

**Selección y adaptación de un sistema de transmisión para un vehículo de tracción  
humana VTH de competencia**



Castro Escobar William Andrey

Ramirez Moreno Luis Eduardo

Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central

Facultad Ingeniería Mecánica

Bogotá – Cundinamarca

Enero 10 de 2024

**Selección y adaptación de un sistema de transmisión para un vehículo de tracción  
humana VTH de competencia**

Castro Escobar William Andrey

Ramirez Moreno Luis Eduardo

Asesor: Pablo Emilio Prieto

Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central

Facultad Ingeniería Mecánica

Bogotá – Cundinamarca

2024

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

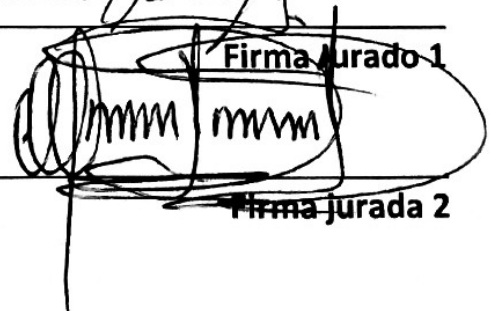
---

Firma Presidente de Jurados



---

Firma Jurado 1



---

Firma Jurada 2

Bogotá D.C., fecha 13-marzo-2024

## RESUMEN

En este documento se describe el proceso de selección, adaptación y posterior propuesta para la fabricación e instalación del sistema de transmisión para un vehículo de tracción humana VTH. Este proceso comienza exponiendo las motivaciones para realizar la selección y finaliza con la propuesta para la fabricación y adquisición del componente a instalar.

El proceso se basa en el diseño de un VTH que surge con la necesidad de participar en la competencia anual de VTH en Colombia y sus requerimientos internos, que conducen a plantear un problema de carácter de ingeniería y permite generar un objetivo general y unos específicos.

Se considera, la implementación de un tipo de transmisión tipo plato-pedal, también conocidas como transmisiones de cadena, este tipo de transmisión consiste en una cadena que conecta un piñón en la biela del pedal con un piñón mayor en la rueda trasera, lo que permite al piloto transferir la potencia desde sus piernas hasta las ruedas e impulsar el vehículo hacia delante.

Sin embargo, las transmisiones de cadena también tienen algunas desventajas como la necesidad de mantenimiento regular, la posibilidad de que se salte la cadena o se rompa y el ruido que generan en comparación con otros sistemas de transmisión, como las transmisiones de buje, es importante tener en cuenta que las transmisiones de cadena pueden variar en diseño y características dependiendo del tipo de vehículo y el uso previsto.

## **Abstract**

This document describes the process of selection, adaptation and subsequent proposal for the manufacture and installation of the transmission system for a VTH human-powered vehicle. This process begins by exposing the motivations for making the selection and ends with the proposal for the manufacture and acquisition of the component to be installed.

The process is based on the design of a VTH that arises with the need to participate in the annual VTH competition in Colombia and its internal requirements, which lead to posing an engineering problem and allows generating a general objective and specific ones.

The implementation of a type of plate-pedal type transmission, also known as chain transmissions, is considered. This type of transmission consists of a chain that connects a sprocket on the pedal crank with a larger sprocket on the rear wheel, which It allows the driver to transfer power from his legs to the wheels and propel the vehicle forward.

However, chain drives also have some disadvantages such as the need for regular maintenance, the possibility of the chain skipping or breaking, and the noise they generate compared to other drive systems such as hub drives. Keep in mind that chain drives may vary in design and features depending on vehicle type and intended use.

## Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN .....	10
CAPITULO I:.....	11
<b>Generalidades para la Selección y adaptación de un sistema de transmisión para un vehículo de tracción humana VTH de competencia.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Justificación.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 Antecedentes.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.1 Reconocimiento de la necesidad .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.2 Identificación del problema .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.3 Formulación del problema.....</b>	<b>14</b>
<b>1.3 Tipo de proyecto.....</b>	<b>14</b>
<b>1.4 Objetivos.....</b>	<b>15</b>
<b>1.4.1 Objetivo principal: .....</b>	<b>15</b>
<b>1.4.2 Objetivos específicos: .....</b>	<b>15</b>
<b>1.6 Alcance .....</b>	<b>15</b>
CAPITULO II: .....	15
<b>2. Fundamentación teórica para un sistema de transmisión de un vehículo VTH de competencia .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 fundamentación teórica .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.1 Generalidades del sistema de transmisión de un vehículo VTH .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2 Marco teórico.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2.1 Características dinámicas .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.2.2 Conceptos, funciones y componentes de un sistema de transmisión.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.3 Marco contextual.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.4 Marco conceptual.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2. Parámetros de diseño para su selección y adaptación .....</b>	<b>21</b>
CAPITULO III.....	23
<b>3. Soluciones existentes y productos análogos para un sistema de transmisión para un vehículo VTH.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Análisis de soluciones existentes .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Análisis de productos análogos.....</b>	<b>24</b>
<b>3.3 Clasificación.....</b>	<b>26</b>
<b>3.3.2 Criterios de análisis .....</b>	<b>28</b>
<b>3.3.3 Resultados del análisis .....</b>	<b>29</b>

CAPITULO IV .....	30
4. Especificación del sistema de transmisión .....	30
4.1 Designación del servicio .....	30
4.2 Especificaciones de selección y adaptación .....	30
4.3 Especificaciones de manufactura .....	31
4.4 Especificaciones de funcionalidad .....	31
CAPITULO V .....	37
5. Aalternativas para un sistema de transmisión para un vehículo de tracción humana VTH	37
5.1 Diseño para su selección y presentación de alternativas “a”, “b”, “c” ....	37
5.2 Análisis y evaluación de alternativas .....	38
5.2.1 Criterios de análisis .....	39
5.2.2 Ponderación de los criterios de análisis .....	39
5.2.3 Matriz de decisión .....	39
5.2.4 Resultados del análisis de alternativas .....	40
5.2.5 Selección de la mejor alternativa .....	40
CAPITULO VI .....	41
6. Diseño para selección y adaptación de un sistema de transmisión .....	41
6.2 Diseño volumétrico para su selección y adaptación .....	42
6.3 Memoria de cálculos .....	42
6.3.1 Diseño estructural para selección y adaptación del sistema .....	43
6.3.2.1 Sistema de transmisión .....	45
6.3.3 Sistemas auxiliares .....	54
6.3.3.1 Sistema de lubricación .....	54
CAPITULO VII .....	55
7. Resultados .....	55
7.1 TABLA DE MATERIALES .....	56
7.2 LISTA MAESTRA DE PLANOS .....	57
7.3 ANALISIS DE COSTOS .....	57
CONCLUSIONES .....	58
BIBLIOGRAFÍA .....	59
ANEXOS	

## Lista de ilustraciones

<i>Ilustración 1 Vehículo de competencia VTH (Vehículos de tracción Humana)</i> .....	12
<i>Ilustración 2: Equipo Kratos de la Universidad EAFIT</i> .....	13
<i>Ilustración 3 Transmisión de la fuerza en la bicicleta</i> .....	17
<i>Ilustración 4 Fuerzas de torque</i> .....	18
<i>Ilustración 5 Fundamentos de velocidad</i> .....	20
<i>Ilustración 6 Diagrama de caja Negra</i> .....	31
<i>Ilustración 7 Sistema de transmisión parte delantera</i> .....	32
<i>Ilustración 8 Cassete de piñones SHIMANO DEORE de 12 velocidades CS-M6100-12 6100-12</i> .....	33
<i>Ilustración 9 JUEGO DE BIELAS DE 2 PIEZAS SHIMANO DEORE</i> .....	34
<i>Ilustración 10 RD-M6100-SGS SHIMANO DEORE</i> .....	35
<i>Ilustración 11 DISEÑO DE CADENA HG PARA HYPERGLIDE</i> .....	36
<i>Ilustración 13 Sistema de transmisión vehículo VTH transmisión</i> .....	41
<i>Ilustración 14 Medidas generales Sistema de transmisión vehículo VTH</i> .....	42
<i>Ilustración 15 Conjunto ensamble vehículo VTH</i> .....	43
<i>Ilustración 16 Biela para bicicleta</i> .....	44
<i>Ilustración 17 Cadena para bicicleta</i> .....	44
<i>Ilustración 18 Tabla Velocidades del Vehículos del Vehículo</i> .....	46
<i>Ilustración 19 Análisis de fuerzas axiales (Toque - Pedal)</i> .....	51
<i>Ilustración 20 Análisis de fuerzas en su mayor grado de torque</i> .....	51
<i>Ilustración 21 Lubricación cadena</i> .....	55
<i>Ilustración 22 Lubricación piñón</i> .....	55
<i>Ilustración 23 Resultado final sistema de transmisión</i> .....	55
<i>Ilustración 24 Resultado final vehículo por tracción humana</i> .....	56



## Lista de Tablas

<i>Tabla 1 Consolidados del sistema.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2 Matriz Analítica. Incluye soluciones a las funciones requeridas por los sistemas de transmisión existentes .....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 3 Análisis de productos análogos según la descripción.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 4 Clasificación de los sistemas de transmisión.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 5 Criterios de Análisis.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 6 Resultado de Análisis .....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 7 Especificaciones del producto Cassette de piñones .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 8 Especificaciones del producto Bielas.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 9 Especificaciones del producto Cambios Shimano Deore.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 10 Especificaciones del producto Cadena HG.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 11 Matriz de Alternativas.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 12 Datos distancia entre eslabones de cadena.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 13 Resultado cálculos distancia entre eslabone de cadena .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 14 Datos para el análisis de esfuerzo cortante .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 15 Lista de materiales .....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 16 Tabla de costos.....</i>	<i>57</i>

## INTRODUCCIÓN

Dentro de los proyectos de grado de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, el proyecto actual busca la Selección y adaptación de un sistema de transmisión para un vehículo de tracción humana VTH de competencia. Sin embargo, la Facultad de Ingeniería Mecánica ha presentado una propuesta para la competencia nacional de vehículos de tracción humana versión 2024, que incluye la creación de un equipo de diseño y una propuesta de fabricación de estos vehículos. El subsistema de transmisión mencionado anteriormente utiliza la energía cinética producida por el esfuerzo del piloto. Para que la ETITC sea reconocida como parte de un movimiento innovador, esta competencia busca integrar a los estudiantes para que participen en el proceso de diseño, selección y preparación utilizando herramientas y equipos.

Seguimos investigando el sistema de transmisión mecánica accionado por pedal, que se compone de un plato dentado conductor y varios platos dentados conducidos. Este sistema es esencial para competir en vehículos de tracción humana, según las normas establecidas por el departamento de ingeniería mecánica de ETITC y las nuestras propias. La investigación examina el diseño y el funcionamiento de estos sistemas de transmisión mecánica, que consisten en una serie de platos dentados entrelazados y unidos por una cadena o correa. Estos sistemas permiten que el usuario transfiera energía a las ruedas del vehículo.

Además, este sistema es relativamente simple y económico de construir y mantener, lo que lo convierte en una opción viable para quienes estén interesados en construir su propio VTH. Como resultado, para construir un vehículo que funcione de manera efectiva y segura, es fundamental comprender los principios de diseño y adecuación de una transmisión mecánica tipo pedal plato conductor y platos conducidos.

## **CAPITULO I:**

### **Generalidades para la Selección y adaptación de un sistema de transmisión para un vehículo de tracción humana VTH de competencia**

#### ***1.1 Justificación.***

Los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica han establecido equipos de trabajo para abordar los diversos sistemas del vehículo VTH. El objetivo es integrar correctamente los conocimientos adquiridos por cada grupo y retroalimentar la información. El sistema de transmisión, en este caso, es esencial para cualquier VTH porque permite que el vehículo avance al transferir la fuerza muscular del conductor a las ruedas. Por lo tanto, la selección y adaptación de un sistema de transmisión adecuado para un VTH es esencial para su rendimiento, eficiencia y seguridad.

Por otra parte, con esta investigación se pretende seleccionar el sistema de transmisión que mejor se adapte para un vehículo de tracción humana en un competencia de VTH, según la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central (2023), la decanatura de la Facultad de Ingeniería Mecánica presenta la propuesta de formar un equipo de diseño y construcción de un prototipo funcional de un vehículo VTH que sea accionado por energía cinemática generada por el esfuerzo propio del piloto para participar en la COMPETENCIAS NACIONALES DE VEHICULOS DE TRACCION HUMANA, con el fin de que la ETIC sea reconocida y que este sea un requisito como proyecto de grado.

#### ***1.2 Antecedentes.***

En los últimos años, la sociedad ha centrado su atención en soluciones sostenibles y ha aumentado su conciencia ambiental. Esta tendencia ha impulsado la creación y el desarrollo de métodos de transporte alternativos que disminuyan la dependencia de los combustibles fósiles y reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero. El problema de la movilidad urbana se ha vuelto fundamental en Bogotá, al igual que en otras ciudades del mundo, debido al aumento de la población, la congestión vehicular y las preocupaciones ambientales.

Según Ana et al. (2014) la bicicleta y sus dos engranajes (plato y piñón) sin duda es uno de los más sensacionales por su simplicidad, eficiencia y aplicaciones; pero de la fuerza

aplicada a los pedales al movimiento de la rueda trasera tractora, se han empleado diversos mecanismos de transmisión, en este contexto, los vehículos de tracción humana se están convirtiendo en una alternativa viable y respetuosa con el medio ambiente para la movilidad urbana. Las innovaciones técnicas en estos vehículos, impulsadas principalmente por el esfuerzo humano, han buscado mejorar su eficiencia, comodidad y seguridad.

## **II competencia regional de vehículos de tracción humana VTH Universidad de Antioquia 2018**

Según la Universidad EAFIT (s.f) llevó a cabo la segunda competencia regional de vehículos de tracción humana (VTH) en 2018. Varias universidades de Antioquia se reunieron en este evento para competir en la Adaptación y construcción de vehículos impulsados por la fuerza humana. Los participantes demostraron eficiencia energética, velocidad y resistencia. El evento proporcionó una oportunidad para fomentar la creatividad y aumentar la conciencia sobre la importancia de utilizar formas de transporte sostenibles y respetuosas con el medio ambiente

*Ilustración 1* Vehículo de competencia VTH (Vehículos de tracción Humana)



Tomada de: [https://www.youtube.com/watch?v=Mf61Nfv\\_Lyc](https://www.youtube.com/watch?v=Mf61Nfv_Lyc)

## **E-Fest South América**

De acuerdo a Uniandes, (2019) En agosto de 2019, la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) organizó el E-Fest South América en Lima, Perú. Para participar en competencias, conferencias y exposiciones relacionadas con la ingeniería mecánica, ingenieros, estudiantes y entusiastas de la ingeniería de todo el continente se congregaron en este evento. Se desarrollaron varias habilidades para vehículos VTH de tracción humana durante el evento. Además, el E-Fest South América tiene como objetivo promover el avance de la ingeniería mecánica en América del Sur.

*Ilustración 2: Equipo Kratos de la Universidad EAFIT*



Tomada de: <https://www.elcolombiano.com/antioquia/vehiculos-de-cafit-y-upb-brillaron-en-peru-GC11461403>

### ***Planteamiento del problema.***

La selección y adaptación de un sistema transmisión para un VTH es un desafío técnico que requiere soluciones innovadoras. Los VTH son una alternativa a la movilidad sostenible y respetuosa con el medio ambiente, pero la falta de una transmisión eficiente limita su rendimiento y su aplicación en una variedad de condiciones.

El problema principal radica en la necesidad de construir una transmisión adecuada para vehículos de tracción humana (VTH) que mejore su eficiencia energética, aumente su velocidad y facilite su adaptación a diferentes terrenos y cargas de trabajo. Actualmente, muchos VTH utilizan transmisiones ineficientes o de baja calidad, lo que reduce su resistencia y velocidad. Además de ser eficiente, la transmisión también debe ser segura y cómoda para el ciclista, teniendo en cuenta la posición de conducción, la facilidad de cambio de marchas y la disminución de la fatiga.

#### ***1.2.1 Reconocimiento de la necesidad***

Es necesario la Selección y adaptación de una propuesta específica para la fabricación de transmisiones dirigidas a VTH para abordar las limitaciones actuales y ofrecer variedad a diferentes tipos de usuarios en diferentes escenarios. Es fundamental que ofrezcan eficiencia, durabilidad y versatilidad. La transmisión es un componente crucial que determina estas características. A través de él, el esfuerzo humano se convierte en movimiento, lo que determina la velocidad, la adaptabilidad al terreno y la eficiencia general del vehículo.

#### ***1.2.2 Identificación del problema***

- Ubicación del conjunto de pedales para la transmisión piñón –cadena.
- Materiales y tratamientos de las piezas para el ensamble del sistema.

- Relación de los piñones para el torque inicial y la velocidad final en el sistema.
- El diámetro adecuado de la rueda tractora y tipo de neumático.
- Accesorios mecánicos que se utilizan para el apoyo y Carrier del componente cadena en el sistema

### 1.2.3 **Formulación del problema**

Una vez se inicia con el anteproyecto para la Selección y adaptación para la instalación del sistema de transmisión un vehículo VTH surgen las siguientes interrogantes:

- I. ¿El centro de gravedad se encontrará en posición adecuada para el apoyo correcto del piloto y la maniobrabilidad del vehículo?
- II. De acuerdo con los sistemas de transmisión existentes, ¿cuáles serían las relaciones adecuadas para que el piloto pueda realizar un torque adecuado y los cambios de velocidad necesarios para aprovechar al máximo el del vehículo?
- III. ¿El tamaño de la rueda motriz y condiciones del terreno afectará el rendimiento del sistema desde su funcionamiento mecánico y ergonómico?

### 1.3 **Tipo de proyecto.**

El proyecto presentado se rige bajo el Acuerdo No. 2 del 22 de abril de 2022 de la ETIC, donde nos dice en su artículo 6 parágrafo: (SILVA, 2022):

#### **a) Proyecto de Desarrollo Tecnológico:**

*“Los proyectos de desarrollo tecnológico realizan validaciones funcionales y pre comerciales de las soluciones a nivel prototipo y piloto, antes de realizar un escalamiento a nivel industrial. Su objetivo es reducir la incertidumbre generada de las soluciones teóricas planteadas, con posibles resultados como:*

- *Prototipos, plantas piloto y modelos.*
- *Diseño, optimización y/o estandarización de nuevos procesos a nivel piloto.*
- *Validación de diseño y su impacto en la mejora de calidad de bienes o servicios.*
- *Desarrollo de tecnologías de la información en lo relativo a sistemas operativos, lenguajes de programación, gestión de datos, programas de comunicaciones y herramientas para el desarrollo de software.*
- *El desarrollo de software que produzca avances en los planteamientos genéricos para la captura, transmisión, almacenamiento, recuperación, tratamiento o presentación de información.”*

(Fuente el documento de tipologías de proyectos Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación <https://www.etitc.edu.co/archives/acuerdo0022022.pdf>).

## **1.4 Objetivos.**

### **1.4.1 Objetivo principal:**

- Seleccionar y adaptar una transmisión mecánica tipo pedal plato conductor y platos conducidos para un VTH para competencia.

### **1.4.2 Objetivos específicos:**

- Establecer un punto de trabajo del eje de pedales conductores, teniendo en cuenta la comodidad y seguridad del piloto.
- Verificar cantidad de platos dentados y la relación entre los platos conductores y los platos conducidos que den el mayor rendimiento.
- Definir el tamaño de la rueda tractora y sistema de cambios para mayor eficiencia del vehículo sin importar el terreno a el que se expondrá.

## **1.6 Alcance**

1. La selección y adaptación de un Prototipo modelado de VTH para competencia que incluye un subsistema transmisión compatible e integrado con los demás sistemas del vehículo.
2. Informe escrito que describe el proceso de Adaptación y la posibilidad de fabricación a partir de las condiciones iniciales.
3. Planos generales y de detalle de los componentes del sistema, útiles para procesos de fabricación y ensamble.

## **CAPITULO II:**

### **2. Fundamentación teórica para un sistema de transmisión de un vehículo VTH de competencia**

El capítulo siguiente presenta las leyes teóricas y el funcionamiento dinámico de los sistemas de transmisión. Por otro lado, la transferencia de energía implica la transformación de energía de un tipo a otro. En un VTH, la energía humana se transforma en energía mecánica, permitiendo que las ruedas giren. La relación de transmisión mide la cantidad de energía humana necesaria para mover el vehículo a una velocidad determinada. Un cambio

de marchas permite al ciclista ajustar la relación de transmisión en función de las condiciones del camino.

## ***2.1 fundamentación teórica***

### ***2.1.1 Generalidades del sistema de transmisión de un vehículo VTH***

El sistema de transmisión de un vehículo de tracción humana (VTH) para competición debe ser ligero, duradero, eficiente y capaz de adaptarse a diferentes condiciones de carrera. La relación de transmisión debe ser la adecuada para el terreno y la velocidad deseada, y el sistema debe minimizar la fricción para maximizar la transferencia de potencia.

### ***2.1.2 Marco teórico***

Según Franco Tamara (2014) fue en 1901 cuando Henry Sturme y James Archer diseñaron y patentaron el primer sistema de transmisión interna, con el fin de ser utilizado en vehículos de combustión. Ellos desarrollaron el sistema variable de transmisión con 3 relaciones diferentes (Velocidad baja, normal y alta). La patente detalla el funcionamiento y características innovadoras, incluyendo la capacidad de cambiar la relación de velocidades tanto en marcha como en condición estática, ya que el sistema fue probado en una bicicleta (Henry Sturme, 1901).

Para diseñar sistemas de transmisión para un vehículo VTH es importante considerar los siguientes conceptos físicos y dinámicos en el sistema:

- **Movimientos dinámicos en vehículos:** Este término se refiere al estudio de los movimientos de los sistemas y analiza las fuerzas que actúan sobre el sistema. considerando dónde se encuentra el centro de gravedad del vehículo, los movimientos dinámicos de un vehículo se refieren a cualquier cambio en la posición, velocidad o dirección del vehículo a lo largo del tiempo. Además, la auto estabilización es una parte esencial del movimiento dinámico. El vehículo experimenta fuerzas que pueden desequilibrarlo durante cualquier cambio de posición, velocidad o dirección. La estabilización automotriz contrarresta estas fuerzas y permite al vehículo mantener el control. Este comportamiento dinámico llamado auto estabilización es la base de la declaración por Albert Einstein de que “La vida es como una bicicleta. Para mantener su equilibrio, debe mantenerse en movimiento” (Robles et al. 2014).



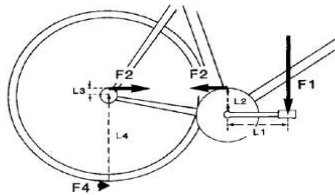
- **Transferencia de energía:** se refiere a la conversión de la energía humana en energía mecánica que hace girar las ruedas. La energía humana se produce al pedalear, que se transmite a los engranajes del sistema de transmisión.

### 2.1.2.1 Características dinámicas

La invención de los vehículos de tracción humana (VTH) dependió de la interacción de varias leyes físicas. Reducir las pérdidas de energía y la fricción de la cadena con rodamientos de alta calidad, lubricantes adecuados y tensión de cadena ideal es esencial para maximizar el rendimiento. La posición del ciclista y el centro de gravedad ergonómico del sistema de pedaleo son esenciales para transmitir la energía muscular a los pedales y reducir el esfuerzo y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas.

Ilustración 3 Transmisión de la fuerza en la bicicleta

$$F_4 = \frac{L_1 \cdot L_3}{L_2 \cdot L_4} \cdot F_1 = 0,109F_1$$



Fuente: Gesé, F (2013). [https://e-](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/19240/TFG_Francisco_Javier_GESE_BORDILS_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/19240/TFG Francisco Javier GESE BORDILS 1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/19240/TFG_Francisco_Javier_GESE_BORDILS_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

### 2.1.2.2 Conceptos, funciones y componentes de un sistema de transmisión

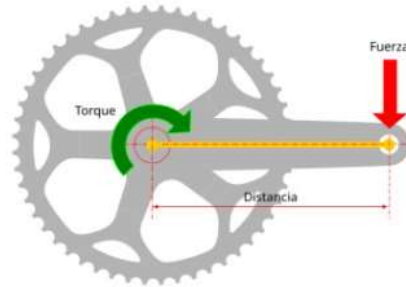
#### Concepto de Transmisión:

La transmisión, en un VTH, es el conjunto de componentes que transmiten la energía generada por el piloto a las ruedas del vehículo, permitiendo que el VTH se mueva.

#### Funciones del Sistema de Transmisión:

- Convertir velocidad y torque.
- Cambiar la dirección de la potencia (como lo hace un automóvil con tracción en las cuatro ruedas).
- Multiplicar la fuerza del usuario: la transmisión utiliza una combinación de engranajes y sistemas de palanca para aumentar la fuerza del usuario en los pedales. El ajuste de la relación de transmisión permite que el ciclista adapte el esfuerzo a las condiciones del terreno y sus preferencias.

Ilustración 4 Fuerzas de torque



Fuente: Profe, A (2022, mayo 30). <https://www.youtube.com/watch?v=WmRZyL5nTkk>

### **Tipos de Transmisión:**

- Manual: Requiere que el conductor seleccione y cambie manualmente las marchas.
- Automática: Usa un convertidor de torque y cambios automáticos para ajustar la ratio de la transmisión.
- CVT: (Transmisión Variable Continua): Usa poleas y bandas para crear una gama infinita de relaciones de transmisión.
- Semi-Automática/Dual-Clutch: Una combinación de transmisiones manuales y automáticas.

### **Componentes Principales:**

- ❖ Pedales y Manivelas: Donde el usuario aplica la fuerza.
- ❖ Platos y Piñones: Diferentes tamaños en estas piezas permiten cambiar la relación de transmisión y, por lo tanto, la resistencia y velocidad.
- ❖ Cadena o Correa: Transmite el movimiento desde los platos a la rueda trasera.
- ❖ Engranajes internos o buje de cambios (en algunos diseños): Permite cambiar la relación de transmisión internamente.

La relación entre la velocidad y el torque en un sistema de transmisión con piñones y engranajes está influenciada por la mecánica de estos componentes y sigue las leyes de la física, como se muestra en la tabla No. 1 en la cual se menciona las características y los rangos dimensionales que se deben tener en cuenta al momento de realizar la selección.

Tabla 1 Consolidados del sistema

Consolidados de sistema			
Denominación analítica	Concepto	Características	Rangos dimensionales
Centro de gravedad		<p>Este componente es el centro de gravedad = torque inicial. Diseño de acuerdo aun eje en movimiento y rodamientos en sinergia dinámica</p>	<p>Rodamientos tipo bola ref. 6209 j eje pedalier ajuste a 0-01 mm ajustes j7 para la funcionalidad del sistema</p>
Probabilidades de convergencia		<p>Sistema de convergencia = alineamiento de cadena con piñones de velocidades sistema de divergencia = carrilador en nylon 6 que permite redirigir el trabajo transmitido de la cadena a los piñones</p>	<p>Trasmisores de potencia de cadena piñón de 9-10-12 velocidades con plano mono - plato</p>
Torque y velocidad final		<p>De acuerdo a las relaciones se efectuar el torque inicial y conversión de velocidad según la distribución de relación que se tiene en el momento</p>	<p>Grupo de piñones trasero motriz de apertura para torque y de velocidad final</p>

Fuente: Autoría propia Ramírez. L (2023)

La Velocidad es un sistema de transmisión está inversamente proporcional a la velocidad angular ( $\omega$ ). La velocidad de salida disminuye si aumenta la relación de transmisión.

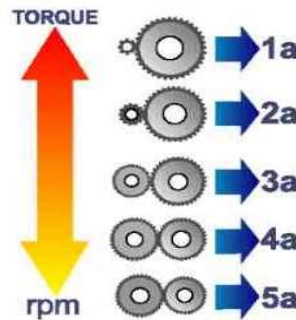
El torque del ciclista es crucial porque determina su capacidad para generar potencia. Incluso a bajas velocidades de rotación, un ciclista con más torque puede producir más potencia. Esto se debe a que el torque divide la velocidad de rotación.

El torque se relaciona con el pedaleo de la siguiente manera:

- Generación del torque: El torque se produce durante la fase de empuje del pedaleo. El ciclista aplica fuerza a los pedales para hacer girar la rueda trasera.

- Torque y velocidad: A baja velocidad, se produce más torque, ya que el ciclista tiene más tiempo para aplicar fuerza a los pedales con baja cadencia.
- Entrenamiento del torque: Los ciclistas pueden mejorar su torque mediante ejercicios específicos, como subir cuestas o pedalear con desarrollos altos

Ilustración 5 Fundamentos de velocidad



Fuente: [https://mantenimiento-de-sistemas-de-transmision.fandom.com/es/wiki/Relacion\\_de\\_engranes](https://mantenimiento-de-sistemas-de-transmision.fandom.com/es/wiki/Relacion_de_engranes) [Vhttps://mantenimiento-de-sistemas-de-transmision.fandom.com/es/wiki/Relacion\\_de\\_engranes](https://mantenimiento-de-sistemas-de-transmision.fandom.com/es/wiki/Relacion_de_engranes)

### 2.1.3 Marco contextual

Para llevar a cabo el proyecto, se deben considerar varios aspectos importantes, incluido el objetivo del proyecto, que es diseñar, adaptar y preparar un sistema de transmisión para un VTH de competencia en Medellín en 2024. Este proyecto se llevará a cabo en Medellín y cumplirá con las necesidades planteadas y permitirá una buena funcionalidad.

### 2.1.4 Marco conceptual

El sistema de transmisión de vehículos de tracción humana para competición se basa en principios de mecánica, biomecánica y ergonomía para maximizar el rendimiento y reducir el riesgo de lesiones. Algunos elementos clave incluyen:

- ❖ **Mantenimiento y lubricación:** El mantenimiento y lubricación adecuados de los componentes pueden aumentar la eficiencia y la vida útil del sistema de transmisión.
- ❖ **Diseño ergonómico:** Para maximizar la comodidad y la eficiencia del pedaleo, el diseño debe tener en cuenta la biomecánica y la ergonomía, como la posición de los pedales, la altura del sillín y el ángulo de la biela.
- ❖ **Transmisión de energía:** Comprensión de la transmisión de energía, optimización de la relación de engranajes y eficiencia mecánica son clave para mejorar el rendimiento.

- ❖ **Reducción de lesiones:** Para maximizar la eficiencia de la transmisión, es importante considerar la biomecánica y la ergonomía, como un alineamiento adecuado de las articulaciones, la longitud de la biela y la posición de los pedales, para reducir el riesgo de lesiones musculoesqueléticas y optimizar la biomecánica del pedaleo.

## ***2.2. Parámetros de diseño para su selección y adaptación***

Los parámetros de diseño del VTH se encuentran en el REGLAMENTO COMPETENCIA NACIONAL DE VEHICULOS DE TRACCION HUMANA disponible en la página de la Universidad Pontificia Bolivariana: <file:///C:/Users/lizeth.reyes/Downloads/Anexo%201%20REGLAMENTO%20COMPETENCIA%20VTH%20.pdf> por otra parte, se hace énfasis en los puntos que están relacionados con los sistemas de transmisión que se pueden evidenciar en la lista de anexos No. 1

### ***2.2.1 Potencia y relación de velocidad.***

La potencia se refiere a la cantidad de fuerza que se aplica a los pedales, mientras que la relación de velocidad es el enlace entre la velocidad de la cadena y la velocidad de las ruedas. La fuerza humana se utilizará para aplicar el funcionamiento del sistema, y el sitio al que se le atribuirá el funcionamiento del sistema será el de su competencia, y la velocidad se deriva del tipo de engranajes instalados en la manzana de las ruedas traseras.

Para continuar, la distancia entre ejes es libre, se deben utilizar la mayor cantidad posible de componentes comerciales, el ensamble del sistema debe ser compatible con el diseño general del VTH para su funcionalidad en el ensamble general del VTH.

### ***2.2.2. Condiciones ambientales***

Las que se presenten durante el desarrollo de la competencia, pero previstas anteriormente como lo es el intenso verano, brisas y lluvia.

### ***2.2.3 Condiciones del sistema***

Las principales condiciones que se han considerado para este proyecto son:

- ❖ **Montaje:** el montaje y el desmontaje serán fáciles, lo que significa que las ventajas de compactar el sistema nunca deben ser sacrificadas por malas condiciones de montaje y mantenimiento.

- ❖ Integración: Para garantizar la interacción efectiva de todos los conjuntos, se requiere un sistema funcional que tenga en cuenta la adaptación entre sistemas generales del VTH y los espacios disponibles de cada sistema que conforma el vehículo.
- ❖ Seguridad: Todo el conjunto debe trabajar para proteger al piloto asegurando la maniobrabilidad, la estabilidad y el control, teniendo en cuenta la ergonomía, las condiciones de la pista y la respuesta adecuada a las decisiones y acciones posteriores del piloto.
- ❖ Requerimientos específicos: la Selección y adaptación para la instalación del sistema de transmisión se enfocará en satisfacer los requerimientos técnicos necesarios para su ejecución estimando los materiales y componentes que deben adquirirse, así como otros que deben diseñarse y fabricarse para complementar la selección realizada
- ❖ Dimensiones: el tamaño no es una condición de selección de componentes críticos en la homogeneidad del VTH completo y en el habitáculo específicamente ya que se dispone de espacio suficiente para su montaje.

#### ***2.2.4 Especificaciones técnicas***

Al seleccionar y adaptar el sistema de transmisión para la instalación en un VTH para competencia, es fundamental tener en cuenta una serie de factores que determinarán la eficiencia y el rendimiento del sistema. Algunos de los parámetros cruciales son:

- ◆ La relación de transmisión es la proporción entre la velocidad de rotación del pedal y la velocidad de rotación de las ruedas. La velocidad y la capacidad de aceleración del vehículo se verán afectadas por esta relación. Seleccionar la relación de transmisión correcta es esencial para maximizar el rendimiento del vehículo.
- ◆ Tipo de transmisión: Un vehículo de tracción humana puede usar transmisión por cadena, transmisión por correa o transmisión directa. Cada tipo de transmisión tiene su propia eficiencia, peso y complejidad.
- ◆ Material de las piezas de transmisión: Las piezas de transmisión, como las cadenas, las poleas y los ejes, deben fabricarse con materiales ligeros y duraderos para maximizar la eficiencia y reducir el peso del sistema.
- ◆ Configuración de la transmisión: La configuración de la transmisión se refiere a la disposición y el número de engranajes utilizados en el sistema de transmisión. Es

importante tener en cuenta el equilibrio entre el número de engranajes y la complejidad del sistema.

### CAPITULO III



#### 3. Soluciones existentes y productos análogos para un sistema de transmisión para un vehículo VTH

En este capítulo se centrará en examinar detalladamente las soluciones existentes, desde las transmisiones tradicionales hasta las innovadoras tecnologías y los productos análogos que ofrecen alternativas viables

##### 3.1 Análisis de soluciones existentes

Tabla 2 Matriz Analítica. Incluye soluciones a las funciones requeridas por los sistemas de transmisión existentes

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN	ENLACES RELACIONADOS
1A  Sistema de transmisión piñón cremallera	La transmisión por cremallera es un engranaje en forma de barra recta que se engrana con un piñón. La cremallera se mueve linealmente al girar el piñón.  De manera efectiva y precisa, este transforma el movimiento rotativo en un movimiento lineal.	 (Imagen tomada de BlogSEAS)	<a href="https://www.ajtransmisiones.com/blog/funciones-del-piñon-cremallera">https://www.ajtransmisiones.com/blog/funciones-del-piñon-cremallera</a>
2A  Sistema de transmisión por correa-polea	Un sistema de transmisión por correa y polea es un mecanismo utilizado para transmitir movimiento entre dos ejes distantes mediante el uso de una correa flexible y poleas. Este sistema se emplea comúnmente en una variedad de aplicaciones industriales y mecánicas debido a su simplicidad, eficiencia y bajo mantenimiento. Aquí hay algunos aspectos clave sobre cómo funciona este sistema		<a href="https://www.edu.xunta.gal/centros/espazoAbalar/aulavirtual/pluginfile.php/296/mod_resource/content/1/10_paquetes/Paquetes_web/5_mecanismos/42_sistemas_de_polea_y_correas.html#:~:text=Un%20sistema%20de%20transmisi%C3%B3n%20por%20la%20correa%20sobre%20la%20polea.">https://www.edu.xunta.gal/centros/espazoAbalar/aulavirtual/pluginfile.php/296/mod_resource/content/1/10_paquetes/Paquetes_web/5_mecanismos/42_sistemas_de_polea_y_correas.html#:~:text=Un%20sistema%20de%20transmisi%C3%B3n%20por%20la%20correa%20sobre%20la%20polea.</a>



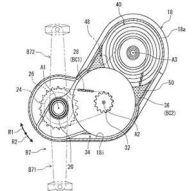

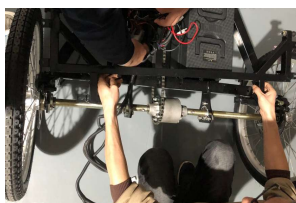
<p><b>3A</b></p> <p>Sistema de transmisión por ejes</p>	<p>El proceso de transferir energía mecánica de un lugar a otro en un sistema de maquinaria o equipo se conoce como transmisión de potencia. Una variedad de medios, incluidas cadenas, correas, piñones, engranajes, ejes, acoplamientos, rodamientos y otros, son capaces de transmitir energía mecánica.</p>		<p><a href="https://www.ajtransmision.es.com/blog/tipos-de-sistema-de-transmision">https://www.ajtransmision.es.com/blog/tipos-de-sistema-de-transmision</a></p>
<p><b>4A</b></p> <p>Transmisión por relación de piñones</p>	<p>Los piñones con más dientes tienen una relación de transmisión más alta, lo que reduce la velocidad de salida y aumenta el par motor. Los piñones con menos dientes, por otro lado, ofrecen una relación de transmisión más baja, lo que significa una mayor velocidad de salida y un menor par motor.</p>		<p><a href="https://www.macaplast.com/pinones-transmision-2/#:~:text=Los%20pi%C3%B1ones%20que%20tienen%20m%C3%A1s,y%20un%20menor%20par%20motor.">https://www.macaplast.com/pinones-transmision-2/#:~:text=Los%20pi%C3%B1ones%20que%20tienen%20m%C3%A1s,y%20un%20menor%20par%20motor.</a></p>

### ***3.2 Análisis de productos análogos.***

Se utiliza el análisis de productos análogos para comparar varios productos que ofrecen funciones o servicios similares. Para analizar productos relacionados con un sistema de transmisión para un vehículo VTH de competencia, los factores de eficiencia, rendimiento y durabilidad se pueden considerar para llevar a cabo este análisis.



Tabla 3 Análisis de productos análogos según la descripción.

Elemento	Producto Análogo	Descripción	Representación	Análisis	Referencia
Caja de cambios	Caja de cambios manual	En los vehículos VTH, la caja de cambios de seis velocidades es la caja de cambios manual más utilizada. Esta caja de cambios proporciona un rango de velocidades que se adapta a las diversas condiciones de conducción.		La caja de cambios de un vehículo VTH competitivo debe ser lo más eficiente posible para reducir la pérdida de potencia. Además, debe proporcionar un rango de velocidades apropiado para las diversas condiciones de conducción, como aceleración, frenado y curvas.	<a href="https://pedalia.cc/como-usar-los-cambios-de-tu-bicicleta/">https://pedalia.cc/como-usar-los-cambios-de-tu-bicicleta/</a>
	Caja de cambios automática	Las cajas de cambios de ocho velocidades son las cajas de cambios automáticas más utilizadas en los vehículos VTH. Estas cajas de cambios ofrecen cambios de marca rápidos y de alto rendimiento.		En general, para los vehículos VTH de competición, las cajas de cambios manuales son la mejor opción. Estas cajas de cambios son relativamente fáciles y efectivas, y brindan al conductor un alto nivel de control.	<a href="https://www.hibridosyelectricos.com/bicicletas/cambio-automatico-cvt-peyman-tecnologia-revolucionar-bicicletas-48353-102.html">https://www.hibridosyelectricos.com/bicicletas/cambio-automatico-cvt-peyman-tecnologia-revolucionar-bicicletas-48353-102.html</a>
	Transmisión secuencial	Las transmisiones de seis velocidades son las transmisiones secuenciales más utilizadas en los vehículos VTH. Estas transmisiones son perfectas para vehículos VTH que necesitan cambios de marcha precisos y rápidos.			<a href="https://www.ruedasgordas.es/blog/view/shimano-patenta-una-transmision-secuencial-g-box-de-13-velocidades">https://www.ruedasgordas.es/blog/view/shimano-patenta-una-transmision-secuencial-g-box-de-13-velocidades</a>
Diferencial	Diferencial de deslizamiento limitado	Los diferenciales de deslizamiento limitado de tipo viscoso son los más utilizados en los vehículos VTH. Estos diferenciales mantienen las ruedas motrices a la misma velocidad, lo que permite al vehículo acelerar sobre superficies resbaladizas.		Para un vehículo TH de competición, el diferencial debe ser lo más eficiente posible para minimizar la pérdida de potencia. También debe ayudar a que el vehículo pueda acelerar sobre superficies resbaladizas. En general, los diferenciales de deslizamiento limitado son la mejor opción para los vehículos VTH de competición. Estos ofrecen una buena combinación de eficiencia, rendimiento y estabilidad.	<a href="https://www.wgdistribucionderepuestos.com/MCO-1684025690-cje-de-centro-shimano-caja-pedalier-centro-hueco-mtb-mt501-JM">https://www.wgdistribucionderepuestos.com/MCO-1684025690-cje-de-centro-shimano-caja-pedalier-centro-hueco-mtb-mt501-JM</a>
	Diferencial de deslizamiento limitado electrónico	La nueva tecnología de diferenciales de deslizamiento limitado electrónico se está desarrollando para los vehículos VTH. Estos diferenciales mejoran el rendimiento y la estabilidad del vehículo mediante el uso de sensores para controlar la distribución de potencia entre las ruedas motrices.			<a href="https://www.kuakebicycle.com/es/por-que-el-triciclo-electrico-necesita-un-diferencial/">https://www.kuakebicycle.com/es/por-que-el-triciclo-electrico-necesita-un-diferencial/</a>



<b>Eje de transmisión</b>	Eje de transmisión de acero	Los vehículos VTH utilizan más ejes de transmisión de acero. Estos ejes son duraderos y robustos, y pueden soportar las condiciones de uso de los vehículos competitivos.		El eje de transmisión de un vehículo VTH competitivo debe ser lo más robusto y resistente posible para soportar las condiciones de uso del vehículo. En general, para los vehículos VTH de competición, los ejes de transmisión de acero son la mejor opción. Estos ejes ofrecen una excelente combinación de fuerza, resistencia y costo.	<a href="https://dipacmanta.com/producto/ejes/aisi-1018-transmision/eje-aisi-1018-transmision/">https://dipacmanta.com/producto/ejes/aisi-1018-transmision/eje-aisi-1018-transmision/</a>
	Eje de transmisión de fibra de carbono	Una nueva tecnología que se está desarrollando para los vehículos VTH son los ejes de transmisión de fibra de carbono. Estos ejes son más ligeros y resistentes que los de transmisión de acero, lo que mejora el rendimiento y la eficacia del automóvil.			<a href="https://es.runfengcfrp.com/carbon-driveshafts/carbon-fiber-driveshafts.html">https://es.runfengcfrp.com/carbon-driveshafts/carbon-fiber-driveshafts.html</a>

Fuente: *propia Ramirez L. (2024)*

### 3.3 Clasificación

Los sistemas de transmisión para los vehículos de tracción humana (VTH) se clasifican en:

Tabla 4 Clasificación de los sistemas de transmisión.

Elemento	Descripción	Ventajas	Desventajas	Representación	Referencia bibliográfica
Sistemas de transmisión manuales	Los sistemas de transmisión manuales son el tipo de transmisión más común en los vehículos VTH. Estos sistemas son relativamente simples y eficientes, y ofrecen un alto grado de control al conductor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Alta eficiencia</li> <li>*Alto grado de control</li> <li>*Menor costo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Requieren más habilidad del conductor</li> <li>*Pueden ser más lentos para cambiar de marcha</li> </ul>		<a href="https://nosinmibici.com/2010/05/02/la-transmision-y-el-elevado-arte-del-cambio-de-marchas/">https://nosinmibici.com/2010/05/02/la-transmision-y-el-elevado-arte-del-cambio-de-marchas/</a>
Sistemas de transmisión automáticas	Los sistemas de transmisión automáticas son una opción popular para los vehículos VTH que requieren una conducción rápida y eficiente. Estos sistemas cambian de marcha automáticamente, lo que libera al conductor para concentrarse en la conducción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Fáciles de usar</li> <li>*Rápidos cambios de marcha</li> <li>*Permiten al conductor concentrarse en la conducción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Menos eficientes que los sistemas de transmisión manuales</li> <li>*Más costosos</li> </ul>		<a href="https://noticias.autocosmos.cl/2022/07/07/las-transmisiones-automaticas-llegan-al-mundo-de-las-bicicletas">https://noticias.autocosmos.cl/2022/07/07/las-transmisiones-automaticas-llegan-al-mundo-de-las-bicicletas</a>

Fuente propia: Ramirez L. (2024)

### ***3.3.1 Características***

Un vehículo de tracción humana (VTH) es cualquier vehículo propulsado principalmente por humanos, como bicicletas, triciclos y vehículos a pedales. Al analizar el sistema de transmisión de un VTH, se deben tener en cuenta varios estándares que determinan su eficiencia, durabilidad y funcionalidad. Estos son algunos criterios de análisis:

- **Eficiencia:** Evaluar cuánta energía entregada por el piloto se traduce en movimiento y cuánta se pierde.
- **Relaciones de transmisión:** Determinar si las relaciones de transmisión son adecuadas para el propósito del VTH.
- **Facilidad de cambio:** Evaluar cuán fácil y rápido es para el usuario cambiar entre diferentes relaciones de transmisión.
- **Mantenimiento:** Determinar la frecuencia y facilidad con la que el sistema de transmisión necesita mantenimiento o reemplazo de componentes.
- **Durabilidad:** Evaluar la resistencia de los componentes del sistema de transmisión al desgaste, la corrosión y otros factores que pueden reducir su vida útil.
- **Peso:** Es crucial para un VTH mantener el peso bajo para maximizar la eficiencia. Por lo tanto, es importante analizar el peso del sistema de transmisión en relación con su robustez y durabilidad.
- **Costo:** Considerar el costo inicial del sistema, así como el costo a largo plazo relacionado con el mantenimiento y reemplazo de piezas.
- **Compatibilidad:** Comprobar si el sistema de transmisión es compatible con otros componentes del VTH, como el cuadro, las ruedas y los frenos.
- **Diseño general y estética:** Aunque esto puede ser subjetivo, para algunos usuarios, la apariencia del sistema de transmisión y cómo se integra estéticamente con el VTH en su conjunto puede ser importante.
- **Tecnología e innovaciones:** Evaluar si el sistema de transmisión incorpora las últimas tecnologías o innovaciones que pueden mejorar su rendimiento o experiencia de usuario.

### 3.3.2 Criterios de análisis

El sistema de transmisión de un vehículo de tracción humana (VTH) es esencial para convertir la energía producida por el ser humano, que generalmente se produce al pedalear, en movimiento. Varias características de los VTH, que van desde bicicletas simples hasta vehículos más complejos, deben tenerse en cuenta para garantizar que funcionen correctamente. Los datos mencionados anteriormente se pueden ver representados en la siguiente tabla, según las fuentes consultadas, de esto se puede determinar los factores que se deben considerar al momento de realizar la selección:

Tabla 5 Criterios de Análisis

Criterio	Descripción	Factores a Considerar	Cifras	Bibliografía
Eficiencia	Maximizar la cantidad de energía entregada a las ruedas y minimizar la pérdida por fricción.	Tipo de transmisión (cadena, correa, eje). Materiales y lubricantes. Diseño de los componentes (dientes de engranajes, rodamientos).	- Eficiencia de la transmisión por cadena: 95% - 99%. - Eficiencia de la transmisión por correa: 90% - 94%. - Eficiencia de la transmisión por eje: 90% - 92%.	<u>Eficiencia de la Transmisión:</u> <a href="https://m.youtube.com/watch?v=Fyh2A_a60LQ">https://m.youtube.com/watch?v=Fyh2A_a60LQ</a>
				<u>Correas trapezoidales Norelem:</u> <a href="https://novedadesautomatizacion.com/correas-trapezoidales-norelem/">https://novedadesautomatizacion.com/correas-trapezoidales-norelem/</a>
Relaciones de transmisión	Adecuar la velocidad y el torque a las diferentes condiciones de uso.	Tipo de vehículo (bicicleta, triciclo). Rango de velocidades y torque requeridos. Topografía del terreno.	- Bicicletas de montaña: 1:1 a 1:30. - Bicicletas de carretera: 1:1 a 1:5.	<u>Relaciones de transmisión en bicicletas:</u> <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Uv6OAXaMcH8">https://www.youtube.com/watch?v=Uv6OAXaMcH8</a>
				<u>Selección de bandas</u> V: <a href="https://es.martinsprocket.com/docs/catalogs/engineering/1_informaci%C3%B3n%20de%20ingenier%C3%ADa/seccion_d_seleccion_bandas_v.pdf">https://es.martinsprocket.com/docs/catalogs/engineering/1_informaci%C3%B3n%20de%20ingenier%C3%ADa/seccion_d_seleccion_bandas_v.pdf</a>
Facilidad de cambio	Permitir al usuario cambiar de marcha de forma rápida y precisa.	Tipo de cambio (desviador, buje interno). Diseño de las palancas de cambio. Precisión y suavidad del cambio.	- Los cambios de desviador pueden ser más rápidos y precisos que los cambios de buje interno. - Los cambios de buje interno son más protegidos de la suciedad y el agua.	<u>Cambios internos en bicicleta:</u> <a href="https://www.maillotmag.com/afondo/cambios-internos-en-bicicleta-ventajas-y-desventajas">https://www.maillotmag.com/afondo/cambios-internos-en-bicicleta-ventajas-y-desventajas</a>
				<u>Yo Diseñé el Cambio:</u> <a href="https://www.orientacionandujar.es/wp-content/uploads/2014/06/Yo-Dise%C3%B1o-el-Cambio-documento-completo-para-profes.pdf">https://www.orientacionandujar.es/wp-content/uploads/2014/06/Yo-Dise%C3%B1o-el-Cambio-documento-completo-para-profes.pdf</a>
Mantenimiento	Minimizar la necesidad de mantenimiento y reparación.	Tipo de transmisión (cadena, correa, eje). Materiales y calidad de los componentes. Facilidad de acceso para lubricación y ajuste.	- La transmisión por cadena requiere más mantenimiento que la transmisión por correa o por eje. - Los cambios de buje interno generalmente requieren menos mantenimiento que los cambios de desviador.	<u>Mantenimiento de la transmisión CVT:</u> <a href="https://ahorraseguros.mx/seguros-de-autos/consejos/transmision-cvt/">https://ahorraseguros.mx/seguros-de-autos/consejos/transmision-cvt/</a>
				<u>Guía para mantenimiento de autos:</u> <a href="https://www.aarp.org/espanol/hogar-familia/transporte-comunidades/info-2020/guia-para-mantenimiento-de-autos.html">https://www.aarp.org/espanol/hogar-familia/transporte-comunidades/info-2020/guia-para-mantenimiento-de-autos.html</a>

Durabilidad	Asegurar una larga vida útil del sistema de transmisión.	Materiales y calidad de los componentes. Resistencia al desgaste y la corrosión. Diseño robusto para soportar las condiciones de uso.	- Vida útil de la cadena de bicicleta: 2.000 a 10.000 km. - Vida útil del piñón: 5.000 a 20.000 km.	<a href="https://tuvalum.com/blog/cambiar-cadena-bicicleta/">Ruiz, J. (s/f). ¿Cada cuánto tiempo hay que cambiar la cadena de la bici? Tuvalum.com. Recuperado el 7 de marzo de 2024, de https://tuvalum.com/blog/cambiar-cadena-bicicleta/</a>
-------------	--	---	--	---

Fuente: Elaboración propia basado en las referencias mencionadas en la tabla

### 3.3.3 Resultados del análisis

El análisis de un sistema de transmisión de VTH proporciona información detallada sobre su selección y análisis, funcionamiento y eficiencia. El siguiente es un resultado potencial basado en el análisis de los criterios y características mencionados anteriormente:

De acuerdo a la información relacionada anteriormente se realiza una tabla de resultados donde según la importancia en la selección y adaptación del sistema de transmisión se crea una tabla de ponderación comparativa de criterios de diseño para sistemas de transmisión en un VTH, esta es una herramienta útil para seleccionar el sistema adecuado para cada proyecto.

Tabla 6 Resultado de Análisis

Criterio	Descripción	Importancia	Ponderación	Razonamiento	Referencias
Eficiencia	Maximizar la cantidad de energía entregada a las ruedas y minimizar la pérdida por fricción.	Alta	40%	La eficiencia determina la cantidad de energía del usuario que se convierte en movimiento, impactando directamente en el rendimiento y la autonomía del VTH.	<a href="https://m.youtube.com/watch?v=Fyh2A_a60LQ">https://m.youtube.com/watch?v=Fyh2A_a60LQ</a>  <a href="https://novedadesautomatizacion.com/correas-trapezoidales-norelem/">https://novedadesautomatizacion.com/correas-trapezoidales-norelem/</a>
Relaciones de transmisión	Adecuar la velocidad y el torque a las diferentes condiciones de uso.	Alta	25%	Permite adaptar el VTH a diferentes condiciones de uso, como terrenos llanos o con pendiente.	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Uv6OAXaMcH8">https://www.youtube.com/watch?v=Uv6OAXaMcH8</a> <a href="https://es.martinsprocket.com/docs/catalogs/engineering/1_informacion/C3%B3n%20de%20ingenier%C3%ADa/seccion_d_seleccion_bandas_v.pdf">https://es.martinsprocket.com/docs/catalogs/engineering/1_informacion/C3%B3n%20de%20ingenier%C3%ADa/seccion_d_seleccion_bandas_v.pdf</a>
Facilidad de cambio	Permitir al usuario cambiar de marcha de forma rápida y precisa.	Media	10%	Un cambio rápido y preciso facilita la conducción y mejora la experiencia del usuario.	<a href="https://www.maillotmag.com/afondo/cambios-internos-en-bicicleta-ventajas-y-desventajas">https://www.maillotmag.com/afondo/cambios-internos-en-bicicleta-ventajas-y-desventajas</a> <a href="https://www.orientacionandujar.es/wp-content/uploads/2014/06/Yo-Dise%C3%B1o-el-Cambio-documento-completo-para-profes.pdf">https://www.orientacionandujar.es/wp-content/uploads/2014/06/Yo-Dise%C3%B1o-el-Cambio-documento-completo-para-profes.pdf</a>
Mantenimiento	Minimizar la necesidad de	Media	5%	Un sistema de bajo	<a href="https://ahorraseguros.mx/seguros-de-autos/consejos/transmision-cvt/">https://ahorraseguros.mx/seguros-de-autos/consejos/transmision-cvt/</a>

	mantenimiento y reparación.			mantenimiento reduce costes y tiempo dedicado a reparaciones.	<a href="https://www.aarp.org/espanol/hogar-familia/transporte-comunidades/info-2020/guia-para-mantenimiento-de-autos.html">https://www.aarp.org/espanol/hogar-familia/transporte-comunidades/info-2020/guia-para-mantenimiento-de-autos.html</a>
Durabilidad	Asegurar una larga vida útil del sistema de transmisión.	Alta	20%	Un sistema durable reduce la necesidad de reemplazos y asegura una larga vida útil.	<a href="https://www.bttbike.com/mtb/698382-vida-util-cadena">https://www.bttbike.com/mtb/698382-vida-util-cadena</a> <a href="https://terapiatraktori.dognet.fi/2021/03/vetovarren-pulttien-korjaus-ja-vaihto.html">https://terapiatraktori.dognet.fi/2021/03/vetovarren-pulttien-korjaus-ja-vaihto.html</a>

Fuente: Elaboración propia basado en las referencias mencionadas en la tabla

## CAPITULO IV

### 4. Especificación del sistema de transmisión

Para un vehículo de tracción humana competitivo, el sistema de transmisión debe tener en cuenta la relación de transmisión, la eficiencia de transmisión, el tipo de transmisión, los materiales y el peso, así como el mantenimiento y la durabilidad.

#### 4.1 Designación del servicio

Para el sistema de transmisión de un vehículo de tracción humana, la limpieza, la lubricación, la durabilidad y el mantenimiento regular son fundamentales para garantizar un rendimiento óptimo y una vida útil prolongada del sistema. Además, hablaremos sobre los cálculos necesarios para diseñar y adaptar un sistema de transmisión eficiente.

#### 4.2 Especificaciones de selección y adaptación del sistema

Proporcionar una transmisión eficiente que permita al usuario adaptar el esfuerzo necesario según las condiciones del terreno y maximizar la velocidad y el rendimiento del vehículo, se debe tener en cuenta los parámetros relacionados a continuación:

##### 1) Componentes Principales:

- Bielas y platos.
- Cassette o piñones traseros.
- Cadena.
- Desviadores (delantero y trasero).
- Mandos o palancas de cambio.

##### 2) Relaciones de Transmisión:

- Permitir un rango de relaciones de transmisión para abordar variaciones desde pendientes empinadas hasta descensos y tramos planos de alta velocidad.

- El número de dientes en platos y piñones deberá definirse según las necesidades de rendimiento deseadas.

#### 4.3 Especificaciones de manufactura

Las especificaciones de fabricación se aplican a todos los componentes del sistema de transmisión, incluidos los platos, los piñones, la cadena y la transmisión.

##### Cadena y piñones:

- ❖ Cadena: La cadena debe estar hecha de acero o aluminio con un ancho de 1/2 a 5/8 de pulgada. La cadena debe tener un número de eslabones de 100 a 120.
- ❖ Los piñones deben estar hechos de acero o aluminio con un espesor de al menos 2 mm. Los piñones deben tener un diámetro de 12 a 14 mm y un número de dientes de 14 a 28.
- ❖ Tratamiento superficial anticorrosivo (ejemplo: galvanizado, niquelado).

##### Platos y bielas:

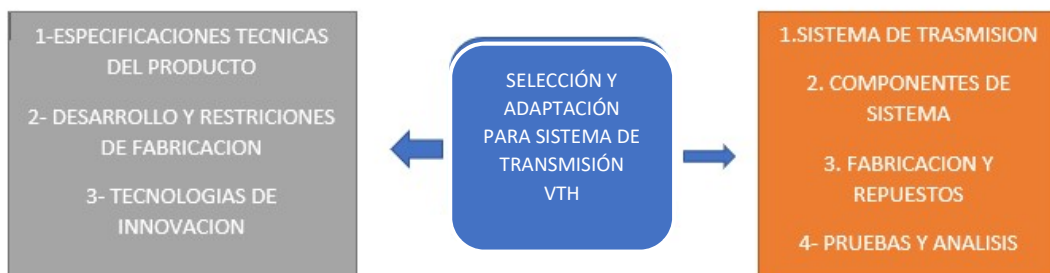
- ❖ Tratamiento térmico para resistencia al desgaste.
- ❖ Los platos deben estar hechos de acero o aluminio con un espesor de al menos 2 mm. Los platos deben tener un diámetro de 165 a 180 mm y un número de dientes de 40 a 52.

Las especificaciones técnicas de cada producto a seleccionar en el sistema se encuentran en el apartado 4.5 especificaciones del producto donde se relacionan fichas técnicas.

#### 4.4 Especificaciones de funcionalidad

Las necesidades y expectativas del sistema de transmisión de vehículos VTH y el flujo de información serán determinadas por este análisis. Al dividir las funciones generales en tareas más específicas, se simplificará el proceso de selección de componentes.

Ilustración 6 Diagrama de caja Negra

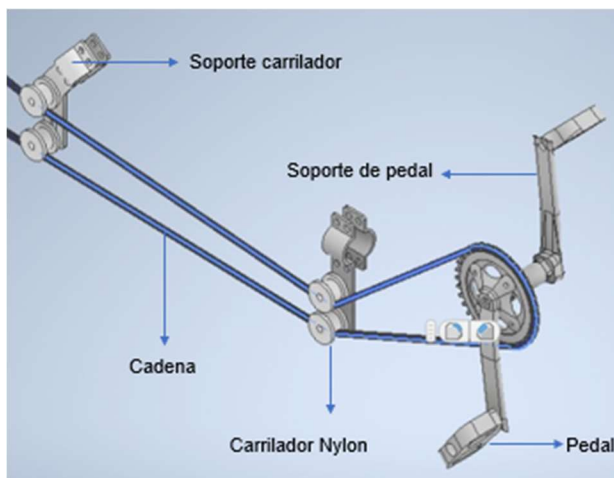


Fuente: Ramirez L (2024)

A continuación, se describe el funcionamiento de cada uno de los elementos que componen la transmisión por cadena, presentes en una bicicleta de carretera para competición:

- 1) Pedaleo y Bielas: Todo comienza con el ciclista pedaleando. Las piernas del ciclista aplican fuerza a los pedales, posteriormente los pedales están conectados a las bielas, y las bielas están unidas al plato (o platos) que tiene dientes.
- 2) Cadena: La cadena, que está enganchada a los dientes del plato, comienza a moverse cuando el ciclista pedalea, la energía del pedaleo se transmite a través de la cadena.
- 3) Piñones del Cassette: En la parte trasera de la bicicleta, la cadena está en contacto con uno de los varios piñones que forman el Cassette en la rueda trasera. Cada piñón tiene un número diferente de dientes, lo que proporciona diferentes relaciones de transmisión.
- 4) Desviadores: Estos son mecanismos que "desvían" o mueven la cadena de un plato a otro o de un piñón a otro. Al cambiar de marcha usando los mandos en el manillar, el ciclista activa los desviadores para que cambien la posición de la cadena.

Ilustración 7 Sistema de transmisión parte delantera



Fuente: Propia Ramírez. L (2024)

Los sistemas de transmisión de bicicletas pierden energía. La eficiencia puede verse afectada por la resistencia interna de los desviadores y otros componentes, así como por la fricción entre la cadena y los dientes de los platos y piñones. Estas pérdidas se pueden reducir con una lubricación adecuada y un mantenimiento regular. La cadena de las bicicletas



actuales tiene varios pasos normalizados que deben coincidir con los de los platos y los piñones en relación a su circunferencia original para que ambos elementos se ajusten y funcionen correctamente.

#### 4.5 Especificaciones de producto

### **SHIMANO DEORE - 12 velocidades - HYPERGLIDE+ - Cassette de piñones de MTB**

Ilustración 8 Cassette de piñones SHIMANO DEORE de 12 velocidades CS-M6100-12 6100-12



Fuente: <https://bike.shimano.com/es-AR/components/mtb/category/cassette-sprocket.html>

: <https://bike.shimano.com/es-AR/components/mtb/category/cassette-sprocket.html>

La construcción BEAM SPIDER del cassette SHIMANO DEORE M6100 de 12 velocidades reduce el peso y mejora los desarrollos de MTB de SHIMANO en otras marchas. Estos cassettes 10-51D ofrecen un rendimiento de cambio avanzado gracias a su perfil de dientes.

Tabla 7 Especificaciones del producto Cassette de piñones

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	
N.º DE MODELO	CS-M6100-12
SERIE	DEORE M6100 Serie
Tipo	HYPERGLIDE+
Velocidades traseras	12
Cadena compatible	HG de 12 velocidades
Nombre de combinación (Nombre de grupo)	10-51D
Combinación*Engranaje de titanio 1	10-12-14-16-18-21-24-28-33-39-45-51D
Tipo de chaveta  MICRO SPLINE	✓
Cruceta de aluminio Cantidad (piezas)	1
Engranaje de acero Cantidad (piezas)	12

***Juego de bielas de 2 piezas shimano deore para 142 mm o 148 mm o.l.d. Cuadros de 1x12 velocidades***

Ilustración 9 JUEGO DE BIELAS DE 2 PIEZAS SHIMANO DEORE



Fuente: <https://bike.shimano.com/es-AR/components/mtb/category/crankset.html>

Tabla 8 Especificaciones del producto Bielas

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	
N.º DE MODELO	FC-M6100-1
SERIE	DEORE M6100 Serie
Color	color de serie
Velocidades traseras	12
Cadena compatible	HG de 12 velocidades
Línea de cadena (mm)	52
O.L.D.  Entre eje (mm)	142, 148
O.L.D.  Tipo interno/externo	135, 141
P.C.D. (mm)	Directo
Araña/Brazos de plato	4
Combinación de platos	30D, 32D
Factor Q (mm)	172
Longitud del brazo de biela (mm) 165	✓
Longitud del brazo de biela (mm) 170	✓
Longitud del brazo de biela (mm) 175	✓
Salva cadena opcional Sin salva cadenas/protector de golpes	✓
2-PIECE CRANKSET	✓
Tipo de pedalier compatible Exterior	✓
Pedalier recomendado Roscado (normal)	BB-MT501
Pedalier recomendado Press-Fit	BB-MT500-PA
Ancho de caja del pedalier roscado (mm) 68	✓
Ancho de caja del pedalier roscado (mm) 73	✓
Tornillo de fijación de biela incluido	✓

RD-M6100-SGS SHIMANO DEORE - Cambio - SHIMANO SHADOW RD+ - 1x12 velocidades

Ilustración 10 RD-M6100-SGS SHIMANO DEORE



Fuente: <https://bike.shimano.com/es-ES/product/component/deore-m6100/RD-M6100-SGS.html>

Los cambios SHIMANO DEORE M6100 brindan un rendimiento de cambios avanzado con menos tensión en la posición del plato pequeño. Las poleas de 13D más grandes mejoran la eficiencia y la gestión de la cadena, y la compatibilidad con cascos de 12 velocidades de SHIMANO amplía el rango.

Tabla 9 Especificaciones del producto Cambios Shimano Deore

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	
<b>N.º DE MODELO</b>	RD-M6100-SGS
<b>SERIE</b>	DEORE M6100 Serie
<b>Color</b>	color de serie
<b>Observaciones</b>	w/Bumper on pully cage
<b>Velocidades traseras</b>	12
<b>Cadena compatible</b>	HG de 12 velocidades
<b>Tipo muelle normal superior SHIMANO SHADOW RD+</b>	✓
<b>Soporte Acoplamiento directo (convencional)</b>	✓
<b>Máx. diferencia delantera</b>	0D
<b>Capacidad total</b>	41D
<b>Piñón inferior Máx.</b>	51D
<b>Piñón inferior Mín.</b>	51D
<b>Piñón superior Máx.</b>	10D
<b>Piñón superior Mín.</b>	10D
<b>Cojinetes de enlace recubiertos de flúor</b>	7
<b>Polea Dientes</b>	13D
<b>Polea Tornillo de polea de cabeza hundida</b>	✓
<b>Eje B Eje hueco</b>	✓

## Cadena hg para hyperglide

Ilustración 11 DISEÑO DE CADENA HG PARA HYPERGLIDE



Fuente: <https://bike.shimano.com/es-ES/technologies/component/details/new-technology-hg.html>

En terrenos difíciles, la cadena HYPERGLIDE de Shimano mejora la relación de la cadena, el cambio más efectivo y la transmisión más fluida.

Beneficios y cualidades:

- Mejor retención de la cadena: reduce las preocupaciones de la cadena y permite un manejo más agresivo en cualquier terreno.
- Engranaje mejorado de la cadena: reduce el desgaste, el mantenimiento y la vida útil de la cadena.

Tabla 10 Especificaciones del producto Cadena HG

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	
N.º DE MODELO	CN-M9100
SERIE	XTR M9100 Serie
Peso medio	242 gramos
Observaciones	QUICK-LINK
Tipo	HG de 12 velocidades
Compatible con sistema de cambio trasero E-BIKE	✓
Placa del eslabón del pasador	SIL-TEC
Placa del eslabón del rodillo de Rodillo	Cromoduro SIL-TEC
Pasador del eslabón al cromoduro	✓
Pasador hueco	✓

## CAPITULO V

### ***5. Alternativas para un sistema de transmisión para un vehículo de tracción humana VTH***

El sistema de transmisión es una parte fundamental de un vehículo de tracción humana VTH de competencia.

#### ***5.1 Diseño para su selección y presentación de alternativas “a”, “b”, “c” ...***

**Alternativa A: Transmisión por cadena:** La transmisión por cadena es una alternativa simple y económica que consiste en una cadena que conecta el pedalier con las ruedas. La cadena es impulsada por los pedales del piloto, y transmite la potencia a las ruedas, haciendo que la bicicleta se mueva.

Ventajas:

- Simple y económica
- Fácil de fabricar
- Fácil de mantener

Desventajas:

- Menor eficiencia que otras alternativas
- Mayor ruido
- Mayor riesgo de desgaste

**Alternativa B: Transmisión por correa:** La transmisión por correa es una alternativa más eficiente que la transmisión por cadena. Consiste en una correa que conecta el pedalier con las ruedas. La correa es impulsada por la fuerza que se realiza en los pedales del ciclista, y transmite la potencia a las ruedas, haciendo que la bicicleta se mueva.

Ventajas:

- Más eficiente que la transmisión por cadena
- Menor ruido

- Menor riesgo de desgaste

Desventajas:

- Más cara que la transmisión por cadena
- Más difícil de fabricar
- Más difícil de mantener

**Alternativa C: Transmisión por cardan:** La transmisión por eje es una alternativa más robusta que las alternativas anteriores. Consiste en un eje que conecta el pedalier con las ruedas. El eje es impulsado por las bielas del ciclista, y transmite la potencia a las ruedas, haciendo que la bicicleta se mueva.

Ventajas:

- Más robusta que las alternativas anteriores
- Mayor durabilidad

Desventajas:

- Más cara que las alternativas anteriores
- Más difícil de fabricar
- Más difícil de mantener

## ***5.2 Análisis y evaluación de alternativas***

Para la selección y adaptación del sistema se realiza presentación de las alternativas para un sistema de transmisión para un vehículo de tracción humana VTH de competencia en Colombia, las alternativas presentadas serán evaluadas por los siguientes criterios:

- **Velocidad:** La alternativa debe proporcionar una transmisión eficiente que permita al vehículo alcanzar la velocidad máxima esperada para la competencia.
- **Resistencia:** La alternativa debe ser robusta y duradera para soportar las condiciones de la competencia.
- **Seguridad:** La alternativa seleccionada debe ser segura para el piloto, su equipo de trabajo y los espectadores.

### 5.2.1 Criterios de análisis

Los criterios de evaluación más importantes para un sistema de transmisión para un vehículo de tracción humana VTH de competencia en Colombia son la velocidad, la resistencia y la seguridad. Además de estos criterios, también es importante considerar el peso, el tamaño y la compatibilidad de la transmisión con los componentes del vehículo.

- **Peso:** La transmisión debe ser lo más ligera posible para reducir el peso total del vehículo, teniendo en cuenta que se desea desplazar Kg incluyendo un peso promedio para el piloto de 80 Kg. Teniendo en cuenta que el vehículo pesa de 42,8 kg con todos sus componentes.
- **Tamaño:** La transmisión debe tener un tamaño adecuado para el vehículo.
- **Compatibilidad:** La transmisión debe ser compatible con los componentes del vehículo. Se refiere a que sus partes se ensamblan de manera perfecta entre los componentes.

### 5.2.2 Ponderación de los criterios de análisis

En el caso de las alternativas de transmisión para un vehículo VTH de competencia en Colombia, los criterios de análisis son:

- ✓ Velocidad: 40%
- ✓ Resistencia: 30%
- ✓ Seguridad: 30%

### 5.2.3 Matriz de decisión

Tabla 11 Matriz de Alternativas

Alternativa	Velocidad	Resistencia	Seguridad	Puntaje total
A: Transmisión por cadena	4	4	4	12
B: Transmisión por correa	4	3	3	10
C: Transmisión por eje	2	4	3	9

Fuente: Autoría propia Ramírez L. (2024)

Alternativa A: Transmisión por cadena es una alternativa simple y económica. Consiste en una cadena que conecta el pedalier con las ruedas. La cadena es impulsada por los pedales del piloto, y transmite la potencia a las ruedas.

Alternativa B: La transmisión por correa es una alternativa más eficiente que la transmisión por cadena. Consiste en una correa que conecta el pedalier con las ruedas. La correa es impulsada por los pedales del piloto, y transmite la potencia a las ruedas.

Alternativa C: La transmisión por eje es una alternativa más robusta que las alternativas anteriores. Consiste en un eje que conecta el pedalier con las ruedas. El eje es impulsado por los pedales del piloto, y transmite la potencia a las ruedas.

### **Interpretación de los resultados**

Según la matriz de decisión, la alternativa A es la mejor opción para un sistema de transmisión para un vehículo de tracción humana VTH de competencia en Colombia. Esta alternativa tiene la puntuación total más alta, lo que indica que cumple mejor con los requisitos del vehículo, la alternativa A es más eficiente que las alternativas B y C, lo que permite al vehículo alcanzar velocidades más altas. También es más resistente que la alternativa B, y más segura que la alternativa C.

#### ***5.2.4 Resultados del análisis de alternativas***

La transmisión por cadena es más eficiente y resistente que la transmisión por correa, lo que la convierte en la mejor opción para los vehículos VTH de competencia en Colombia que se centran en la velocidad y la eficiencia. Sin embargo, es importante considerar otros factores al seleccionar una alternativa de transmisión, como el peso, el tamaño y la compatibilidad.

#### ***5.2.5 Selección de la mejor alternativa***

La opción A (transmisión por cadena) es la mejor alternativa para un sistema de transmisión para un vehículo de tracción humana VTH de competencia en Colombia. Esta



opción tiene la puntuación más alta en los criterios de velocidad, resistencia y seguridad, que son los más importantes para el rendimiento, la durabilidad y la seguridad del vehículo.

Las razones específicas por las que la opción A es la mejor elección son las siguientes:

- **Velocidad:** La transmisión por cadena tiene la puntuación más alta en velocidad, lo que sugiere que es capaz de proporcionar un rendimiento superior en términos de velocidad en comparación con las otras opciones.
- **Resistencia:** La transmisión por cadena también tiene una buena puntuación en resistencia, lo que indica que es capaz de soportar eficientemente las fuerzas aplicadas, lo que contribuye a una mayor durabilidad y rendimiento a largo plazo.
- **Seguridad:** La transmisión por cadena tiene una alta puntuación en seguridad, lo que sugiere que ha sido evaluada como segura en su aplicación.

## CAPITULO VI

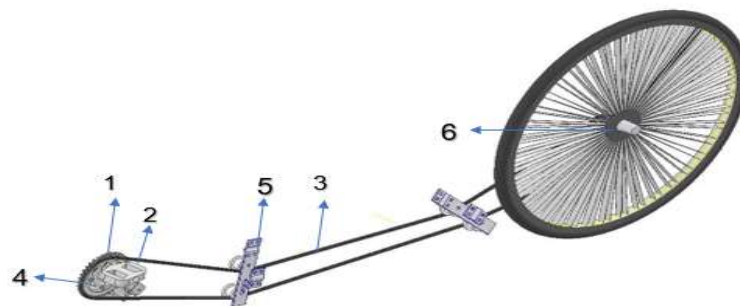
### ***6. Diseño para selección y adaptación de un sistema de transmisión***

Debido a que el sistema de transmisión es responsable de transferir la energía generada por el ciclista a las ruedas y permitir el movimiento del vehículo, es fundamental diseñar y adaptar un sistema de transmisión seguro y eficiente.

#### ***6.1 Diseño dimensional para selección y adaptación del sistema***

Para la transmisión del vehículo se tuvieron en cuenta las dimensiones del vehículo y las condiciones de trabajo. Por esto, se decidió implementar un sistema de doble transmisión, descrito por un plato que dirige la cadena hasta la parte trasera del vehículo, pasando por un tensor, hasta un plato que redirige la cadena hacia un piñón fijo.

*Ilustración 12* Sistema de transmisión vehículo VTH transmisión



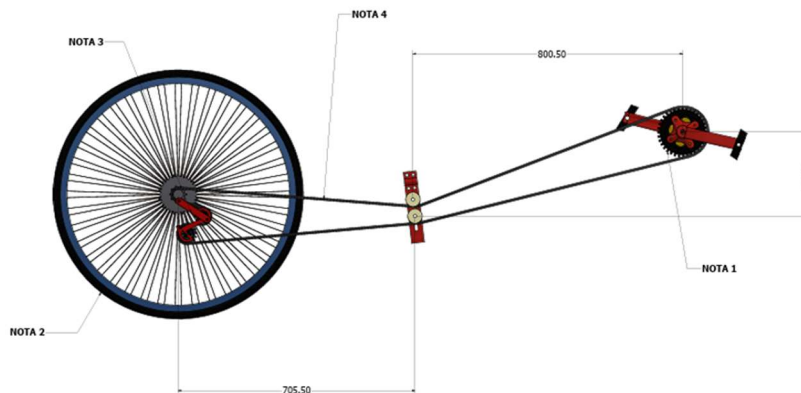
Fuente: Propia Ramírez L (2024)

Se optó por dos sistemas de plato debido a que la distancia entre los pedales y la rueda trasera es amplia. De esta forma, un solo tramo produciría que la cadena no esté bien tensada y pierda alineación con el piñón. Además, se seleccionó un piñón fijo porque permite que el vehículo se desplace en reversa al pedalear hacia atrás y su eficiencia en la relación de transmisión.

### **6.2 Diseño volumétrico para su selección y adaptación**

Los parámetros volumétricos de un vehículo se centran en las dimensiones del mismo, como la longitud, el ancho y la altura. Estos factores deben considerarse en relación con el sistema ergonómico del vehículo, que debe ser cómodo y seguro para el piloto; las dimensiones específicas del vehículo deben tener en cuenta la posición del asiento, el centro de gravedad, la altura de los pedales y la altura de las manos al volante. El vehículo también debe estar diseñado para una persona con peso promedio para conservar el nivel del peso y la estabilidad del vehículo.

*Ilustración 13 Medidas generales Sistema de transmisión vehículo VTH*



Fuente: Propia Ramírez L (2024)

Tenemos una longitud total del sistema de 1510 mm con una altura de 420 mm, en donde la elongación de la cadena se dispone de acuerdo con el terreno de la que se esté trabajando.

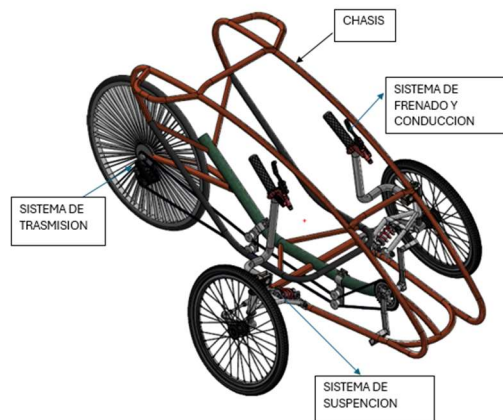
### **6.3 Memoria de cálculos**

La memoria de cálculos para un sistema de transmisión de un vehículo de tracción humana detalla los cálculos, análisis y decisiones tomadas durante el proceso de selección y adaptación del sistema.

### 6.3.1 Diseño estructural para selección y adaptación del sistema

El sistema de transmisión de un vehículo VTH requiere una consideración cuidadosa de los parámetros establecidos y la lista de materiales. La geometría del chasis y la unión de los componentes deben garantizar un funcionamiento adecuado.

Ilustración 14 Conjunto ensamble vehículo VTH



Fuente: Propia Ramírez L (2023)

Los primeros pasos para calcular la transmisión fueron el estado físico del piloto y las condiciones del terreno donde se llevaría a cabo la competencia. Se suponía que ocurrió en 800 N. De acuerdo con el número de dientes disponibles comercialmente, se seleccionaron dos platos para la sección 1, que va desde los pedales hasta el segundo plato en la parte trasera del VTH. Para la sección 2, que va desde el segundo plato hasta el piñón fijo de 32 dientes, se eligió un piñón comercial con un número fijo de dientes establecidos de un sistema de freno-pedal, que dirige la cadena a través del chasis y por encima del casco.

### 6.3.2 Partes principales

A continuación, se mencionan los sistemas principales que conforman un sistema de transmisión:

**BIELA:** Las bielas son dos palancas unidas por un eje de centro, por las que movemos los platos (o multiplicación) de la bicicleta. Las bielas más utilizadas por bicicleta son:

- ✓ Entre 68 y 73 cm: bielas de 160 mm
- ✓ Entre 74 y 79 cm: bielas de 165 mm.
- ✓ Entre 80 y 85 cm: bielas de 170 mm.

- ✓ A partir de 86 cm: bielas de 175 mm.

*Ilustración 15 Biela para bicicleta*



Fuente: Nashbar. <https://pedalia.cc/longitud-de-las-bielas-de-bicicleta/>

**PLATOS:** Los platos, también conocidos como multiplicadores, son una serie de discos dentados más pequeños que se mueven a través de una cadena y varían en tamaño según el tipo de bicicleta a la que están destinados. El número de dientes indica la cantidad de "dientes" que tiene cada plato.

*Ilustración 16 Platos*



Fuente: <https://letsbike.com.co/products/monoplato-ota-48t-bcd-130-aluminio>

**CADENA:** La cadena de una bicicleta está formada por eslabones, que son pares de placas interiores y exteriores unidas por un perno y su respectivo rodillo. El número de eslabones de una cadena depende del número de piñones (velocidades) de la bicicleta.

*Ilustración 16 Cadena para bicicleta*



Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Cadena\\_de\\_bicicleta](https://es.wikipedia.org/wiki/Cadena_de_bicicleta)

### **6.3.2.1 Sistema de transmisión**

La transmisión del VTH se diseña, se adapta y selecciona teniendo en cuenta que el vehículo debía desplazarse en el medio terrestre, para este se optó por un sistema que fuera eficiente e integrado que proporcionara el mínimo esfuerzo por parte del usuario para desplazarse.

### **6.3.2.2 Sistema de control**

En términos generales, un sistema de control para vehículos de tracción humana (VTH), como bicicletas o triciclos, se refiere a cómo el ciclista puede controlar la transferencia de su energía hacia el movimiento del VTH. La siguiente es una descripción básica del sistema de control de un VTH:

1. Mecanismo de Transmisión:
  - Cadena y platos: La mayoría de las bicicletas tienen una cadena que conecta los piñones de la rueda trasera a los platos que están cerca de los pedales.
  - Eje pedalier: Donde los pedales se conectan y transfieren la energía del ciclista a la cadena.
2. Sistema de Cambios:
  - Desviadores: Estos dispositivos mueven la cadena entre varios platos y piñones, lo que permite al ciclista elegir varias relaciones de transmisión.
  - Manetas de cambio: Permiten al ciclista controlar los desviadores y elegir su relación de transmisión.

### **Recorrido lineal por relación -distancia**

Debido a la similitud con el sistema de transmisión por cadena de una bicicleta y de acuerdo con que se usa el desarrollo o perímetro que recorre la llanta en función del diámetro se aplica la ecuación que relaciona la frecuencia de pedaleo con la velocidad de desplazamiento

$$n(\text{relacion de transmision}) = \frac{Z_{\text{entrada}}}{Z_{\text{salida}}}$$

Se realiza un análisis de acuerdo con la relación de piñones que tenemos y la frecuencia de paladeo

RUEDAS QUE ENTREGAN		PIÑONES	
Z=3	32	Z5=	21
Z=4	28	Z6=	18
		Z7=	16
Z=1	32	Z8=	14
Z=1	28	Z9=	12
		Z=10	10

Se escoge una rueda de 29 pulgadas referimos al diámetro de la rueda, incluyendo el neumático. Esta medida es tradicionalmente asociada con las bicicletas de montaña, aunque también puede encontrarse en otros tipos de bicicletas.

En general, las ruedas más pequeñas aceleran más rápido que las ruedas más grandes, aunque las ruedas más grandes mantienen mejor su impulso una vez que están en movimiento.

Ilustración 17 Tabla Velocidades del Vehículos del Vehículo

	V Z= 32		V z=28	
	M/S	( KM/H)	M/S	( KM/H)
<b>z5= 28</b>	4,01	14,06	3,11	11,2
<b>z6=24</b>	4,73	17.03	3,63	13,07
<b>z7=21</b>	5,23	19,06	4,15	14,94
<b>z8=18</b>	5.98	22.76	4,84	17,43
<b>z9=16</b>	6.33	25.97	5,45	19,61
<b>z10= 14</b>	7.18	29.76	6,22	22,41

Fuente: autoría propia Castro. W

La relación de transmisión se calcula dividiendo el número de dientes del plato delantero por el número de dientes del piñón trasero. Por ejemplo, si estás utilizando un plato de 32 dientes y un piñón trasero de 14 dientes, la relación de transmisión sería:

$$R_t = \frac{Z \text{ Piñón conducido}}{Z \text{ piñón conductor}} \quad (Z = \text{Número de dientes})$$

$$\frac{32 \text{ dientes conducido}}{14 \text{ dientes conducido}} = 2.25$$

Esto significa que, por cada vuelta completa del plato, el piñón trasero dará 2.25 vueltas completas. La distancia que avanza la bicicleta por vuelta de pedal se llama desarrollo y se puede calcular usando la relación de transmisión y el tamaño de la rueda:

$$\text{Desarrollo} = \text{Relación de transmisión} \times \pi \times \text{Diámetro de la rueda}$$

Finalmente, si conoces la cadencia (número de revoluciones de pedal por minuto), puedes calcular la velocidad:

$$\text{Velocidad} = \text{Desarrollo} \times \text{Cadencia}$$

La fuerza de propulsión que una persona puede impartir a la rueda de un vehículo de tracción humana depende de varios factores, como las condiciones climáticas, la pendiente del terreno, el giro y el torque que se está generando en la rueda de entrada. En la etapa inicial de una carrera, la fuerza tangencial es la misma en ambos piñones, ya que están conectados por una cadena, Se tiene que la potencia en el piñón conductor es:

$$P[w] = F[N] * v[m/s]$$

$$P[w] = \omega[\text{rad/s}] * T[N * m]$$

La relación de torsión en vehículos por tracción humana se refiere a la relación entre el torque de entrada y el torque de salida, y cómo este se ve afectado por la configuración del sistema.

La relación de torsión está directamente relacionada con la relación de engranajes en la transmisión. Se define como:

$$\text{Relación de transmisión } (i) = \frac{\text{Torque de salida}}{\text{Torque de entrada}}$$

Si la relación de transmisión es mayor que 1, se trata de una reducción. Esto significa que la velocidad de salida será menor que la de entrada, pero el torque de salida será mayor. Esto es común en vehículos cuando se necesita más potencia para mover cargas pesadas o subir pendientes.

Si la relación de transmisión es menor que 1, se trata de una multiplicación. Esto significa que la velocidad de salida será mayor que la de entrada, pero el torque de salida será menor. Esto es útil cuando se desea alcanzar velocidades más altas.

$$F_p = \frac{T_{rs}}{r_r}$$

$$\frac{T_{re}}{r_3} = \frac{T_{rs}}{r_{10}}$$

$$T_{rs} = \frac{r_{10}}{r_3} * T_{re}$$

Donde:

Fp: fuerza de propulsión.

Trs: torque en la rueda de salida.

rr: radio de la rueda.

Z10: número de dientes del piñón.

Z3: número de dientes de la rueda dentada de entrada.

r10: radio del piñón.

r3: radio de la rueda dentada de entrada.

Ft3: fuerza tangencial de la rueda dentada de entrada

Ft10: fuerza tangencial en el piñón

Despejamos la relación de piñones. hallamos la potencia inicial

Obtenemos

$$T_{rs} = \frac{Z_{10}}{Z_3} * T_{re}$$

w[pedaleos/minuto]	w[rad/s]
90	9,42

Obtenemos

Tre[N*m]=	46,05
Trs[N*m]=	16,97
Fp[N]=	51,41



## CINEMÁTICA DEL VTH EN LÍNEA RECTA

El vehículo se rige por las siguientes ecuaciones de movimiento en línea recta, ya que puede ser estudiado como un punto ubicado en su centro de gravedad, considerando que la geometría es uniforme y los elementos en él se comportan como un cuerpo rígido

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v = v_0 + a t$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

Donde:

$x$ : distancia recorrida.

$x_0$ : distancia con la que inicia el vehículo.

$v_0$ : velocidad con la que inicia el vehículo.

$t$ : tiempo transcurrido para alcanzar la distancia recorrida.

$a$ : aceleración.

$v$ : velocidad final.

Asumiendo que el vehículo parte del reposo, se le entrega una potencia de 434 W, que es la promedio por un individuo. La frecuencia de pedaleo es de 90 RPM, que son los que podría ofrecer una persona sentada en el sillín de una bicicleta. La velocidad máxima es de 8,45 m/s. Por otro lado, se decide trabajar sobre un terreno plano, como se aplica en la competencia.

$$\curvearrowright \sum M_A = 0$$

$$2N_2 * x_2 - N_1 * x_1 + h * F_P = 0$$

$$2N_2 * x_2 - (W_p * \cos\theta - 2N_2) * x_1 + h * F_p = 0$$

$$2N_2 * x_2 - W_p * \cos\theta * x_1 + 2N_2 * x_1 + h * F_p = 0$$

$$N_2 = \frac{W_p * \cos\theta * x_1 - h * F_p}{2(x_2 + x_1)}$$

Donde:

$W_p$ : peso del vehículo con ocupante.

$N_1$  y  $N_2$ : fuerzas normales ejercidas por las llantas respecto al suelo.

$x_1$ : distancia del centro de masa al eje trasero.

$h$ : distancia del centro de masa al suelo.

El centro de gravedad (CG) en un vehículo de tracción humana es un factor crítico que influye en su comportamiento, estabilidad y seguridad. Siendo  $t$  el tiempo que tomará alcanzar la velocidad máxima, por otro lado, el 2 que acompaña a  $N_2$  quiere decir que en la parte delantera están ubicadas las dos ruedas de acuerdo con la configuración escogida

FP ( N )	-51,4
V(M/S)	8,45
PENDIENTE ( RAD )	0,0873
V0=	0
X0=	0
FRECUENCIA DE PEDALEO	90
WP( N )	961,38
x1 ( m )	0,642
x2 ( m )	0,271
h ( m )	0,524

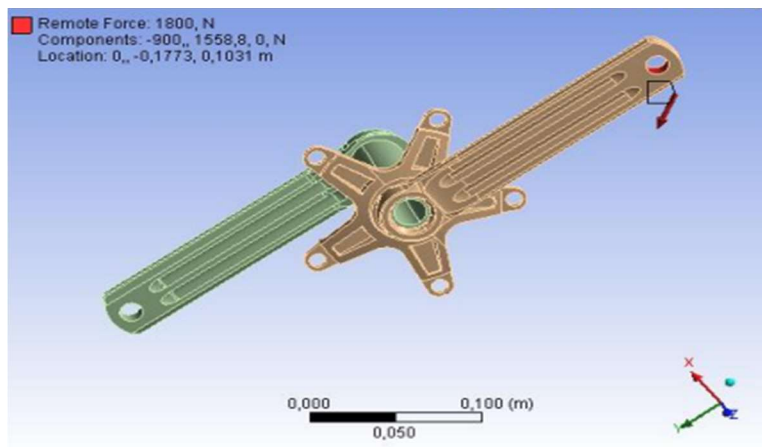
De acuerdo con las variables en la ecuación nos arroja los siguientes resultados

a(m/s <sup>2</sup> )	-1,38
t(s)	6,13
N1(N)	254,77
N2(N)	351,48
X(M)	25,88

De manera concreta se entiende que el vehículo por tracción humana tendría una velocidad en 6.13 minutos de 25 km hora con una velocidad inicial de 8.45 metros por segundo en una línea recta.

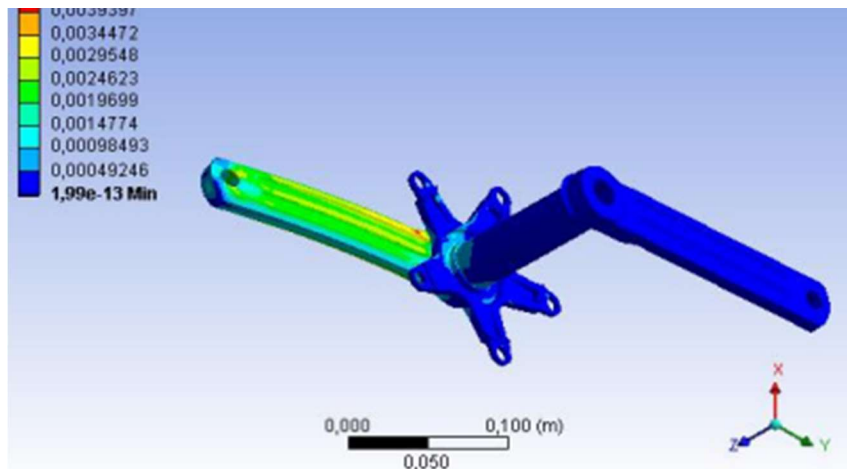
Se realizó un cálculo de fuerzas y movimiento en el sistema de la caja pedalier. Se utilizó una simulación para insertar las fuerzas, y se encontró que la mejor manera de hacerlo es mediante una fuerza concentrada. Esto se debe a que disminuye el número de piezas del conjunto y evita el mallado de piezas prescindibles.

*Ilustración 18* Análisis de fuerzas axiales (Toque - Pedal)



De manera concreta se quiere dar a conocer un aspecto en el sistema que para modificar la posición angular en la simulación basta con cambiar las componentes de la fuerza. para esta consideración podemos aplicar esfuerzos donde puede verse que el módulo de la fuerza es 1800 N, pero que forma un ángulo de 30° con la vertical.

*Ilustración 19* Análisis de fuerzas en su mayor grado de torque



En la Figura se ha capturado el reverso de la biela que es donde se hallan las tensiones críticas. Se observa cómo se concentran las tensiones en la zona coloreada en rojo. Eso quiere decir que es el esfuerzo máximo en el sistema.

### ESFUERZO EN LA CADENA:

Se realiza un análisis basado en la simulación geométrica de eslabones de la cadena los cuales no están unidos mediante rodillos, sino mediante una diminuta plancha metálica en forma de joroba que permite reducir el ancho de la cadena al espacio necesario. Además, se ajusta mejor al contorno del diente y mejoraría el funcionamiento.

Tabla 12 Datos distancia entre eslabones de cadena

<b>Datos</b>					
	<b>Pulgadas</b>	<b>Milímetros</b>	<b>Metros</b>	1 m/s = 3,6 km/h	
<b>Diámetro ruedas:</b>	29	736,6	0,7366	<b>Diámetro pasador cadena (mm):</b>	2,5
<b>Rpm z1:</b>	60	<b>Distancia entre centros de eslabones (mm):</b>	12	<b>Espesor del eslabón de cadena (mm):</b>	2
<b>Fuerza aplicada (newtons):</b>	800				
<b>Distancia de biela (mm):</b>	148	<b>Diámetro z1 (mm):</b>	100	<b>Altura del eslabón de la cadena mm:</b>	10

Tabla 13 Resultado cálculos distancia entre eslabone de cadena

<b>Cálculos:</b>						
<b>Relación</b>			<b>Distancia por revolución en metros lineales</b>	<b>Rpm z2</b>	<b>Velocidad final m/s</b>	<b>Velocidad</b>
<b>Z1 piñón de biela</b>	<b>Z2 piñón rueda trasera</b>	<b><math>I=(z1/z2)</math></b>				<b>Km/h</b>
32	10	3,2000	2,3571	192,0000	7,5428	27,1540
32	12	2,6667	1,9643	160,0000	5,2380	18,8570
32	14	2,2857	1,6837	137,1429	3,8484	13,8541
32	16	2,0000	1,4732	120,0000	2,9464	10,6070
32	18	1,7778	1,3095	106,6667	2,3280	8,3809
32	21	1,5238	1,1224	91,4286	1,7104	6,1574
32	24	1,3333	0,9821	80,0000	1,3095	4,7142
32	28	1,1429	0,8418	68,5714	0,9621	3,4635
32	33	0,9697	0,7143	58,1818	0,6926	2,4935

32	39	0,8205	0,6044	49,2308	0,4959	1,7853
32	45	0,7111	0,5238	42,6667	0,3725	1,3409
32	51	0,6275	0,4622	37,6471	0,2900	1,0440

Se analiza el esfuerzo cortante entre pasadores determinando si el sistema de transmisión no sujeta cambios fuertes cuando se realiza el canje de velocidades en movimiento del vehículo.

La expresión que relaciona la tensión de la correa con la frecuencia es la siguiente:

$$T = 4 \cdot M \cdot L^2 \cdot f_n^2$$

Donde: T es la tensión en Newtons, M la masa por unidad de longitud en (kg/m); L es la longitud de tramo de correa (m) y  $f_n$  es la frecuencia natural en Hz. Podemos calcular la tensión dentro de una correa si medimos su frecuencia natural y conocemos su longitud y masa.

Tabla 14 Datos para el análisis de esfuerzo cortante

<b>Datos</b>			
<b>Tensión en cadena</b>	$T=(F^*)/r$		<b>Diámetro pasador cadena (mm):</b> 2,5
<b>F (newtons)</b>	Fuerza aplicada	800	<b>Espesor del eslabón de cadena (mm):</b> 2
<b>L (mm)</b>	Longitud de biela	148	
<b>R (mm)</b>	Radio de z1	50	$(n/mm^2) = mpa$

<b>Calculo de tensión</b>	
<b>T (newton):</b>	2368

Al existir eslabones interiores y exteriores, la tensión se divide en dos que son la tensión del eslabón interno hacia un costado de la cadena y el eslabón externo en contra parte al interno.

<b>Esfuerzo cortante en el pasador</b>	$E_{cp}=(t/2)/(pi/4) * d^2$	
<b>Calculo esfuerzo cortante en pasadores de la cadena</b>		
<b>Ecp (n/mm^2):</b>	241,2025	Mpa

Por último, realizamos el esfuerzo normal en eslabones:

ESFUERZO NORMAL DEL ESLABÓN	ENE	148
AREA TRANSVERSAL DEL ESLABÓN	ATE	16
TENSIÓN CADENA	Tc	2368
ANCHO (ESPESOR DEL ESLABÓN)mm :	EDE	2
ALTURA RELATIVA MINIMA DL ESLABON mm:	ALME	8

EL ÁREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL PARA ESTE CASO SERA TOMADA DE LA PARTE MAS PEQUEÑA DEL ESLABÓN EN UNA SECCION RECTANGULAR

ATE mm <sup>2</sup> :	EDE*ALME	16
-----------------------	----------	----

ENE (Mpa):	Tc/ATE	148	TENSION
------------	--------	-----	---------

### 6.3.3 Sistemas auxiliares

Los sistemas auxiliares para un sistema de transmisión de tracción humana (VTH) son sistemas que complementan el sistema de transmisión principal.

Algunos ejemplos de sistemas auxiliares para VTH son:

- Sistemas de suspensión: absorben los impactos de la carretera, lo que hace que el viaje sea más cómodo y seguro.
- Sistemas de frenos: ayudan a detener el vehículo de forma segura.
- Sistemas de iluminación: permiten que el vehículo sea visto por otros usuarios de la carretera.

#### 6.3.3.1 Sistema de lubricación

La lubricación de cadenas es esencial para prolongar la vida útil de la cadena. Según los estudios estáticos, aproximadamente el 60 % de los defectos de cadena se pueden atribuir a una lubricación inadecuada o insuficiente. Para cada proceso de lubricación, se debe aplicar suficiente lubricante a las articulaciones de la cadena. El lubricante debe penetrar en la articulación de la cadena a través de una ranura estrecha entre las placas. El lubricante se usa relativamente poco.

El lubricante siempre debe aplicarse en los bordes de la placa. Para los mandos por cadena a una velocidad de hasta 3 m/s, la lubricación se puede llevar a cabo a mano o por goteo. En este caso, el aceite se aplica con pincel, aceitera, aerosol o aceitera de goteo.

*Ilustración 21 Lubricación piñón*



Fuente: [https://www.mundogravel.es/mecanica/lubricar-bici-como-cuando-hacerlo\\_234311\\_102.html](https://www.mundogravel.es/mecanica/lubricar-bici-como-cuando-hacerlo_234311_102.html)

*Ilustración 20 Lubricación cadena*



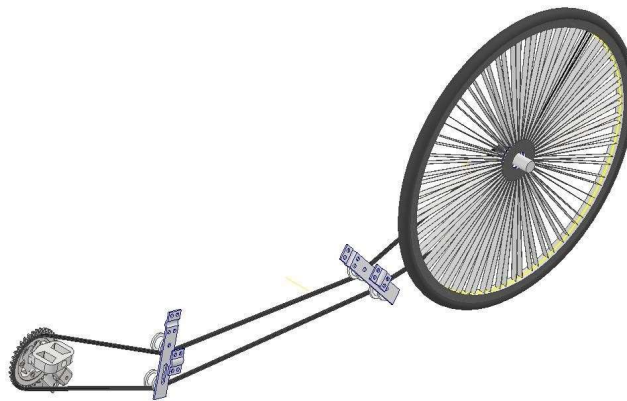
Fuente: <https://tuvalum.com/blog/engrasar-cadena-bicicleta-cera-aceite/>

## CAPITULO VII

### 7. Resultados

El proyecto tiene como objetivo presentar un documento conciso con análisis, cálculos y selección de componentes para su posterior implementación en un vehículo por tracción humana. El documento debe reflejar el proceso para llegar a la selección y posterior adaptación de elementos mecánicos como también análisis de cada una de las interacciones del sistema en el vehículo.

*Ilustración 22 Resultado final sistema de transmisión*



Fuente: Propia Ramírez. L (2024)

Ilustración 23 Resultado final vehículo por tracción humana



Fuente: Propia Ramírez. L- castro w (2024)

## 7.1 TABLA DE MATERIALES

Tabla 15 Lista de materiales

Item	Cantidad	Unidad de medida	Descripción de producto o material
1	3,8	Metros	Cadena paso TS1-2*1-8 1114L (Casarela)
2	12	Unidad	Cassete Piñon tipo stroker paso 60 (transmisión trasera) grupo shimano
3	1	Unidad	Mono plato shimano 32 dientes
4	2	Unidad	Pedales shimano
5	1	Unidad	Caja pedalier Shimano
6	1	Unidad	Desviador trasero cambios
7	6	Metros	Cables y fundas de cambios shimano
8	1	Unidad	Soporte Carrilador en lamina cal. 16
9	1	Unidad	Carrilador en nylon 6
10	2	Unidad	Rodamientos skf 62-02
11	12	Unidad	Tornilleria 3/16 * 1" cabeza plana
12	1	Unidad	Lubricación aceite Shell helix 20w50

Fuente: Propia Ramirez. L (2024)



## 7.2 LISTA MAESTRA DE PLANOS

Planos adjuntados en anexos

## 7.3 ANALISIS DE COSTOS

Para la fabricación del sistema de transmisión tenemos en cuenta el listado de materiales. Por otra parte, se resalta que los valores pueden variar de acuerdo con el mes de elaboración y producción de los sistemas anteriormente mencionados, así mismo, los gastos adicionales que puedan surgir en los tiempos de ejecución del proyecto como son la mano de obra y los imprevistos que se puedan presentar durante el tiempo de producción.

Tabla 16 Tabla de costos

COSTOS			
DESCRIPCION	VALOR UNICO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
SHIMANO DEORE - 12 velocidades - HYPERGLIDE+ - Cassette de piñones de MTB	\$ 403.400,00	1	\$ 403.400,00
JUEGO DE BIELAS DE 2 PIEZAS SHIMANO DEORE para 142 mm o 148 mm O.L.D. Cuadros de 1x12 velocidades	\$ 435.750,00	1	\$ 435.750,00
RD-M6100-SGS SHIMANO DEORE - Cambio - SHIMANO SHADOW RD+ - 1x12	\$ 318.900,00	1	\$ 318.900,00
Shimano Cn-hg40 Cadena Hyperglide	\$ 146.000,00	1	\$ 146.000,00
Palancas 12v Shimano Xt M8100 2x12 Velocidades Xt	\$ 537.200,00	1	\$ 537.200,00
CORTE LASER DE PLATINAS PARA TENSORES GUÍA (COBRO POR HORA O FRACCION)	\$ 98.000,00	2	\$ 196.000,00
CILINDRADO DE BUJES EN TEFLON PARA TENSORES GUÍA	\$ 67.000,00	4	\$ 268.000,00
TORNILLERIA M8*40	\$ 2.800,00	4	\$ 11.200,00
TUERCAS M8	\$ 650,00	4	\$ 2.600,00
ARANDELAS M8	\$ 100,00	8	\$ 800,00
WASAS M8	\$ 250,00	4	\$ 1.000,00
SOLDADURA ESPECIAL DE BASES PARA TENSORES	\$ 200.000,00	1	\$ 200.000,00
Rines Para Bicicleta 29 Gw Beta Reforzado X2 Unidades 32h	\$ 108.900,00	2	\$ 217.800,00
CORAZA Maxxis Ikon Rin 29 X2.20 60 Tpi Bicicleta Mtb	\$ 65.000,00	3	\$ 195.000,00
Neumáticos De Bicicleta Rin 29" V/carro	\$ 16.000,00	3	\$ 48.000,00
<b>SUBTOTAL</b>			\$ 2.981.650,00
<b>IVA</b>			\$ 566.513,50
<b>TOTAL</b>			\$ 3.548.163,50

## CONCLUSIONES

Este trabajo de grado presenta la adaptación de un sistema de transmisión para un vehículo de tracción humana (VTH). El objetivo del trabajo era mejorar la eficiencia y el rendimiento del VTH mediante la selección y adaptación de un sistema de transmisión adecuado. Por otra parte, Se estable un punto de trabajo del eje de pedales conductores para el sistema, Este centro de gravedad se estableció teniendo en cuenta la comodidad y apoyo para implementación del torque del piloto y seguridad en conjunto con el diseño del chasis del vehículo, además de ello teniendo la adaptación de componentes mecánicos se consideración de múltiples parámetros esenciales.

La integración armoniosa de los componentes principales es fundamental para lograr un sistema de transmisión que permita al usuario adaptar el esfuerzo necesario; la eficiencia es otro aspecto crítico, con un enfoque en minimizar la resistencia y pérdida de energía en la transmisión. Los desviadores están diseñados para cambios suaves y precisos, evitando pérdidas de energía de torque y prolongando la vida útil de la cadena.

Además, Se determinó que la relación ideal entre los platos conductores y los platos conducidos también depende de varios factores, como la velocidad deseada, la pendiente del terreno y la fuerza del piloto. Implementando un mecanismo de seguridad para evitar el desplazamiento accidental de la cadena y sistemas de retención para condiciones extremas.

## BIBLIOGRAFÍA

ANA, A. O., RICHARD, R. A., AUGUSTO, C. S., HARLAM, C. S., CARLOS, T. P., DANIEL, P. V., ... & RESTREPO, R. R. DISEÑO MECÁNICO II.

D.-Unimedios, M. [@unimedios]. (2013, diciembre 16). Vehículos de Tracción Humana se dan cita en la U.N. - Universidad Nacional de Colombia. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=-cI66muV09U>

Franco Tamara, S. (2014). Sistema de transmisión interna de relaciones continuas para un vehículo de tracción humana

Granada, E.-I. E. E. (2013, mayo 2). TRANSMISIÓN DE ENGRANAJE CON CADENA. Wordpress.com. <https://eudotec.wordpress.com/2013/05/02/transmision-de-engranaje-con-cadena/>

Henry Sturney, J. A. (1901). Patent No. 15638. Inglaterra.

Manuel, D. [@diegomanuel3325]. (2014, octubre 17). Variador de velocidad continuo para bicicletas. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=iAG-hIDsSfo>

Navarro-Roldan, C. P. (2008). Comprensión de sistemas de engranajes: un estudio del cambio cognitivo y las herramientas cognitivas en niños de cuatro años. Universitas Psychologica, 7(2), 411–424. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1657-92672008000200009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-92672008000200009)

Rangel, M. [@marinelrangel3280]. (2014, noviembre 7). vehículo de tracción humana (VTH) OPTIMOS 2.0. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=b\\_X65iPATpg](https://www.youtube.com/watch?v=b_X65iPATpg)

REGLAS PARA LA COMPETENCIA NACIONAL DE VEHÍCULOS DE TRACCIÓN HUMANA COLOMBIA 2017. (s/f). Edu.co. Recuperado el 9 de septiembre de 2023, de <https://www.upb.edu.co/es/documentos/doc-eve-mtr-2017-competencia-vth-4-1464167505736.pdf>

Reto Perú: Vehículos de Tracción Humana VTH. (2019, septiembre 17). Universidad de los Andes - Colombia - Sitio oficial. <https://uniandes.edu.co/es/noticias/ingenieria/reto-peru-vehiculos-de-traccion-humana-vth>

Robles, J. C., Zaragoza, C. A., Martínez, V. A., Mendoza, J. B., & Gómez-Becerra, F. A. Instrumentación y control de velocidad de un vehículo de dos ruedas.

Sebastian, P. G. (2014). VEHÍCULO DE TRACCIÓN HUMANA. [https://www.academia.edu/9709248/VEH%C3%8DCULO\\_DE\\_TRACCI%C3%93N\\_HUMANA](https://www.academia.edu/9709248/VEH%C3%8DCULO_DE_TRACCI%C3%93N_HUMANA)

Tipos de Transmisiones y Cómo Cuidarlas. (2019, enero 10). Bardahl; Bardahl de México. <https://www.bardahl.com.mx/tipos-transmision-mantenimiento/>

Vilamajo, R. M. (2014). Vehículo de propulsión humana con mecanismo de transmisión accionado por los pies (Patent Núm. 2014096470: A1). En World Patent (2014096470: A1)

Universidad EAFIT. (s/f). Vehículo de Tracción Humana VTH - Proyectos y retos - Escuela de Administración / Kratos - Universidad EAFIT. Edu.co. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de <https://www.eafit.edu.co/escuelas/administracion/kratos/Paginas/vehiculo-de-traccion-humana.aspx>