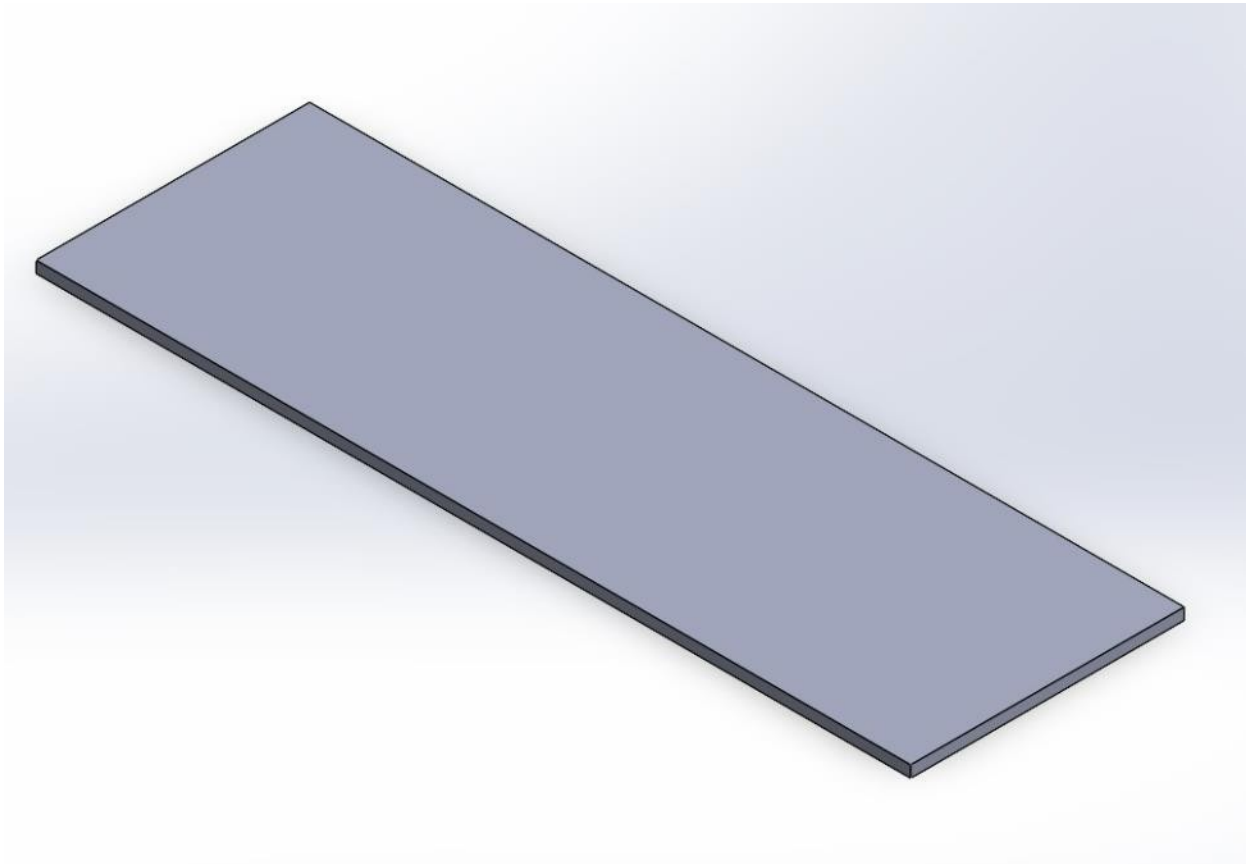
Anexo A. Motor Brushless



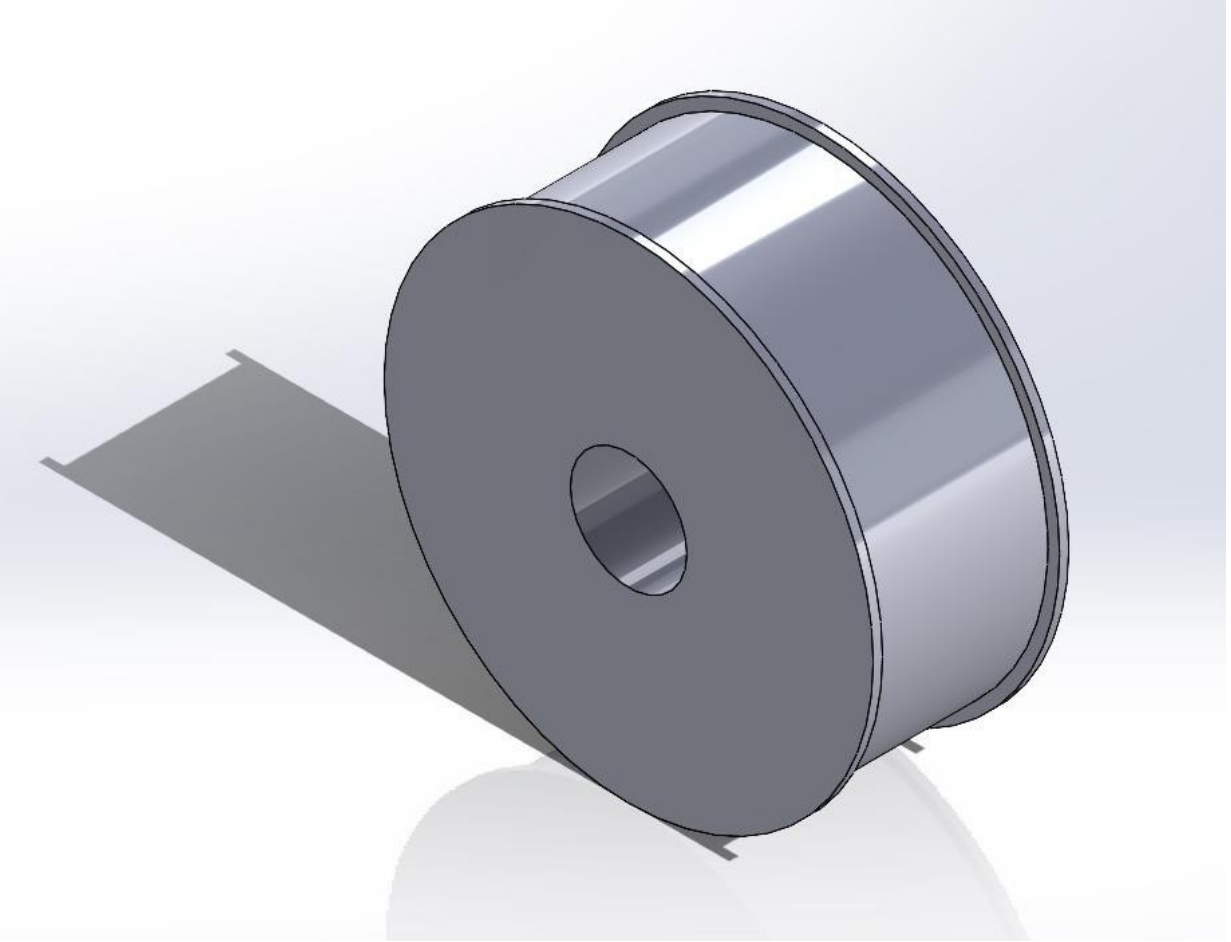
Anexo B. Eje central Motor Brushless



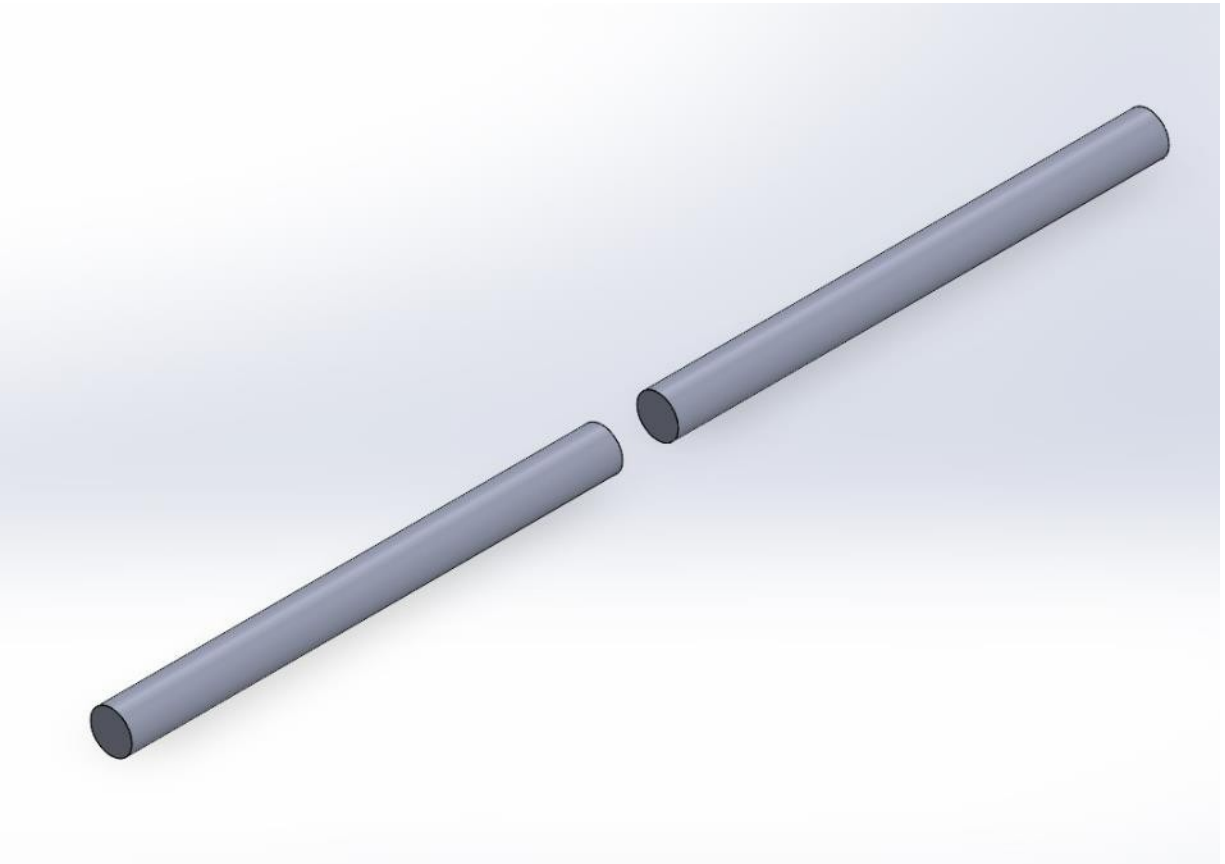
Anexo C. Paredes tensor de correa



Anexo D. Tapa inferior tensor de correa



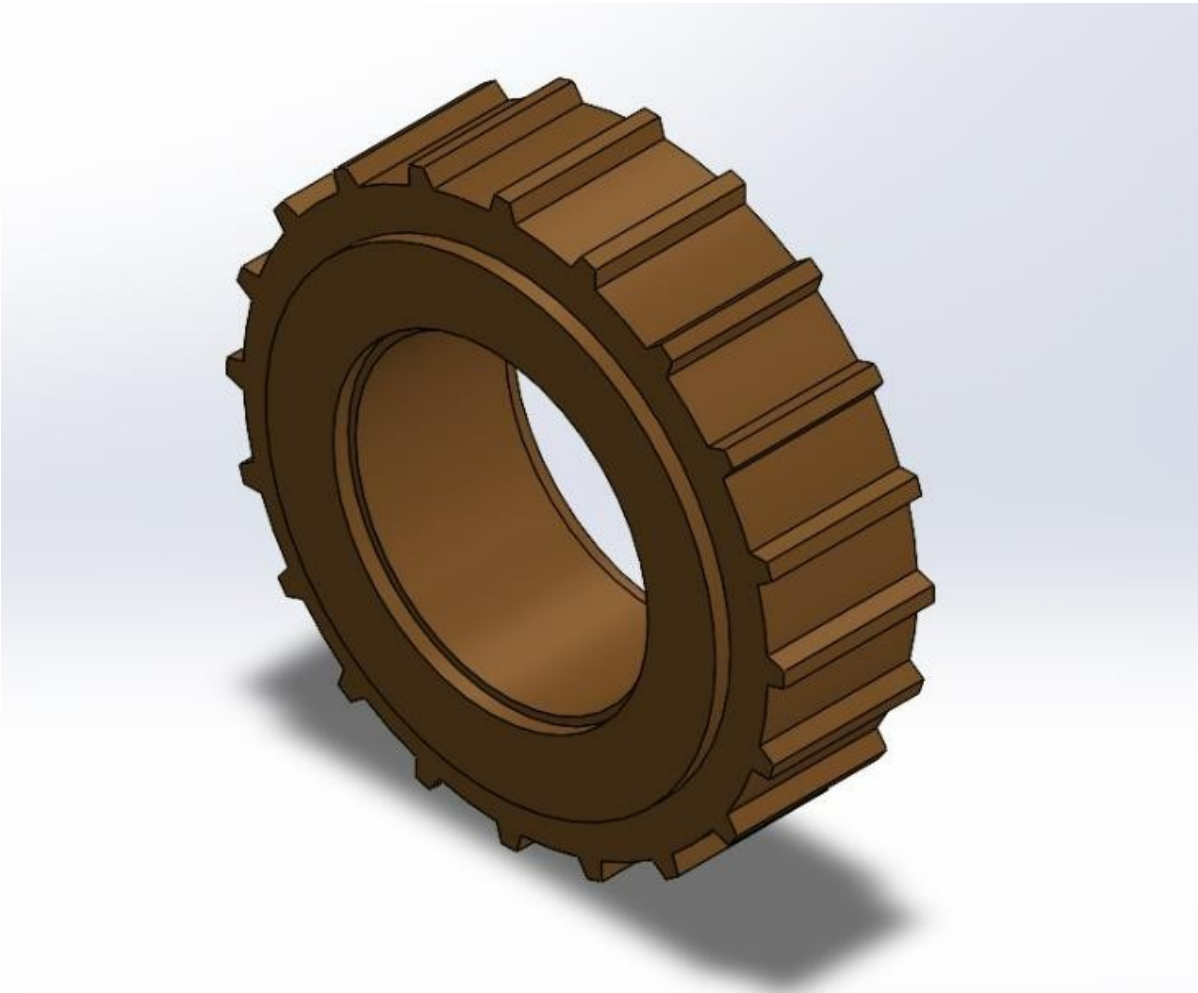
Anexo E. Polea trasera



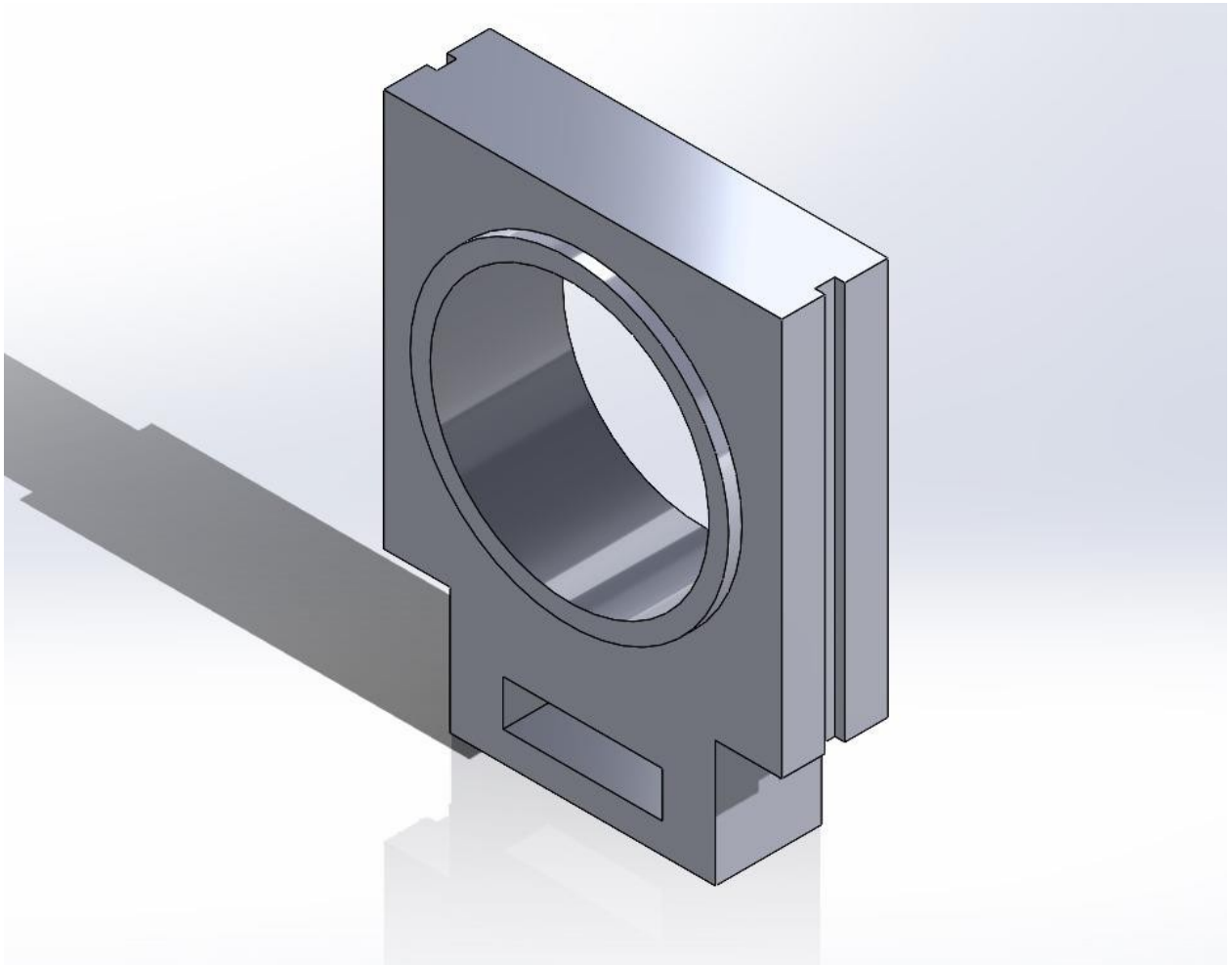
Anexo F. Eje trasero



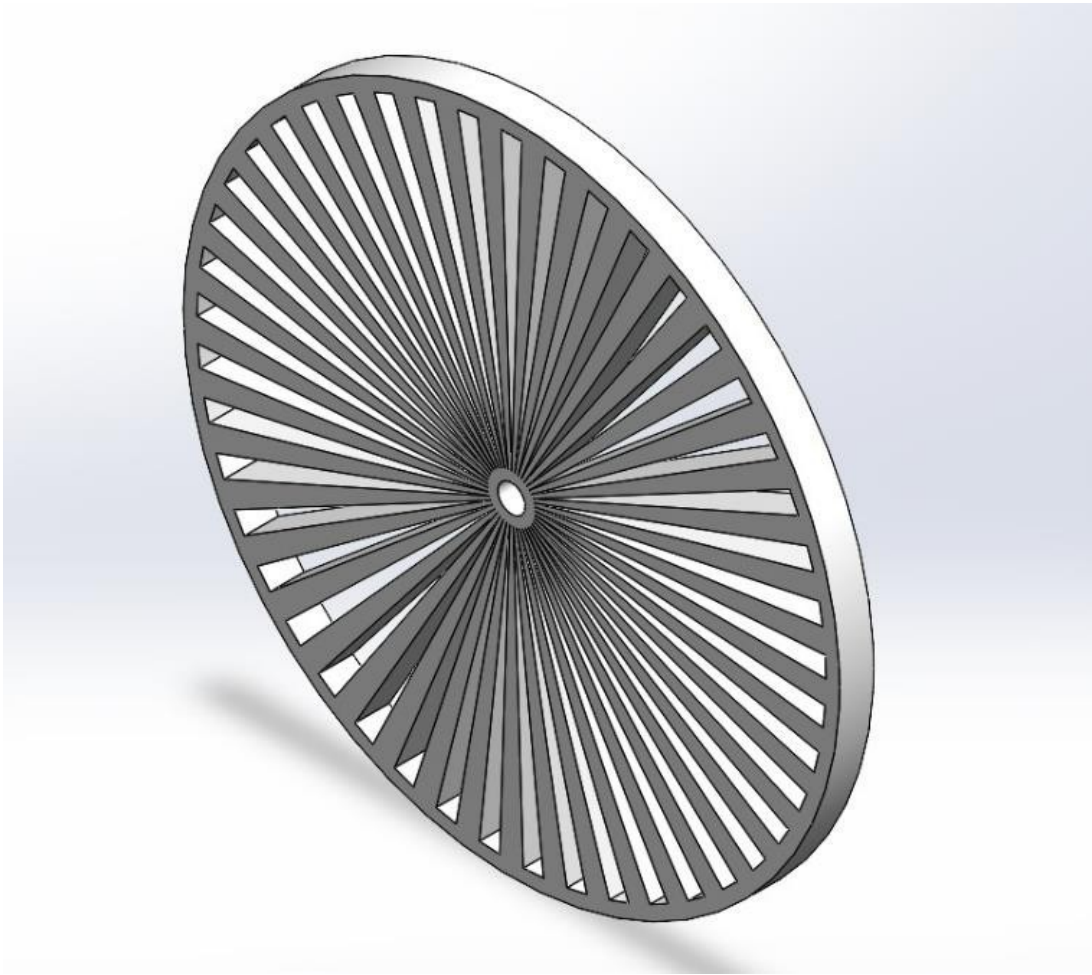
Anexo G. Correa



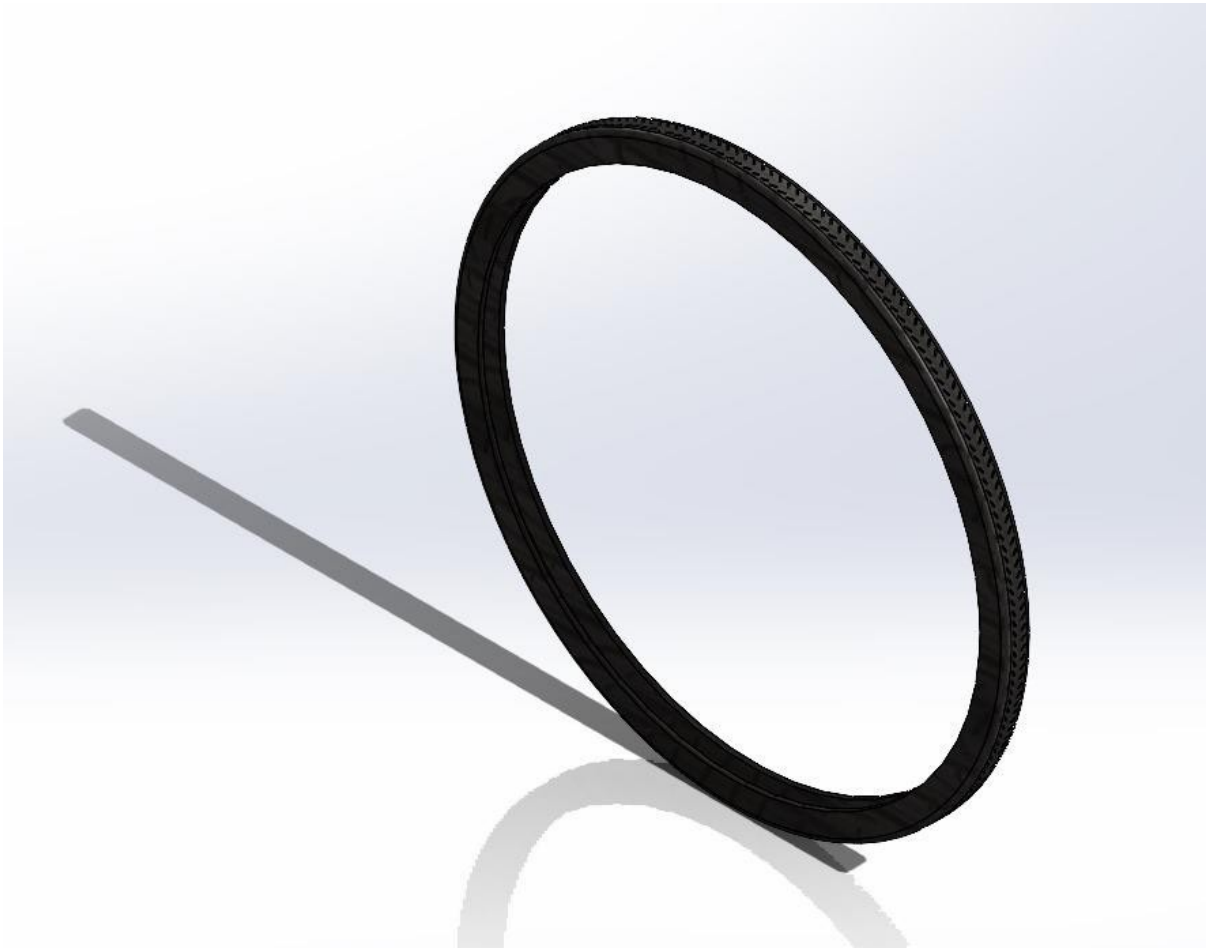
Anexo H. Rueda libre



Anexo I. Chumacera



Anexo J. Rines



Anexo K. Neumáticos