

**IMPLEMENTACIÓN DEL MONTAJE DEL SISTEMA ESTRUCTURAL PARA LA
GENERACIÓN DE ENERGÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
DENOMINADO “PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE CARGA LIMPIA DE
DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS UTILIZANDO ENERGÍAS RENOVABLES
GENERADA MEDIANTE PEDALEO PARA EL BENEFICIO DE LA COMUNIDAD
UNIVERSITARIA”**

JULIAN FELIPE BLANDÓN CARMONA

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN SISTEMAS MECATRÓNICOS
MEDELLÍN**

2025

**IMPLEMENTACIÓN DEL MONTAJE DEL SISTEMA ESTRUCTURAL PARA LA
GENERACIÓN DE ENERGÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
DENOMINADO “PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE CARGA LIMPIA DE
DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS UTILIZANDO ENERGÍAS RENOVABLES
GENERADA MEDIANTE PEDALEO PARA EL BENEFICIO DE LA COMUNIDAD
UNIVERSITARIA”**

JULIAN FELIPE BLANDÓN CARMONA

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Sistemas Mecatrónicos

Asesor Técnico

Juan Carlos Rivera Santos

Especialista en Mantenimiento

Asesor Metodológico

Diego Hernando Orozco Gómez

Magister en Ingeniería – Automatización Industrial

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TECNOLOGÍA EN SISTEMAS MECATRÓNICOS

MEDELLÍN

2025

Dedicatoria

Uno de los valores más bonitos de los seres humanos es su capacidad de agradecer.

La vida es de momentos los cuales se rigen en torno a bases sólidas que da el aprendizaje de ahí la importancia de dar siempre gracias.

Al creador, a la familia por su apoyo y comprensión y a los docentes asesores Juan Carlos Rivera Santos y Diego Hernando Orozco Gómez. Grandes ingenieros que con esmero y profesionalismo enseñan su conocimiento y tienen la bonita y dura labor de formar personas en medios actuales que son complejos.

A la Institución Universitaria Pascual Bravo que es un templo que abre sus puertas al conocimiento y a todas las personas que directa e indirectamente hacen parte de este gran ciclo formativo.

Agradecimientos

A Dios a la vida y a todas las personas que hacen parte de la comunidad universitaria, a los señores coordinadores del programa de Tecnología en Sistemas Mecatrónicos el Ingeniero Sergio Hernando Ruiz Obando por el apoyo y la logística, Edison Garcés por las ideas de diseño, a los profesores de Mecatrónica y Mecánica por aportar ideas para el trabajo, a los laboratoristas por el apoyo prestado en los laboratorios de los bloques 15 y 17, y en general gracias a todas las personas que día a día velan y dan lo mejor de sí para que la Institución Universitaria sea un recinto educativo y pueda cumplir su labor de formar personas para su vida profesional y personal.

Contenido

	Pág.
Introducción	16
1. Planteamiento del problema.....	17
1.1 Descripción.....	17
1.2 Formulación	18
2. Justificación	19
3. Objetivos.....	20
3.1 Objetivo general	20
3.2 Objetivos específicos.....	20
4. Marco teórico.....	21
4.1 Human power	21
4.2 Proceso de manufactura	22
4.3 Proceso de mecanizado	23
4.4 Sistemas de transmisión de potencia mecánica.....	24
4.5 Sistemas de transmisión por engranajes (piñón - cadena).....	25
4.6 Sistemas de transmisión polea (banda - correa).....	26
4.7 Diseño de sistema mecánico estructural.....	26
4.8 Mecanismo de tracción por pedaleo.....	27
5. Metodología.....	29
5.1 Tipo de proyecto.....	29
5.2 Método	29
5.3 Instrumentos de recolección de información	29
5.4.1 Fuentes primarias.....	29
5.4.2 Fuentes secundarias.	29
6. Resultados del proyecto.....	30
6.1 Esquematización del sistema estructural.....	30
6.2 Procesos de manufactura para el montaje del sistema de transmisión mecánico y estructural.....	33

6.3	Ensamble de los sistemas de transmisión por pedaleo y el soporte mecánico estructural .	
	36
6.4	Evaluación del desempeño del prototipo mecánico estructural	38
7.	Conclusiones.....	44
8.	Recomendaciones	46
9.	Referencias bibliográficas.....	47
10.	Bibliografía	49

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Fuerza en el pedal	21
<i>Figura 2.</i> Tipos de procesos de manufactura.....	23
<i>Figura 3.</i> Procesos de mecanizado	24
<i>Figura 4.</i> Sistema de transición de potencia mecánica.....	25
<i>Figura 5.</i> Transmisión por correa abierta	25
<i>Figura 6.</i> Sistema de transmisión polea banda correa	26
<i>Figura 7.</i> Diseño y análisis estructural	27
<i>Figura 8.</i> Transmisión de una bicicleta pedales y bielas	27
<i>Figura 9.</i> Transmisión de una piñones, platos y cadenas	28
<i>Figura 10.</i> Diseño de poleas para mecanizado de bicicleta estática tipo spinning realizado en software CAD	33
<i>Figura 11.</i> Proceso de manufactura de platinas para soporte de prototipos estructurales	35
<i>Figura 12.</i> Proceso de mecanizado del soporte para el generador por medio de soldadura mig - gmag.....	35
<i>Figura 13.</i> Ensamble de sistema de transmisión y soporte mecánico estructural por medio de ángulos en L.....	37
<i>Figura 14.</i> Ensamble de sistema de transmisión y soporte mecánico estructural con banda adaptada a rueda conductora principal de la bicicleta tipo spinning	37
<i>Figura 15.</i> Prototipo 1 de sistema mecánico estructural.....	38
<i>Figura 16.</i> Prototipo 2 de sistema mecánico estructural.....	39
<i>Figura 17.</i> Motor eléctrico de engranaje sin escobillas 48V 500W usado en prototipo 1	39
<i>Figura 18.</i> Generador de pedal sin escobillas de 2000 W	41
<i>Figura 19.</i> Adecuación de pulidora con guarda de seguridad – esta es la herramienta principal usada para realizar cortes de perfiles de acero inoxidable como elementos de protección personal se usaron gafas, careta, protección auditiva y mangas de tela para protección de ojos, cara, oídos y manos	42
<i>Figura 20.</i> Medidas para corte de piezas, se usa escuadra para trazar ángulos de 45 grados para cortes con pulidora, este proceso de manufactura se hace en el suelo debido al largo de la tubería	

y por el afluente de personas en el taller de metalistería para evitar y prevenir lesiones o accidentes	43
<i>Figura 21.</i> Mesa terminada para su uso final	43

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Criterios para la elaboración del diseño de los prototipos estructurales</i>	30

Resumen

IMPLEMENTACIÓN DEL MONTAJE DEL SISTEMA ESTRUCTURAL PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DENOMINADO “PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE CARGA LIMPIA DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS UTILIZANDO ENERGÍAS RENOVABLES GENERADA MEDIANTE PEDALEO PARA EL BENEFICIO DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA”

JULIAN FELIPE BLANDÓN CARMONA

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo la implementación del montaje de un sistema mecánico-estructural destinado a la generación de energía limpia mediante el uso de bicicletas estáticas tipo spinning. Este sistema forma parte del proyecto titulado “Prototipo de un sistema de carga limpia de dispositivos electrónicos utilizando energías renovables generada mediante pedaleo para el beneficio de la comunidad universitaria”, ejecutado en la Institución Universitaria Pascual Bravo. A través de la integración de disciplinas como la mecánica, la electricidad y la electrónica, se desarrollaron dos prototipos funcionales capaces de transformar la energía cinética generada por el pedaleo humano en energía eléctrica útil para la carga de dispositivos.

El diseño estructural de los prototipos fue realizado utilizando herramientas de diseño asistido por computador (CAD), y validado mediante pruebas físicas para garantizar la resistencia ante cargas dinámicas y la estabilidad del sistema. La fabricación se ejecutó manualmente, incluyendo procesos de manufactura y mecanizado, lo que permitió un alto grado de integración entre los componentes estructurales y mecánicos, asegurando la ergonomía, la funcionalidad y la seguridad del usuario.

Desde la perspectiva de la Ingeniería Mecánica, se realizó un análisis de esfuerzos y cargas dinámicas para asegurar la integridad del sistema durante el uso continuo. Además, se seleccionaron y adaptaron componentes clave como poleas, ejes, bandas de transmisión y

generadores de corriente directa, favoreciendo una operación silenciosa, eficiente y de bajo mantenimiento. En el segundo prototipo, la ubicación estratégica del generador sin escobillas en la parte trasera optimizó la distribución de masa y la seguridad estructural del conjunto.

Este proyecto se consolidó no solo como una solución mecatrónica para la generación de energías renovables, sino también como una propuesta educativa y sostenible, con potencial de replicabilidad en diversos contextos urbanos y rurales. Su desarrollo evidencia el valor de la ingeniería aplicada a la búsqueda de soluciones limpias, autónomas y escalables para las necesidades energéticas contemporáneas.

Palabras claves: bicicleta, diseño estructural, energía renovable, generación de energía limpia, manufactura

Abstract

IMPLEMENTATION OF THE ASSEMBLY OF THE STRUCTURAL MECHANICAL SYSTEM FOR THE GENERATION OF POWER OF THE RESEARCH PROJECT CALLED “PROTOTYPE OF A CLEAN CHARGING SYSTEM FOR ELECTRONIC DEVICES USING RENEWABLE ENERGY GENERATED BY PEDALING FOR THE BENEFIT OF THE UNIVERSITY COMMUNITY”

JULIAN FELIPE BLANDÓN CARMONA

This research project focuses on the implementation of a mechanical-structural system designed to generate clean energy through the use of stationary spinning bikes. It is part of the initiative entitled “Prototype of a Clean Charging System for Electronic Devices Using Renewable Energy Generated by Pedaling for the Benefit of the University Community”, developed at the Institución Universitaria Pascual Bravo. By integrating mechanical, electrical, and electronic engineering principles, two functional prototypes were created to convert human-powered pedaling into usable electrical energy for charging electronic devices.

The structural design was developed using computer-aided design (CAD) tools and validated through physical testing, ensuring the resistance to dynamic loads and system stability. Manual manufacturing and machining processes enabled robust integration between structural and mechanical components, resulting in an ergonomic, functional, and user-safe system with low maintenance requirements.

From a Mechanical Engineering perspective, the prototypes were analysed in terms of static and dynamic load conditions to guarantee structural integrity and continuous operation. Key components such as pulleys, shafts, transmission belts, and direct current generators were selected and adapted to ensure efficient, silent, and low-maintenance power transmission. In the second prototype, the strategic rear positioning of the brushless generator improved mass distribution and ensured mechanical safety.

This project not only resulted in the successful implementation of two renewable energy prototypes but also demonstrated its potential as an educational and sustainable solution. Its development highlights how multidisciplinary engineering can produce innovative, autonomous, and scalable clean energy systems applicable in both rural and urban contexts.

Keywords: bicycle, clean energy generation, manufacturing, renewable energy, structural design

Glosario

Acondicionamiento físico: forma saludable y activa de vivir a través de varias actividades como la alimentación y el ejercicio.

Bicicleta: vehículo que funciona como un medio de transporte que se propulsa por medio del esfuerzo muscular realizado por las piernas. Se conforma por dos ruedas, pedales, cadena, plato y piñón, estos elementos permiten su movimiento a través del pedaleo.

Eficiencia mecánica: relación entre la energía útil producida en un sistema mecánico y la energía que se le suministra. También definida como la relación que hay entre la energía que se necesita para ejecutar un trabajo y la energía que se puede generar. Por tanto, una alta eficiencia mecánica indica que el sistema tiene poca pérdida de energía mientras que una baja eficiencia mecánica indica mayor desgaste en los componentes del sistema.

Energía limpia: forma de obtención de energía produciendo un impacto mínimo o nulo ecológico en el ecosistema, se conoce también como energía eco amigable o ecosostenible.

Generador: máquina eléctrica rotativa cuya función es la de transformar la energía mecánica en la energía eléctrica por medio de la interacción de sus partes principales giratoria o rotor y su parte estática o estator.

Impulso: magnitud usada en dinámica que relaciona la fuerza aplicada a un cuerpo con el tiempo que dura su aplicación, considerando el valor de la fuerza con el tiempo.

Pedaleo: fuerza aplicada de manera tangencial que se deriva en el conjunto de pies, piernas, bielas y pedales girando respecto al eje del pedaleo.

Prototipo estructural: estructura que se diseña en forma segura y funcional para soportar cargas teniendo en cuenta varios factores como estabilidad, resistencia, rigidez, entre otros.

Procesos de manufactura: diversos tipos y métodos de fabricación, en los cuales se usan máquinas y herramientas mecánicas, manuales, eléctricas y diferentes tipos de software de diseño mecánico.

Sistema de transmisión por bandas: sistema de transmisión de potencia y movimiento entre dos o más ejes, este tipo de sistema se compone por dos poleas una conductora y una conducida.

Introducción

En el contexto actual de transición energética y conciencia ambiental, la búsqueda de fuentes alternativas de energía que sean sostenibles, accesibles y eficientes se ha convertido en una prioridad global. La generación de energía mediante el aprovechamiento del esfuerzo humano representa una opción innovadora, especialmente en entornos donde el acceso a la red eléctrica convencional es limitado o donde se promueve el uso de tecnologías limpias. Bajo esta perspectiva, la implementación de sistemas mecánicos que convierten el pedaleo en energía eléctrica se presenta como una solución viable, educativa y ecológicamente responsable.

El presente proyecto de investigación se enmarca en la línea de desarrollo de energías renovables aplicadas al entorno universitario. Su propósito fue diseñar e implementar un sistema mecánico-estructural acoplado a bicicletas estáticas tipo spinning, capaz de transformar la energía cinética generada por el pedaleo en energía eléctrica utilizable para la carga de dispositivos electrónicos. Esta propuesta, además de fomentar el uso de energías limpias, promueve hábitos saludables mediante el acondicionamiento físico, al tiempo que aporta a la autosuficiencia energética de la comunidad educativa.

Durante el desarrollo del proyecto se integraron conocimientos de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Electrónica, así como herramientas de diseño asistido por computador (CAD) para la creación y validación de los prototipos. La fabricación se realizó mediante procesos manuales de manufactura y mecanizado, permitiendo una adaptación precisa a las condiciones reales de uso, asegurando la estabilidad estructural, la eficiencia energética y la seguridad del usuario.

El proyecto se llevó a cabo en la Institución Universitaria Pascual Bravo, y su ejecución involucró el diseño, manufactura, análisis estructural y prueba de dos prototipos funcionales. Estos equipos están orientados no solo a la generación de energía renovable, sino servir además como recursos didácticos y prácticos dentro del entorno universitario. El enfoque integral del proyecto demuestra cómo la ingeniería puede ofrecer soluciones tecnológicas sostenibles, replicables y de bajo costo para las necesidades energéticas de comunidades tanto urbanas como rurales.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción

El crecimiento de la demanda de energía eléctrica a nivel mundial lleva a búsquedas continuas de alternativas limpias, sostenibles y amigables para su producción, la generación convencional parte de combustibles fósiles cuyos efectos contribuyen en forma significativa a efectos de cambio climático y a contaminación ambiental. Dado esto cada día las personas y entidades buscan promover nuevas alternativas de energías limpias con el objetivo de reducir la huella de carbono que azota el planeta y promover prácticas sostenibles.

En la actualidad el uso de dispositivos electrónicos es indispensable en la vida diaria. Los celulares, computadores, tabletas entre otros equipos portátiles para su continuo funcionamiento demandan carga constante, dicha carga lleva a un consumo relevante y alto de la energía eléctrica.

La Institución Universitaria Pascual Bravo tiene un área de 53384 metros cuadrados, en los cuales en el año 2022 fue cohabitada por una comunidad académica de 7236 estudiantes sin contar el personal administrativo y las demás personas que hacen parte de la institución. Según el plan de desarrollo institucional se proyecta para el año 2026 alcanzar la suma de 8139 estudiantes. Actualmente las instalaciones físicas y locativas de la institución tienen un déficit de espacios adecuados, como, por ejemplo, para la carga de dispositivos electrónicos a partir de puntos de carga que funcionen con energías renovables.

La comunidad académica de estudiantes depende de los equipos digitales para realizar sus actividades académicas, lo que hace que requieran del uso constante de los dispositivos electrónicos, generando que la demanda de energía eléctrica en los puntos de carga sea mayor. Este consumo constante tiende a producir recalentamientos en las fuentes de alimentación llámese tomas o multitomas, lo que tiende a que dichas fuentes

generadoras estén propensas a sobrecargas y cortocircuitos que a lo largo tienden a desbalancear el sistema de los tableros de distribución y transformadores por la inyección de armónicos de voltaje y corriente, los cuales son altamente perjudiciales para la calidad de energía del sistema eléctrico de la institución.

Una solución técnica avalada por la NTC 2050 y el RETIE en el suministro de la energía demandada para la carga de una gran cantidad de dispositivos electrónicos sin afectar de forma grave el sistema eléctrico de la institución, es hacer uso de unidades aisladas de producción de energía limpia a partir de sistemas fotovoltaicos, eólicos o generadores eléctricos con mecanismos de impulsión mecánica que pueden construirse sobre bicicletas fijas.

Diseñar y elaborar un prototipo de sistema de carga limpia utilizando energía generada mediante pedaleo es una forma de generación práctica aislada del sistema eléctrico convencional del campus y totalmente saludable porque se está incentivando el ejercicio como medio de obtención o generador de energía. El prototipo de sistema de carga limpia PSCL se podrá utilizar en espacios públicos como la biblioteca, espacios deportivos como la cancha y el gimnasio. Esto permitiría que todas las personas allegadas a la institución, estudiantes, profesores contratistas y personal administrativo puedan utilizar la energía generada por pedaleo para cargar sus dispositivos electrónicos.

1.2 Formulación

¿Será posible que el montaje de la estructura mecánica provea condiciones óptimas que contribuyan a un correcto funcionamiento del sistema de carga limpia de dispositivos electrónicos?

2. Justificación

La adecuación del prototipo de sistema de carga limpia PSCL ayudaría a reducir la dependencia de la energía eléctrica convencional, fomentando la adopción de prácticas sostenibles y al mismo tiempo promoviendo conciencia y respecto al cuidado del medio ambiente. Se espera con este proyecto entregar una estructura mecánica que le permita al prototipo generar la energía necesaria para la recarga de los diferentes dispositivos electrónicos que lo requieran, sin afectar el sistema eléctrico de la universidad mediante la producción de energía limpia por medio generadores eléctricos que funcionan con mecanismos de impulsión mecánica que se pueden construir sobre bicicletas fijas.

Adicionalmente, incentiva el realizar actividad física, la cual es beneficiosa para la salud, el bienestar físico y emocional de las personas que hacen parte de la institución. Incluso, puede ser un modelo a seguir por otras comunidades, al adoptar soluciones sostenibles y amigables con el medio ambiente, posibilitando promover una cultura de sostenibilidad y responsabilidad ambiental. Desde el punto de vista académico, el prototipo puede ser utilizado como una herramienta educativa que concientice sobre la importancia de la energía limpia y la reducción de la huella de carbono.

El PSCL se diseña usando tecnologías de bajo costo como generadores de corriente continua, convertidores de corriente, baterías y reguladores de carga. Este prototipo tendrá una perspectiva en rentabilidad, ya que se espera que genere ahorro en el pago por el uso de electricidad convencional, y a largo plazo amortizar el costo del desarrollo del prototipo.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Desarrollar la estructura mecánica para el prototipo del sistema de carga de dispositivos electrónicos mediante procesos de mecanizado a fin de proveer comodidad, seguridad, ergonomía y bienestar a las personas que hacen uso del prototipo.

3.2 Objetivos específicos

Esquematizar el sistema estructural usando software CAD a fin que el prototipo sea seguro, cómodo y óptimo en su implementación y uso.

Realizar los procesos de manufactura para el montaje del sistema de transmisión mecánico y estructural.

Ensamblar los sistemas de transmisión por pedaleo y el soporte mecánico estructural.

Evaluar el desempeño del prototipo mecánico estructural a fin que sea resistente al peso, a la impulsión mecánica y a la tracción producida por el pedaleo.

4. Marco teórico

La generación de energía es una de las necesidades primordiales de la sociedad para respaldar la problemática planteada en este estudio que corresponda a la estructura del proyecto en desarrollo. Se amplía el panorama del tema estudiado en la Institución Universitaria Pascual Bravo buscando generar en forma limpia la energía necesaria para la carga de dispositivos electrónicos y a la vez incentivar hábitos saludables de vida como el acondicionamiento físico por medio de pedaleo.

4.1 Human power

La tendencia de energías renovables basa su estudio en la generación de energía eléctrica a partir del movimiento generado por el cuerpo humano denominado human power (HP) y se define como la capacidad del ser humano o individuo para producir energía eléctrica al realizar una actividad física que involucre cualquier tipo de movimiento o fuerza impulsora (Shin et al . 2017).

Uno de los sistemas de generación de energía eléctrica de human power es el producido por el movimiento que proporciona el cuerpo humano por medio del sistema de pedales en bicicletas estáticas o bicicletas de spinning (Buitrago Monsalve, 2018).

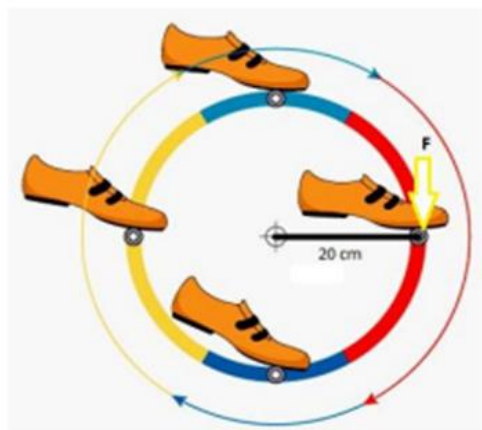


Figura 1. Fuerza en el pedal

Fuente: Osma pinto, German Alfonso "Uso racional de la energía a partir del diseño de energías sostenibles, Universidad Industrial de Santander, 2015

4.2 Proceso de manufactura

El proceso de manufactura se define como diversos tipos y métodos de fabricación, en los cuales se usan máquinas y herramientas mecánicas, manuales, eléctricas y diferentes tipos de software de diseño mecánico. Los métodos que intervienen en todo proceso de manufactura se consideran sencillos o complejos y requieren distintos niveles de supervisión.

Los recursos y mano de obra necesarios para su implementación varían según la necesidad del o de los procesos de fabricación. Los procesos de manufactura se categorizan en dos clasificaciones principales: operaciones de procesamiento y operaciones de montaje.

Operaciones de procesamiento. En esta clasificación de los procesos de manufactura se transforma y se modifican los materiales hasta alcanzar la forma deseada a través de operaciones de procesamiento que permite llevarlo hacia el producto final.

Operaciones de montaje. Esta clasificación de los procesos de manufactura es conocida como proceso de unión el cual es el método de combinar dos o más partes para crear una nueva entidad a su vez se subdivide en dos métodos principales: operaciones de montaje permanente y operaciones de montaje semipermanente.

Operaciones de montaje permanente. Este tipo de operaciones se usan para combinar componentes que deben permanecer juntos o que no deben desconectarse fácilmente según su construcción y diseño.

Operaciones de montaje semipermanente. Este tipo de operaciones se realiza mediante operaciones mecánicas y componentes como tornillos y otros elementos de fijación para facilitar la desconexión de los componentes en caso de ser requerido (SafetyCulture, 2024).

6 Tipos de procesos de manufactura



Figura 2. Tipos de procesos de manufactura

Fuente: extraído de <https://safetyculture.com/es/temas/bpm-buenas-practicas-de-manufactura/procesos-de-manufactura/>

4.3 Proceso de mecanizado

Es el proceso que permite transformar materiales en componentes precisos y funcionales garantizando la precisión de los procesos y optimizando la adaptabilidad de la maquinaria al medio. El maquinado o mecanizado es un proceso de manufactura donde se le da forma a un material generalmente metales mediante el uso de herramientas de corte, abrasión o presión por medio de máquinas. En este procedimiento se fabrican, adecuan, modifican piezas según un diseño o una necesidad de implementar.

En el maquinado se elimina parte del material del objeto base (metal u otro material) para lograr la forma deseada. Este proceso se hace mediante el uso de herramientas manuales o mediante sistemas automatizados como taladros de banco y máquinas de control numérico por computadora (CNC).

Los procesos de mecanizado constan de varios pasos principales:

Diseño de la pieza. En este paso se crea un modelo detallado de la pieza utilizando software de diseño asistido por computadora (CAD).

Selección del material. En este paso se elige el material base considerando las propiedades requeridas más importantes del diseño a implementar resistencia, durabilidad y peso.

Preparación del equipo. Se configuran las máquinas para trabajar según el diseño.

Proceso de corte o moldeado. Se utilizan herramientas de corte o de abrasión para dar forma al material, eliminando el exceso.

Acabado y revisión. La pieza es pulida y sometida a controles y pruebas para garantizar que cumpla con los requerimientos establecidos (AyJ Transmisiones, 2025).



Figura 3. Procesos de mecanizado

Fuente: extraído de <https://www.ajtransmisiones.com/blog/que-es-maquinado>

4.4 Sistemas de transmisión de potencia mecánica

Tienen como función transmitir la energía mecánica entre varios elementos que integran un mecanismo, son sistemas con la capacidad de transformar fuerzas o momentos y velocidad (Flores García, 2020).

Cuando se tiene un sistema donde el movimiento es generado por medio de pedales se hace referencia a las bicicletas estáticas o tipo spinning (Buitrago Monsalve, 2018).

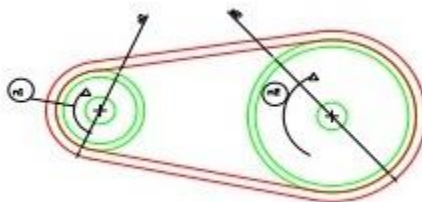


Figura 4. Sistema de transición de potencia mecánica

Fuente: (Flores García, 2020)

4.5 Sistemas de transmisión por engranajes (piñón - cadena)

Es el sistema más habitual utilizado para la transmisión de movimiento en vehículos de dos ruedas como las bicicletas, en este tipo de sistema se transmite un movimiento giratorio entre dos ejes paralelos, este tipo de sistema está compuesto por una cadena sin fin o sea una cadena cerrada donde los eslabones de la cadena se unen a los dientes de los piñones que son ruedas dentadas, a su vez también está compuesto por dos piñones uno conductor y otro conducido otro de los elementos principales es el eje que unen el piñón principal y el piñón conducido (Flores García, 2020).

Este es el sistema más común por su simpleza, eficiencia y economía lo que hace que sea fácil de mantener ajustar y reparar (Buitrago Monsalve, 2018).

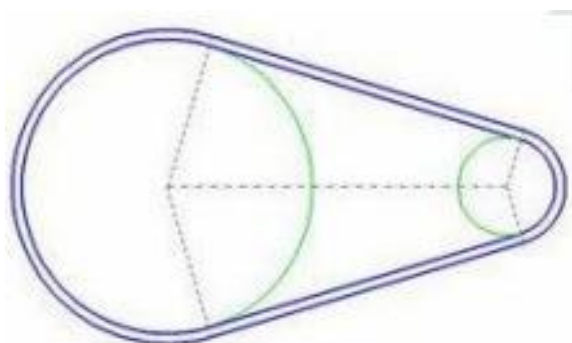


Figura 5. Transmisión por correa abierta

Fuente: (Flores García, 2020)

4.6 Sistemas de transmisión polea (banda - correa)

Este es el sistema de transmisión de potencia y movimiento entre dos o más ejes. Este tipo de sistema se compone por dos poleas una conductora y una conducida, estas poleas se caracterizan por poseer un borde ranurado cuya función es guiar y sostener la banda, las bandas o correas son el otro elemento principal de este sistema las cuales se desplazan a lo largo de las poleas y transmiten la fuerza y movimiento originado desde la fuente de energía que puede ser el par resultante de un motor acoplado a los pedales (Flores García, 2020).

Una gran ventaja de este tipo de sistema es que requiere de poco mantenimiento, se ensambla fácilmente y su costo es bajo, este es el sistema más común de las bicicletas estáticas o tipo spinning (López Velásquez, 2015).

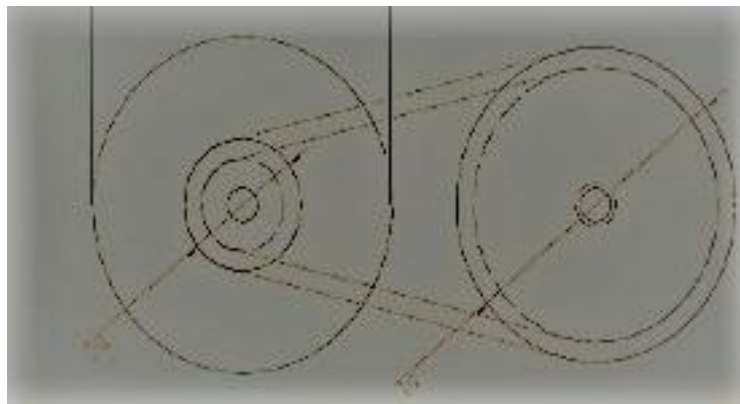


Figura 6. Sistema de transmisión polea banda correa

Fuente: (Flores García, 2020)

4.7 Diseño de sistema mecánico estructural

El diseño estructural consiste en crear una estructura segura y funcional bajo cualquier estado de cargas que pueda experimentar el sistema. Se determina la estabilidad, resistencia y rigidez de la estructura con el objetivo que sea capaz de resistir todas las cargas aplicadas sin fallar durante su vida útil prevista (BuildSoft, 2022).

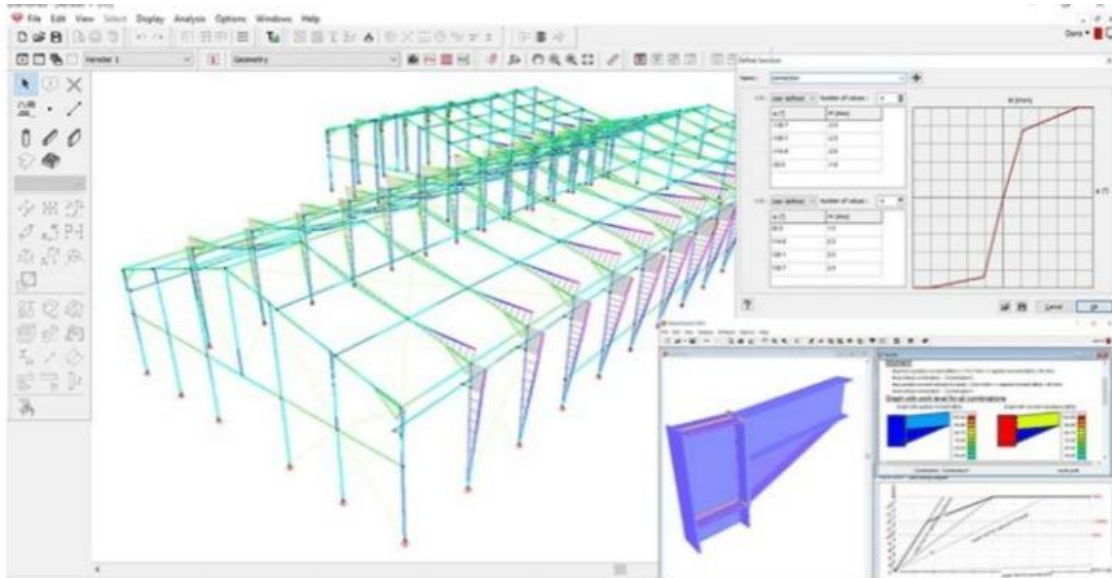


Figura 7. Diseño y análisis estructural

Fuente: extraído de <https://www.buildsoft.eu/es/blog/conceptos-basicos-de-diseno-y-analisis-estructural>

4.8 Mecanismo de tracción por pedaleo

Es todo el sistema encargado de transformar la fuerza aplicada en los pedales para generar un movimiento hacia adelante.

A este se le define como mecanismo de tracción y lo conforman las partes móviles cuya función es la conversión de la fuerza aplicada en movimiento. Entre estas partes están:

Pedales y bielas. Sobre los pedales y las bielas el tripulante aplica directamente la fuerza para hacerlos girar. Las bielas son los brazos metálicos que tienen como función principal conectar los pedales al eje del sistema de transmisión.



Figura 8. Transmisión de una bicicleta pedales y bielas

Fuente: extraído de <https://maquinabikes.com/que-es-la-transmision-de-una-bicicleta-y-como-funciona/>

Piñones. Son discos dentados de la rueda trasera que están conectados al buje trasero y proporcionan diferentes relaciones de cambio en el momento que la cadena se desliza entre ellos, haciendo que aumente o disminuya la intensidad de la resistencia de la bicicleta.

Platos y cadenas. Discos dentados que se ubican en la parte delantera de la bicicleta y se conectan a las bielas. Sobre estos se desliza la cadena transmitiendo el movimiento a la rueda delantera (MaquinaBikes, s. f.).



Figura 9. Transmisión de una piñones, platos y cadenas

Fuente: extraído de <https://maquinabikes.com/que-es-la-transmision-de-una-bicicleta-y-como-funciona/>

5. Metodología

5.1 Tipo de proyecto

Es un proyecto de investigación aplicada ya que se busca un mecanismo que proporcione el soporte de la fase de transmisión mecánica a un sistema de generación de energía por pedaleo. El tipo de proyecto es de índole explicativo ya que se efectúan fases que van desde el diseño hasta su montaje.

5.2 Método

La investigación se realiza a partir de un método analítico y de estudio, se divide el proyecto en diferentes etapas para su análisis y posterior integración. Se inicia con un diseño mediante software CAD que permite determinar las dimensiones de la estructura, también se analiza la selección y el cálculo de los elementos utilizados para la transmisión, y finalmente el montaje del prototipo que brinda el soporte al sistema.

5.3 Instrumentos de recolección de información

5.4.1 Fuentes primarias. Informes técnicos y de investigación, manuales, patentes y normas técnicas.

5.4.2 Fuentes secundarias. Artículos de investigación, libros, Internet.

6. Resultados del proyecto

6.1 Esquemmatización del sistema estructural

Se utilizó el software Fusión 360 para plantear el diseño mecánico estructural del prototipo basándose en las medidas de las bicicletas estáticas tipo spinning a utilizar. Este proceso se realizó teniendo en cuenta dos factores principales la altura y peso de una persona promedio, dado que el prototipo a implementar busca que el tripulante sienta confort al momento de realizar actividades de acondicionamiento físico teniendo en cuenta las condiciones de funcionamiento.

Por ser a través de impulsión mecánica producida por pedaleo, se implementó un diseño considerando seguridad para la persona o tripulante y confortable y cómodo por el tipo de actividad deportiva a desarrollar. Adicionalmente, se procuró el cuidado del enser ya que es un recurso y una inversión de la institución, y al ser mecanizada cambió su geometría. Dados estos procesos de manufactura el marco, las ruedas y los pedales fueron unidos mecánicamente a una polea. Estos procesos mecánicos transformaron el diseño y la construcción original de las bicicletas, pasando a ser tipo spinning habitual a un modo híbrido tipo puesto de trabajo y deportivo.

Tabla 1.

Criterios para la elaboración del diseño de los prototipos estructurales

Partes de las bicicletas tipo spinning	Medidas
En este criterio se evalúa la construcción y las partes ajustables de las bicicletas para realizar el diseño en software CAD de algunos componentes a mecanizar como las poleas, y para realizar procesos de manufactura y mecanizado del soporte teniendo en cuenta que se hizo abatible para fácil mantenimiento y tensión de bandas, buscando que en un futuro la bicicleta pueda retomar su labor habitual sin sufrir grandes cambios en su apariencia y función.	En esta fase se evalúa el tamaño de las bicicletas teniendo en cuenta la estatura de una persona promedio que hace parte de la comunidad educativa de la IUPB las cuales le darán su uso final. Estas medidas se realizan con una persona cuyo tamaño esta entre 1.65 m y 1.70 m y un peso promedio entre 65 y 75 kg, estos datos son de gran relevancia para escoger los materiales que serán manufacturados y mecanizados en la realización del proyecto.
Manubrio	Altura máxima 93 cm Atura mínima 84 cm

Tabla 1.
(Continuación)

Partes de las bicicletas tipo spinning	Medidas
Sillín	Altura máxima 88 cm Atura mínima 80 cm
Marco principal a sillín	Centro sillín 63 cm Altura mínima 80 cm
Marco principal a tope trasero de la bicicleta	Tope trasero de la bicicleta 86 cm
Pierna en marco principal en altura máxima	Altura máxima 32 cm
Pierna en marco principal en altura mínima	Altura mínima 21 cm
Pedal a tope trasero de la bicicleta	Tope trasero de la bicicleta 40 cm
Eje de rueda principal conductora al piso	Altura máxima 29 cm

Fuente: diseño propio

En el desarrollo del prototipo 2 tipo estación de trabajo y dispositivo para acondicionamiento físico, la implementación de sistemas de transmisión mecánica, específicamente mediante poleas, desempeñó un papel fundamental. Las poleas diseñadas y mecanizadas fueron el nexo estructural y funcional que permitió acoplar la bicicleta tipo spinning con un sistema generador de energía, posibilitando así la dualidad funcional del dispositivo. Esta integración responde a principios fundamentales del diseño mecánico, la ciencia de los materiales y el diseño de elementos de máquinas.

Desde la perspectiva del diseño mecánico, las poleas cumplen una función esencial en la transmisión de potencia y el acoplamiento entre ejes no coaxiales. El uso de dos poleas, una en el eje del generador y otra en el pedal de la bicicleta, permitió trasladar el movimiento rotacional generado por el pedaleo hacia el motor, que actúa como generador eléctrico. La elección del diámetro exterior de 80 mm para ambas poleas responde a consideraciones de velocidad angular y torque, lo cual fue evaluado en función del rendimiento esperado del sistema generador. La correcta relación entre los diámetros de las poleas garantiza una transmisión eficiente sin pérdida excesiva de energía mecánica.

El diseño en Fusión 360 facilitó la simulación precisa del ensamblaje mecánico, permitiendo visualizar interferencias, tolerancias de acoplamiento y comportamiento dinámico bajo carga. Esta herramienta CAD fue crucial para anticipar posibles fallos y validar el diseño antes del proceso de manufactura física.

Desde el enfoque de la estática y resistencia de los materiales, la elección del hierro negro para la fabricación de las poleas fue seleccionada por su alta resistencia mecánica, rigidez estructural y composición química enriquecida en carbono, lo cual mejora su capacidad de soportar esfuerzos de tracción y cargas dinámicas sin deformarse. Este tipo de material pertenece a los aceros de alto carbono, comúnmente utilizados en aplicaciones mecánicas donde se requiere resistencia estructural y durabilidad.

La decisión de descartar el aluminio fue técnica y funcionalmente acertada. Aunque el aluminio presenta ventajas como baja densidad y buena maquinabilidad, su menor módulo de elasticidad y su tendencia a la deformación plástica bajo cargas mecánicas intensas lo convierten en un material inadecuado para piezas sometidas a tracción constante, como es el caso de las poleas de transmisión en un sistema por impulso humano.

En el campo del diseño de elementos de máquinas, las poleas forman parte de los sistemas de transmisión por correas, en los que se busca una transferencia eficaz de energía mecánica entre dos ejes giratorios. El diseño de las poleas en este proyecto consideró el tipo de correa a utilizar, los esfuerzos tangenciales transmitidos, y la necesidad de asegurar la alineación entre ejes, factores fundamentales para evitar pérdidas de potencia, deslizamientos y desgaste prematuro. Asimismo, la decisión de mecanizar las poleas con tolerancias ajustadas en el eje (15.2 mm y 16.7 mm de diámetro interno respectivamente), permitió un acoplamiento mecánico preciso que evita juego axial y garantiza el correcto centrado rotacional, lo cual es vital para mantener la integridad del sistema ante cargas dinámicas fluctuantes.

El proceso de mecanizado fue clave para convertir el diseño asistido por computador en componentes funcionales reales. Utilizando técnicas de torneado y fresado en hierro negro, se lograron las dimensiones y acabados superficiales requeridos para el correcto ensamblaje y

operación del sistema. La manufactura precisa no solo permitió la integración estructural de las poleas con el generador y el sistema de pedaleo, sino que también aseguró la durabilidad del componente bajo condiciones reales de uso.

El proceso artesanal de fabricación manual, complementado con el modelado digital, generó una sinergia entre la ingeniería de precisión y la intervención humana, reflejando un alto nivel de compromiso técnico y validación empírica del diseño.

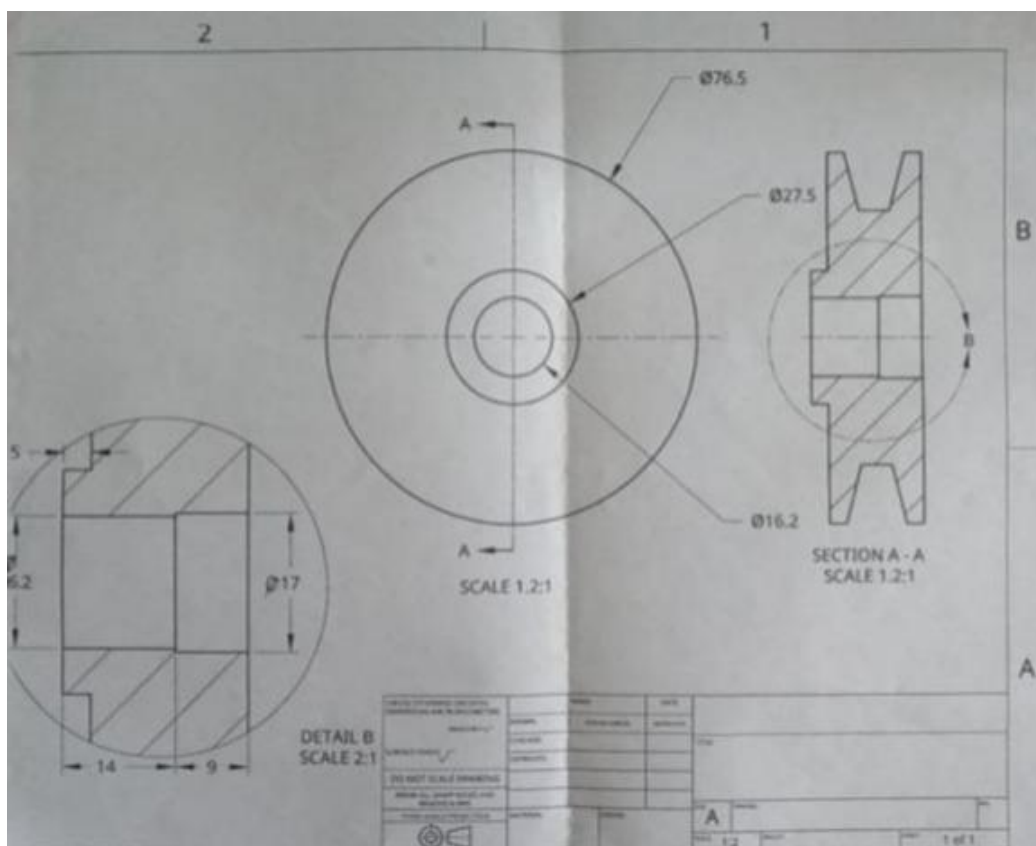


Figura 10. Diseño de poleas para mecanizado de bicicleta estática tipo spinning realizado en software CAD

Fuente: elaboración propia

6.2 Procesos de manufactura para el montaje del sistema de transmisión mecánico y estructural

Al ser una bicicleta tipo spinning su construcción está hecha de aleaciones de aluminio lo que las hace dinámicas, desarmables, ajustables, de bajo peso y volumen, por ende, ocupan poco

espacio. Dadas estas condiciones originales del fabricante, la selección de los elementos de acople y mecanizado se hizo bajo varias consideraciones, dos de las principales fueron primero, la conservación del equipo por ser un recurso propio de la institución y estar expuesto a procesos metalmecánicos como taladrada, corte, soldadura y acoplamientos.

Su apariencia original experimentó cambios al igual que su construcción ya que se le adaptaron metales, accesorios de ajuste, bandas, poleas, motores, entre otros. Siempre se buscó la protección y cuidado de la estructura original de la bicicleta, el marco, el manubrio, el sillín y soportes principales. En caso tal que algún día la bicicleta sea usada para su fin original basta solo con desarmar el prototipo, el cual se hizo completamente abatible pensando en que luego las bicicletas volvieran a su labor habitual o tradicional.

Los prototipos mecánicos estructurales de las dos bicicletas estáticas tipo spinning tuvieron varios procesos de manufactura y mecanizado. Para su implementación se tuvieron en cuenta los conceptos vistos en las asignaturas de estática y resistencia de materiales y diseño de elementos de máquinas. Estos conceptos tratan sobre la reacción de los cuerpos estáticos y en movimiento cuando son sometidos a momentos, par fuerza y tensión por cargas axiales, al igual que otros conceptos de mecanizado como aleaciones, acoples, uniones mecánicas, soldadura, inercia y fricción.

Considerando que la bicicleta está construida en una aleación de aluminio liviana, acoplarla en un material igual sería un riesgo a futuro porque va a experimentar una constante carga axial producto de la impulsión mecánica por pedaleo. Contemplando esta futura posibilidad de fallo se optó acoplarla mecánica y estructuralmente a un material más resistente para poder garantizar una buena resistencia a la tracción. La pieza estructural usada para el ensamble y mecanizado fue un ángulo en L también conocido como ángulo de alas iguales o ángulo de hierro negro, el cual según la NTC 1920 es de grado 36, es un acero estructural al carbono de alta resistencia de múltiples usos para trabajo pesado. Para la unión y sujeción mecánica se usaron tornillos tipo 3/8 x 1- 1/2, grado 8, el cual según la SAE J429 es de grado 8, es un acero aleado de alta resistencia templado y revenido para aplicaciones de alta resistencia fabricado para soportar cargas y trabajo.

La elección de los materiales se realizó priorizando la seguridad del tripulante, ya que la actividad de acondicionamiento físico implica la aplicación de fuerza mecánica mediante el pedaleo. Se procuró minimizar los comportamientos mecánicos resultantes, como la vibración considerando que este prototipo es un acople mecánico estructural. Dado que el objetivo principal de esta investigación es garantizar el confort, la comodidad y sobre todo la integridad de la persona que utilice el prototipo durante su proceso de acondicionamiento físico, la impulsión resultante del pedaleo, junto con la inercia de la banda y del motor en estado estático fueron aspectos tenidos en cuenta.



Figura 11. Proceso de manufactura de platinas para soporte de prototipos estructurales
Fuente: elaboración propia

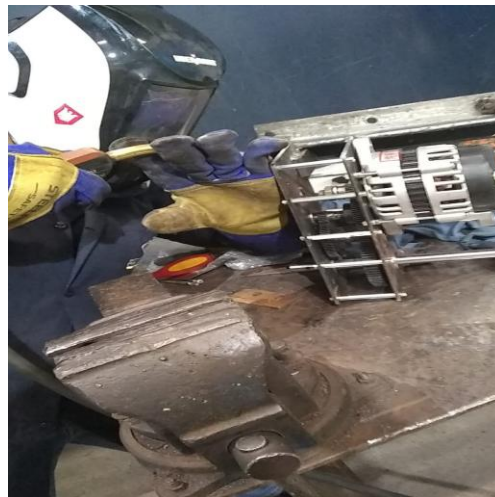


Figura 12. Proceso de mecanizado del soporte para el generador por medio de soldadura mig - gmag
Fuente: elaboración propia

6.3 Ensamble de los sistemas de transmisión por pedaleo y el soporte mecánico estructural

El proceso de ensamble fue algo riguroso para implementarlo, se llevó varios días de trabajo debido al diseño y construcción original de la bicicleta. El ajuste de fábrica de los tensores y la banda cuando estas se desmantelaron para mecanizar al adaptarles componentes nuevos, hicieron que cambiaran varios factores de su fabricación original, los más relevantes el peso, el tamaño y forma. Al armar los prototipos mecánicos estructurales se le acoplaron los soportes ángulares, motores, poleas, bandas, soldadura, tuercas, arandelas y múltiple tornillería.

Una vez realizado el ensamble de todos estos componentes se empezó con las fases de ajuste y balanceo de motor, bandas y poleas, lo cual llevó a realizar las pruebas requeridas a fin de ajustar el motor, considerando que los prototipos mecánicos estructurales son ajustes de interferencia porque son piezas unidas mediante presión para transmitir par fuerza entre los componentes ensamblados y la aplicación es por impulsión mecánica giratoria producto del pedaleo.

Luego de ser sometida a estos múltiples esfuerzos, los nuevos prototipos mecánicos estructurales son ajustados para su uso final que es la impulsión mecánica por medio de pedaleo mientras la persona o tripulante hace su acto de acondicionamiento físico. Este fue un proceso el cual se hizo algo tedioso en ciertos momentos de las pruebas porque una sola persona tuvo que hacer varias actividades al mismo tiempo, pedalear, ajustar las bandas, alinear y tensionar motores, hacer seguimiento al mecanismo estructural para verificar vibraciones y ruidos, requintar tornillería y más el uso de las herramientas.

Todas estas actividades requieren hacerse al mismo tiempo hasta alcanzar el ajuste deseado, lo que fue un reto al momento de realizar el ensamble y posteriormente las pruebas de funcionamiento mediante impulsión mecánica por pedaleo.



Figura 13. Ensamble de sistema de transmisión y soporte mecánico estructural por medio de ángulos en L
Fuente: diseño propio



Figura 14. Ensamble de sistema de transmisión y soporte mecánico estructural con banda adaptada a rueda conductora principal de la bicicleta tipo spinning
Fuente: diseño propio

6.4 Evaluación del desempeño del prototipo mecánico estructural

La evaluación del desempeño del prototipo mecánico estructural va orientada a determinar por medio de pruebas y ensayos la eficacia, funcionabilidad y confiabilidad generada por el sistema de carga limpia para dispositivos electrónicos. En este tipo de análisis son tenidos en cuenta tanto los aspectos técnicos mencionados en el desarrollo de la investigación como la experiencia del tripulante mediante su proceso físico de esparcimiento y acondicionamiento físico, ya que este tipo de sistemas o prototipos fueron diseñados y posteriormente elaborados no solo como un medio de generación de energía, sino también como un dispositivo ergonómico y seguro para el operador.

El prototipo mecánico estructural, aunque ya está implementado en su mayoría, se encuentra en fase de ajustes finales a nivel constructivo. Sin embargo, realizar su evaluación de desempeño ha sido posible mediante pruebas preliminares que han permitido realizar la observación de su comportamiento dinámico al ser sometido a cargas tipo axiales producto de la tracción producida por la impulsión por pedaleo, la eficiencia mecánica producto del human power, y sobre todo el aspecto más relevante que es la estabilidad estructural del prototipo. Uno de los comportamientos mecánicos que más se han tenido en cuenta en esta investigación es la vibración y el comportamiento del sistema ante la inercia cuando pasa de estar en forma estática a cinética en respuesta a la tracción producto del pedaleo.



Figura 15. Prototipo 1 de sistema mecánico estructural

Fuente: diseño propio



Figura 16. Prototipo 2 de sistema mecánico estructural
Fuente: diseño propio

El sistema de transmisión por bandas del prototipo 1 permitió optimizar el desempeño del prototipo mecánico estructural orientado a la generación de energía limpia mediante tracción por pedaleo, se seleccionó un sistema de transmisión por bandas debido a sus ventajas mecánicas y ergonómicas teniendo en cuenta el modelo constructivo de la bicicleta tipo spinning.

Este tipo de sistema permite una transferencia de potencia suave y silenciosa, reduciendo las vibraciones, mejorando la eficiencia energética y haciendo agradable la experiencia del tripulante durante el acondicionamiento físico aprovechando al máximo la rueda delantera de la bicicleta.



Figura 17. Motor eléctrico de engranaje sin escobillas 48V 500W usado en prototipo 1
Fuente: diseño propio

El desarrollo de los dos prototipos estuvo orientado hacia la generación de energía limpia mediante tracción humana. En éstos se consideraron variables importantes como la eficiencia mecánica, la estabilidad estructural y el comportamiento dinámico frente a cargas axiales. Se buscó priorizar la comodidad y seguridad del usuario al momento de realizar su proceso de esparcimiento y acondicionamiento físico.

En el prototipo 2 se integró un generador de pedal sin escobillas que, a diferencia del motor eléctrico utilizado en el prototipo 1 presenta un mayor tamaño y peso debido a la incorporación de un tren de engranajes con relación de transmisión 4:1, un eje de tamaño considerable y una estructura de soporte. Estas características incrementan la carga estática sobre el sistema, lo que hace inviable su instalación en la parte frontal del prototipo 2 sin comprometer la estabilidad y la seguridad del usuario. Por ello, se optó por ubicar el generador en la parte trasera de la bicicleta, una decisión fundamentada en la necesidad de redistribuir adecuadamente masa y peso, reducir el riesgo de interferencia mecánica o desequilibrio estructural en la zona de pedaleo.

Para transmitir el movimiento del pedaleo al generador, se adaptaron poleas tanto al eje del pedal como al eje del generador, acopladas mediante un sistema de bandas. Esta configuración permite una transferencia eficiente del torque rotacional, reduce el impacto de las vibraciones y facilita el mantenimiento, a la vez que mejora la seguridad del operador al mantener despejada la zona de esfuerzo físico activo. Así, el diseño responde a criterios de optimización mecánica, ergonomía y funcionalidad energética en condiciones reales de operación.

La elección del sistema de bandas en ambos diseños reforzó el cumplimiento de criterios de eficiencia energética, bajo nivel de vibraciones y seguridad del usuario. En este mecanizado se priorizó la seguridad del tripulante debido al tamaño y peso del generador para evitar unas posibles lesiones y minimizar riesgos, los cuales podrían presentarse si se ubicara en la parte de frente o delantera de la bicicleta. Este factor se consideró buscando la seguridad y tratando de evitar que el tripulante este expuesto a posibles lesiones futuras.

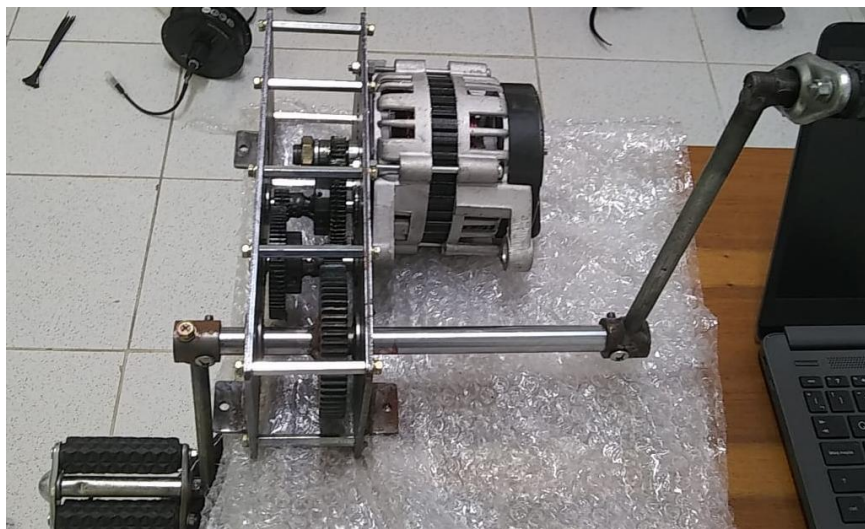


Figura 18. Generador de pedal sin escobillas de 2000 W

Fuente: diseño propio

Para alojar y soportar adecuadamente ambos prototipos se diseñó y fabricó una mesa estructural construida con acero inoxidable. Esta estructura tiene unas dimensiones de 1.10 m de alto, 2.10 m de largo y 0.75 m de ancho. Se utilizó tubería cuadrada de acero inoxidable con dimensiones de 2 x 1.5 pulgadas, material seleccionado por su alta resistencia mecánica, durabilidad, y comportamiento favorable frente a cargas dinámicas y estáticas.

La elección del material de acero inoxidable responde a la necesidad de garantizar una estructura resistente a largo plazo, capaz de soportar cargas variables como el peso del usuario (considerando un rango antropométrico promedio entre 1.75 m y 1.80 m de altura), elementos personales (bolsos, ropa) y dispositivos electrónicos auxiliares (como computadores o posibles equipos de conversión energética futura). Además, se tuvo en cuenta la generación de fuerzas dinámicas durante la operación, como vibraciones y cargas axiales generadas por el pedaleo, por lo cual la estabilidad de la estructura fue un criterio central de diseño.

Desde el punto de vista del proceso de manufactura, se optó por un proceso de soldadura MIG-TIG (Metal Inert Gas y Tungsten Inert Gas), descartando el uso de soldadura por electrodo revestido convencional. Esta última, aunque más común y económica, fue inadecuada debido a la naturaleza del material ya que el tubo presenta componentes de aluminio y otras aleaciones ligeras, lo que provoca fisuras o fallas estructurales cuando se aplica calor excesivo o no

controlado, como ocurre frecuentemente con la soldadura por arco manual con electrodo. En contraste, la soldadura MIG-TIG ofrece mayor precisión, menor deformación térmica y un control más efectivo del baño de fusión, lo cual resulta ideal para unir aleaciones ligeras sin comprometer la integridad del material.

Este tipo de soldadura permite una resistencia adecuada a la tracción y asegura uniones limpias y fuertes, especialmente en puntos críticos sometidos a esfuerzos cíclicos o vibracionales. Asimismo, la elección de una mesa alta fue estratégica, considerando no solo la ergonomía del usuario durante el ejercicio, sino también la necesidad de facilitar tareas de mantenimiento, instalación de nuevos componentes, y evitar interferencias mecánicas con los elementos en movimiento.

En resumen, la construcción de esta estructura soporte no solo responde a requerimientos funcionales inmediatos, sino que incorpora principios de ingeniería mecánica, diseño ergonómico y manufactura avanzada, garantizando un rendimiento seguro y sostenible en condiciones reales de operación.



Figura 19. Adecuación de pulidora con guarda de seguridad – esta es la herramienta principal usada para realizar cortes de perfiles de acero inoxidable como elementos de protección personal se usaron gafas, careta, protección auditiva y mangas de tela para protección de ojos, cara, oídos y manos

Fuente: diseño propio

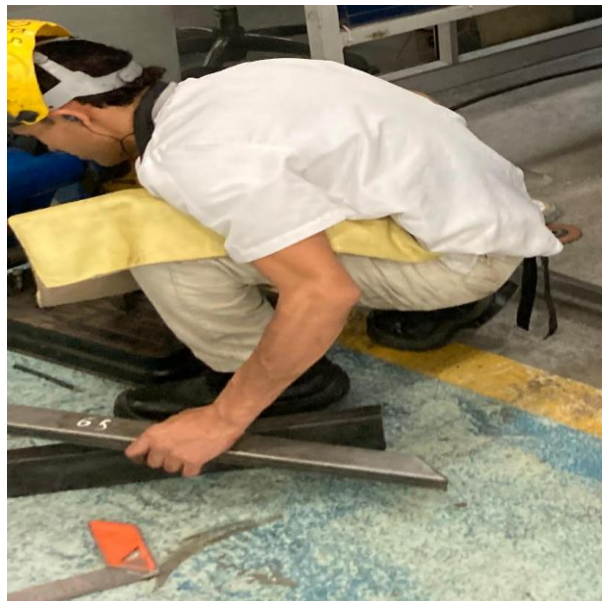


Figura 20. Medidas para corte de piezas, se usa escuadra para trazar ángulos de 45 grados para cortes con pulidora, este proceso de manufactura se hace en el suelo debido al largo de la tubería y por el afluente de personas en el taller de metalistería para evitar y prevenir lesiones o accidentes

Fuente: diseño propio



Figura 21. Mesa terminada para su uso final

Fuente: diseño propio

7. Conclusiones

El diseño estructural del prototipo fue concebido mediante herramientas de diseño asistido por computador (CAD), lo cual permitió modelar y validar digitalmente la geometría, las uniones mecánicas y las condiciones de carga del sistema. Este proceso de ingeniería incluyó varias fases iterativas de desarrollo, desde la conceptualización hasta la fabricación manual, y fue validado mediante pruebas físicas que comprobaron la resistencia del conjunto ante cargas dinámicas, garantizando la estabilidad del sistema en condiciones reales de uso. Las poleas no solo fueron componentes mecánicos necesarios para la transmisión de movimiento, sino elementos estructurales vitales que permitieron convertir una bicicleta tipo spinning en un sistema híbrido de generación de energía. Su diseño, selección de materiales y manufactura fueron procesos interdependientes que, desde una visión integral de la Ingeniería Mecánica, aseguraron la funcionalidad, seguridad y eficiencia del prototipo. Esta transformación del diseño inicial en un mecanismo de tracción y generación refleja la importancia del análisis detallado de cada elemento dentro del sistema general, destacando que decisiones bien fundamentadas en ciencia e ingeniería pueden maximizar el rendimiento de una innovación tecnológica.

El desarrollo del prototipo mecánico estructural mediante procesos de manufactura y mecanizado manual, fue ejecutado con alta dedicación por parte del proyectista, esta implementación permitió una integración robusta entre los componentes mecánicos y estructurales, logrando un sistema estructural funcional, ergonómico y con bajo requerimiento de mantenimiento, apto para condiciones de uso continuo al servicio de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

La implementación de un sistema de generación de energía limpia basada en el acoplamiento mecánico entre transmisión por pedaleo y generadores DC representa una solución mecatrónica eficiente, que combina mecánica, electricidad y electrónica para producir energías limpias a través del human power.

Desde el enfoque de la estática y la resistencia de los materiales, se analizaron las condiciones a las que se ven sometidas las estructuras durante el pedaleo, evaluando el comportamiento de

los componentes tanto en estado estático como bajo fuerzas aplicadas. Este análisis permitió garantizar la integridad estructural del prototipo, su estabilidad frente a cargas dinámicas, y la seguridad del tripulante durante su operación. Los materiales seleccionados, la configuración geométrica de la estructura y la transmisión de esfuerzos fueron cuidadosamente evaluados para resistir las variables mecánicas sin comprometer el rendimiento ni la durabilidad del sistema.

Para alcanzar el desarrollo del proyecto, el área de diseño de elementos de máquinas fue fundamental en la selección y adaptación de componentes claves como poleas, ejes, generadores y el sistema de transmisión por bandas. Esta elección permitió una transmisión de potencia eficiente, silenciosa y de bajo mantenimiento, reduciendo vibraciones y garantizando una operación continua. Particularmente en el prototipo 2, la ubicación estratégica del generador sin escobillas en la parte trasera de la bicicleta, respondió a principios de diseño mecánico asociados con la distribución de masa, el análisis del centro de gravedad y la seguridad del operador, aspectos esenciales en el diseño funcional de sistemas mecatrónicos.

En síntesis, el proyecto no solo logró la implementación exitosa de dos prototipos funcionales para la generación de energía limpia, sino que además se consolidó como una propuesta educativa, ergonómica y técnicamente viable. Su desarrollo demuestra cómo la integración de diferentes disciplinas de la ingeniería puede dar lugar a soluciones innovadoras y sostenibles, con aplicaciones tanto en entornos rurales como urbanos, y con alto potencial para ser replicadas o escaladas según las necesidades energéticas de diferentes comunidades.

8. Recomendaciones

Para que se pueda garantizar la conservación de los prototipos se sugiere que estén alojados en un lugar cerrado, evitar que estén expuestos a la intemperie y a la lluvia.

Se sugiere realizar inspecciones visuales periódicas. Revisar estado de bandas y elementos de fijación como tornillos, tuercas y arandelas.

Las poleas no deben ser golpeadas porque están construidas en hierro negro o nodular, el cual es una fundición de hierro y alto carbono, lo que garantiza que las poleas resistan altas cargas axiales y de tracción sin deformarse, aunque no resisten golpes o caídas. Dadas estas consideraciones en el momento de implementar mantenimientos, se debe garantizar que no sufran caídas o reciban golpes con herramientas pesadas como almádanas o martillos de acero, solo en caso de ser necesario usar martillo de goma para amortiguar el golpe y no ir a fisurar o partir las poleas.

Para el ajuste y requinte de tornillería se sugiere hacerlo a contrafuerza con dos llaves de la misma medida.

Una de las principales ventajas de prototipo mecánico estructural es que es totalmente escualizable y abatible, y toda la tornillería tiene el mismo diámetro lo que facilita seguridad al realizar el mantenimiento. Se recomienda usar la llave indicada para evitar deformar la cabeza de los tornillos y sobre todo evitar golpes y heridas al personal encargado de realizar rutinas de mantenimiento.

9. Referencias bibliográficas

- AyJ Transmisiones. (2025, 15 de enero). *Maquinado o mecanizado: qué es, cómo funciona y cuáles son sus ventajas*. <https://www.ajtransmisiones.com/blog/que-es-maquinado>
- BuildSoft. (2022, 23 de marzo). *Conceptos básicos de diseño y análisis estructural*. <https://www.buildsoft.eu/es/blog/conceptos-basicos-de-diseno-y-analisis-estructural>
- Buitrago Monsalve, D. E. (2018). *Propuesta de un modelo de generación de energía eléctrica a partir de energía biomotriz en el gimnasio de la Universidad El Bosque – Campus Usaquén*. Universidad El Bosque. <https://hdl.handle.net/20.500.12495/3444>
- Flores García, J. C. (2020). *Sistemas de transmisión mecánica* (Informe técnico, pp. 45–68). Universidad Nacional de San Andrés.
- López Velásquez, R. (2015). *Desarrollo de un sistema de generación eléctrica eficiente a partir de propulsión humana con base en una bicicleta estática* [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio Institucional UTP. <https://hdl.handle.net/11059/5417>
- MaquinaBikes. (s. f.). *Qué es la transmisión de una bicicleta y cómo funciona*. <https://maquinabikes.com/que-es-la-transmision-de-una-bicicleta-y-como-funciona/>
- Muller, L. V., Fritzen, P. C., & Maciel, E. S. (2018). Generation of electrical energy obtained through a continuous current generator coupled to the pedal of an ergometric bicycle. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 61(Special Issue), 3–7. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-SMART-2018000360>
- Rachello Martínez, C. A. (2016). *Diseño de un medidor de potencia de pedaleo para ciclismo* (Tesis de maestría, pp. 30–45). Universidad de los Andes. Repositorio Institucional de la Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/19067>

SafetyCulture. (2024, 4 de julio). *Clasificación y tipos de procesos de manufactura*.

<https://safetyculture.com/es/temas/bpm-buenas-practicas-de-manufactura/procesos-de-manufactura/>

Shin, H.-K., Cho, J.-M., & Lee, E.-B. (2019). *Electrical power characteristics and economic analysis of distributed generation system using renewable energy: Applied to iron and steel plants*. *Sustainability*, 11(22), 6199. <https://doi.org/10.3390/su11226199>

10. Bibliografía

ACESCO Colombia S.A.S. (s.f.). *Ficha técnica: Ángulo de hierro negro.*

<https://acesco.com.pa/assets/uploads/generales/Angulo-Hierro-Negro.pdf>

Generador de pedal sin escobillas de 2000 W. (s.f.). AliExpress.

<https://es.aliexpress.com/item/1005002509300799.html>

Motor eléctrico de engranaje sin escobillas 48V 500W. (s.f.). Amazon.

<https://www.amazon.com/-/es/el%C3%A9ctrico-engranaje-escobillas-vers%C3%A1til-actualizaci%C3%B3n/dp/B0CPMFG7P7>

ProForm. (2021). *Manual del usuario del ProForm C22 Pro (modelo PFEX92220-INT.3-*

432992). [https://resources.sport-tiedje.com/pdf/Proform/C22%20Pro/PFEX92220-INT.3-432992\(ES\).pdf](https://resources.sport-tiedje.com/pdf/Proform/C22%20Pro/PFEX92220-INT.3-432992(ES).pdf)

Revista del Diseño Innovativo. (2019, junio). *[Título del artículo]. Revista del Diseño*

Innovativo, 3(7), 8–13.

https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Diseno_Innovativo/vol3num7/Revista_d_el_Dise%C3%B1o_Innovativo_V3_N7_2.pdf

Revista Investigaciones Aplicadas. (2014). *Revista Investigaciones Aplicadas*, 8(1), 60–70.

Universidad Pontificia Bolivariana.

<https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/6729>

Tornillos y Tuercas Co. (s.f.). *Tornillo Grado 8 - 3/8 x 1-1/2.*

<https://www.tornillosytuercas.co/collections/tornillos-grado-8>

Von Draais, K., & McCal, T. (2019). *Diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de bicicletas estáticas* (Tesis de maestría, pp. 50–70). Universidad Nacional de Colombia.