UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Diseño y construcción de un banco didáctico de una transmisión CVT por banda, que permita la captación y representación gráfica de señales de funcionamiento

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

Autores:

STALIN RODRIGO MATUTE SAMANIEGO

ALEX SANTIAGO ÁVILA LÓPEZ

Director

ING. MAURICIO BARROS, MSC.

CUENCA-ECUADOR

2017

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis hijos Pablo y Darina quienes fueron el impulso para culminar la carrera.

Stalin Matute Samaniego

Dedico el presente trabajo a mi esposa y a mis hijos por su incondicional apoyo.

Alex Ávila López

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, mi esposa por el apoyo incondicional y la paciencia que me han brindado en el transcurso de la carrera.

Stalin Matute Samaniego

Agradezco a Dios, a mis padres y a mi esposa por el apoyo y los consejos impartidos hacia mí que han permitido terminar la carrera.

Alex Ávila López

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA II

AGRADECIMIENTOS III

ÍNDICE DE CONTENIDOS IV

ÍNDICE DE FIGURAS VI

ÍNDICE DE TABLAS IX

ÍNDICE DE ANEXOS IX

RESUMEN X

ABSTRACT XI

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO 1 2

HISTORIA DE LAS TRANSMISIONES CVT 2

1.1 HISTORIA 2

1.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE TIPO DE CVT 8

1.2.1 Transmisión toroidal 8

1.2.2 Transmisión epicicloide 9

1.2.3. Transmisión cónica 10

1.2.4. Transmisión con poleas y bandas 11

1.3 TRANSMISIÓN CVT POR BANDA EN V CON ELEMENTOS MECÁNICOS 12

1.3.1 Polea conductora 12

1.3.2 Polea conducida 13

1.3.3 Motor 14

1.4 VENTAJAS DE UNA TRANSMISIÓN VARIABLE CONTINUA 15

CAPITULO II 16

DISEÑO DEL BANCO DIDÁCTICO 16

2.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE MOTOR 16

2.2 PARÁMETROS FUNDAMENTALES PARA DEFINIR EL BANCO 18

2.2.1 Dimensiones principales 20

2.2.2 Materiales para la estructura 22

2.3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA 25
2.3.1. Sistema de freno con cáliper 25
2.3.1.1. Cálculo del sistema de freno. 25
2.3.1.2. Cálculo de la presión normal de funcionamiento 27
2.3.1.3. Cálculo de la Fuerza de accionamiento 27
2.3.1.4. Cálculo del radio Equivalente 27
2.3.1.5. Cálculo ubicación de la fuerza 28
2.3.1.6. Cálculo de la presión hidráulica 28
2.3.2. Cálculo del grupo reductor al eje de salida 28
2.3.3. Trazado de elementos en 3D 30
2.3.3. Simulación de la estructura. 43
CAPITULO III 47
CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO 47
3.1 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN 47
3.2 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE ELEMENTOS 47
3.3. GENERACIÓN Y CAPTACIÓN DE SEÑALES 55
3.3.1. Adaptación de sensores en el banco didáctico 55
3.3.1.1. Medición de las Revoluciones por minuto (RPM) de los ejes 55
3.3.2. Recepción de los datos adquiridos 57
3.3.2.1. Placa electrónica de procesamiento de datos 59
3.3.3 Software de procesamiento 61
CAPÍTULO IV 63
PRUEBAS Y RESULTADOS DE FUNCIONAMIENTO 63
4.1. FUNCIONAMIENTO OPERATIVO DEL BANCO 63
4.1.1 Software para el control y visualización 63
4.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO 65
4.3 GUÍA DE MANTENIMIENTO 74
4.4 CONCLUSIONES 76
4.4 RECOMENDACIONES 77
BIBLIOGRAFÍA 78
ANEXOS 80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Diseño de una CVT 2
Figura 1.2. Gradua Gear de 1910 con sistema CVT 3
Figura 1.3. Fotografía de la Rudge- Whitworth. The beaulieu national motorcycle museum . 3
Figura 1.4. Imagen del British Clyno 1920 4
Figura 1.5. Imagen Variomatic de DAF 4
Figura 1.6. Imagen del DAF 600 4
Figura 1.7. Imagen de la Rokon de 1974 5
Figura 1.8. Imagen del ATV Lt 80 Mini de 1987 5
Figura 1.9. Subaru Justy de 1987 6
Figura 1.10. Imagen de la X Tronic de Nissan. 6
Figura 1.11. CVT de cadena 7
Figura 1.12. Transmisión toroidal 8
Figura 1. 13.Arreglos con frenado de corona. 9
Figura 1.14. Mecanismo de una CVT cónica 10
Figura 1.15.Transmisión CVT por poleas variables 11
Figura 1.16. Polea conductora 13
Figura 1.17. Polea conducida 14
Figura 2.1. Parte del chasis original del scooter 19
Figura 2.2. Dimensiones principales de la sección de chasis 20
Figura 2.3. Dimensiones principales. 21
Figura 2.4. Dimensiones principales del banco otra perspectiva 22
Figura 2.5. Valores de cálculo del sistema de freno 27
Figura 2.6. Grupo reductor 28
Figura 2.7. Grupo reductor perspectiva 29
Figura 2.8. Primer bosquejo de la estructura de la maqueta 30
Figura 2.9. Diseño de la plataforma de soporte del conjunto del banco didáctico. 31
Figura 2.10. Diseño de fragmento de chasis original de scooter 31
Figura 2.11. Conjunto principal de soporte de banco didáctico 32
Figura 2.12. Panel de instrumentos y base para laptop. 32
Figura 2.13. Cabeza de cilindro del motor Jianshe 33
Figura 2.14. Polea conducida de diámetro variable. 34
Figura 2.15. Polea conductora de diámetro variable. 34

Figura 2.16. Banda trapezoidal para transmitir el movimiento entre poleas. 35
Figura 2.17. Ventilador y generador de pulsos para la bobina. 35
Figura 2.18. Diseño de tapa de cabeza de cilindro. 36
Figura 2.19. Conjunto motor-transmisón 36
Figura 2.20. Amortiguador que servirá para sujetar el conjunto motor-transmisión a la sección de chasis. 37
Figura 2.21. Ruedas para movilizar la estructura. 37
Figura 2.22. Depósito de combustible. 38
Figura 2.23. Bomba de freno de accionamiento por manigueta. 39
Figura 2.24. Disco de freno. 39
Figura 2.25. Mordaza de freno o cáliper. 40
Figura 2.26. Manija accionadora del freno. 40
Figura 2.27. Manigueta. 41
Figura 2.28. Diseño de la estructura con el motor y la transmisión montada. 41
Figura 2.29. Diseño de la estructura en conjunto con motor y transmisión en perspectiva 42
Figura 2.30. Diseño del conjunto de banco didáctico en perspectiva. 42
Figura 2.31. Simulación de cargas y análisis de factor de seguridad. 43
Figura 2.32. Simulación de deformación en la estructura 44
Figura 2.33. Introducción de datos 45
Figura 2.34. Análisis factor de seguridad dinámico. 45
Figura 2.35. Análisis fatiga-vida 46
Figura 3.1. Construcción de la plataforma 48
Figura 3.2. Pintura de la plataforma 48
Figura 3.3. Sección de chasis del scooter adjuntado bases para montar en la plataforma. 49
Figura 3.4. Adaptación del manubrio para aplicar el freno en la estructura. 49
Figura 3.5. Estructura del banco didáctico. 50
Figura 3.6. Estructura del banco didáctico. 50
Figura 3.7. Pintura al conjunto motor transmisión. 51
Figura 3.8. Montaje de elementos 51
Figura 3.9. Sujeción del conjunto motor y transmisión a la estructura. 52
Figura 3.10. Montaje de elementos del banco didáctico. 52
Figura 3.11. Instalación de la parte eléctrica 53
Figura 3.12. Sistema de freno de disco adaptado al eje de salida. 53

Figura 3.13. Perspectiva de adaptación del sistema de freno. 54
Figura 3.14. Colocación del imán de neodimio. 55
Figura 3.15. Colocación del imán de neodimio. 56
Figura 3.16. Sensor de efecto hall 44E. 57
Figura 3.17. Diseño del circuito en protoboard. 58
Figura 3.18. Esquema simplificado de señales de escritura. 59
Figura 3.19. Placa electrónica impresa. 60
Figura 3.20. Visualizador de curvas. 61

Figura 4.1. Pantalla de revoluciones medidas. 63
Figura 4.1. Visualizador de curvas. 64
Figura 4.1. Banco didáctico culminado. 65
Figura 4.1. Primera prueba en ralentí a 1800rpm del motor. 66
Figura 4.1. A aproximadamente 2040 rpm del motor. 66
Figura 4.1. A 2520 rpm del motor. 67
Figura 4.1. A 2760 rpm del motor. 67
Figura 4.1. A 3000 rpm del motor 68
Figura 4.1. A 3720 rpm del motor. 68
Figura 4.1. A 4080 rpm del motor 69
Figura 4.1. A 4680 rpm del motor 69
Figura 4.1. A 5040 rpm del motor. 1:1 70
Figura 4.1. A 5040 rpm del motor. 1,04:1 71
Figura 4.1. A 5640 rpm del motor. 71
Figura 4.1. A 6480 rpm del motor. 72
Figura 4.1. A 7080 rpm del motor. 73
Figura 4.1. A 6480 rpm del motor. 73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Ficha técnica Jianshe JS125T-8 18

Tabla 2.1. Variables para el cálculo del sistema de freno. 26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Características de materiales de fricción para frenos y embragues 80
Anexo 2. Ilustración de tubos cuadrados 81
Anexo 3. Propiedades de tubos cuadrados 81
Anexo 4. Ilustración de tubos rectangulares 82
Anexo 5. Propiedades de Tubos rectangulares. 82
Anexo 6. Ilustración de tubos redondos 83
Anexo 7. Propiedades de tubos redondos 83
Anexo 8. Ilustración de ángulos estructurales 84
Anexo 9. Propiedades de ángulos estructurales 84
Anexo 10. Platina estructural 85
Anexo 11. Ilustraciones de tees estructurales prefabricados 86
Anexo 12. Propiedades de tees estructurales fabricados 86
Anexo 13. Planchas de acero 87
Anexo 14. Configuración de la comunicación 88
Anexo 15. Diagrama de bloques 89
Anexo 16. Lenguaje de programación. 92

RESUMEN

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA TRANSMISIÓN CVT POR BANDA, QUE PERMITA LA CAPTACIÓN Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE SEÑALES DE FUNCIONAMIENTO

RESUMEN

El presente trabajo demuestra el funcionamiento didáctico de una transmisión variable continua CVT de poleas de diámetro variable, mediante la representación gráfica de las distintas posiciones y velocidades que se pueden alcanzar, obteniéndose los datos con representación grafica del software Labview. El mecanismo CVT se obtuvo de un scooter Jianshe y fue seleccionado por las prestaciones de tamaño, simplicidad en el diseño, eficiencia e instantaneidad en variación de las revoluciones de entrada, lo que permite comprender de una manera muy sencilla el principio de funcionamiento de este tipo de transmisiones.

Palabras Clave: Transmisión, CVT, poleas variables.

Ing. Mauricio Barros
Director del Trabajo de titulación

Ing. Mateo Cuello
Director de Escuela

Alex Avila
Autor

Stalin Matute
Autor

ABSTRACT

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A DIDACTIC BANK OF A CVT TRANSMISSION BY BAND THAT ALLOWS THE RECEPTION AND GRAPHICAL REPRESENTATION OF OPERATING SIGNALS

ABSTRACT

The present work showed the didactic functioning of a CVT continuous variable transmission of variable diameter pulleys through the graphic representation of the different positions and speeds that could be reached. The data was obtained with a graphic representation in LabVIEW software. The CVT mechanism was obtained from a Jianshe scooter and it was selected for its size, simplicity in design, efficiency and instantaneous variation of the input speed. This allowed to understand in a very simple way the operation principle of this type of transmissions.

Keywords: Transmission, CVT, variable pulleys.

Ing. Mauricio Barros
Thesis Director

Ing. Mateo Cuello
Faculty Director

Alex Avila
Author

Stalin Matute
Author

UNIVERSIDAD AZUAY
Dpto. Idiomas

Translated by

Ing. Paul Arpi

Matute Samaniego, Stalin Rodríguez

Ávila López, Alex Santiago

Ing. Mauricio Barros

Diciembre 2017

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE UNA TRANSMISIÓN CVT POR BANDA, QUE PERMITA LA CAPTACIÓN Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE SEÑALES DE FUNCIONAMIENTO

INTRODUCCIÓN

La innovación en el área automotriz se enmarca en el mejoramiento del desempeño y confort de los vehículos, siendo una pieza esencial las transmisiones ya que éstas son las encargadas de transformar el par que entrega el motor y modificar de forma tal que el vehículo adquiera movimiento en una condición adecuada.

La introducción de nuevos modelos de vehículos y sus tipos de transmisiones en la industria automotriz; como futuros ingenieros incita a conocer su estructura y funcionamiento; por lo que la presente tesis se enmarca en el funcionamiento de un tipo de transmisión variable continua que es un tipo de transmisión automática que permite realizar variaciones infinitas en la relación de transmisión.

La presente tesis tiene como objetivo demostrar el funcionamiento de una transmisión variable continua mediante la representación de gráficas que permitan visualizar la diferencia de velocidades entre las poleas variables que transmiten el movimiento.

Durante el desarrollo de la presente se describe el funcionamiento de una transmisión variable continua (CVT), se realiza el diseño y la construcción de un banco didáctico que sirva de modelo de aprendizaje para futuras generaciones en estudios de ingeniería.

CAPITULO 1

HISTORIA DE LAS TRANSMISIONES CVT

1.1 Historia

- Hace ya más de 500 años Leonardo da Vinci realizó un bosquejo de la primera transmisión variable continua en 1490.

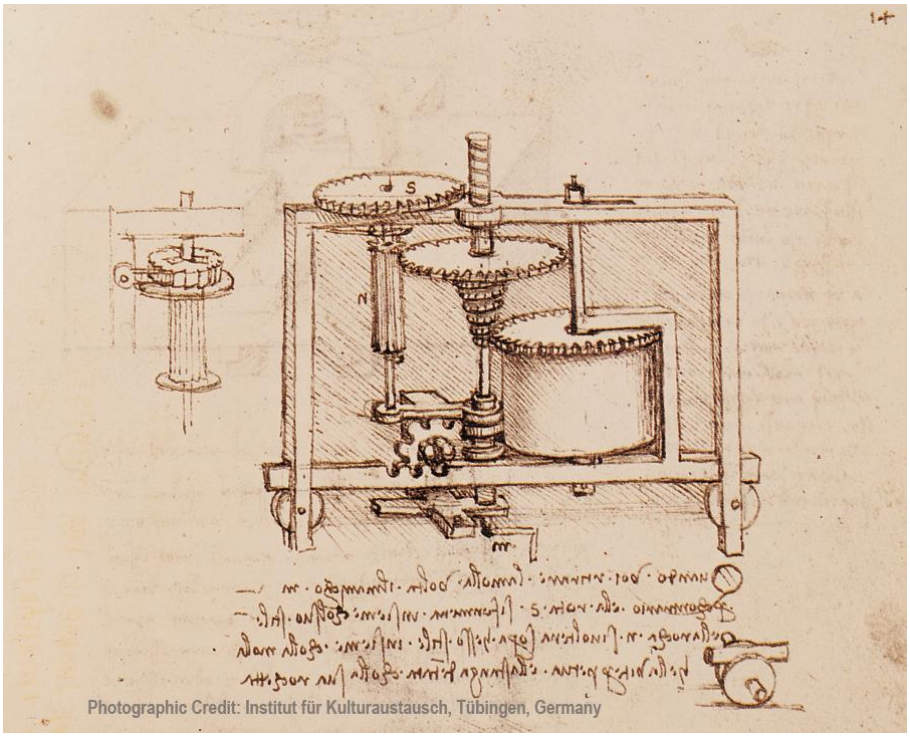


Figura 1.1. Diseño de una CVT
Fuente: Fallbook technologies (2016)

- La primera patente de una CVT Toroidal fue lanzada en 1935 en EEUU y la primera basada en correas de fricción fue en Europa lanzada por Daimer y Benz en 1886. A partir del lanzamiento de las patentes se dieron mejoras y diferentes aplicaciones para este tipo de transmisiones.

- Motocicletas Zenith en 1910 lanzó una motocicleta con sistema CVT con el nombre de Gradua – Gear.

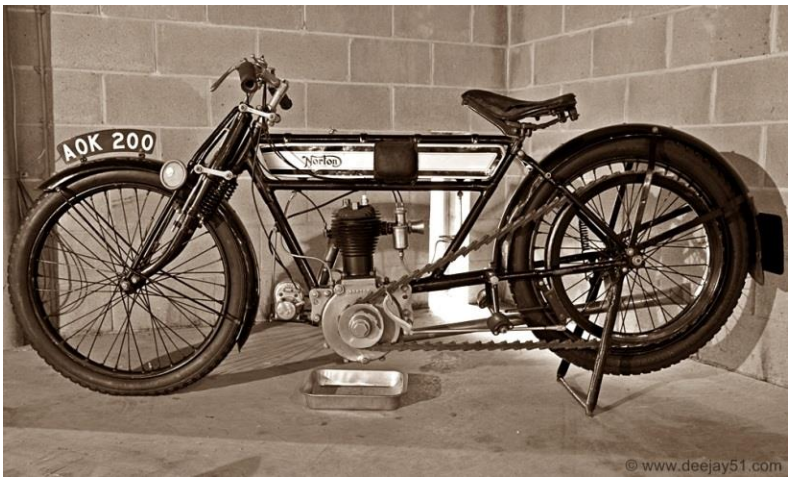


Figura 1.2. Gradua Gear de 1910 con sistema CVT
Fuente: Beaulieu Bike Museum (2013).

- En 1912, se construye el Multigear Rudge, que era una versión mejorada de Gradua – Gear, hecha por el fabricante Rudge – Whitworth de origen inglés.

Figura 1.3. Fotografía de la Rudge- Whitworth. The beaulieu national motorcycle museum
Fuente: http://www.deejay51.com/beaulieu_bike_museum.htm

- La CVT Multi Rudge fue tan exitosa que tan pronto dieron sus frutos fueron retiradas de las competencias.

- En 1923 se introdujo el British Clyno coche, que fue la primera aplicación de una CVT en un automóvil.

Figura 1.4. Imagen del British Clyno 1920
Fuente: Wikipedia (2017)

- En 1950 Hun van Doorne cofundador de Van Automobiel Doorne de Fabriek (DAF), fabrica una CVT para un vehículo pequeño y de bajo costo que denominaron Variomatic.

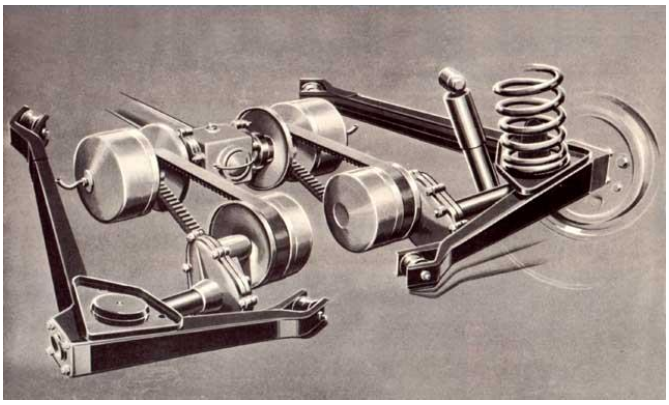


Figura 1.5. Imagen Variomatic de DAF
Fuente: DAF (s.f.)

- El primer coche de la empresa DAF con CVT fue el DAF 600 Lanzado al mercado en 1958.

Figura 1.6. Imagen del DAF 600
Fuente: Autowereld (2017)

- Luego esta empresa fue cedida a volvo en 1975, y se usó una CVT en el Volvo 340.
- El primer uso de una banda de goma en una CVT se dio en 1974 en una motocicleta fabricada por Rokon.

Figura 1.7. Imagen de la Rokon de 1974
Fuente: kellymotodepoca (s.f.)

- Suzuki equipa el ATV LT80 mini con un sistema CVT en 1987, siendo el primer todo terreno con este sistema de transmisión.

Figura 1.8. Imagen del ATV Lt 80 Mini de 1987
Fuente: atvriders (2016)

- También a principios de 1987 la empresa Fuji Heavy Industries de Subaru saca al mercado en Tokio el Justy con un sistema CVT controlado electrónicamente (ECVT).

Figura 1.9. Subaru Justy de 1987
Fuente: hatchheaven (2011)

- En 1989, Subaru produce el Justy en EEUU, siendo el primer vehículo con tecnología CVT en producción masiva.

- En Europa en 1987, se equipan con CVT de correa de acero el Fiat Uno y el Ford Fiesta. Esta CVT llamada CTX fue desarrollada en conjunto por Van Doorne, Fiat y Ford como una mejora del prototipo de 1976.

- Nissan inicialmente equipa sus vehículos con N-CVT basado en la ECVT de Subaru, par en 1990 diseñar su propio CVT con mejoras que permitían desarrollar un par mayor y el uso de un convertidor de par.

- A mediados del 2006, Nissan anuncia su mejora en transmisiones CVT con tecnología Xtronic para sus versiones automáticas.

Figura 1.10. Imagen de la X Tronic de Nissan.
Fuente: Caranddriver (2011)

- En 1995, Honda desarrolla la Honda Multi Matic que se aplicó al Honda Civic.

- En 1997, Toyota desarrolla el conocido Hybrid Synergy Drive que es una transmisión de reparto de potencia (PST) que inicialmente es montado en el Prius y posteriormente en todos los Toyota y Lexus Híbridos.

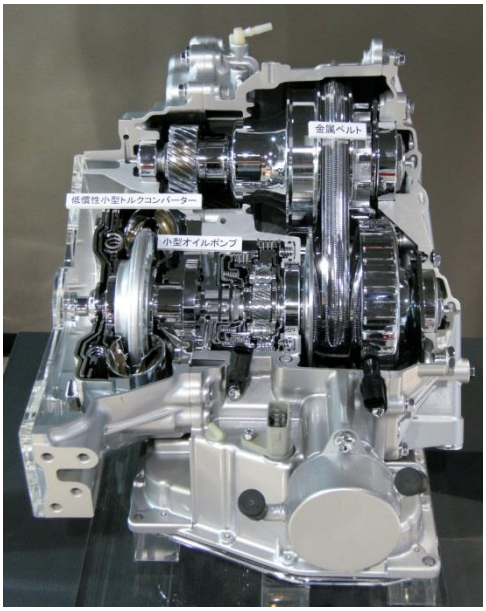


Figura 1.11. CVT de cadena
Fuente: Wikipedia (2011)

- En 2000, Audi ofrece la Multitronic que era un CVT de cadena aplicado a vehículos de gran potencia.

- En el mismo año 2000, Fiat introduce un CVT tipo cono en sus modelos Fiat Punto y Lancia.
- En 2005, Ford ofrece algunos de sus modelos equipados con una CVT llamada CFT30.
- Al observar la eficiencia de las CVT en las calles otras casas comerciales introdujeron sus diferentes modelos con CVT, por ejemplo, en 2007 apareció el Jeep Compas y Patriot, además el Dodge Caliber. En 2008 se equipó con una CVT al Mitsubishi Lancer.
- Además se han desarrollado CVTs Toroidal aplicables a esquís, motos acuáticas y motonetas.

- También se han desarrollado transmisiones variables aplicables en bicicletas convencionales y eléctricas como el Un Vinci N171

1.2 Sistema de transmisión de Tipo de CVT

1.2.1 Transmisión toroidal

Es una transmisión que está constituida por dos discos concéntricos en forma opuesta con una cavidad toroidal girando siempre en forma opuesta. Su funcionamiento básicamente está constituido por rodillos que giran libremente entre el disco de entrada y el de salida, girando de forma precisa para tener la velocidad requerida a la salida. Cuando las revoluciones del motor aumentan los rodillos son girados por la computadora y la bomba hidráulica hacia el disco impulsor, contactando con la parte ancha del disco impulsor y la parte angosta del disco de salida, multiplicando la velocidad (Corona y Martínez, 2008: 8).

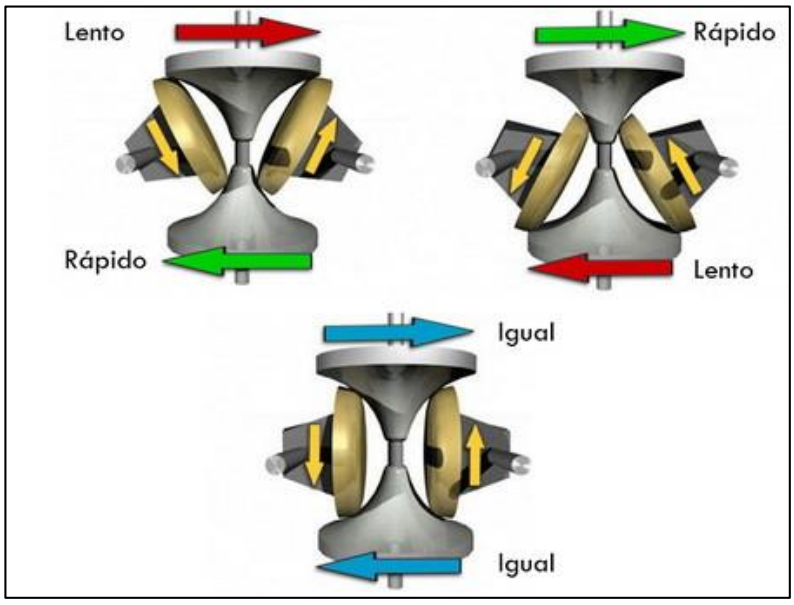


Figura 1.12. Transmisión toroidal
Fuente: Palleiro (2008)

La transmisión CVT toroidal tiene la particularidad de brindar una casi infinita cantidad de relaciones de trasmisión, ya que los rodillos varían según el conductor lo requiera trasmitiendo en forma eficaz la potencia a la salida de la transmisión con

respecto a cualquier otra transmisión CVT, a más de eso tiene un ahorro de combustible de 10 al 20 % según el fabricante que lo patente y su mantenimiento es de forma sencilla (Rodríguez, 2014:16).

Los inconvenientes de esta trasmisión es el elevado costo de adquisición o reparación ya que sus piezas son fabricadas con los materiales de mejor calidad, a más de eso el aceite que usa no es el mismo que de las otras cajas automáticas, este aceite además de lubricar y enfriar sus componentes, tiene moléculas angulares donde se adhieren entre si bajo presión para trasmitir el movimiento entre los discos y rodillos (Rodríguez, 2014:17).

1.2.2 Transmisión epicicloide

La transmisión CVT epicicloide generalmente está constituida por engranes donde adoptan una infinidad de relaciones de trasmisión ya sea frenando los satélites o coronas, que consta de cuatros bielas cuyos pivotes se encuentran distribuidos en un disco giratorio, vinculados como planetas a dos sistemas epicicloides (Corona y Martínez, 2008: 9).

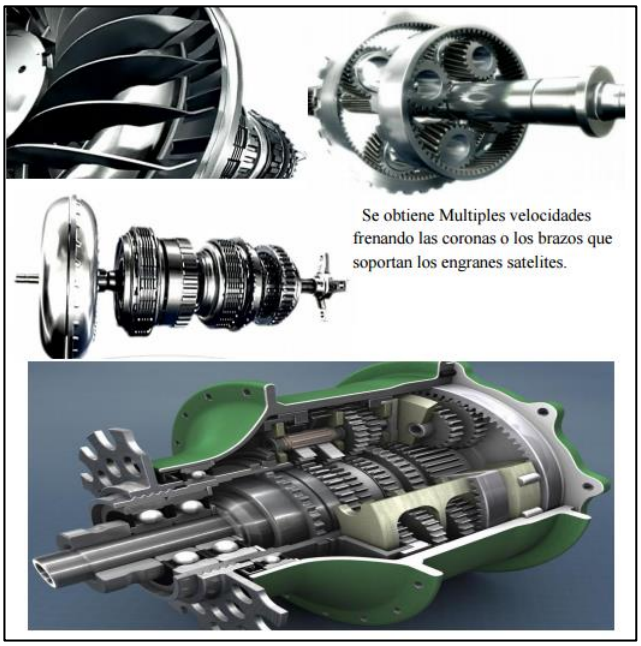


Figura 1. 13. Arreglos con frenado de corona.
Fuente: Rodríguez Martínez (2014)

El control del sistema por lo general se maneja o se frena por medio de dispositivos hidráulicos, electrónicos y mecanismos extras y en su mayoría las coronas están sujetas a la carcasa porque si se tuviera que frenar el engrane solar.

Estos mecanismos epicicloides tiene la particularidad de reducir la velocidad hasta cero y aumentar en formar progresiva, las pérdidas de potencia son mínimas ya que se trasmite por medio de componentes mecánicos y las únicas perdidas que pueden existir es por fricción de los mismos (Rodríguez, 2014:19).

1.2.3. Transmisión cónica

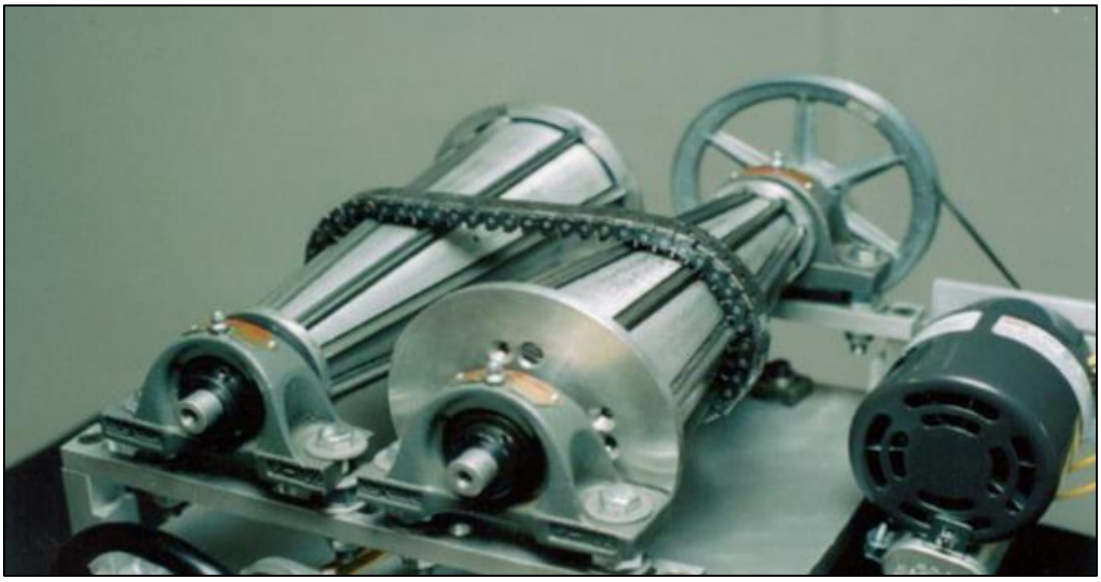


Figura 1.14. Mecanismo de una CVT cónica
Fuente: Rodriguez Martinez (2014)

La transmisión CVT cónica es la más sencilla de las cajas que nos brinda una infinidad de relaciones de transmisión ya que ésta consta básicamente de dos conos de diferente diámetro unidos por una banda o cadena que se desplaza en forma axial. Este tipo de caja tiene limitaciones como el no poder brindarnos altas revoluciones y a más de eso tener en forma obligatoria un embrague que nos pueda detener el movimiento proveniente de un motor (Rodríguez, 2014:19).

1.2.4. Transmisión con poleas y bandas

Ésta es la trasmisión más conocida y la cual se ha evolucionado en los últimos años, está conformada por dos poleas que varían en forma axial por medio de una banda, dando ésta una infinidad de relaciones de trasmisión.

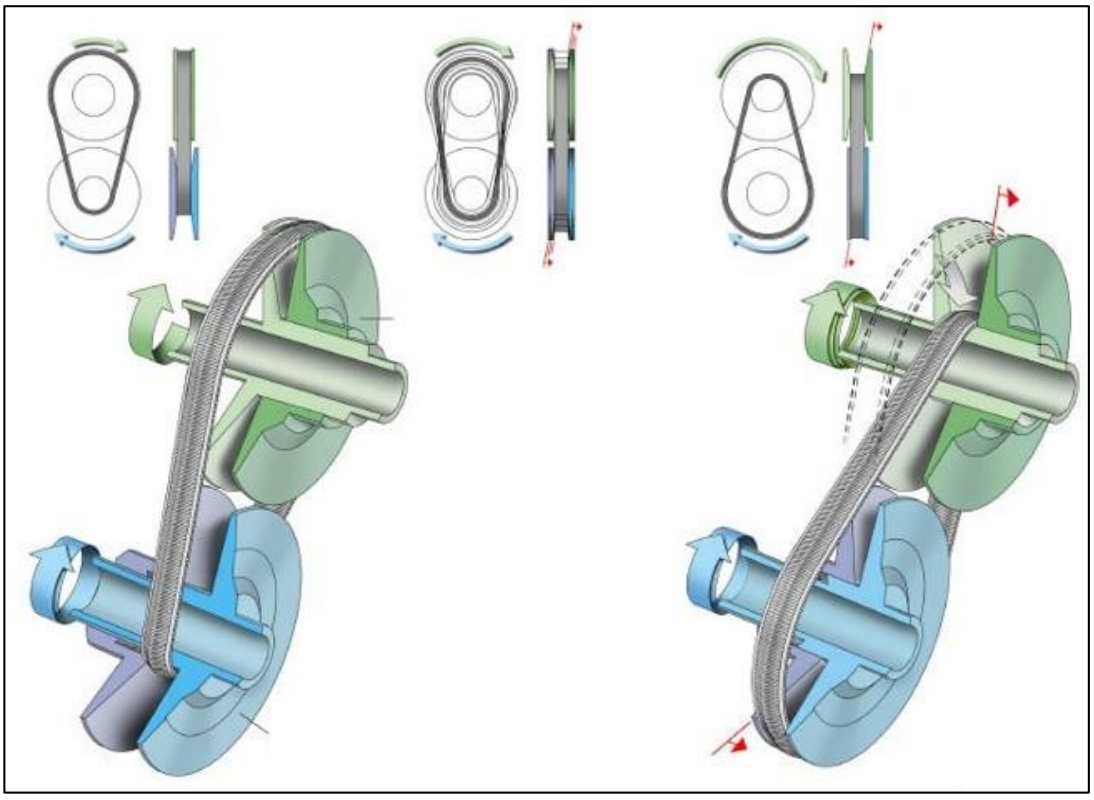


Figura 1.15.Transmisión CVT por poleas variables
Fuente: Motorpasión (2015)

Hay diversas maneras de realizar el movimiento de las poleas, una de ellas es de forma mecánica, ésta es auto regulada según las condiciones de manejo mediante un sistema inercial y de muelles, comúnmente estas son utilizadas en vehículos livianos como motos, cuadrones, vehículos de nieve, vehículos livianos 4x4, etc. Otra manera de realizar el movimiento de las poleas es mediante un mando hidráulico comandado electrónicamente para realizar las variaciones de la polea conductora y conducida de manera exacta, a más de ello recibe señales provenientes del motor para mejorar la eficiencia de la CVT.

Muchas marcas han apostado por este tipo de caja ya que su eficiencia es del 90%, dando mayor confort y suavidad al no existir cambios bruscos de marchas como en las otras cajas automáticas, a más de ello tiene una economía de combustible del 10 a

15% según la casa constructora que lo haya diseñado. Las desventajas que se pueden presentar en este tipo de transmisión puede ser el costo de adquisición o de mantenimiento ya que esta caja utiliza aceites especiales (Rodríguez, 2014:12).

1.3 Transmisión CVT por banda en V con elementos mecánicos

Tomando en consideración la transmisión a ser analizada en la presente tesis, es de una motocicleta scooter de marca Jianshe, modelo JS 125T-7 con transmisión CVT por banda, este tipo de trasmisión son una de las más sencillas pero eficaces al momento de trabajar, el principio de funcionamiento es el mismo que de las anteriores utilizando dos poleas cónicas que mediante la fricción con un sistema inercial de muelles que ejercen entre sí la presión necesaria que mediante una polea en V, trasmite el movimiento de la polea conductora hacia la conducida.

1.3.1 Polea conductora

Con respecto a la polea conductora Corona y Martínez (2008), señalan la estructura mecánica de la misma en los siguientes términos:

Esta polea consta de dos caras cónicas, una fija y otra móvil que contiene un resorte helicoidal que mantiene a la misma totalmente abierta y tres masas separadas a 120° alojadas en carcasas plásticas que descansan sobre planos inclinados (ver gráfico 16).

Cuando el motor aplica sobre las masas una velocidad angular, estas experimentan una fuerza centrífuga (en dirección radial y hacia afuera de la circunferencia descrita) que, por estar sobre planos inclinados, se transforma en una fuerza axial, comprimiendo el resorte y cerrando la polea. Esta fuerza centrífuga es proporcional a la masa, la distancia de estas al centro de giro y al cuadrado de la velocidad angular.

De esta forma la polea comienza a cerrarse cuando la velocidad de giro del motor genera sobre las masas una fuerza equivalente mayor que la fuerza ejercida por el resorte para mantener la polea abierta.

La marca proporciona tres resortes para esta polea con diferentes rigideces y tres juegos de masas distintas con la finalidad de configurar su comportamiento en función de las necesidades de operación (Corona y Martínez, 2008: 15).

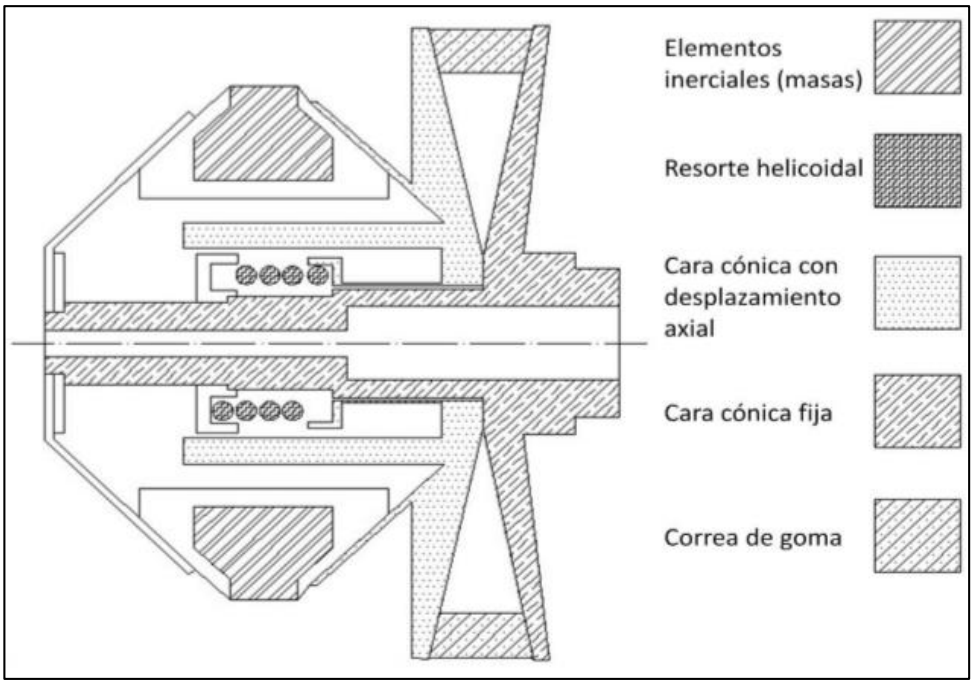


Figura 1.16. Polea conductora
Fuente: Corona y Martínez, 2008

1.3.2 Polea conducida

De igual manera, los autores señalados, sostienen que la polea conducida: consta de una cara fija y una móvil vinculada a un resorte helicoidal de torsión que la mantiene cerrada. El desplazamiento de la cara móvil ocurre cuando el par aplicado por la correa sobre esta cara es mayor que el par aplicado por el resorte torsional. Los pares torsionales se transforman en fuerzas axiales ya que la unión entre la cara móvil y la fija es mediante cuñas cuyo contacto genera componentes tangenciales y axiales sobre las caras.

El fabricante provee dos resortes con diferentes rigideces, que al ser combinados con las distintas configuraciones de la polea conducida producen diferentes comportamientos del sistema.

En el siguiente gráfico se muestra el diagrama de cuerpo libre de la CVT. El color rojo (líneas continuas) muestra las fuerzas aplicadas sobre las caras de la CVT, mientras que el color azul (línea discontinua) ilustra los desplazamientos que ocurren dentro de la misma (Corona y Martínez, 2008: 15).

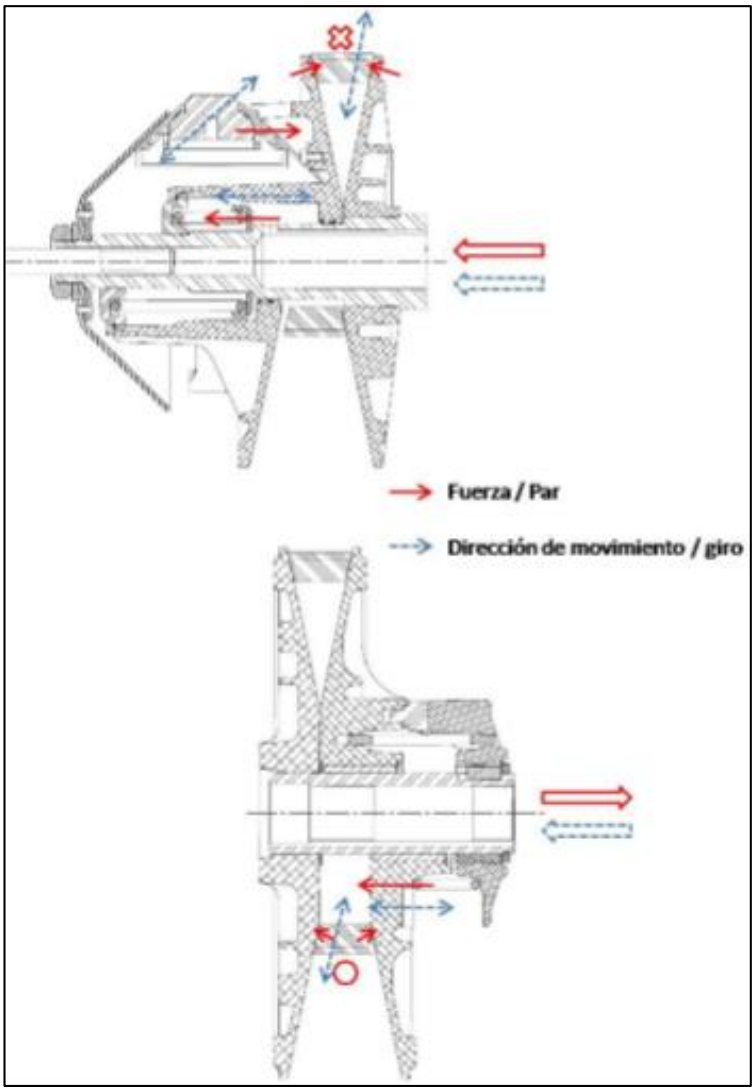


Figura 1.17. Polea conducida
Fuente: Corona y Martínez, 2008

1.3.3 Motor

El motor es el encargado de entregar el movimiento a la transmisión para que ésta altere la velocidad y la potencia del vehículo. Existen varios tipos de motores que actúan en conjunto con una transmisión CVT, que van desde bajo cilindraje como 50 cc, hasta motores de gran potencia como son los V6 y V8, además pueden ser de cuatro y de dos tiempos.

Los fabricantes analizan la función que va a cumplir su vehículo y atinan con el mejor tipo de motor que cumpla sus expectativas.

1.4 Ventajas de una transmisión Variable Continua

La prioridad de una transmisión automática es brindar comodidad y confort. De estas transmisiones, las más sobresalientes son las CVT brindando varias ventajas:

- No genera movimientos bruscos, ya que no posee engranajes ni embrague, sino que transmite el movimiento a través de correas o discos, que proporciona una aceleración constante y directa según sea la demanda del conductor.
- Eficiencia máxima durante el proceso de aceleración, reflejándose en la reducción de consumo de combustible y emisión de gases de escape.
- Varían la relación de velocidades infinita y constantemente. Al no poseer engranajes no se limita a un número determinado de relaciones o cambios, sino que se acomoda a las exigencias del conductor. En algunos casos se han acoplado a estas transmisiones, controles manuales para el conductor, con marchas de fijación específica.
- La transmisión hace que el motor trabaje en el momento óptimo, esto quiere decir a bajas revoluciones transmitiendo la potencia necesaria según aumente la aceleración.

CAPITULO II

DISEÑO DEL BANCO DIDÁCTICO

2.1 Selección del tipo de motor

Una transmisión variable continua necesita un motor con la capacidad de transmitir un alto torque, capaz de romper la fuerza de fricción al momento que el vehículo se encuentra estático, además de generar alto número de revoluciones para que la transmisión pueda realizar las transiciones en las relaciones y así realizar el cambio de marcha con la variación de los diámetros de las poleas.

Las transmisiones CVT van montadas en un sinnúmero de motores, dependiendo del fabricante han sido elegidos para trabajar en conjunto con motores eléctricos y de combustión de pequeño cilindraje hasta en motores de alta capacidad V6 y V8, también han sido acoplados a scooters e incluso trabajan con motores de dos tiempos.

En nuestro medio existen varios vehículos que poseen transmisiones variables, desde todoterrenos, autos e incluso motocicletas, por mencionar algunos en el mercado están:

- Toyota Rav4 2.0 Dual VVTi 4x2 CVT.
- Toyota Corolla CVT
- Mitsubishi Outlander CVT
- Nissan Sentra Xtronic CVT
- Nissan X trail CVT
- Nissan Murano CVT
- Toyota Prius Hybrido
- Chevrolet Silverado Hybrido

- Hyundai Sonata Hybrido, Entre otros., etc.

En nuestro caso para la representación del funcionamiento de una transmisión CVT, se ha tomado en cuenta algunos factores como por ejemplo para un fácil análisis de sus piezas y una forma sencilla de captación de señales y por la accesibilidad económica, se ha elegido un motor de cuatro tiempos de cilindraje 125 cc que originalmente vienen montados en scooters acoplados con una transmisión variable continua.

Un scooter es un vehículo que posee motor de dos ruedas por lo general más pequeño que las motocicletas y para uso urbano.

En el mercado existen varias marcas que poseen éste tipo de motor, para el presente caso se ha logrado conseguir un motor de 125 cc de un scooter de marca Jianshe.

Que según los datos encontrados en la ficha técnica del scooter JIANSHE JS 125T-8 se tiene una cilindrada de 125 cc mono cilíndrico de cuatro tiempos refrigerado por aire, con una relación de compresión de 9.5:1, brindado una potencia máxima hacia la trasmisión de 6.1 kW a 7500 rpm, y un torque máximo de 8.3 Nm a 6000 rpm.

Tabla 1.1. Ficha técnica Jianshe JS125T-8

MOTOR		CHASIS	
Tipo de Motor	Mono cilíndrico, refrigerado por aire de cuatro tiempos	**Dimensiones (LxWxH)**	1875 x 670 x 1100 mm
Desplazamiento	125 mL	**Distancia entre ejes**	1255 mm
Diámetro x carrera	51.5 x 60.0 mm	**Altura desde el piso**	110 mm
Índice de compresión	9.5:1	**Tipo de rin**	Aleación
Potencia Máxima	6.1 kW (7500 rpm)	**Peso**	111 kg
Torque Máximo	8.3 Nm (6000 rpm)	**Carga máxima**	150 kg
Encendido	Palanca/ Motor de arranque	**Capacidad de combustible**	5.4 litros
Tipo de Ignición	CDI	**Rueda delantera**	3.50-10J-175kPa
Embrague	Automático	**Rueda posterior**	3.50-10J-225kPa
Transmisión	Automática	**Freno delantero**	Disco
		Freno posterior	Tambor

Fuente: Jianshetrade (2013)

2.2 Parámetros fundamentales para definir el banco

Un banco didáctico debe poseer como sus principales características de ser funcional, de fácil manipulación, no comprometer la seguridad de expositores y asistentes.

Su diseño debe ser simplificado y funcional, ser compacto sin ocupar demasiado espacio, con selección de materiales resistentes, mostrar una estética amigable al observador, brindar seguridad durante la demostración, usar comandos sencillos para su manejo, una red de cableado segura y discreta.

Como ya han sido seleccionados el tipo de motor y transmisión que se utilizará en el proyecto; visualizando su construcción se ha decidido utilizar una parte del chasis

original del scooter, para dar una mejor sujeción de las partes fijas y móviles que son parte del motor y la transmisión, y una sencilla forma de muestreo.

Para el diseño de la estructura se debe tomar en cuenta pesos y cargas a soportar, así como las dimensiones del conjunto motor-transmisión y la selección de los materiales a utilizarse que brinden el factor de seguridad adecuado al realizar un análisis de esfuerzos en un software.

Para iniciar con el diseño del banco se debe tener en cuenta la carga principal a soportar, que es del motor y la transmisión para ello se obtuvo la magnitud del peso en una balanza industrial.

Figura 2.1. Parte del chasis original del scooter
Fuente: Autores

También tenemos en cuenta la dimensión que ocupa el conjunto motor y transmisión para un correcto diseño, a más de los posibles elementos que se puedan adjuntar.

2.2.1 Dimensiones principales

El banco didáctico debe brindar seguridad, estabilidad durante su funcionamiento y una fácil visualización por parte de las personas que lo observan, ser estéticamente atractivo con una distribución correcta de espacios, para ello se ha obtenido las medidas de la sección chasis del scooter que se va a utilizar como soporte para el conjunto motor-transmisión, tomando estas dimensiones como punto de partida para seleccionar el tamaño de la superficie requerida para montar los elementos que conformarán el banco didáctico y teniendo en cuenta que a más del motor y la transmisión se va a necesitar espacio para los comandos y otros elementos adicionales para el funcionamiento del proyecto propuesto.

Inicialmente seleccionamos el tramo de chasis del scooter que se utilizará como parte de la estructura para soportar el conjunto motor-transmisión.

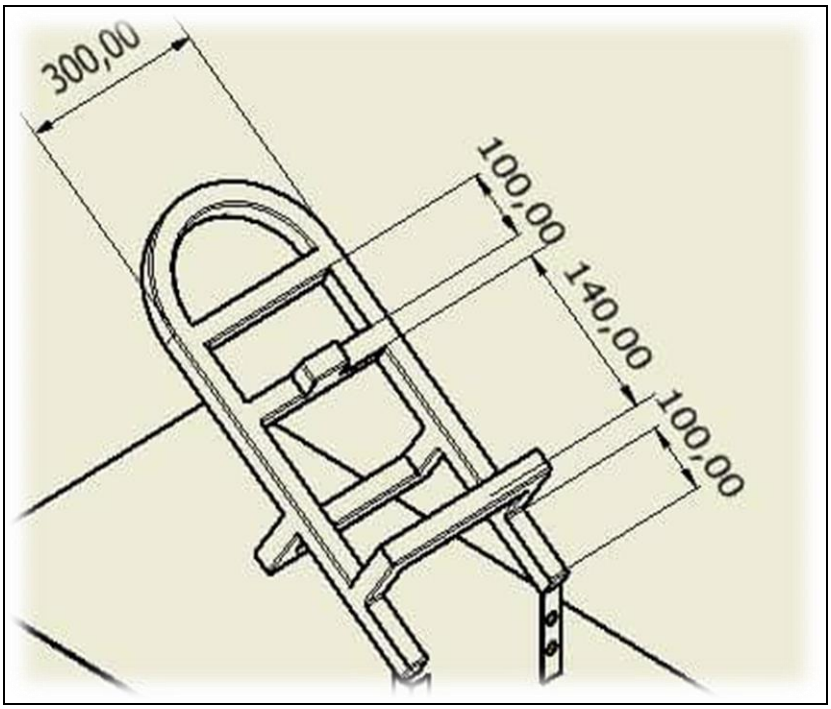


Figura 2.2. Dimensiones principales de la sección de chasis
Fuente: Autores

Al obtener las medidas de la sección del chasis que es de 900 mm de largo por 300 mm de ancho, para mantener un parámetro de seguridad y estabilidad en la plataforma de soporte del banco didáctico y proyectándose a la instalación de un panel de instrumentos de mando o colocación de una laptop que sería un cuadro de unos 500 mm se ha planteado que el tamaño de la superficie de la plataforma sea 1500 x 800 mm.

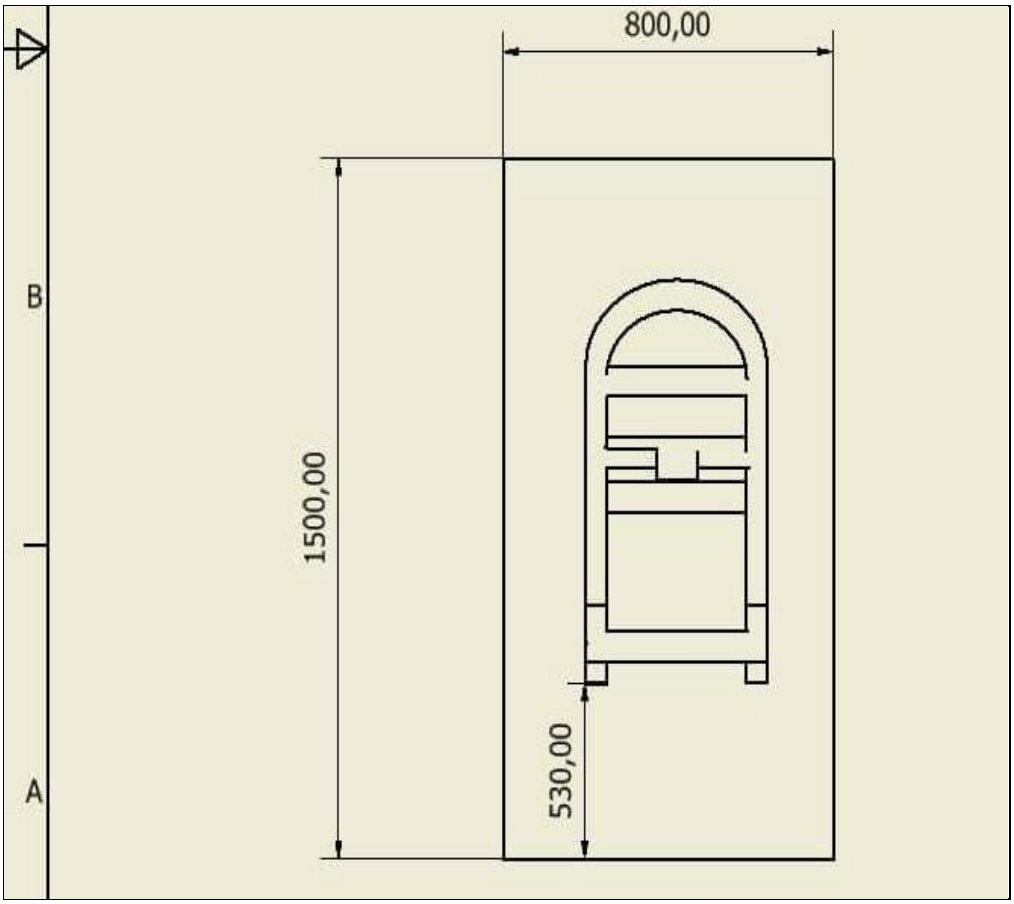


Figura 2.3. Dimensiones principales.
Fuente: autores

Se ha considerado una altura que brinde seguridad con un centro de gravedad bajo que soporte las vibraciones, pero considerando que debe permitir una fácil visualización durante su funcionamiento, se ha considerado una altura para la plataforma de 520 mm sin ruedas, y el chasis del conjunto motor-transmisión a una altura de 200 mm de la plataforma, tomando en cuenta que debe existir un espacio de la plataforma al conjunto motor-transmisión para que una rueda pueda girar libremente.

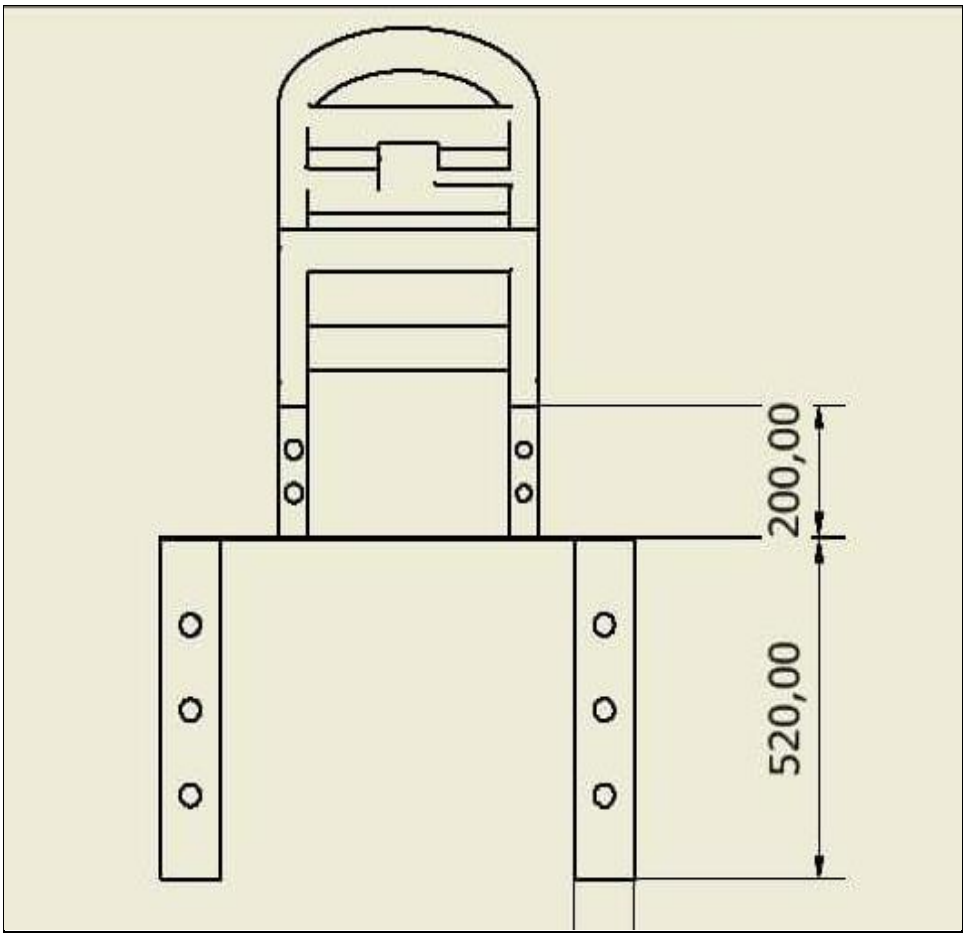


Figura 2.4. Dimensiones principales del banco otra perspectiva
Fuente: Autores

2.2.2 Materiales para la estructura

Los materiales a utilizarse en el diseño y la construcción del banco son un factor importante ya que enmarcan la seguridad durante su funcionamiento, la estética y sobretodo la durabilidad que adquiera éste, proyectándose a que sirva como material didáctico de uso continuo los materiales utilizados deberán seleccionarse de manera correcta.

Para una correcta selección de materiales a utilizarse en el diseño y construcción del banco didáctico se debe tener en cuenta algunos parámetros:

- Economía del material, que posea una eficiente relación peso-resistencia.

- De acceso fácil en el mercado
- Que brinden facilidad para efectuar uniones entre los miembros
- Económicamente accesibles.

Dentro de nuestro medio encontramos varias casas fabricantes de materiales para estructuras, pero que cumplen su fabricación bajo normas, por lo que las dimensiones y resistencia de sus elementos son los mismos. Por lo que se ha realizado un análisis de los materiales a ser posiblemente utilizados en la construcción de la estructura del banco didáctico, dentro de los cuales encontramos los siguientes argumentos para la selección de materiales, ya que existen diversas aplicaciones y de esto depende la fabricación y las características de los materiales.

A continuación, se menciona los materiales y sus aplicaciones de los cuales se seleccionará los más idóneos para el diseño y construcción del banco didáctico.

- Tubos cuadrados, fabricados bajo la norma NTE INEN 2415, que según el fabricante Novacero pueden considerarse para las siguientes aplicaciones: cerramientos, cubiertas especiales, juegos infantiles, pasamanos, fabricación de andamios, tubos para postes de luz. Otros usos: estructuras para letreros, máquinas para gimnasio, asientos para vehículos, maquinaria industrial, galpones. Estos tubos existen en el mercado en sus diferentes dimensiones. (Ver anexo 2)
- Tubos rectangulares, fabricados bajo la norma NTE INEN 2415, que según el mismo fabricante pueden ser usados para: cerramientos, cubiertas especiales, juegos infantiles, pasamanos, fabricación de andamios, tubos para postes de luz. Otros usos: estructuras para letreros, máquinas para gimnasio, asientos para vehículos y maquinaria industrial. (Ver anexo 3)
- Tubos redondos, fabricados bajo la norma NTE INEN 2415, que según Novacero se aplica en: tubos para postes de luz, guardachoques, manijas para carretillas y estructuras para letreros. (Ver anexo 4)
- Ángulos estructurales, fabricados bajo las normas NTE INEN 2215, NTE INEN 2224, ASTM A36, ASTM A572 GRADO 50, el fabricante sugiere los

siguientes usos: torres de transmisión eléctrica, naves industriales, muebles metálicos y cerrajería. (Ver anexo 5)

- Platina estructural, fabricada bajo la norma NTE INEN 2215, NTE INEN 2222, ASTM A36 (fy= 250 MPa). Se sugieren las siguientes aplicaciones: cerrajería: puertas, ventanas, rejas, pasamanos. estructuras metálicas y muebles metálicos. (Ver anexo 6)
- Tes estructurales fabricados, elaborado bajo las normas NTE INEN 2215 NTE INEN 2234 ASTM A36. El fabricante Novacero sugiere las siguientes aplicaciones: estructuras especiales, celosías, cerchas, puertas, ventanas, carrocería para vehículo, elementos ornamentales, rejas y cerramientos. (Ver anexo 7).
- Planchas de acero, cuyas aplicaciones pueden ser: conformación de estructuras en general, fabricación de tanques, estructura de puentes, plataformas, placas, muebles metálicos, carpintería metálica, puertas, señalización, autopartes, etc. (Ver anexo 8)

De los materiales mencionados, se han seleccionado aquellos que serán útiles en el diseño y construcción de la estructura del banco didáctico, entre los que están:

- ✓ Tubo cuadrado de 2”.
- ✓ Tubo rectangular de 1” X 2”.
- ✓ Tubo redondo de 2”.
- ✓ Angulo estructural AL65X6.
- ✓ Platina estructural PL30X4.
- ✓ Plancha de acero de 4 mm laminada en caliente.
- ✓ Ruedas fijas.
- ✓ Ruedas direccionales giratorias.
- ✓ Plancha de aluminio de 2 mm.
- ✓ El chasis del scooter está diseñado con un tubo de 1 ½” y con platinas de 1/8 de espesor.
- ✓ Adaptación de freno con caliper en el eje de salida de la transmisión CVT.

2.3 Diseño de la estructura

Para diseñar la estructura se utilizó el programa “Inventor”, tomándose en cuenta las medidas del conjunto: motor-transmisión y la sección del chasis de la motocicleta. De igual forma, se consideraron las dimensiones de los materiales comerciales seleccionados para la construcción de la misma estructura, con la finalidad de obtener una simulación, lo más real posible, de resistencia de materiales.

Inicialmente, para realizar el bosquejo de lo que sería la maqueta, se investigaron los materiales que se pueden conseguir en el mercado, y luego se procedió a diseñar.

2.3.1. Sistema de freno con cáliper.

Para poder contrastar el funcionamiento de la transmisiòn variable continua y generar la variación de diámetros de las poleas, es necesario un mecanismo que se oponga al movimiento del eje de salida de la transmisión.

El freno es un mecanismo ideal para los fines planteados. Por lo que se ha propuesto adaptar un sistema de freno de disco con cáliper, esto por su eficacia de frenado, volumen, su sencilla adaptación y accesibilidad económica.

Para el diseño del sistema de freno se han tomado medidas referenciales del freno de disco delantero del scooter Jianshe, del cual se obtuvo la transmisión.

2.3.1.1. Cálculo del sistema de freno.

Para iniciar con el cálculo del sistema de freno se necesita conocer el torque maximo que entrega el eje de salida (Tsc). Para esto, hay que considerar la relación de transmisión del grupo de engranajes anterior al eje de salida a la rueda, así como la varición mínima y máxima de los diámetros de las poleas.

- Par máximo entregado por el motor según datos de fabricante es 8,3 Nm.

- El diámetro mínimo de la polea conductora es de 0,05 m., el diámetro máximo de la polea conducida es de 0,13 m., obteniendo una primera relación de transmisión.

$$Rt1 = \frac{\emptyset conducido}{\emptyset conductor} = \frac{13}{5} = 2.6$$

- El grupo reductor de salida está conformado por cuatro engranajes, del cual se obtiene una segunda relación de transmisión.

$$Rt2 = \frac{Nconducido}{Nconductor} = \frac{N2}{N1} \times \frac{N4}{N3} = \frac{42}{15} \times \frac{40}{13} = 8{,}6$$

- El torque máximo que se puede obetener en el eje de salida es:

$$Tsc = 8{,}3 \times 2{,}6 \times 8{,}6 = 185{,}6\ Nm.$$

Variables que se toman en cuenta para realizar el cálculo del sistema de freno:

Tabla 2.1. Variables para el cálculo del sistema de freno.

VALORES DE CÁLCULO DEL SISTEMA DE FRENO		
DENOMINACION	SIMBOLO	VALOR
Radio interior de la pastilla	Ri	55 mm
Radio exterior de la pastilla	Ro	90 mm
Diámetro del pistón	ø	26 mm
Ángulo 1 que demarca la pastilla	Θ1	64º
Ángulo 2 que enmarca la pastilla	Θ2	116º
Coheficiente de fricción	*f*	0,33
Par de eje de salida	Tsc	185,6 Nm

Fuente: Autores

En la siguiente figura, tomada del libro de "Ingeniería mecánica de Shigley, se observan los datos anteriormente mencionados.

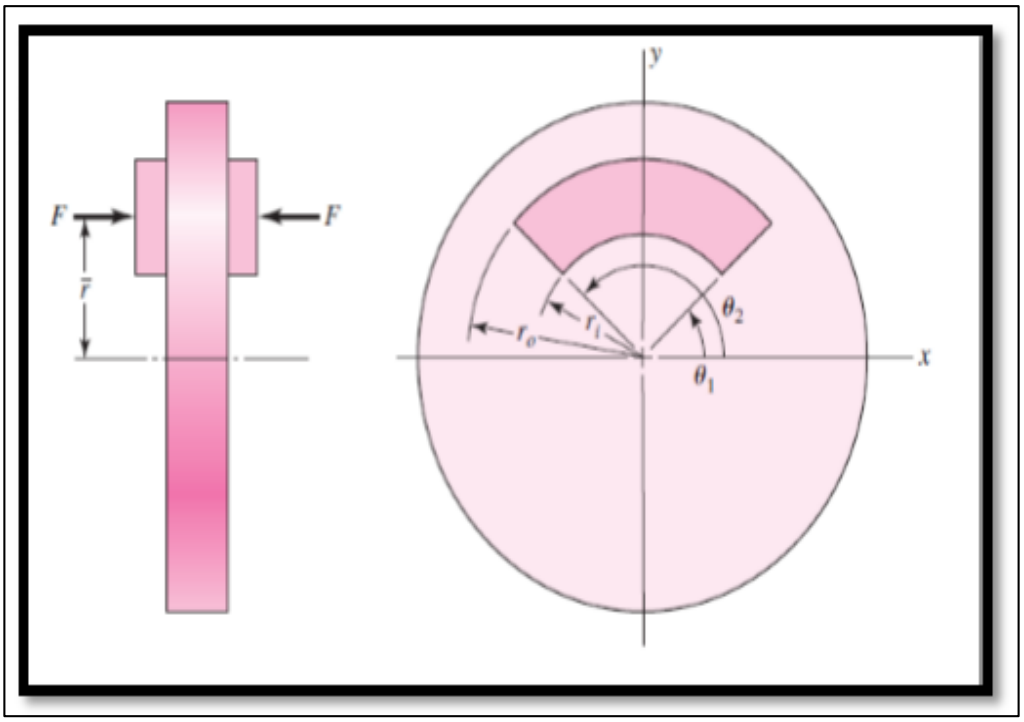


Figura 2.5. Valores de cálculo del sistema de freno
Fuente: Shigley, 1997

2.3.1.2. Cálculo de la presión normal de funcionamiento

$$Pa = \frac{\frac{Tsc}{2}}{(\theta 2 - \theta 1) \times f \times \frac{Ri(Ro^{2-Ri^2})}{2}} = 2220161{,}6\ Pa = 322\ Psi$$

2.3.1.3. Cálculo de la Fuerza de accionamiento

$$Fac = \frac{(\theta 2 - \theta 1)\pi}{180} \times Pa \times Ri(Ro - Ri) = 3878{,}5\ N.$$

2.3.1.4. Cálculo del radio Equivalente

$$re = \frac{Ro + Ri}{2} = 0{,}0725\ m.$$

2.3.1.5. Cálculo ubicación de la fuerza

$$rf = \frac{cos\theta 1 - cos\theta 2}{\frac{(\theta 2 - \theta 1)\pi}{180}} \times re \ = 0{,}07\ m$$

2.3.1.6. Cálculo de la presión hidráulica

$$Ph = \frac{Fac}{Apiston} = \frac{\frac{3878{,}5}{2}}{\frac{\pi(0{,}027)^{2}}{4}} \ = 3{,}65 Mpa \ = 529{,}75\ Psi$$

Con los valores obtenidos y comparados con la tabla del libro de Shigley (1997), se indica que el freno cumple su función, plenamente, al ser adaptado en el banco didáctico.

2.3.2. Cálculo del grupo reductor al eje de salida

En la polea variable de salida se encuentra un grupo reductor de piñones encargado de transformar las revoluciones que se dan en la polea y aumentar el torque de salida a la rueda.

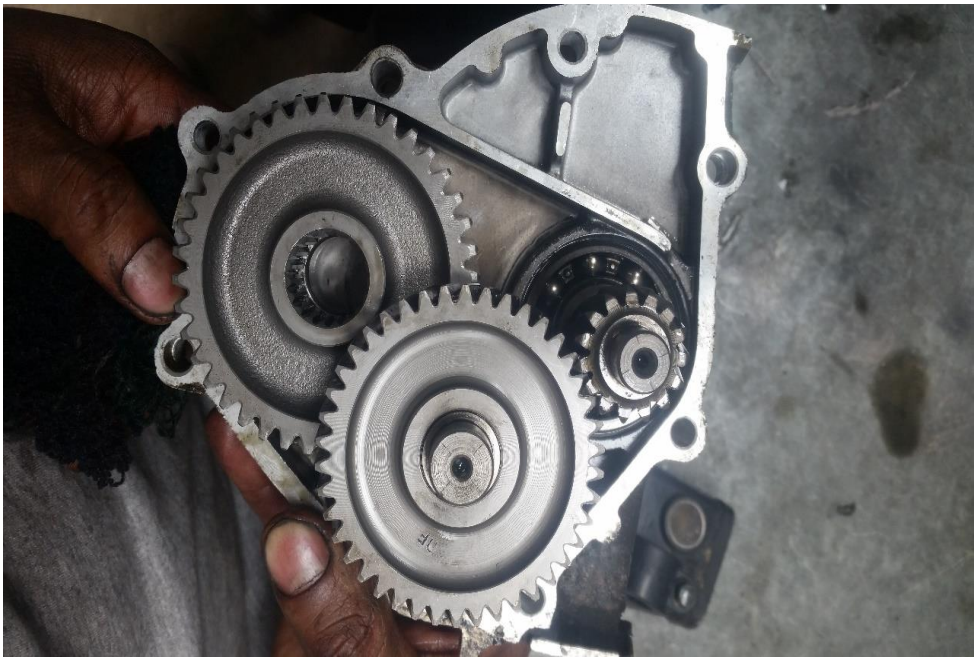


Figura 2.6. Grupo reductor

Fuente: Autores

Figura 2.7. Grupo reductor perspectiva
Fuente: Autores

En el grupo reductor se obtuvieron los siguientes datos para encontrar la relación de transmisión. Tomando como el eje de entrada el piñón conectado a la polea de salida y denominado en este caso como Z1.

$$Z1 = 15 \qquad Z2 = 42 \qquad Z3 = 13 \qquad Z4 = 40$$

$$RT = \frac{Z\ Conducido}{Z\ Conductor}$$

$$RT = \frac{42}{15}\ x\ \frac{40}{13} = 8{,}61$$

Para realizar el cálculo de revoluciones de salida aplicamos la siguiente ecuación:

$$\frac{RPM\ entrada}{RPM\ salida} = \frac{Z\ conducidos}{Z\ conductores}$$

Por ejemplo si las revoluciones de la polea variable de salida son de 4000 rpm obtendremos los siguientes valores en la rueda:

$$\frac{4000}{x} = 8{,}61$$

$$x = 464.57 \text{ rpm.}$$

2.3.3. Trazado de elementos en 3D

Se empieza diseñando el bosquejo de la plataforma de la estructura, con las dimensiones seleccionadas anteriormente y el chasis, elegido para la sujeción del conjunto motor-transmisión.

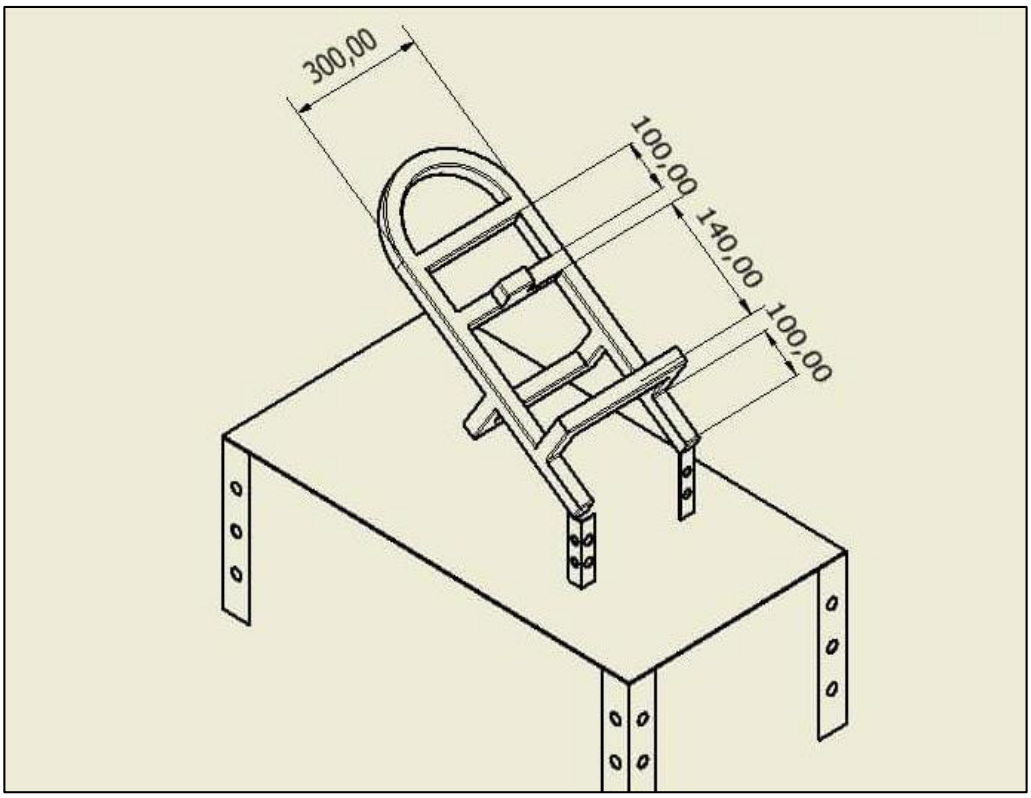


Figura 2.8. Primer bosquejo de la estructura de la maqueta.
Fuente: Autores

Una vez realizado el bosquejo, se utilizó el programa "Inventor", con el que se pudo dar cuerpo a los elementos que conformarán el banco didáctico.

Se inició el diseño de la parte de la estructura en 3D, la misma que servirá de plataforma para el banco didáctico, teniendo en cuenta que debe brindar estabilidad y seguridad. Se la diseñó con las medidas establecidas anteriormente.

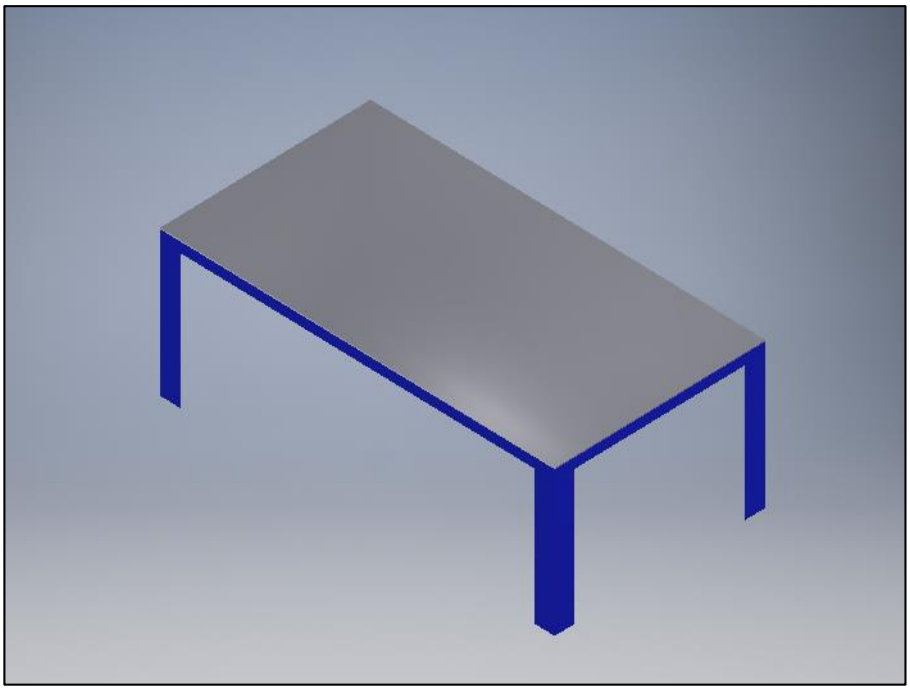


Figura 2.9. Diseño de la plataforma de soporte del conjunto del banco didáctico.
Fuente: Autores

Luego se procedió a seleccionar chasis, que fue empleado como el soporte del conjunto motor-transmisión, con las medidas de la sección elegida.

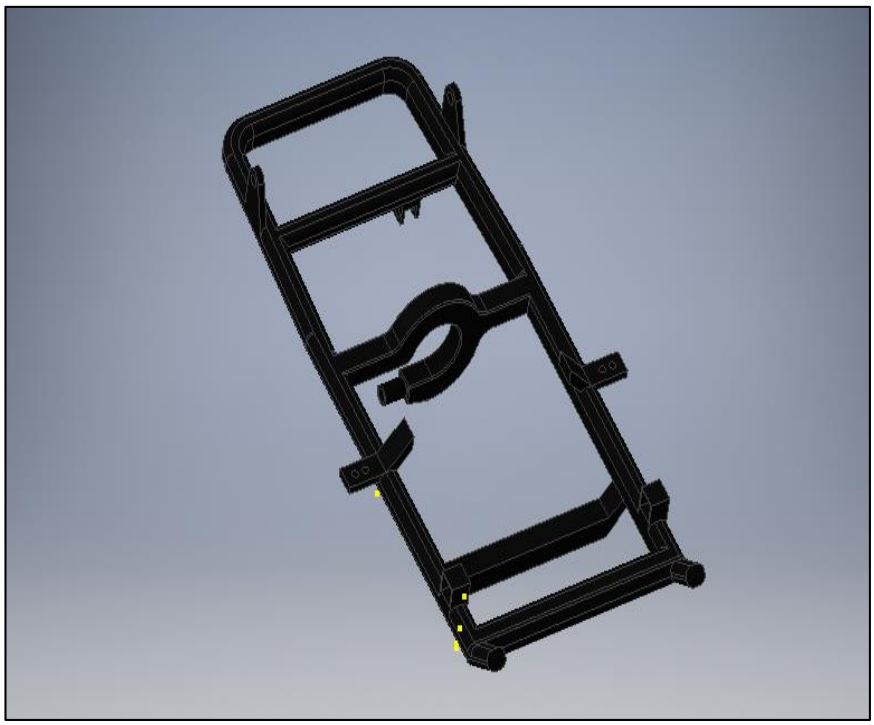


Figura 2.10. Diseño de fragmento de chasis original de scooter
Fuente: Autores

La primera unión en el diseño está formada por el montaje de la fracción del chasis en conjunto con la plataforma que serán el bastidor principal del banco didáctico.

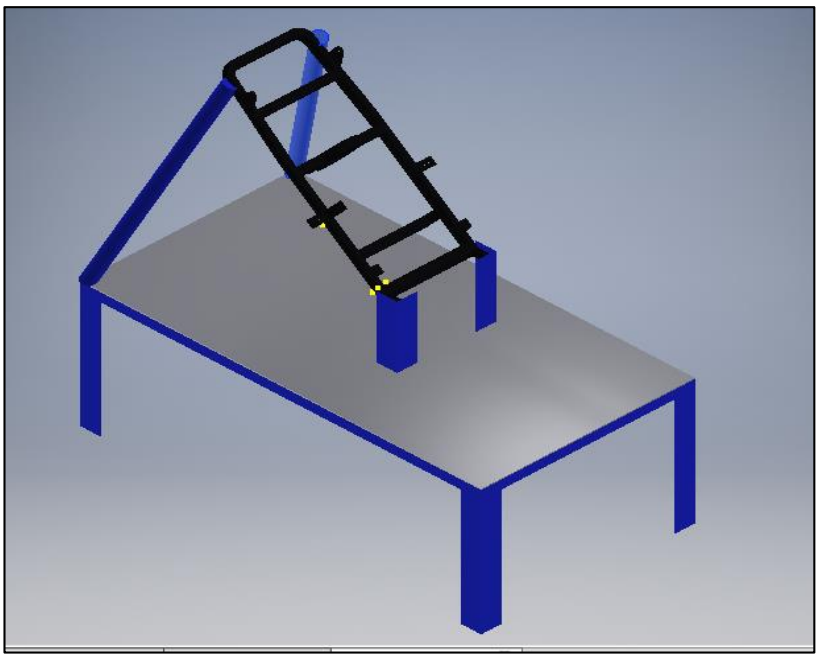


Figura 2.11. Conjunto principal de soporte de banco didáctico
Fuente: Autores

Continuamente se diseñó el panel de instrumentos y base para laptop, esto para muestreo de gráficas, que dan forma determinada a la estructura.

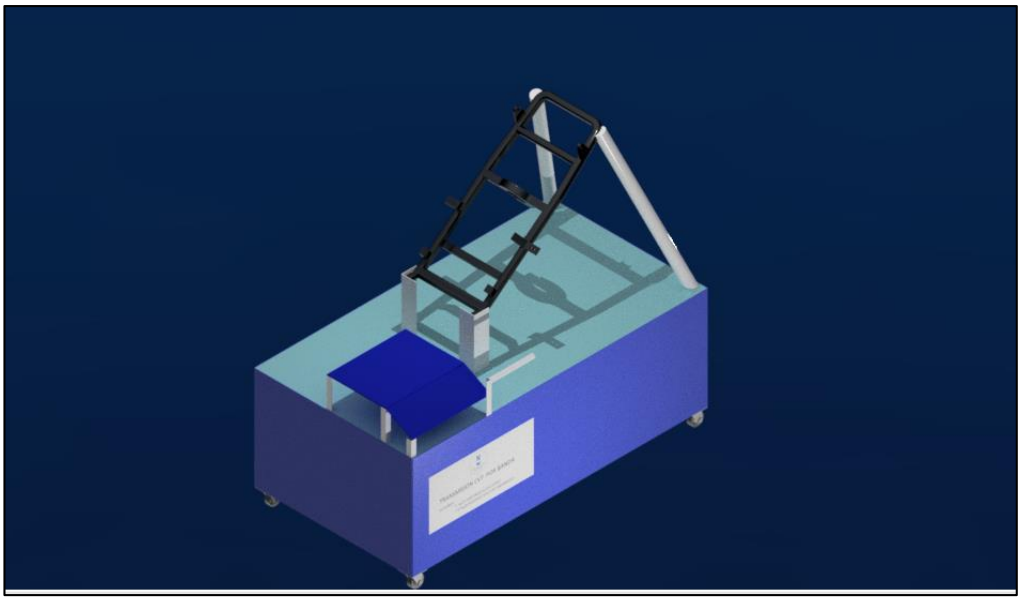


Figura 2.12. Panel de instrumentos y base para laptop.
Fuente: Autores

Una vez realizado el diseño de la estructura que servirá como bastidor, se elaboró el dibujo de cada una de las piezas que conforman el conjunto motor-transmisión, para posteriormente montarlas en el diseño de la estructura, e ir dando forma al banco didáctico.

A continuación se muestra el diseño de la cabeza de cilindro del motor del scooter, parte esencial en el funcionamiento del motor y encargado de dar movimiento a la transmisión variable continúa.

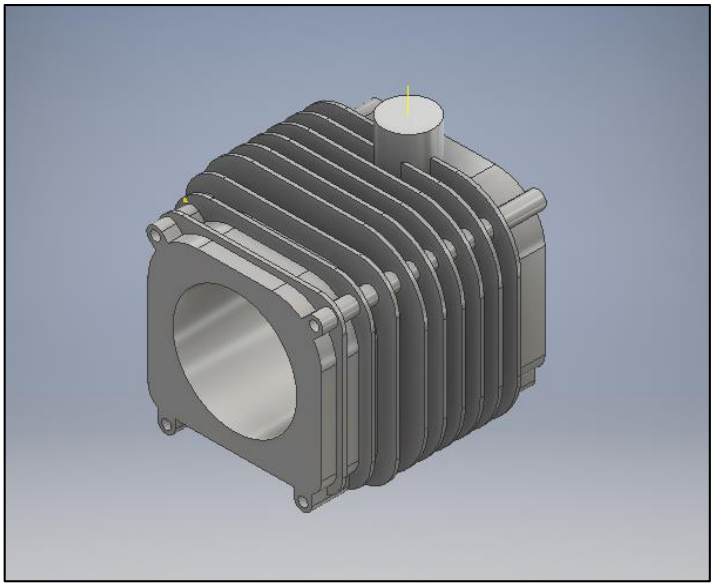


Figura 2.13. Cabeza de cilindro del motor Jianshe
Fuente: Autores

Se muestra la polea conducida de diámetro variable que funciona con muelles que según la fuerza centrífuga los muelles ceden y permiten recorrer una de las paredes de la polea y así variar el diámetro de la polea en conjunto.

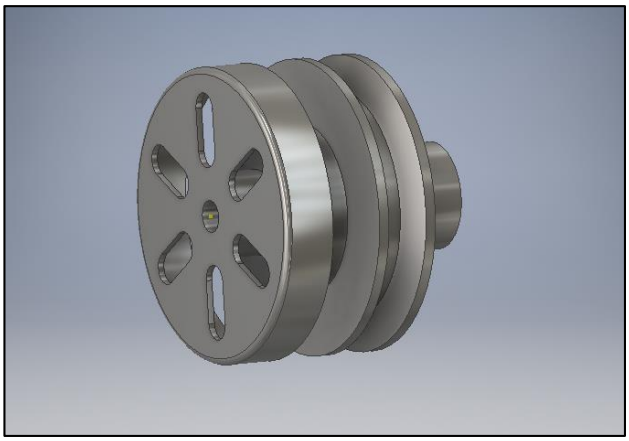


Figura 2.14. Polea conducida de diámetro variable.
Fuente: Autores

A continuación se observa la polea conductora de diámetro variable que trabaja igualmente con fuerza centrífuga y varia su diámetro mediante unos contrapesos que se encuentran en su parte posterior y al girar éstos empujan la pared de la polea haciendo variar su diámetro. Ésta polea recibe el movimiento del motor, por lo tanto las revoluciones que entrega el motor, ésta polea las recibe directamente sin variación.

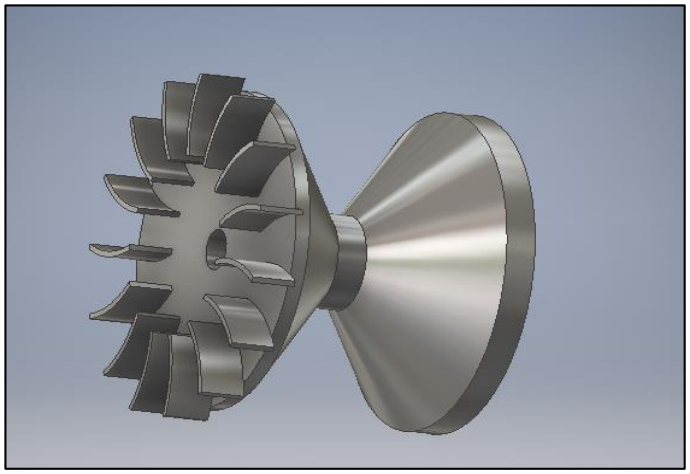


Figura 2.15. Polea conductora de diámetro variable.
Fuente: Autores

Se presenta a continuación el diseño de la banda trapezoidal encargada de transmitir el movimiento de la polea conductora a la conducida y tiene la función de adherirse a las paredes de las poleas para mantener la transmisión de movimiento con las mínimas pérdidas por fricción.

Figura 2.16. Banda trapezoidal para transmitir el movimiento entre poleas.
Fuente: Autores

Se muestra el diseño del ventilador donde va montado el imán encargado de generar los pulsos para el chispazo de la bobina. Éste ventilador gira a la misma velocidad de la polea conductora ya que va montado en el eje de salida del motor o cigüeñal.

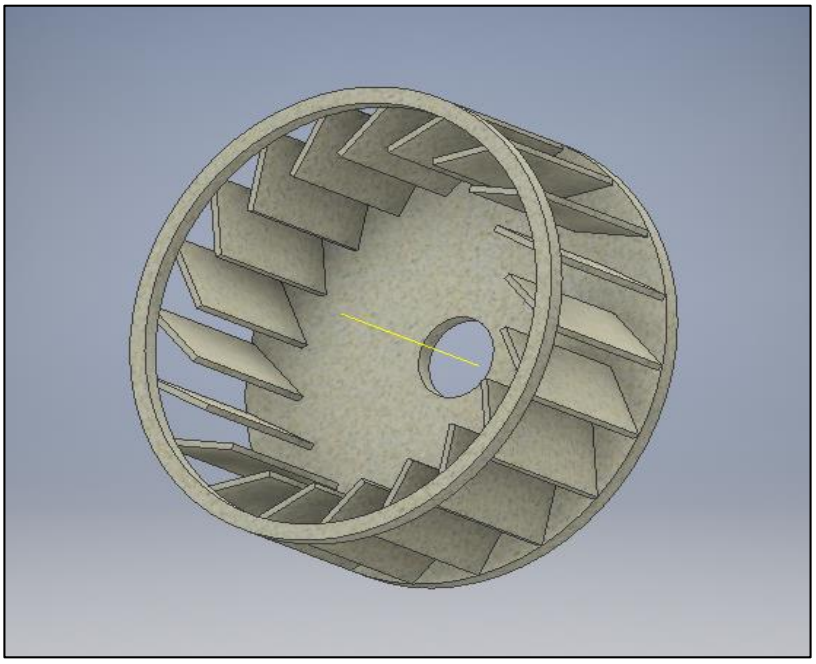


Figura 2.17. Ventilador y generador de pulsos para la bobina.
Fuente: Autores

Se presenta el diseño de un protector de la cabeza de cilindros que muestra una mejor estética en la presentacion de la maqueta.

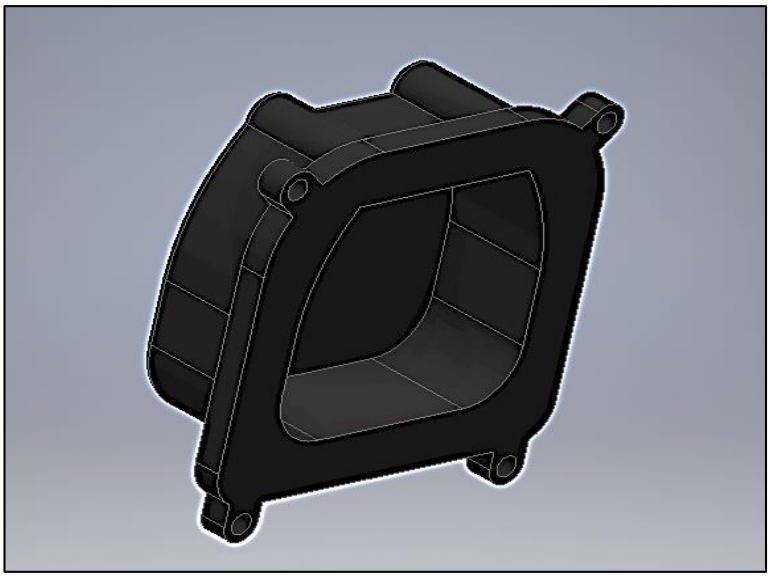


Figura 2.18. Diseño de tapa de cabeza de cilindro.
Fuente: Autores

Una vez dibujadas las partes que conforman el conjunto motor-transmisión, se realizó la primera fusión de fragmentos para dar forma al conjunto. Anteriormente ya se mostraron algunas de las piezas utilizadas en la conformación de éste conjunto.

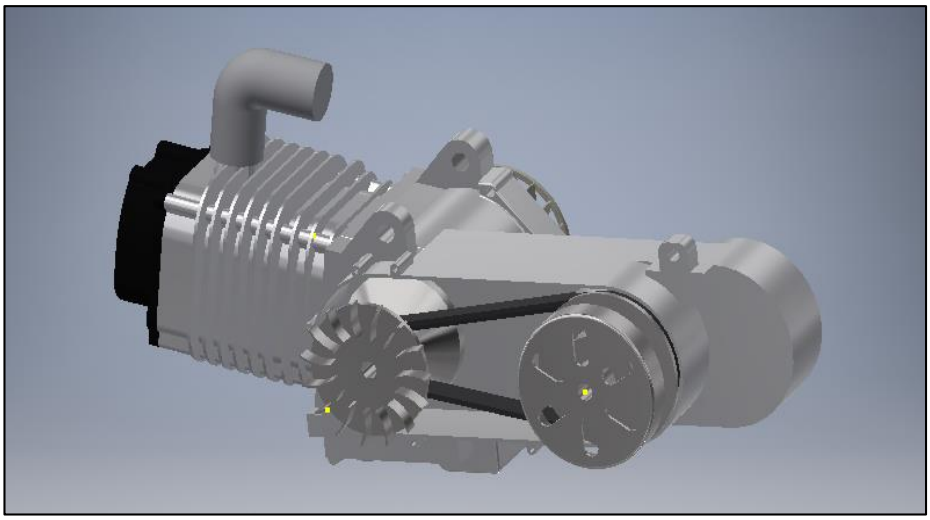


Figura 2.19. Conjunto motor-transmisón
Fuente: Autores

Conformado el diseño de la parte principal, se procedió a diseñar el resto de piezas que conformarán el banco didáctico, las mismas que brindarán su aporte de diferentes maneras, ya sean éstas de fijación, de soporte, o funcionalidad en el trabajo del conjunto.

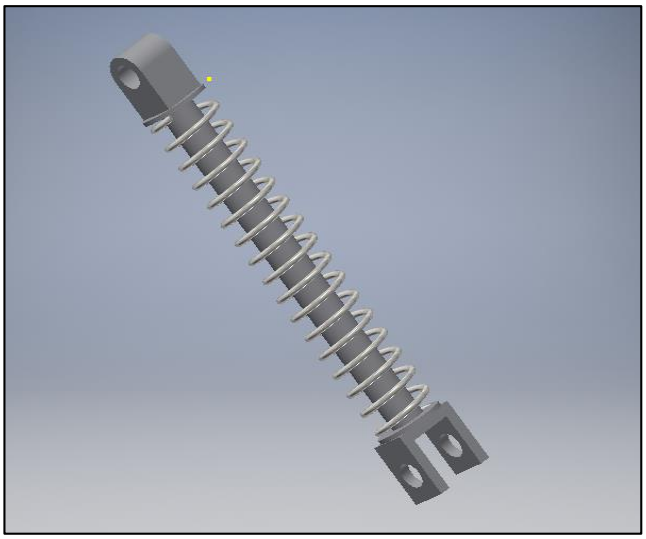


Figura 2.20. Amortiguador que servirá para sujetar el conjunto motor-transmisión a la sección de chasis.
Fuente: Autores

Se muestra el diseño de una de las ruedas que servirá para dar movimiento al conjunto del banco didáctico para la fácil movilización para sus futuras presentaciones.

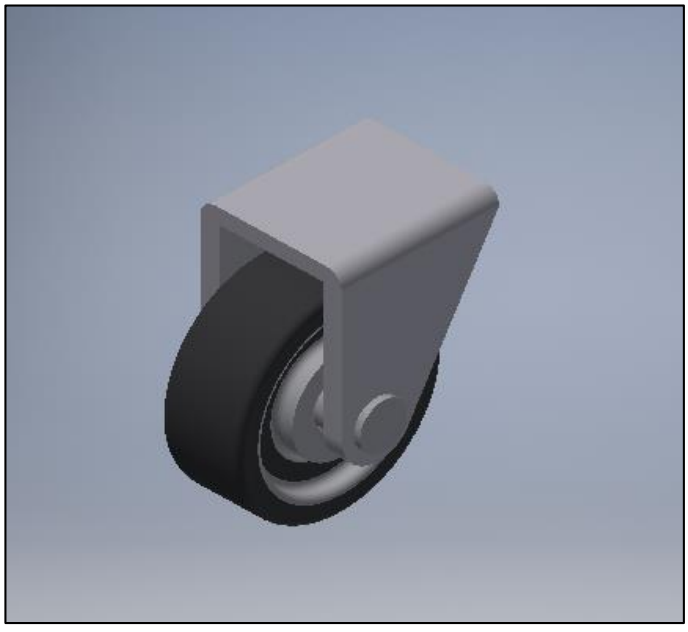


Figura 2.21. Ruedas para movilizar la estructura.
Fuente: Autores

También se muestra el diseño del depósito de combustible encargado de alimentar al motor de nafta para que pueda ser efectiva la presentación del funcionamiento del banco didáctico.

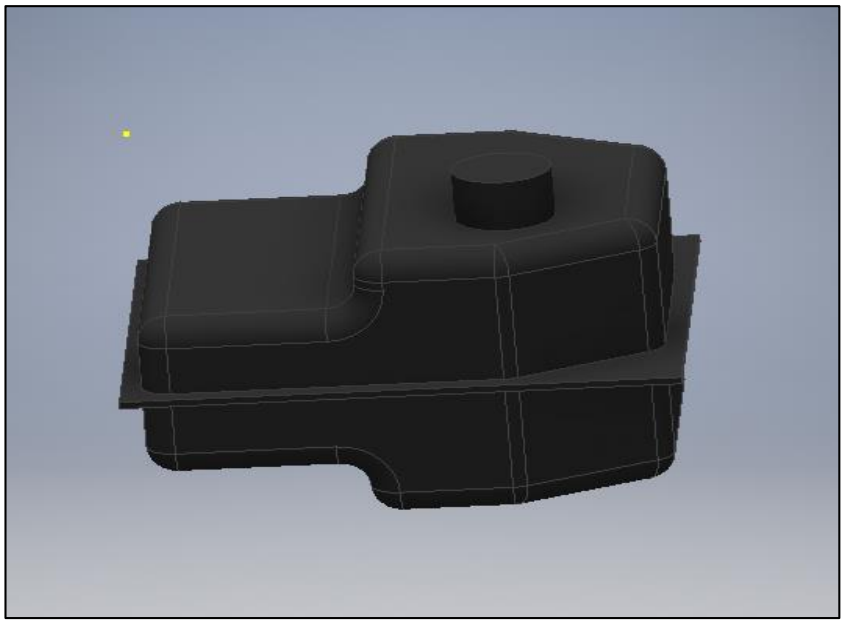


Figura 2.22. Depósito de combustible.
Fuente: Autores

También, es necesario realizar el gráfico de las partes del sistema de freno de cáliper, el mismo que será adaptado para simular los cambios de velocidad y prestaciones en los cambios de potencia. Originalmente la rueda posterior viene con un sistema de freno por tambor y zapatas, que en éste caso no permite la fácil instalación de sensores y la verificación del frenado que se ejerce sobre el eje de salida.

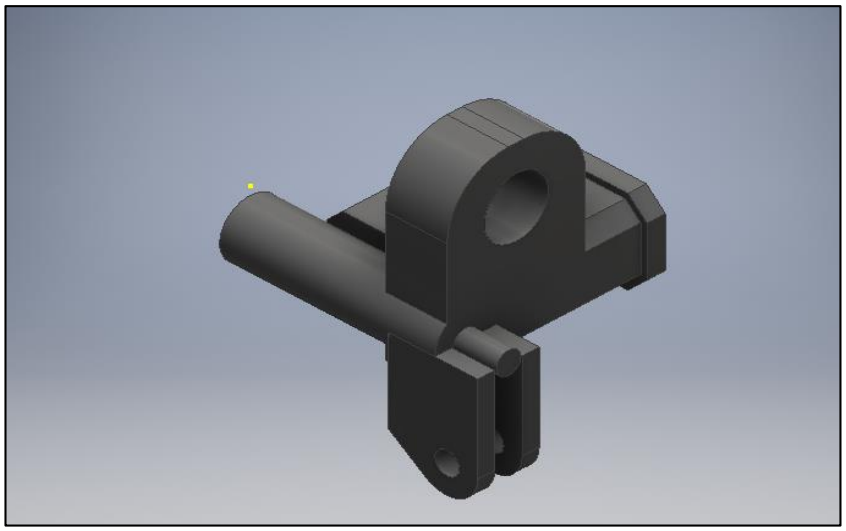


Figura 2.23. Bomba de freno de accionamiento por manigueta.
Fuente: Autores

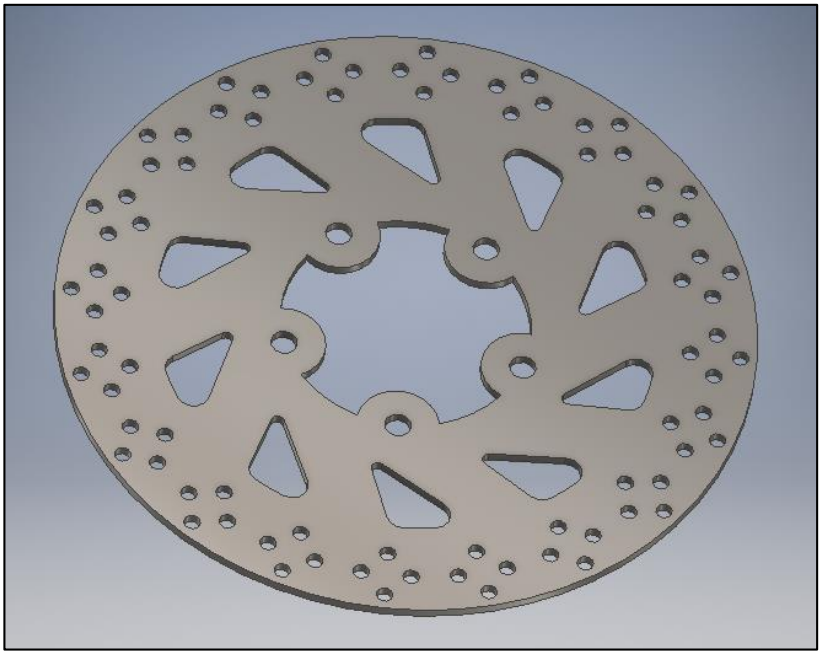


Figura 2.24. Disco de freno.
Fuente: Autores

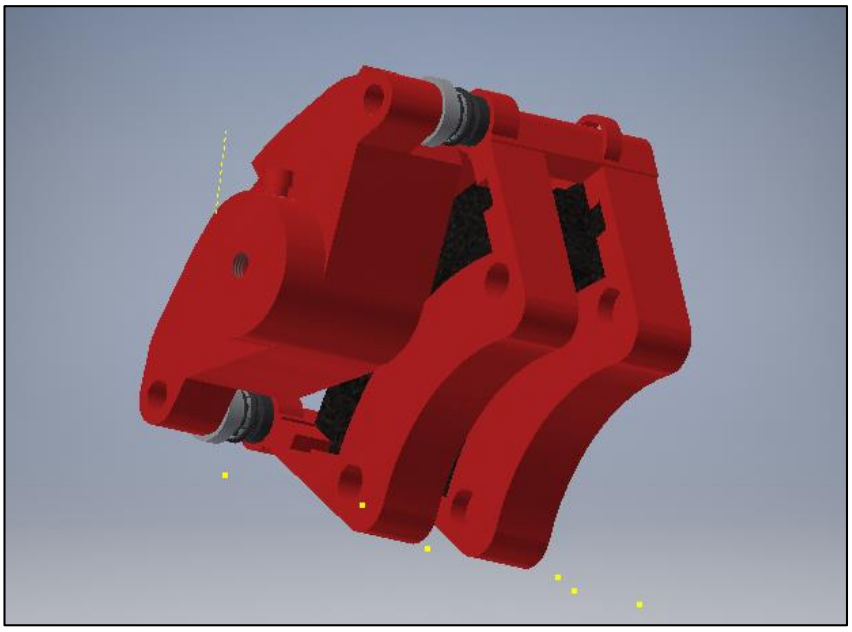


Figura 2.25. Mordaza de freno o cáliper.
Fuente: Autores

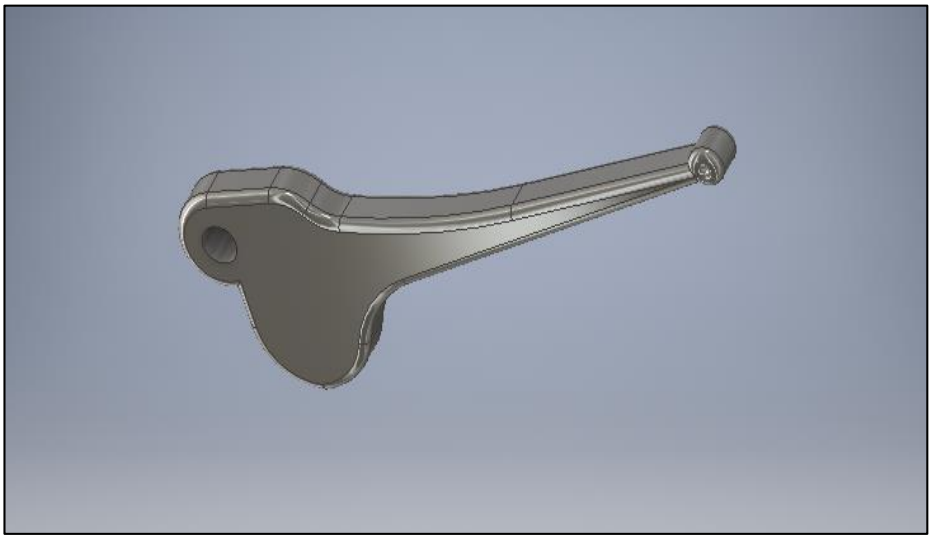


Figura 2.26. Manija accionadora del freno.
Fuente: Autores

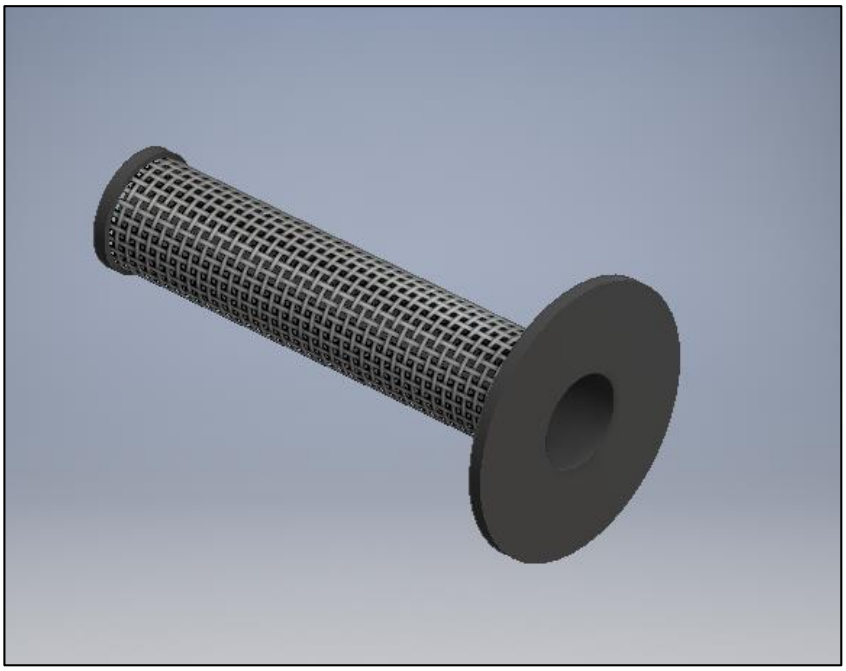


Figura 2.27. Manigueta.
Fuente: Autores

Al terminar con la gráfica de las piezas por separado, a continuación, fueron montadas en conjunto para apreciar la posible forma que puede adquirir el banco didáctico en su posterior construcción, se puede observar en diferentes dimensiones.

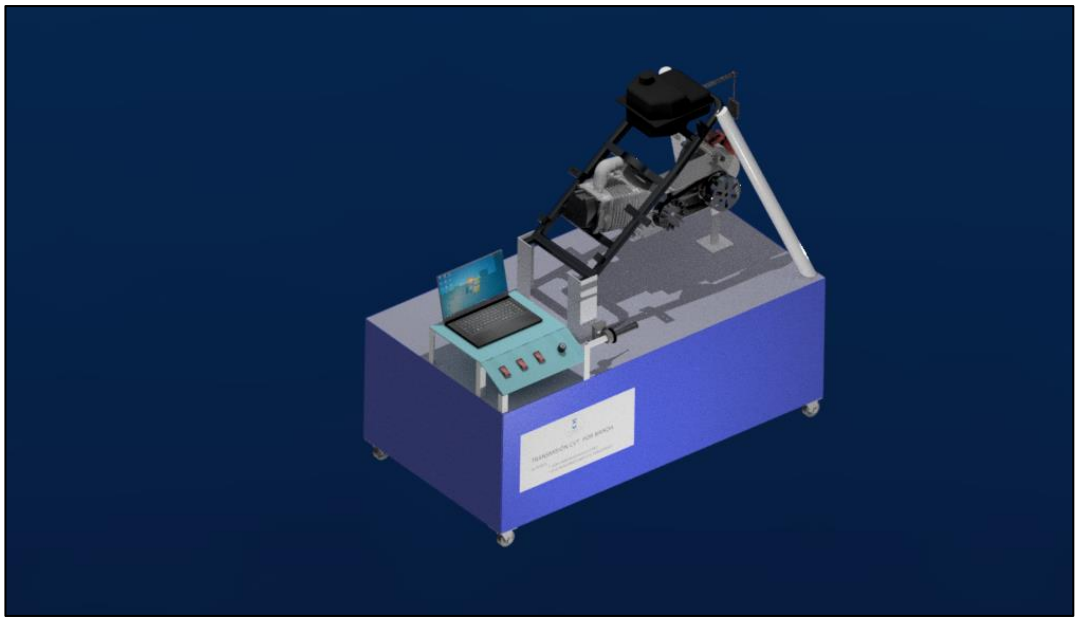


Figura 2.28. Diseño de la estructura con el motor y la transmisión montada.
Fuente: Autores

A continuación se muestra el diseño del banco didáctico incluyendo el panel de instrumentos y la pantalla para el muestreo de las gráficas, ya utilizando las piezas diseñadas anteriormente.

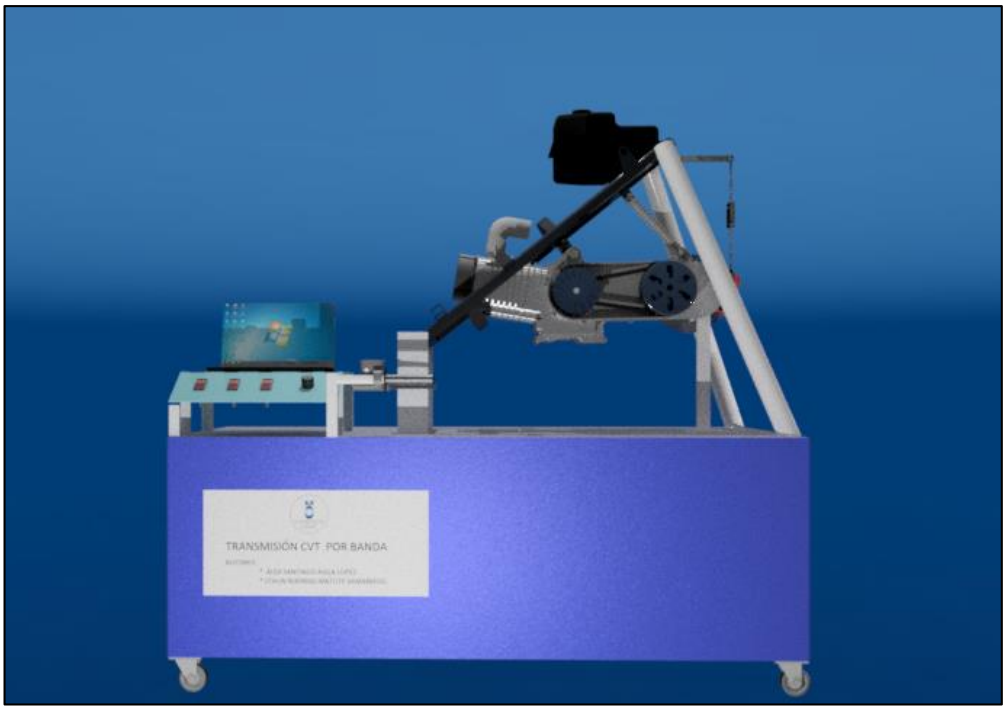


Figura 2.29. Diseño de la estructura en conjunto con motor y transmisión en perspectiva
Fuente: Autores

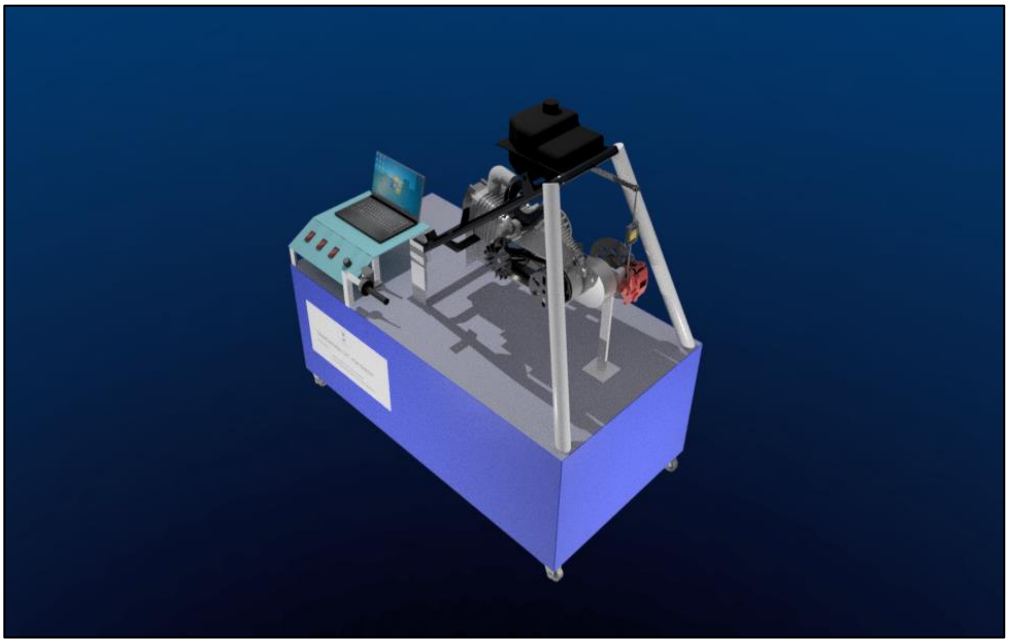


Figura 2.30. Diseño del conjunto de banco didáctico en perspectiva.
Fuente: Autores

2.3.3. Simulación de la estructura.

Una vez realizado el diseño del banco, se procedió a desarrollar las pruebas de simulación mediante la introducción de esfuerzos y pesos a los que estará sometida la estructura, para verificar que la misma soporte con seguridad al momento que esté funcionando.

Para las pruebas de esfuerzos se utilizó el software "Ansys", en donde se introdujeron los valores de cargas y dimensiones del banco, para luego hacer correr el programa y obtener los siguientes resultados, que son satisfactorios para iniciar la construcción del banco didáctico.

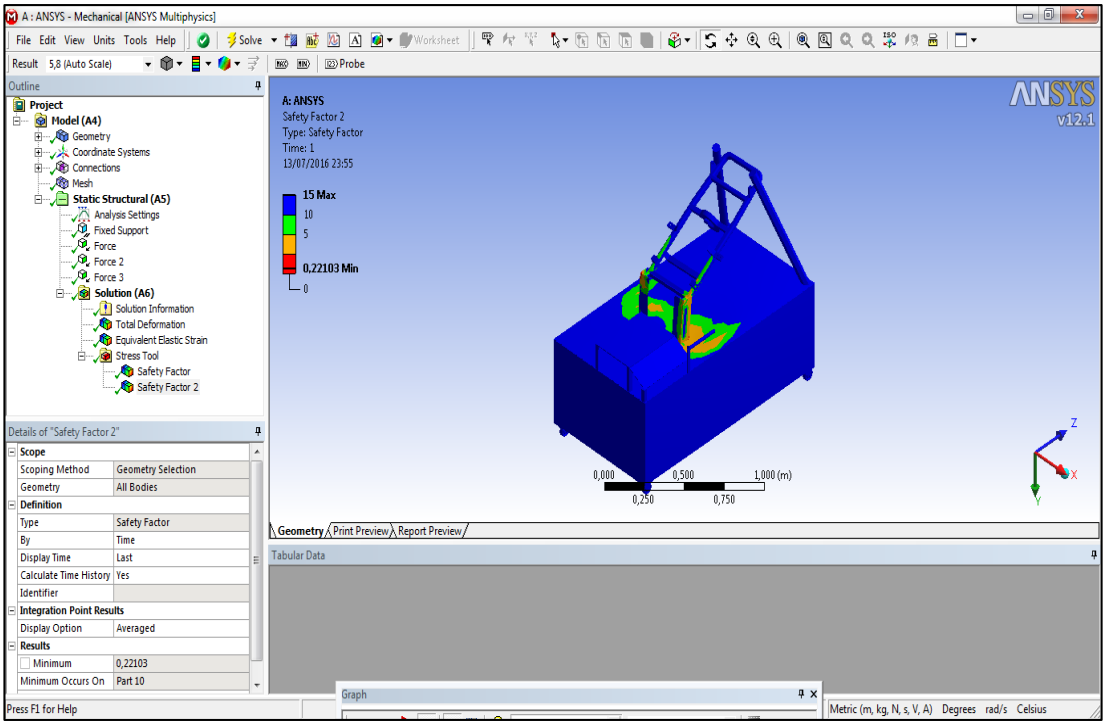


Figura 2.31. Simulación de cargas y análisis de factor de seguridad.
Fuente: Autores

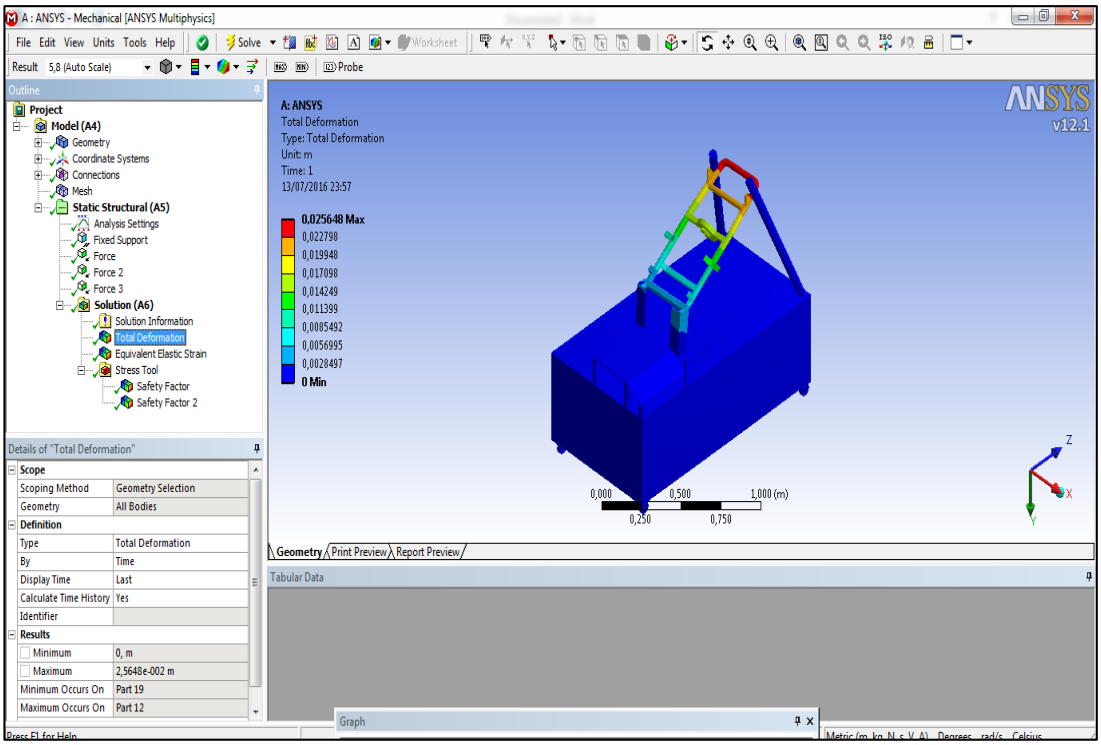


Figura 2.32. Simulación de deformación en la estructura
Fuente: Autores

En el gráfico 46, se observa que se obtiene un factor de seguridad satisfactorio tras las cargas impuestas en la estructura en una situacion estática, por lo que el diseño realizado y los materiales seleccionados son correctos para iniciar con la construcción del banco. En el gráfico 47 se muestra en análisis de la deformación que podria sufrir siendo en este caso el más sensible la seccion de chasis.

Al culminar el estudio, se obtuvieron resultados satisfactorios con el análisis teórico de imperturbabilidad en la estructura de manera estática.

A continuación se muestra el análisis dinámico de la estructura, adicionando datos al análisis anterior para obtener los valores de factor de seguridad dinámico y fatiga-vida.

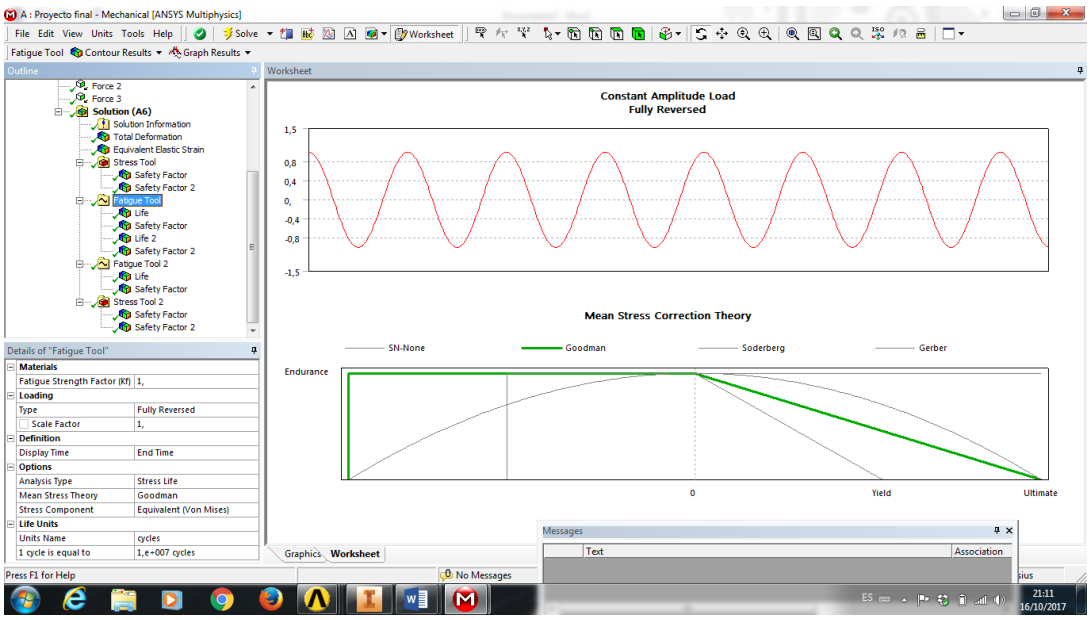


Figura 2.33. Introducción de datos

Fuente: Autores

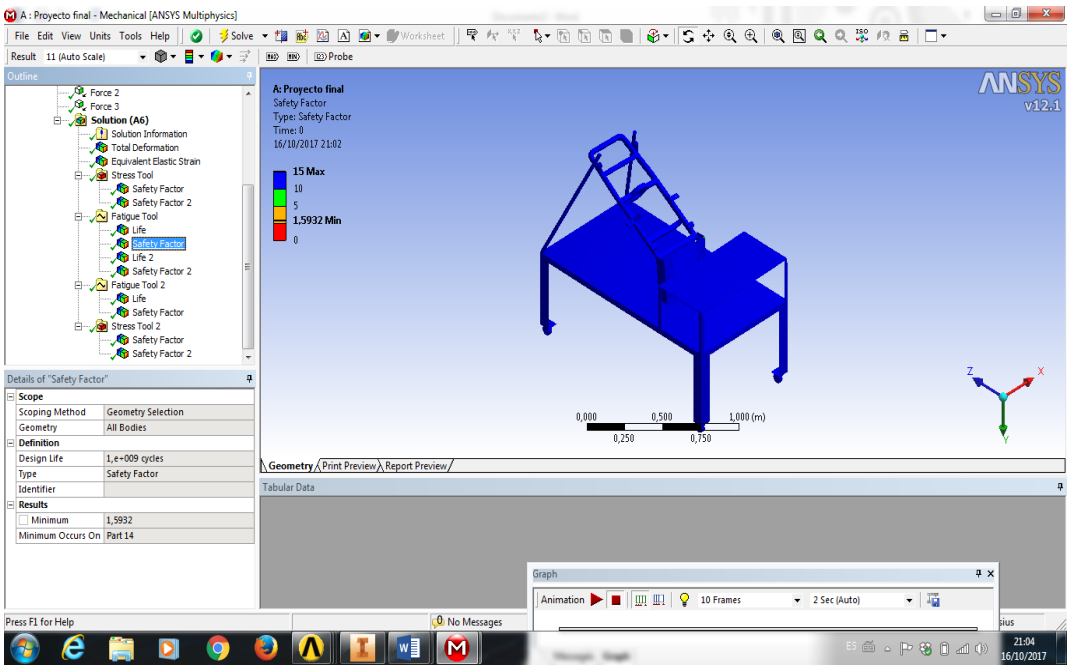


Figura 2.34. Análisis factor de seguridad dinámico.

Fuente: Autores

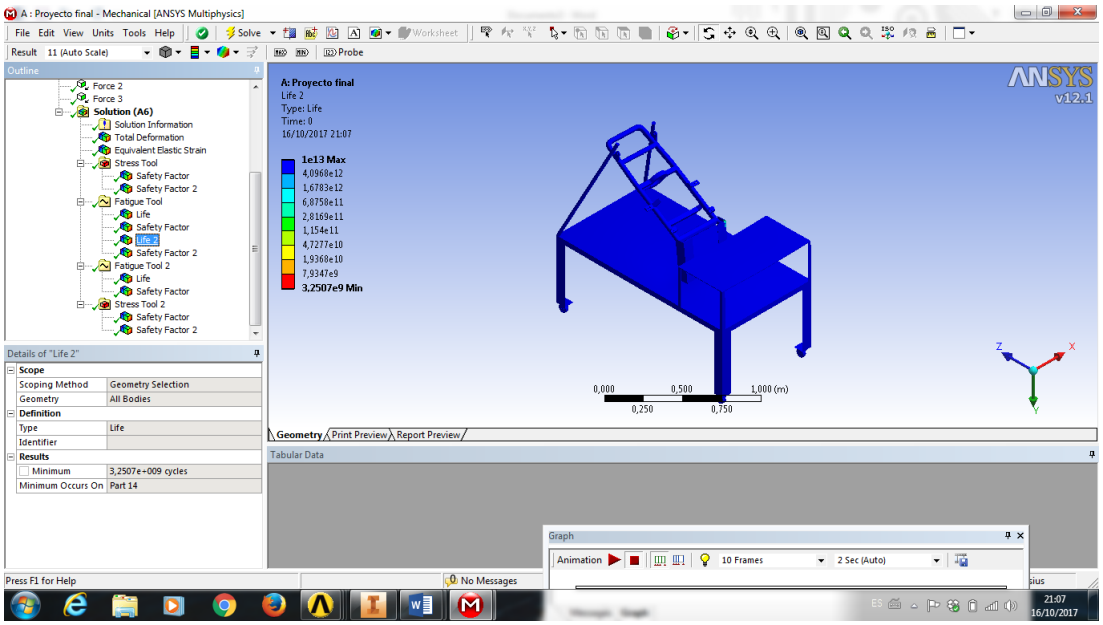


Figura 2.35. Análisis fatiga-vida

Fuente: Autores

CAPITULO III

CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DIDÁCTICO

3.1 Proceso de construcción

Para la construcción del banco didáctico es importante adquirir los materiales seleccionados.

Una vez adquiridos los materiales necesarios para la construcción del banco didáctico, se procede a analizar los posibles tipos de uniones que se pueden utilizar en la construcción de la estructura, con el objetivo de fijar los elementos que darán forma y rigidez al conjunto.

Dentro de las técnicas de unión de elementos metálicos la más común es la soldadura, pero también existen otros tipos de fijación desmontable, tales como los pernos y remaches.

En éste caso se utilizarán los tres métodos de unión de elementos. En primer lugar, para la unión de los fragmentos de la estructura de soporte se utilizará la soldadura con electrodo 6013, debido a su factibilidad en la penetración y rigidez en la unión de elementos metálicos. En segundo lugar, se emplearán los remaches, esto para la fijación de planchas, y por último se utilizarán pernos, para algunos sectores de la estructura que requieran ser desmontables para mantenimiento.

3.2 Construcción y montaje de elementos

Para la construcción de la plataforma se consiguieron los materiales seleccionados en el diseño, y se procedió a realizar los cortes del material con las medidas estipuladas para su posterior unión.

Así mismo, se utilizó una plancha de acero de 4 mm de espesor y se corto a la medida de 1500 x 800 mm. Para la estructura donde se asentará la plancha se soldó el

perfil cuadrado, y como soportes de la mesa se utilizó el ángulo de 2” para dar forma a una parte del bastidor que será del banco didactico.

Figura 3.1. Construcción de la plataforma
Fuente: Autores

Como siguiente paso se precedeió a colocar las ruedas, pero para una fácil movilidad se emplearon dos ruedas fijas y dos giratorias. Finalmente se pintó la plataforma de la estrcutura.

Figura 3.2. Pintura de la plataforma
Fuente: Autores

Para seleccionar el chasis del scooter se soldaron las bases, las que luego fueron sujetadas a la plataforma de soporte y se procede con la pintura.

Figura 3.3. Sección de chasis del scooter adjuntado bases para montar en la plataforma.
Fuente: Autores

En el proceso de sección del chasis, se adaptó un manubrio con la manija para aplicar el freno a la rueda, para este fin se utilizó una sección del timón del scooter.

Figura 3.4. Adaptación del manubrio para aplicar el freno en la estructura.
Fuente: Autores

Una vez pintadas las partes, fueron unidas, con el fin de dar forma a la estructura. Una sección de ángulo en la parte delantera, y un tubo redondo en la parte posterior fueron soldados al chasis. De esta forma la estructura se fijó a la plataforma, dándole la inclinación que tenía originalmente, en el scooter. La sección del chasis se fijó a la plataforma mediante pernos, para que quede desmontable y fácil de mantenerla. También se colocó una base para soportar el instrumento de muestreo de las curvas que se generan durante el funcionamiento del banco didáctico, ésta es de plancha de acero de 2 mm de espesor.

Figura 3.5. Estructura del banco didáctico.
Fuente: Autores

Figura 3.6. Estructura del banco didáctico.
Fuente: Autores

Como siguiente paso, se pintaron los elementos móviles para luego montarlos en conjunto. Se inició con la pintura del conjunto motor-transmisión para mostrar una estética llamativa al espectador.

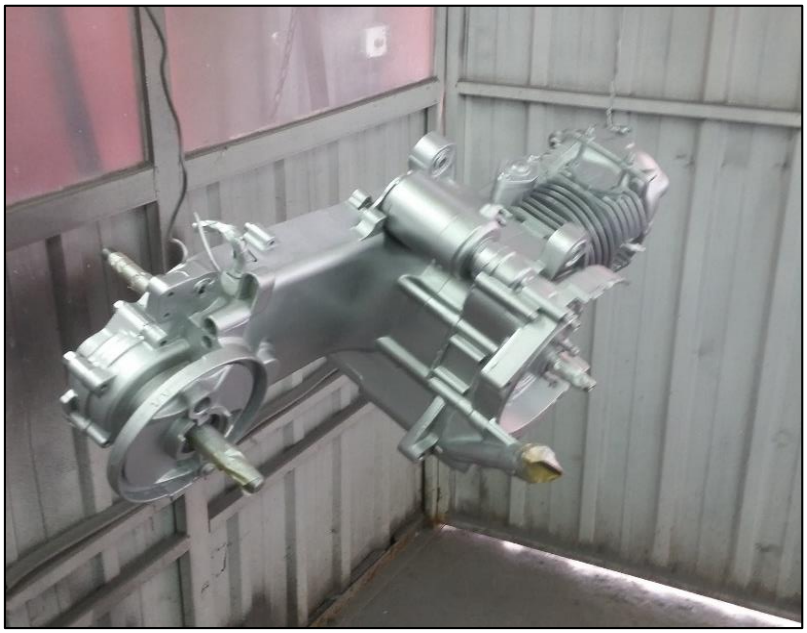


Figura 3.7. Pintura al conjunto motor transmisión.
Fuente. Autores

Luego se procedió a montar el conjunto motor-transmisión en el chasis del banco.

Figura 3.8. Montaje de elementos
Fuente: Autores

Figura 3.9. Sujeción del conjunto motor y transmisión a la estructura.
Fuente: Autores

A continuación, se montaron los elementos restantes, los mismos que son esenciales para el funcionamiento de la estructura, entre estos se encuentra el depósito de combustible.

Figura 3.10. Montaje de elementos del banco didáctico.
Fuente: Autores

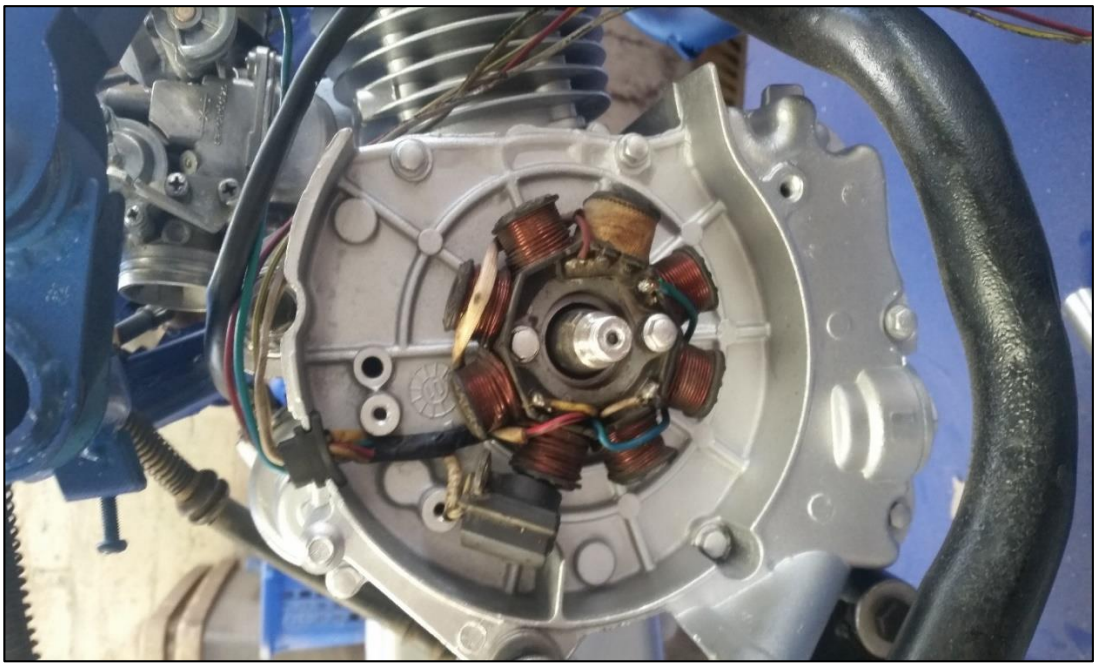


Figura 3.11. Instalación de la parte eléctrica.
Fuente: Autores

Luego se adaptó el sistema de freno de disco en el eje de salida, para lo que se utilizó el disco de freno delantero.

Figura 3.12. Sistema de freno de disco adaptado al eje de salida.
Fuente: Autores

Figura 3.13. Perspectiva de adaptación del sistema de freno.
Fuente: Autores

En la fotografía anterior se muestra el conjunto de freno cáliper, ya culminada su adaptación.

3.3. Generación y captación de señales

3.3.1. Adaptación de sensores en el banco didáctico

3.3.1.1. Medición de las Revoluciones por minuto (RPM) de los ejes

Se realizó la captación de revoluciones de tres elementos que por su acción consienten la facilidad para la demostración del funcionamiento de una transmisión variable continua de poleas variables. Se ha considerado colocar sensores captadores de señal en tres elementos, el primero son las revoluciones del motor, el segundo las revoluciones de la polea variable de salida, y el tercero en el eje de salida a la rueda. Para la recepción de revoluciones de los elementos se utilizó un sensor de efecto hall modelo 44E de tres pines con alimentación de 5V, una masa y un generador de señales, dicha señal se plasma al pasar un imán de neodimio por el sensor.

Para obtener las revoluciones por minuto (rpm), de la polea de entrada o conductora se adaptó el sensor en el ventilador de la dínamo que se acopla a la salida derecha del cigüeñal y que a su vez gira a la misma velocidad que la polea conductora, ya que ésta va conectada al lado izquierdo del cigüeñal. El imán de neodimio se fijó en una de las aletas del ventilador mientras que el sensor 44E se colocó en una parte fija de la carcasa del motor.

Para conseguir el valor de las rpm de la polea variable de salida o conducida se realizaron las adaptaciones de la siguiente forma, el imán de neodimio se acopló a la parte posterior de la polea variable, que es la pared fija de la polea. El sensor 44E se colocó en la estructura del scooter.

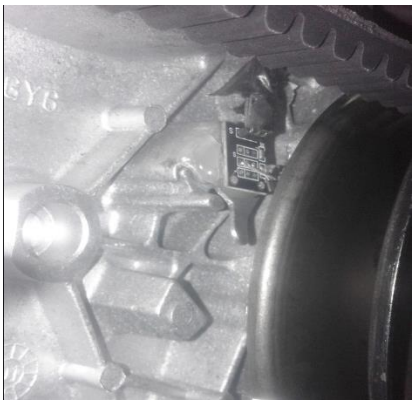


Figura 3.14. Colocación del imán de neodimio.
Fuente: Autores

Las rpm del eje de salida a la rueda son diferentes de las rpm de la polea conducida, ya que después de la polea existe un grupo reductor que aumenta el torque de salida a la rueda y por tanto modifica las rpm que surgen de la polea variable de salida. El imán de neodimio se instaló en la base del eje de salida que gira en conjunto con el eje y el captador en la estructura fija.

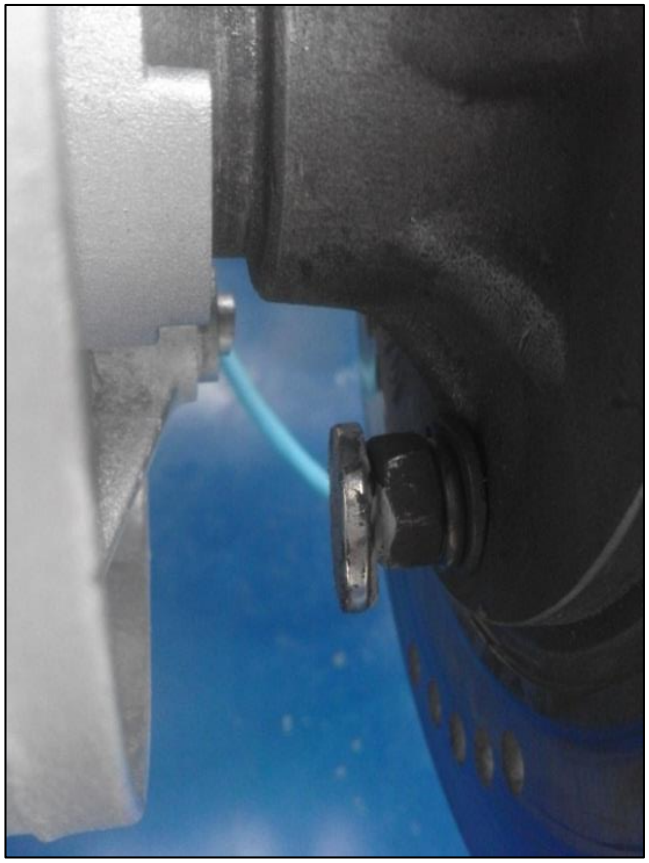


Figura 3.15. Colocación del imán de neodimio.
Fuente: Autores

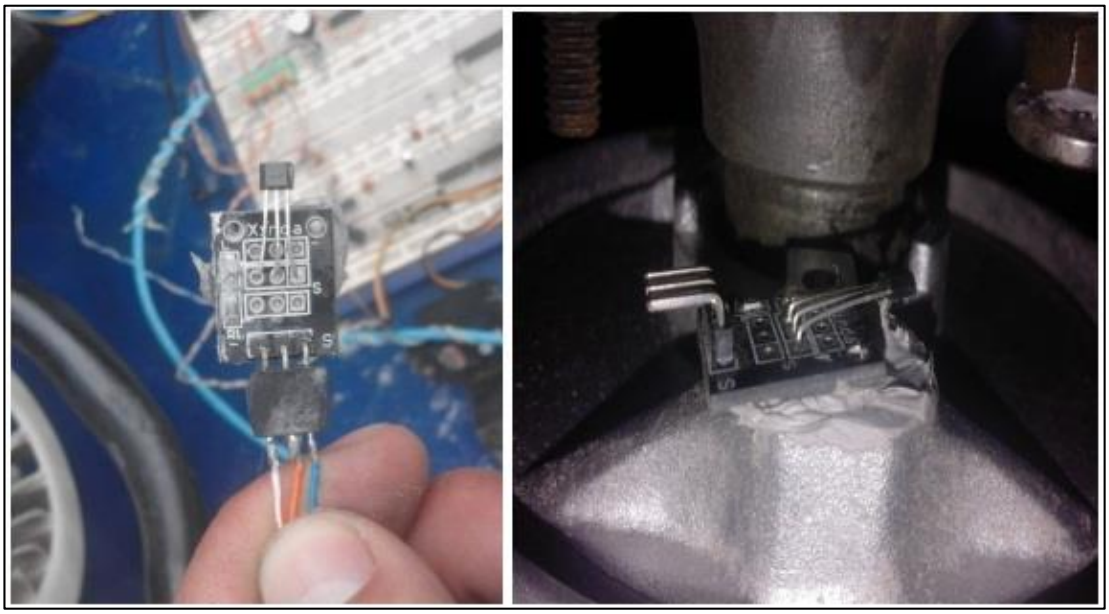


Figura 3.16. Sensor de efecto hall 44E.
Fuente: Autores

3.3.2. Recepción de los datos adquiridos

En el banco didáctico se han instalado tres captadores de señales que nos brindan diferentes lecturas, los cuales están en el eje del motor, en la polea de salida y en el eje de la rueda, que se explicaron anteriormente. Para la recepción de las señales captadas en los diferentes elementos se ha diseñado una placa electrónica que tiene la funcionalidad de almacenar y pre-procesar la información generada en los sensores de hall 44E, para que en pocos segundos la información recibida sea procesada y enviada a la computadora donde es encausada para generar graficas que permiten la visualización de la información captada por los sensores que en este caso serían las velocidades. Las lecturas de los sensores son transmitidas, de la placa al computador, por medio de un interfaz con conexión de USB SILABS CP2102.

Para el diseño del circuito de la placa se utilizó el programa ISIS "**I**ntelligent **S**chematic **I**nput **S**ystem" (*Sistema de Enrutado de Esquemas Inteligente*), que permite diseñar el circuito, programar el software y emular su funcionamiento, además tiene la capacidad de depurar los errores cometidos durante el proceso de

diseño, también permite documentar los procesos realizados e inclusive facilita la construcción de una placa impresa.

Con la ayuda de un protoboard se realiza la construcción del circuito que emite la información recibida en los sensores hacia la computadora por medio del interfaz se formó en un protoboard el diseño, para pruebas de funcionamiento del banco didáctico y constatar la efectividad de la generación de las señales en los diferentes dispositivos.

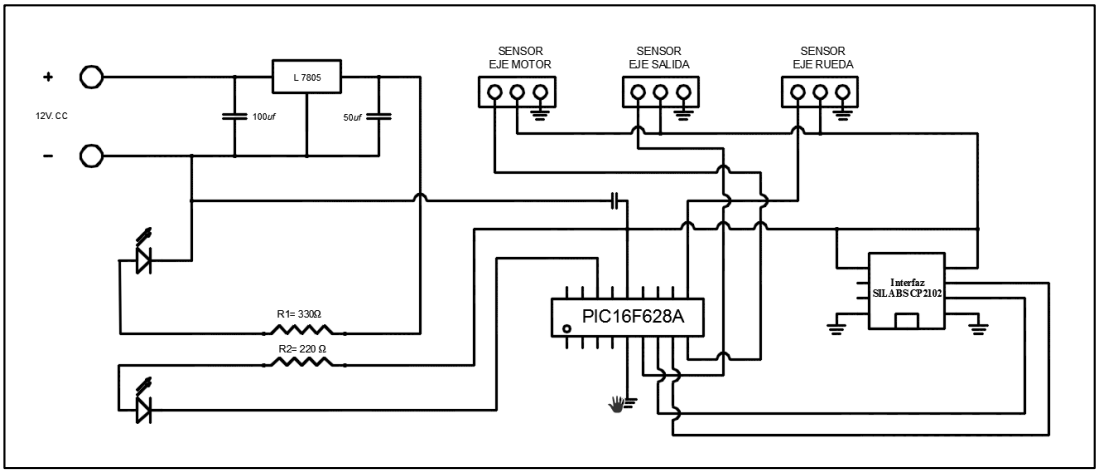


Figura 3.17. Diseño del circuito en protoboard
Fuente: Autores

A continuación se muestra un esquema simplificado del funcionamiento del circuito electrónico, donde un microcontrolador recibe la información adquirida por los sensores y envía mediante el interfaz al computador.

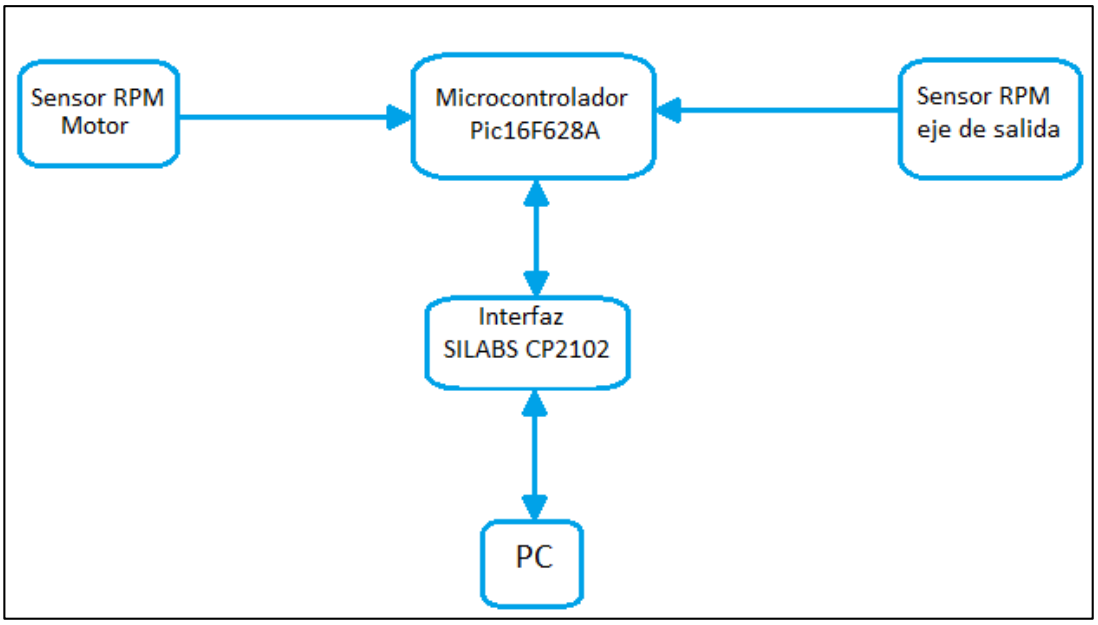


Figura 3.18. Esquema simplificado de señales de escritura.
Fuente: Autores

3.3.2.1. Placa electrónica de procesamiento de datos

La placa diseñada consta de los siguientes elementos:

- **Interfaz SILABS CP2102**: es un módulo USB a serial (TTL), encargado de procesar las señales del micro controlador y el computador.
- **Micro controlador:** es un PIC16F628A de marca Motorola que fue programado por PIC BASIC PRO para realizar específicas funciones en la placa construida.
- **2 Resistencias 1/4 w:** para controlar los voltajes en el circuito.
- **2 Led:** para constatar el trabajo de la tarjeta.
- **L7805CV:** regulador de tensión para el servo motor.
- **CAPACITORES ELECTROLÍTICOS:** de 100 y 50 uf respectivamente.

- **Transistor 2N 3904.**
- **Borneras 2p.**
- **Borneras 3p.**

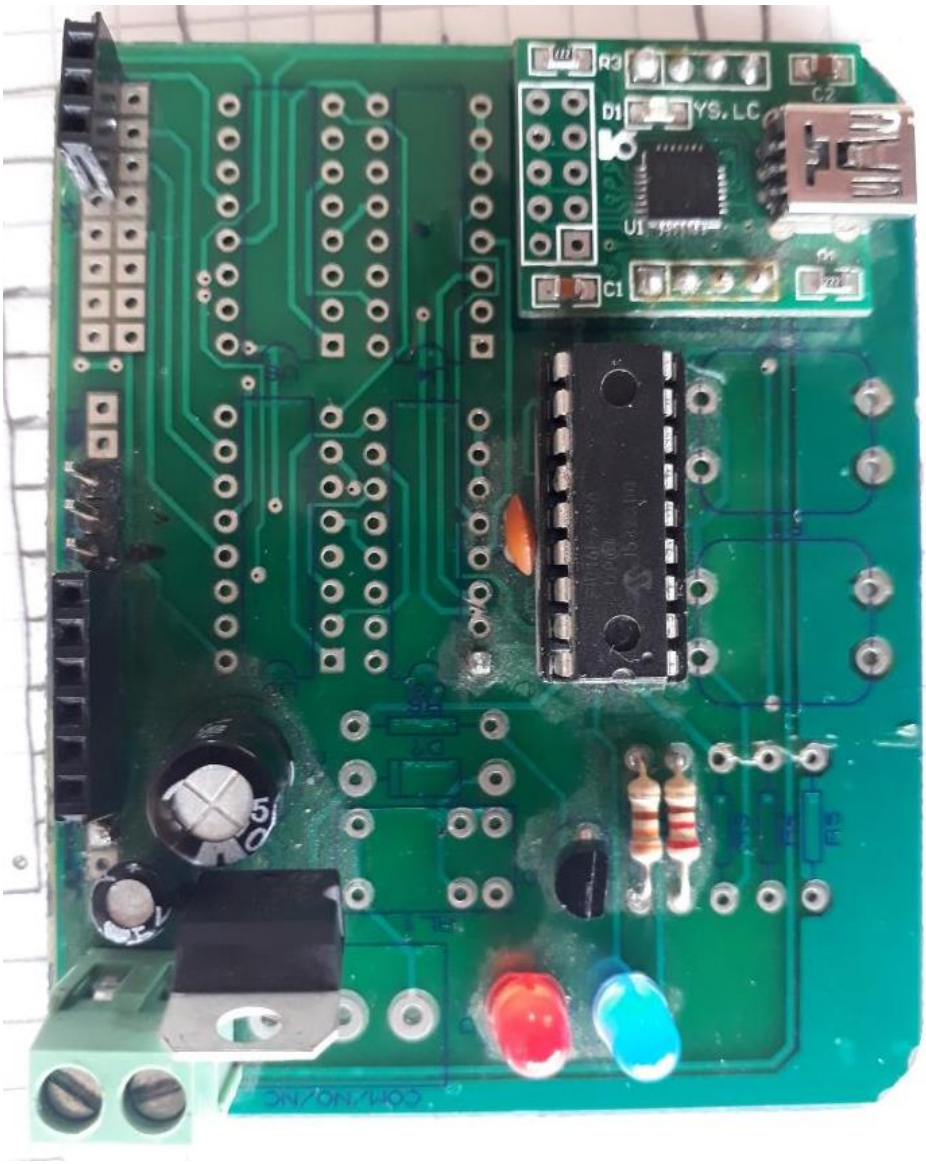


Figura 3.19. Placa electrónica impresa.

Fuente: Autores

El diagrama de bloques donde consta el diseño del circuito y la configuración del software de comunicación se pueden observar en los anexos 9 y 10.

3.3.3 Software de procesamiento

Para la visualización de los datos recibidos en el PC a través del interfaz, la información percibida en los sensores, se utiliza el programa LabVIEW de la National Instruments™, cuyo programa permite procesar la información recibida y generar gráficas que permiten observar el comportamiento de cada uno de los elementos donde está instalado un sensor.

El programa LabVIEW permite recibir y visualizar las RPM generadas en el eje de la polea de entrada, salida y eje de la rueda, así como dirigirlas a varios indicadores en una presentación de forma digital y análoga, además concibe curvas de muestreo del funcionamiento con respecto al tiempo en lapsos establecidos en el diseño. El programa también permite controlar el funcionamiento del servomotor aplicado a la mariposa de aceleración, en lapso de 10º que va desde 0º hasta 90º.

En el diseño de la ventana de visualización de señales y manejo de instrumentos también se puede observar si el sistema está en funcionamiento o no.

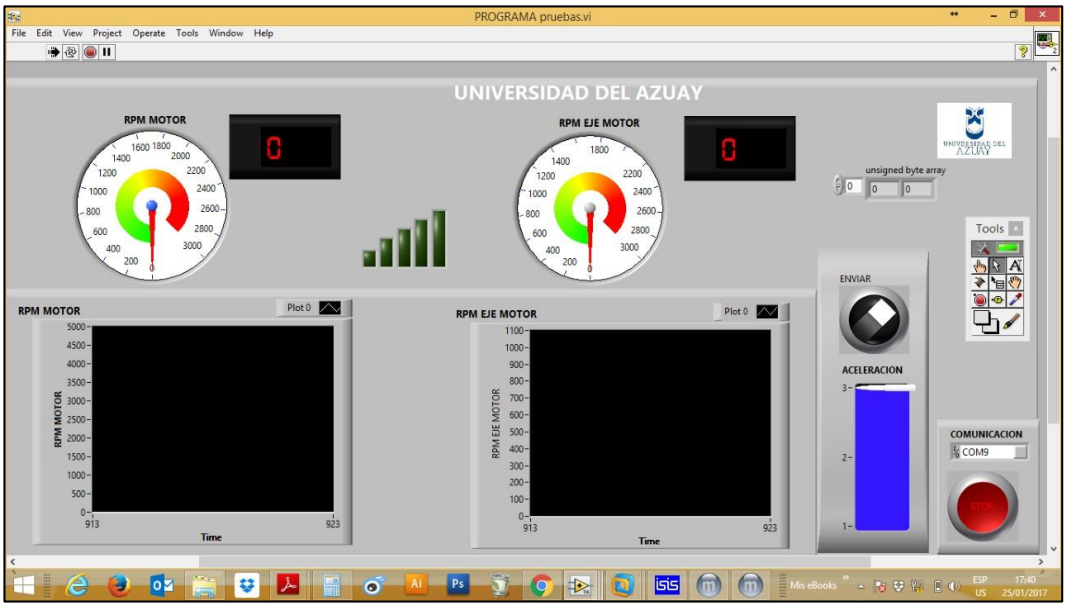


Figura 3.20. Visualizador de curvas.
Fuente: Autores

En la gráfica anterior se puede observar en la parte izquierda la pantalla que grafica la señal de entrada a la polea conductora proveniente del motor medida en rpm en la parte central se podrá observar las rpm de la polea conducida. En la parte derecha, la figura de azul es un controlador del servomotor que permite controlar la aceleración.

El funcionamiento del servomotor no se consideró eficiente ya que los ruidos y vibraciones que genera el motor del banco didáctico son muy fuertes y modifican el funcionamiento del servo motor, no permitiendo que pueda mantener una apertura estable de la mariposa de aceleración, por lo que se adaptó un sistema convencional de aceleración por cable y de aplicación por medio de un mango giratorio como en las motocicletas.

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS DE FUNCIONAMIENTO

4.1. Funcionamiento operativo del banco

El banco didáctico representa el funcionamiento de una Transmisión Variable Continua del tipo de poleas de diámetro variable. Para representar su funcionamiento se necesita de un motor que haga girar la transmisión, y de un freno para simular condiciones de esfuerzo, en cuestas por ejemplo. Finalmente, para visualizar el trabajo de variación de los diámetros de las poleas, se ha representado la velocidad de giro de cada una de las poleas mediante curvas rpm/tiempo.

4.1.1 Software para el control y visualización

Para observar la variación de los diámetros de las poleas de la transmisión es necesario que el motor y el freno generen esfuerzos en los ejes de las poleas. En la pantalla se pueden observar las revoluciones medidas en rpm tanto, de forma digital y analógica, y las curvas rpm/tiempo.

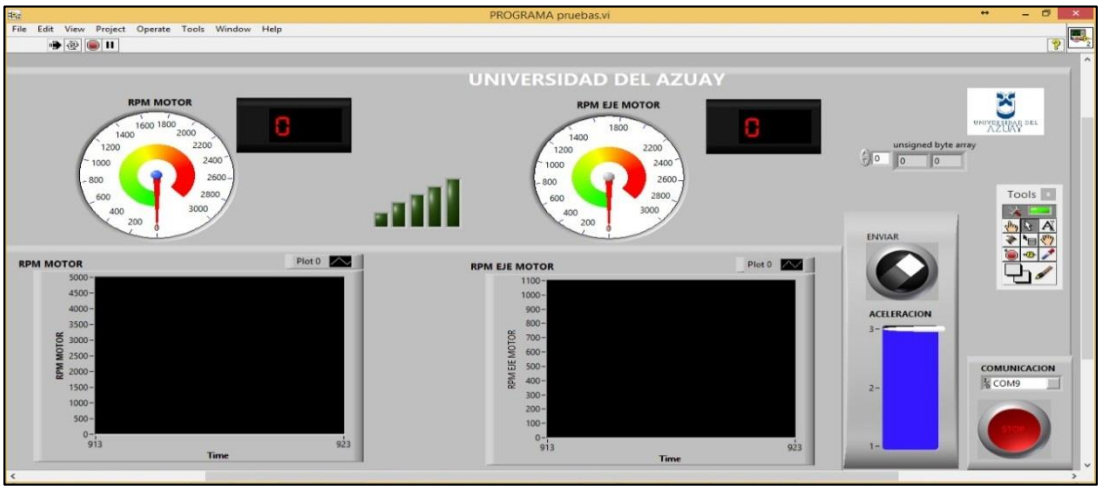


Figura 4.1. Pantalla de revoluciones medidas.
Fuente: Autores

En las primeras pruebas de funcionamiento se verificó que el funcionamiento del servo motor que no era eficiente y se eliminó colocando una manija para el

acelerador de forma manual. Y también se modificó la pantalla de muestreo aumentando una gráfica de rpm a la salida de la rueda luego del grupo reductor que va conectado a la polea conducida, el grupo reductor modifica la velocidad de salida y aumenta el torque.

Figura 4.2. Visualizador de curvas.
Fuente: Autores

En la gráfica anterior se muestra tres pantallas que indican de izquierda a derecha las siguientes aplicaciones. La primera de la izquierda indica las rpm del motor que son las mismas a la que gira la polea conductora de la transmisión CVT, la pantalla de medio indica las revoluciones de la polea conducida, permitiendo así encontrar la relación de transmisión existente entre las dos poleas; y la tercera pantalla indica las revoluciones a la que gira la rueda luego de pasar el movimiento por el grupo reductor de piñones. Adicionalmente en la parte superior derecha tenemos un velocímetro digital que indica la velocidad a la que estaría viajando el scooter en teoría.

4.2. Pruebas de funcionamiento

En el banco se realizaron pruebas de funcionamiento y rendimiento de los sensores y del motor con la estructura, pudiéndose observar las siguientes variaciones a diferentes revoluciones del motor. En las primeras pruebas de funcionamiento se pudo constatar la resistencia de la estructura del banco, con su resistencia en la práctica como en fue en sus resultados del análisis teórico de resistencia estática y dinámica.

Figura 4.3. Banco didáctico culminado.
Fuente: Autores

Se realizaron diferentes pruebas de funcionamiento y se contrastaron los valores obtenidos, mediante un medidor de rpm digital para verificar que los datos obtenidos son correctos.

Primera prueba a ralentí el motor gira a 1800 rpm, la polea secundaria gira a 720 rpm sin permitir el paso del movimiento a la rueda que tiene un giro de 0 rpm. En la gráfica representada abajo se obtiene una relación de transmisión de 0,4:1 y teniendo una medida inicial del diámetro de la polea conductora de 50 mm obtenemos una medida del diámetro de la polea conducida de 125 mm.

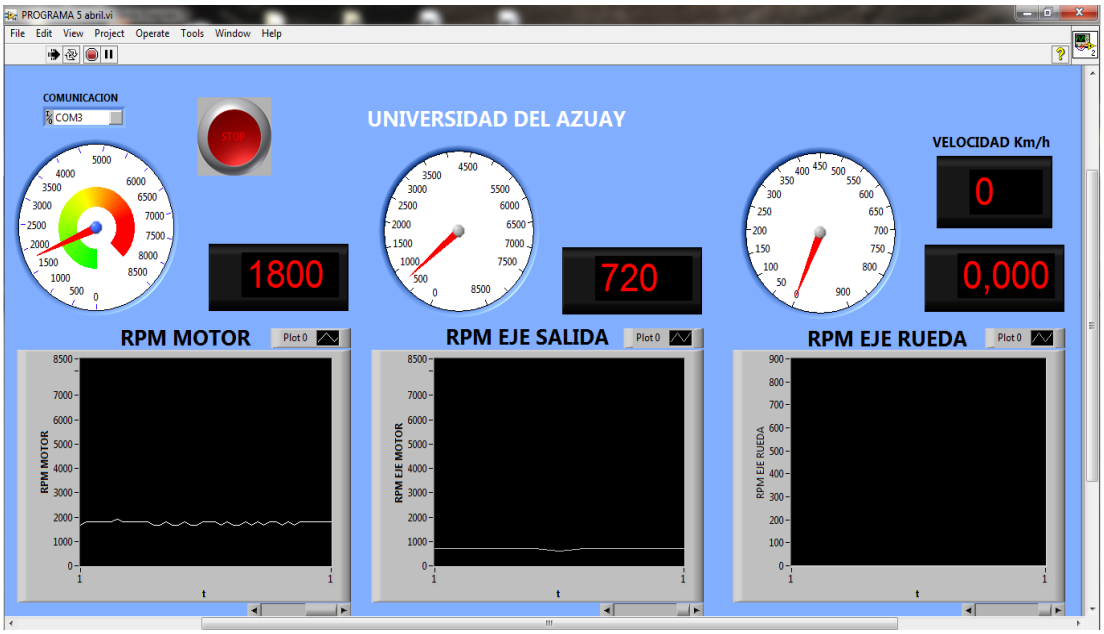


Figura 4.4. Primera prueba en ralentí a 1800rpm del motor.
Fuente: Autores

La segunda prueba se realizó a 2040 rpm del motor obteniendo una relación de transmisión de 0,41:1 y manteniéndose sin giro la rueda.

Figura 4.5. A aproximadamente 2040 rpm del motor.
Fuente: Autores

La tercera prueba se realiza a 2520 rpm del motor dando una RT= 0,428 y sin pasar el giro a la rueda.

Figura 4.6. A 2520 rpm del motor.
Fuente: Autores

La siguiente prueba se realizo a 2760 rms donde empieza a pasar el movimiento hacia la rueda teniendo revoluciones en el eje de salida de la rueda. Obteniendo una ralación de transmisión de 0,391:1 que es más baja que las anteriores pruebas y es por la variación de los diámetros de las poleas.

Figura 4.7. A 2760 rpm del motor.
Fuente: Autores

La siguiente prueba se realizó a 3000 rpm obteniendo una relación de transmisión de 0,4:1 ya que la polea conducida da una lectura de 1200 rpm y a la rueda tenemos un giro de 139,3 rpm y obteniendo una velocidad de 19,8 km/h.

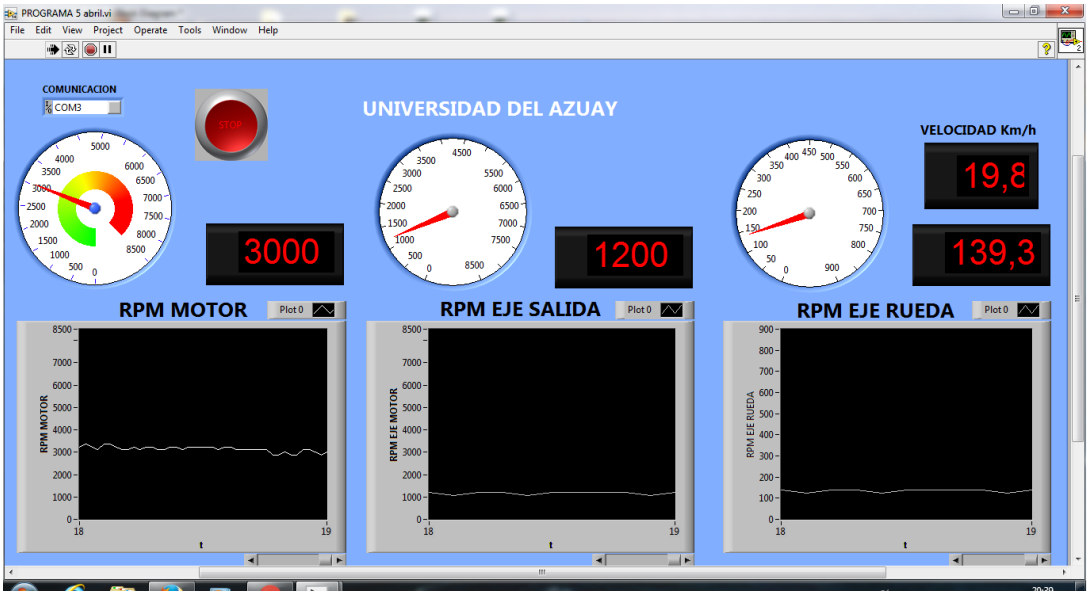


Figura 4.8. A 3000 rpm del motor
Fuente: Autores

Prueba realizada a 3720 rpm del motor, la polea conducida gira a 1800 rpm dando como resultado una RT = 0,484 y una velocidad de 29,8 km/h.

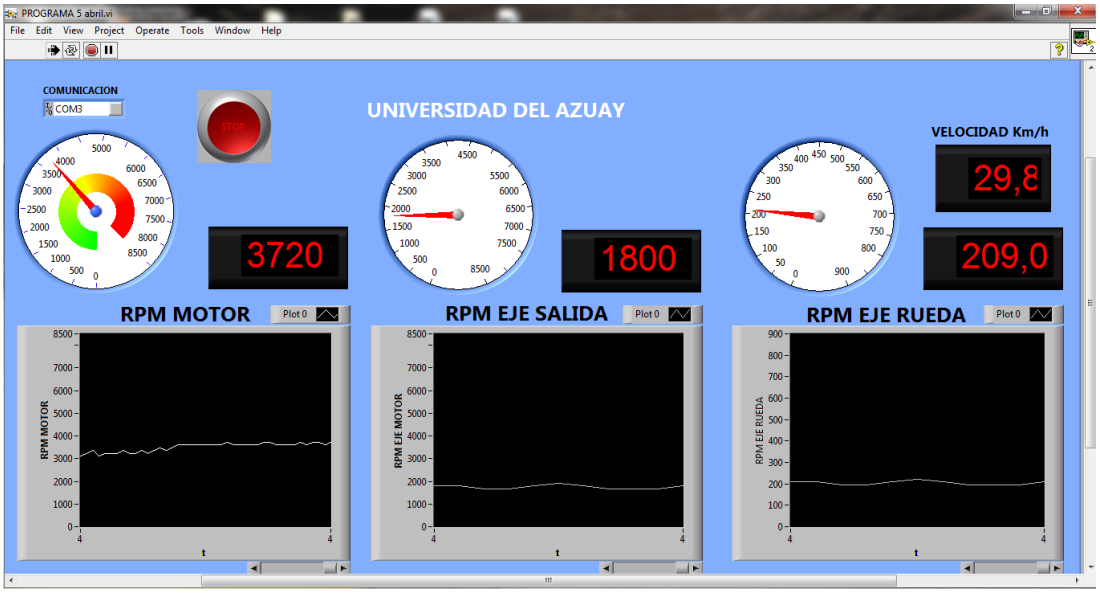


Figura 4.9. A 3720 rpm del motor.
Fuente: Autores

Prueba realizada a 4080 rpm del motor, la polea conducida gira a 2640 rpm dando una RT = 0,647 y obteniendo una velocidad final en la rueda de 43,7 km/h.

Figura 4.10. A 4080 rpm del motor
Fuente: Autores

La prueba realizada a 4680 rpm del motor, y la polea conducida con un giro de 4200 rpm da una RT = 0,897 y una velocidad final de 69,5 km/h.

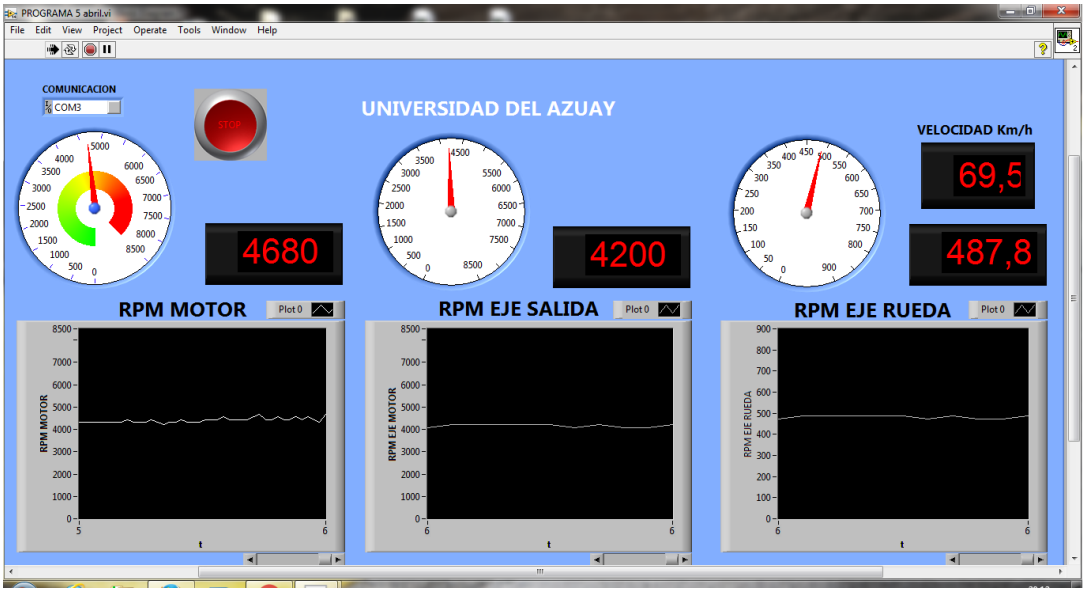


Figura 4.11. A 4680 rpm del motor
Fuente: Autores

Prueba realizada a 5040 rpm del motor, la polea secundaria gira a 5040 obteniendo una relación de transmisión de 1:1 y una velocidad de 83.4 km/h. se realizaron dos pruebas tratando de mantener las mismas revoluciones y se obtuvo una variación en el eje de la polea conducida dando una relación de transmisión de 1,047 y obteniendo una velocidad final de 87,4 km/h. esta variación se genera por pérdidas de agarre de

la banda con las poleas y las vibraciones generadas cuando el banco está funcionando hacen que existan variaciones en los diámetros de las poleas.

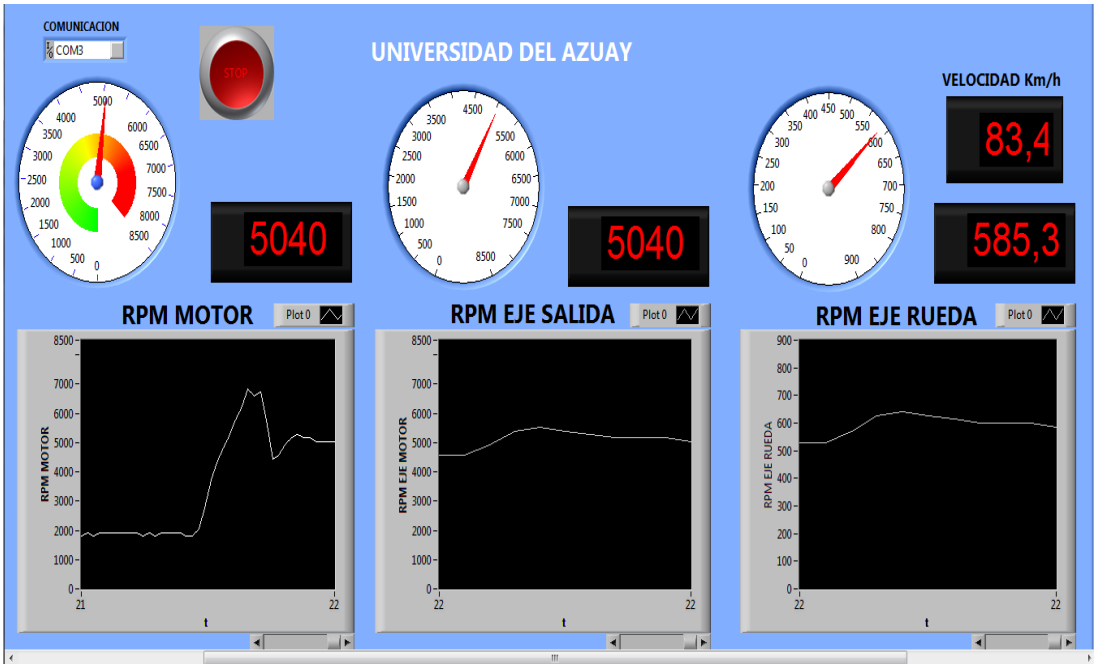


Figura 4.12. A 5040 rpm del motor. 1:1
Fuente: Autores

La siguiente prueba realizada a las mismas 5040 revoluciones que nos da una variacion en la relacion de transmision se presenta a continuacion.

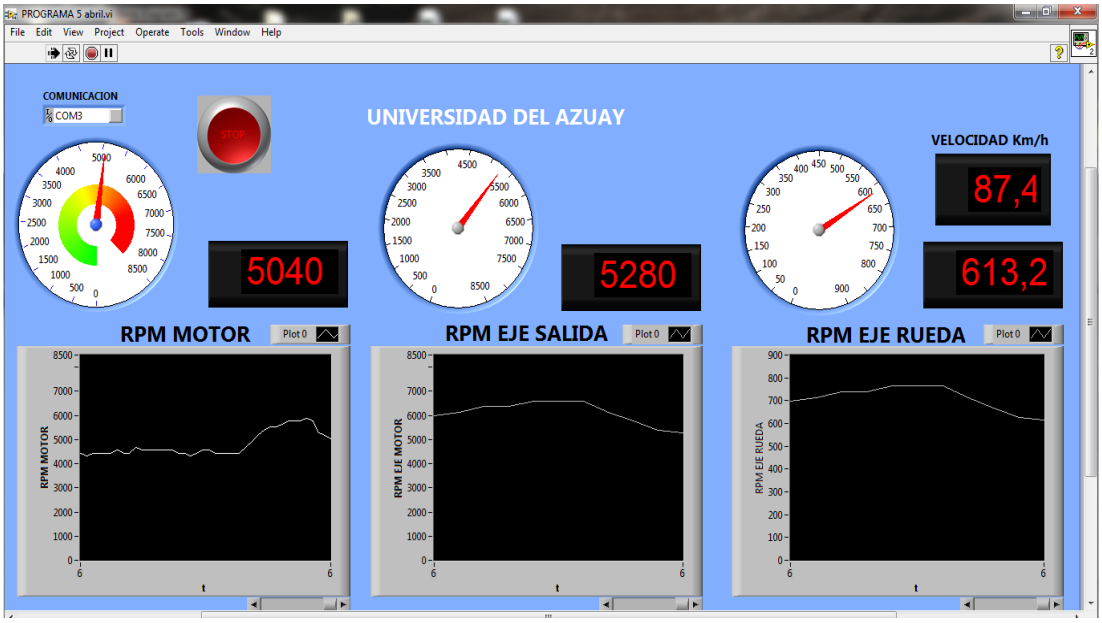


Figura 4.13. A 5040 rpm del motor. 1,04:1

Fuente: Autores

Prueba realizada a 5640 rpm del motor, polea secundaria a 6480 rpm da como resultado una RT = 1.14 y una velocidad final de 107 km/h.

Figura 4.14. A 5640 rpm del motor.

Fuente: Autores

La siguiente prueba se realizó a 6840 rpm del motor y con una lectura de giro de la polea conducida de 7320 rpm obtenemos una relación de transmisión de 1,14:1 y una velocidad final de 111 km/h.

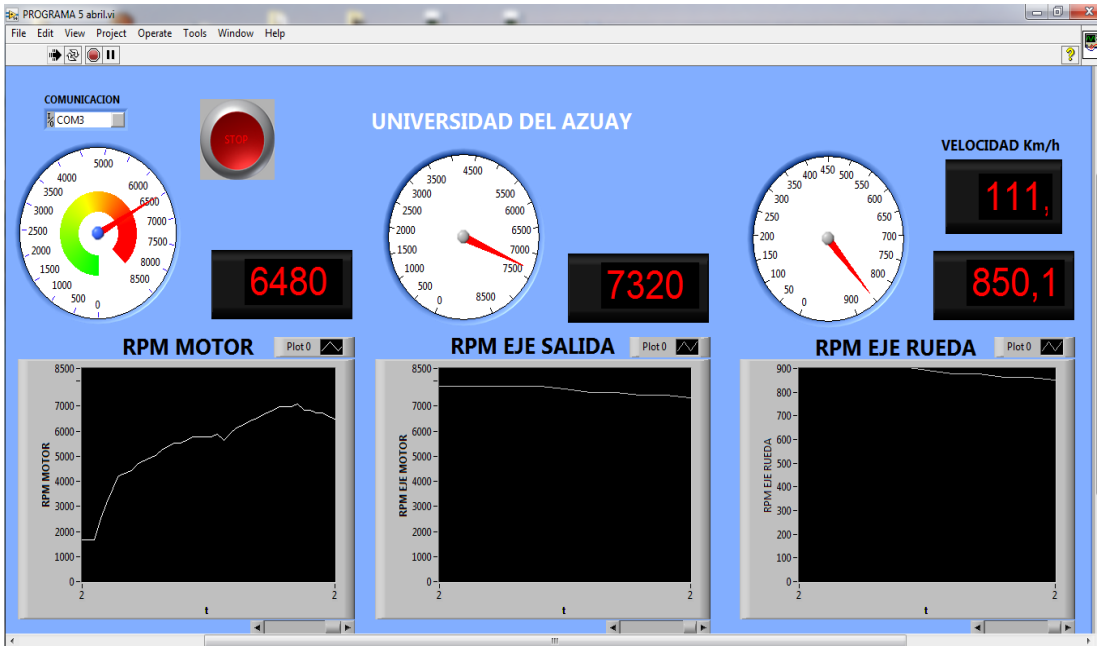


Figura 4.15. A 6480 rpm del motor.
Fuente: Autores

La siguiente prueba fue realizada a 7080 rpm del motor, obteniendo una lectura en la polea conducida de 7800 rpm, dando una RT = 1.10 con una velocidad final de 119 km/h. en la gráfica de la izquierda se puede observar unos picos en la curva es por las aceleraciones previas a llegar a las 7000 rpm, que generan vibraciones en los muelles que empujan las poleas generando en ellos pequeños saltos que inciden en la relación de transmisión final.

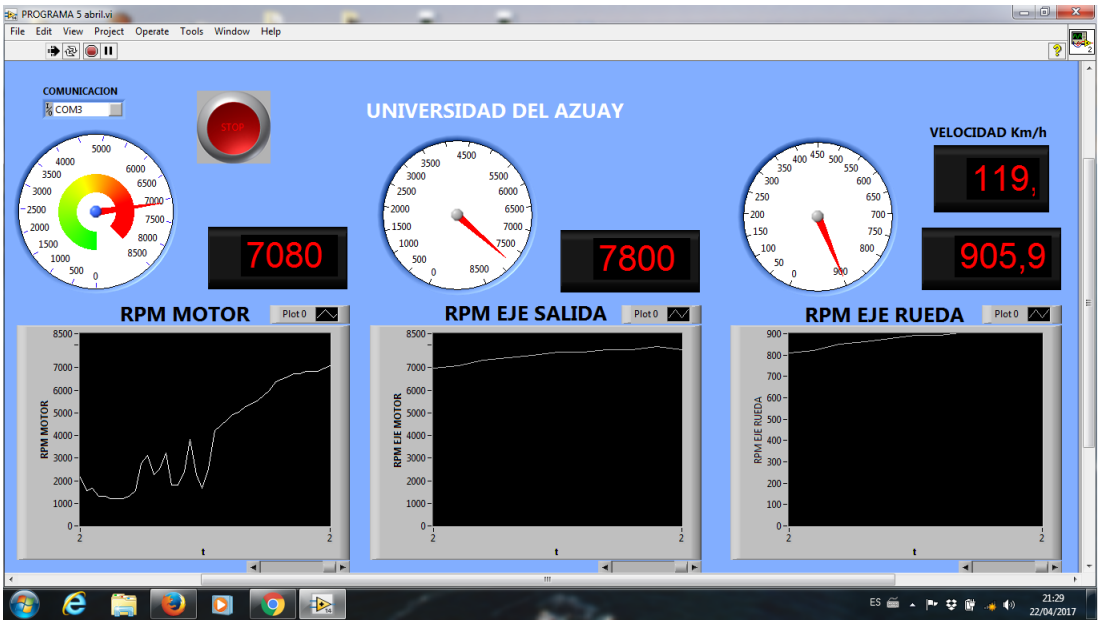


Figura 4.16. A 7080 rpm del motor.
Fuente: Autores

La siguiente prueba se realizó a 8400 rpm del motor en la máxima aceleración de la mariposa obteniendo una lectura de 9600 rpm en la polea conducida y una RT = 1,14 y una velocidad teórica final de 148 km/h.

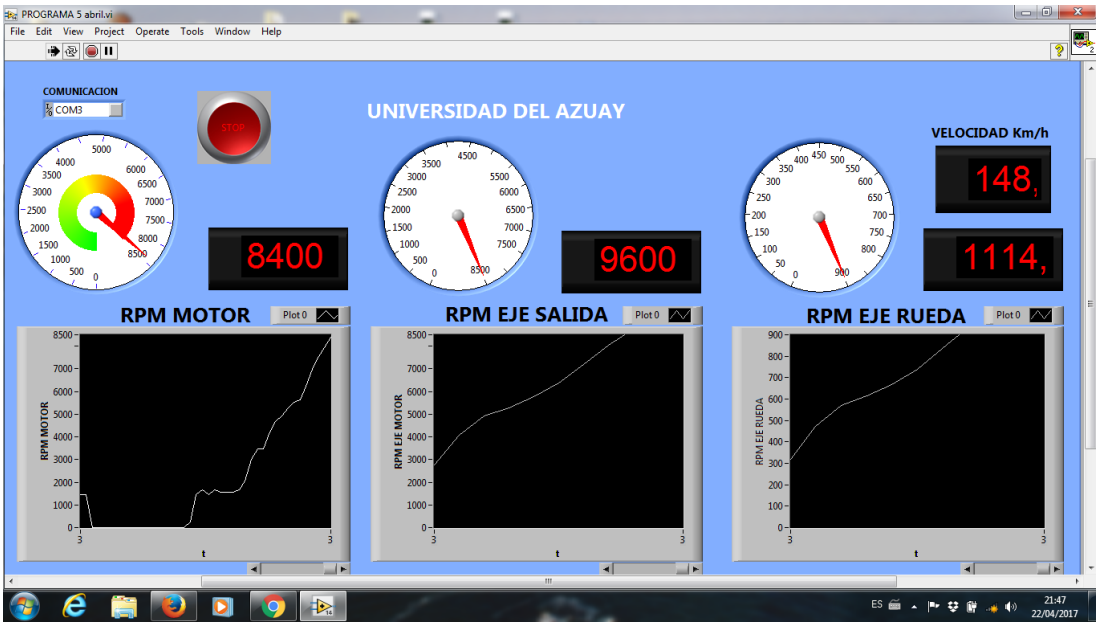


Figura 4.17. A 6480 rpm del motor.
Fuente: Autores

Al aplicar el freno las pruebas no pueden ser prolongadas, porque se generó un problema, pues, al ser prolongadas el disco se recaliente. Por lo tanto, las pruebas de

aplicación del freno se las realiza con la maqueta en funcionamiento y únicamente para demostrar la variación de las poleas.

4.3 Guía de mantenimiento

Para el funcionamiento óptimo del banco didáctico se debe tener en cuenta algunos parámetros antes de ponerlo en funcionamiento.

Encendido: Para el encendido del motor se debe tener en cuenta 3 aspectos y que éstos se encuentren en los niveles y condiciones apropiadas para su funcionamiento:

- **Combustible:** gasolina
- **Aceite de motor:** nivel correcto
- **Batería:** 12 v

Si se verifica que los aspectos anteriores son los adecuados para poner en marcha el motor se gira la llave de encendido en sentido horario.

Aceleración y frenado

En éste caso el mango de aceleración y la manija de freno tienen debajo del tanque de combustible que permite dar un manejo prolijo al funcionamiento del scooter.

Mantenimiento

El mantenimiento se realiza de acuerdo a las condiciones de trabajo, en éste caso su funcionamiento es el mismo de un motor estacionario y no cuenta con un odómetro para ver el recorrido, por lo tanto se ha propuesto realizar el mantenimiento por lapsos de tiempo.

En el siguiente cuadro de mantenimiento las siglas significan lo siguiente.

I: inspeccione y cambie de ser necesario

R: reemplace

	200 h	400 h	600 h	800	1000	2000
Filtro de aire	I	R	I	R	I	R
Bujía	I	R	I	R	I	R
Aceite de motor	R	R	R	R	R	R
Pastillas de freno	I	I	R	I	I	I
Línea de combustible	I	I	I	I	I	I
Correa de transmisión	I	I	I	I	R	R
Líquido de frenos	I	I	I	I	R	R
Nivel batería	I	I	I	I	I	I

A partir de las mil horas de trabajo se realizan los mantenimientos cada doscientas horas como se ha realizado desde el principio.

4.4 Conclusiones

El presente proyecto muestra de manera simplificada y didáctica el funcionamiento de una transmisión variable continua por poleas de diámetro variable, permite observar a través de un plástico la variación del diámetro de las poleas, además permite observar a las diferentes revoluciones que gira cada una de las poleas con representación gráfica de las revoluciones mostradas en una pantalla de computadora.

La adaptación del freno cáliper complementa la demostración del funcionamiento de la CVT, ya que permite emular cuando se presentan cargas que contrarresten el fácil avance del motor, como por ejemplo cuando el scooter se encuentra en subidas; el efecto de frenado en lapsos de tiempo prolongado no es efectivo ya que al ser aplicado por más de 15 segundo éste se recalienta, por lo que las pruebas realizadas han sido cortas en tiempo.

Las representaciones gráficas de las señales obtenidas son efectivas, éstos valores se contrastaron con un medidor de revoluciones de láser “digital photo tacometer”, obteniendo los mismos valores en la ventana de muestreo y en el display del tacómetro digital.

La transmisión del movimiento de la polea conductora a la conducida se realiza con pequeñas pérdidas de agarre por fricción, ya que la vibración misma del motor genera que los muelles que aplican las paredes de las poleas cedan por fracciones de segundo, existiendo así perdidas en la transmisión del movimiento.

El servomotor aplicado al acelerador presentó complicaciones para mantener una aceleración estable por lo que se reemplazó por un acelerador convencional por cable, ya que las vibraciones generadas en el motor de combustión no permitían que el servo se mantenga en una posición generando variaciones en el motor eléctrico y así generando variaciones significativas en la aceleración.

La relación de transmisión entre las poleas puede variar desde 0,4 hasta 1,14:1 alcanzando una velocidad teórica de 0 a 148 km/h como velocidad máxima, lo que en realidad sería menor si se tiene en cuenta pesos y esfuerzos aerodinámicos.

El banco didáctico muestra efectivamente el funcionamiento dinámico de una transmisión variable continua y permite corroborar su funcionamiento con un muestreo gráfico de las revoluciones de cada una de las poleas y del eje de salida a la rueda.

La estructura del banco didáctico soporta en la práctica todos los esfuerzos a los que está sometido demostrando su efectivo cálculo de esfuerzos estáticos y dinámicos en el programa Ansys durante su diseño.

4.4 Recomendaciones

Se puede mejorar la refrigeración del motor con un sistema de enfriamiento externo por aire ya que el motor es estacionario y necesita enfriamiento para un funcionamiento más extenso.

Se puede adaptar un sistema de mando electrónico para la mariposa de aceleración mediante motor de pasos que brinde estabilidad en la aceleración.

Las gráficas pueden ser nítidas sin cambios bruscos al ser aumentando el número de captadores de señales en las piezas objeto de medición.

Para una mejor representación del esfuerzo de frenado se puede adaptar una celda de carga aplicada al freno para observar el esfuerzo contrario al movimiento.

Se puede adaptar un sistema de enfriamiento para el freno, ya que éste se recalienta en segundos.

Para un correcto mantenimiento del banco didáctico seguir la guía de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

Atvriders. (2016). *Bulletin Solutions*. Obtenido de: http://www.atvriders.com/vbb/showthread.php?430387-My-01-Lt80

Autowereld. (2017). *Imagen del DAF 600*. Obtenido de ProMemorie: http://www.autowereld.com/promemorie/id/9749/daf-600-1959

Barrera, D. F., & Maldonado, M. A. (2013). *Diseño e implementación de un sistema de transmisión variable continua (CVT), como nueva técnica para la locomoción de una silla de ruedas.* Latacunga (Ecuador): Espe (Tesis de grado en ingeniería mecánica). Obtenido de: http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6401

Beaulieu Bike Museum. (2013). *Gradua Gear de 2010 con sistema CVT*. Obtenido de THE BEAULIEU NATIONAL MOTORCYCLE MUSEUM: http://www.deejay51.com/beaulieu_bike_museum.htm

Caranddriver. (2 de diciembre de 2011). *Nissan Launching Revised Xtronic CVT Next Year; We Drive It and Don't Totally Hate It*. Obtenido de CTV: http://blog.caranddriver.com/nissan-launching-revised-xtronic-cvt-next-year-we-drive-it-and-dont-totally-hate-it/

Corona, D. A., & Martínez, J. F. (2008). *CARACTERIZACIÓN DE LA CVT DEL PROTOTIPO BAJA SAE USB MEDIANTE LA CREACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS.* Sartenejas (Venezuela): Unidversidad Simón Bolívar (Tesis de grado de ingeniería mecánica). Obtenido de: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://159.90.80.55/tesis/000144533.pdf

DAF. (s.f.). *Imagen Variomatic de DAF* . Obtenido de Daf owners club: http://www.dafownersclub.co.uk/brief-history-of-daf-cars.html

Fallbook technologies. (2016). *Diseño CVT de Leonardo Da Vinci*. Obtenido de Nu Vinci: http://www.fallbrooktech.com/nuvinci-technology

Ford. (2004). *Entrenamiento de Nuevo Modelo Diagnostico y Servicio del Transeje Continuamente Variable(CVT).* spi: Diario motor.

Hatchheaven. (15 de marzo de 2011). *Subaru Justy : 1987*. Obtenido de Hatch Heaven: Subaru Justy de 1987: http://hatchheaven.com/archives/1101

IPAC. (20 de Marzo de 2017). *IPAC*. Obtenido de IPAC: http://www.ipac-acero.com/

Jianshetrade. (2013). *JS 125T-8*. Obtenido de Jianshetrade: http://www.jianshetrade.com/wm/en/products_content.aspx?pid=14&id=28

kellymotodepoca. (s.f.). *Rokon de 1974*. Obtenido de: http://www.kellymotodepoca.com/09Q-R.html

Martinez, R., & H. (2014). *Diseño Y Construcción Del Prototipo De Una Transmision Cvt Y Diferencial Automotriz.* México D.F. (México): UNAM (Tesis de grado de ingeniería mecánica). Obtenido de: http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4223/Tesis.pdf?sequence=11

Motorpasión. (16 de septiembre de 2015). *Así funciona una caja de cambios automática CVT*. Obtenido de Motorpasión espacio Toyota: http://www.motorpasion.com/espaciotoyota/asi-funciona-una-caja-de-cambios-automatica-cvt

Palleiro, I. (17 de septiembre de 2008). *La transmisión variable continua CVT, esa gran desconocida*. Obtenido de Diariomotor: http://www.diariomotor.com/2008/09/17/la-transmision-variable-continua-cvt-esa-gran-desconocida/

Wikipedia. (2011). *CVT de cadena* . Obtenido de Continuously variable transmission: https://en.wikipedia.org/wiki/Continuously_variable_transmission

Wikipedia. (2017). *Imagen del British Clyno 1920*. Obtenido de Clyno: https://en.wikipedia.org/wiki/Clyno

ANEXOS

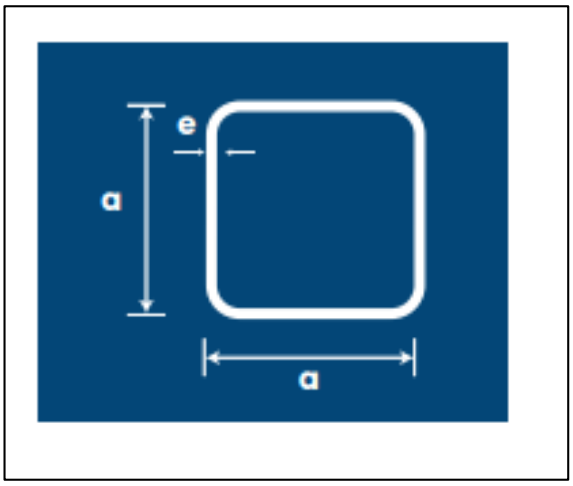
Anexo 1. Características de materiales de fricción para frenos y embragues

Características de materiales de fricción para frenos y embragues Fuente: Ferodo Ltd., Chapel-en-le-frith, Inglaterra; Scan-pac, Mequon,Wisc; Raybestos, Nueva York, N.Y. y Stratford, Conn.; Gatke Corp., Chicagolll.; General Metals Powder Co., Akron, Ohio; D.A.B. Industries, Troy, Mich.; Friction Products Co., Medina, Ohio.

Material	Coeficiente de fricción *f*	Presión máxima *Pmáx psi*	Temperatura máxima Instantáneo °F	Temperatura máxima Continua °F	Velocidad máxima $V_{máx}$ *ft/min*	Aplicaciones
Cermet	0.32	150	1500	750		Frenos y embragues
Metal sinterizado (seco)	0.29-0.33	300-400	930-1020	570-660	3600	Embragues y frenos de disco de yugo
Metal sinterizado (húmedo)	0.60-0.08	500	930	570	3600	Embragues
Asbesto moldeado rígido (seco)	0.35-0.41	100	660-750	350	3600	Frenos y embragues de tambor
Asbesto moldeado rígido (húmedo)	0.06	300	660	350	3600	Embragues industriales
Zapatas de asbesto moldeado rígido	0.31-0.49	750	930-1380	440-660	4800	Disco de freno
Que no sea asbesto moldeado rígido	0.33-0.63	100-150		500-750	4800-7500	Embragues y frenos
Asbesto moldeado semirrígido	0.37-0.41	100	660	300	3600	Embragues y frenos
Asbesto moldado flexible	0.39-0.45	100	660-750	300-350	3600	Embragues y frenos
Hilo y alambre de asbesto arrollado	0.38	100	660	300	3600	Embragues de automóvil
Hilo y alambre de asbesto tejido	0.38	100	500	260	3600	Embragues y frenos industriales
Algodón tejido	0.47	100	230	170	3600	Embragues y frenos industriales
Papel resiliente (húmedo)	0.09-0.15	400	300		PV<500000 psi .ft/min	Embragues y bandas de transmisión

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley Mc Graw Hill Edición 2006

Anexo 2. Ilustración de tubos cuadrados



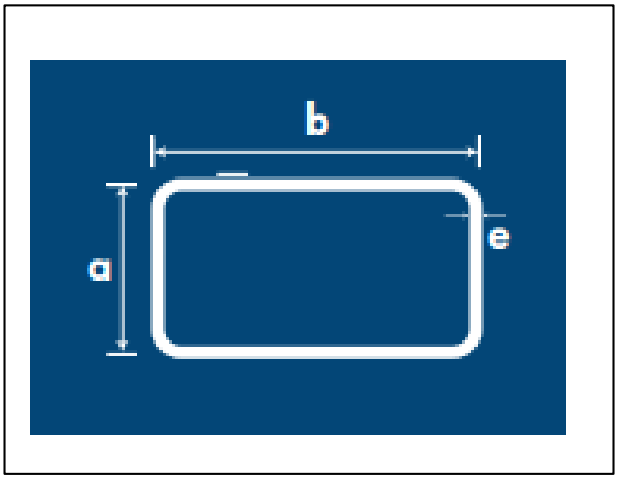
Fuente: (IPAC, 2017)

Anexo 3. Propiedades de tubos cuadrados

Denominación	Dimensión	Espesor	Peso	
	a	e		
Pulgadas	mm	mm	kg/m	kg/6m
¾	20	1.50	0.88	5.26
1	25	1.50	1.13	6.78
		2.00	1.48	8.90
1¼	30	1.50	1.37	8.20
		2.00	1.80	10.79
1½	40	1.50	1.72	10.32
		2.00	2.27	13.62
		3.00	3.22	19.33
2	50	1.50	2.32	13.93
		2.00	3.13	18.75
		3.00	4.62	27.69
2¾	60	2,00	3.74	22.42
		3.00	5.56	33.35
3	75	2.00	4.65	27.88
		3.00	6.88	41.26
		4.00	9.11	54.64
4	100	2.00	6.22	37.30
		3.00	9.26	55.53
		4.00	12.28	73.66

Fuente: IPAC, 2013

Anexo 4. Ilustración de tubos rectangulares



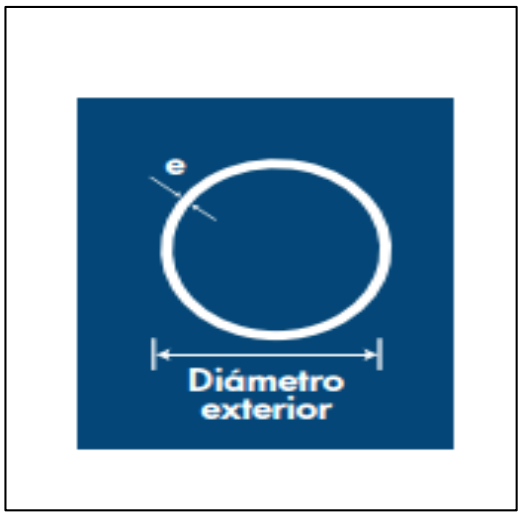
Fuente: (IPAC, 2017)

Anexo 5. Propiedades de Tubos rectangulares.

Denominación	Dimensiones			Peso	
	a	b	e		
Pulgadas	mm	mm	mm	kg/m	kg/6m
¾ x 1½	20	40	1.50	1.37	8.20
			2.00	1.80	10.79
1 x 2	25	50	1.50	1.72	10.32
			2.00	2.27	13.62
1½ x 2 ⅜	40	60	2.00	3.13	18.75
			3.00	4.62	27.69
1¼ x 2 ¾	30	70	2.00	3.13	18.75
			3.00	4.62	27.69
1½ x 3 ⅛	40	80	2.00	3.68	22.05
			3.00	5.26	31.55
1 ¾ x 3	45	75	2.00	3.74	22.42
			3.00	5.56	33.36
			4.00	7.35	44.09
2 x 4	50	100	2.00	4.63	27.79
			3.00	6.88	41.26
			4.00	9.11	54.64
2 x 6	50	150	2.00	6.20	37.21
			3.00	9.30	55.81

Fuente: IPAC, 2013

Anexo 6. Ilustración de tubos redondos



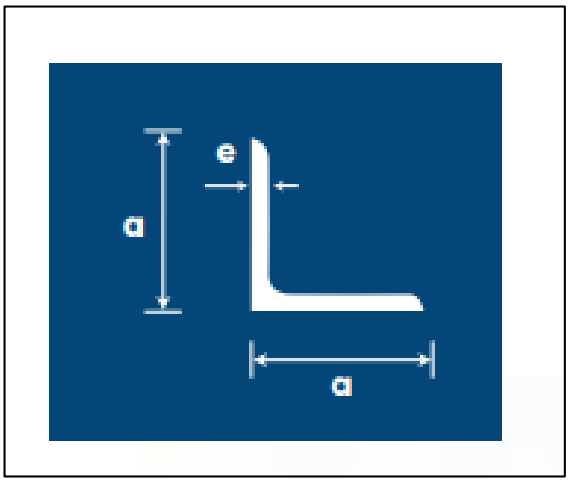
Fuente: (IPAC, 2017)

Anexo 7. Propiedades de tubos redondos

Denominación	Diámetro exterior	Espesor e	Peso	
Pulgadas	mm	mm	kg/m	kg/6m
5/8	15,88	1.50	0.55	3.28
3/4	19,05	1.50	0.67	3.99
7/8	22,22	1.50	0.79	4.73
1	25,40	1.50	0.90	5.37
		2.00	1.17	7.02
1¼	31,75	1.50	1.13	6.78
		2.00	1.48	8.90
1½	38,10	1.50	1.37	8.20
		2.00	1.80	10.79
1¾	44,45	1.50	1.60	9.57
		2.00	2.13	12.76
1⅞	47,63	1.50	1.72	10.32
		2.00	2.27	13.62
2	50,80	1.50	1.84	11.02
		2.00	2.43	14.55
		3.00	3.45	20.69
2¼	57,15	1.50	2.08	12,47
		2.00	2.79	16.72
2⅜	60,33	1.50	2.97	13.42
		2.00	2.83	17,80
		3.00	4.38	26.28
2½	63,50	1.50	2.34	14.04
		2.00	3.13	18.75
		3.00	4.62	27.69
3	76,20	2.00	3.68	22.42
		3.00	5.26	33.35
		4.00	7.35	44.09
3½	88,90	2.00	4.37	26.19
		3.00	6.50	39.00
		4.00	8.60	51.62
4	101.60	2.00	4.99	29.96
		3.00	7.42	44.51
		4.00	9.83	58.97
4½	114,30	2.00	5.59	33.53
		3.00	8.36	50.16
		4.00	11.09	66.51
5	127,00	2.00	6.22	37.30
		3.00	9.26	55.53
		4.00	12.28	73.66

Fuente: IPAC, 2013

Anexo 8. Ilustración de ángulos estructurales



Fuente: (IPAC, 2017)

Anexo 9. Propiedades de ángulos estructurales

• Dimensiones y propiedades

Denominación	Dimensiones		Peso		Área
	a	e	kg/m	kg/6m	cm²
	mm	mm			
AL 20 X 2	20	2	0.60	3,58	0.76
AL 20 X 3	20	3	0.87	5,23	1.11
AL 25 X 2	25	2	0.75	4,52	0.96
AL 25 X 3	25	3	1.11	6,64	1.41
AL 25 X 4	25	4	1.45	8,67	1.84
AL 30 X 3	30	3	1.34	8.05	1.71
AL 30 X 4	30	4	1.76	10.55	2.24
AL 40 X 3	40	3	1.81	10.88	2.31
AL 40 X 4	40	4	2.39	14.32	3.04
AL 40 X 6	40	6	3.49	20.91	4.44
AL 50 X 3	50	3	2.29	13.71	2,91
AL 50 X 4	50	4	3.02	18.09	3.84
AL 50 X 6	50	6	4.43	26.56	5.64
AL 65 X 6	65	6	5.84	35.04	7.44
AL 75 X 6	75	6	6.78	40.69	8.61
AL 75 X 8	75	8	8.92	53.50	11.36
AL 100 X 6	100	6	9.14	54.82	11.64
AL 100 X 8	100	8	12.06	72.34	15.36
AL 100 X 10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100 X 12	100	12	17.83	107.00	22.56

Fuente: IPAC, 2013

Anexo 10. Platina estructural

• Platina Comercial

NORMAS TÉCNICAS:
NTE INEN 2215
NTE INEN 2222
GRADO E 185 (fy= 185 MPa)

Denominación	Dimensiones		Peso		Área
	a	e	kg/m	kg/6m	cm²
	mm	mm			
PL 12 X 3	12	3	0.28	1.70	0.36
PL 12 X 4	12	4	0.38	2.26	0.48
PL 12 X 6	12	6	0.57	3.39	0.72
PL 19 X 3	19	3	0.45	2.68	0.57
PL 19 X 4	19	4	0.60	3.58	0.76
PL 19 X 6	19	6	0.89	5.37	1.15
PL 25 X 3	25	3	0.59	3.53	0.75
PL 25 X 4	25	4	0.79	4.71	1.00

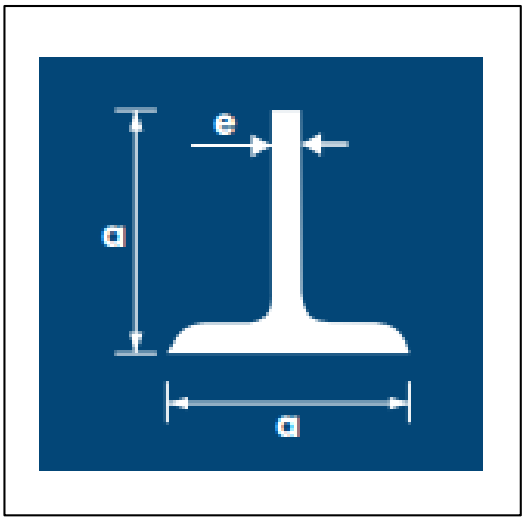
• Platina Estructural

NORMAS TÉCNICAS:
NTE INEN 2215
NTE INEN 2222
ASTM A36 (fy= 250 MPa)

Denominación	Dimensiones		Peso		Área
	a	e	kg/m	kg/6m	cm²
	mm	mm			
PL 25 X 6	25	6	1.18	7.07	1.50
PL 25 X 9	25	9	1.77	10.59	2.25
PL 25 X 12	25	12	2.36	14.13	3.00
PL 30 X 3	30	3	0.71	4.24	0.90
PL 30 X 4	30	4	0.94	5.65	1.20
PL 30 X 6	30	6	1.41	8.47	1.80
PL 30 X 9	30	9	2.12	12.71	2.70
PL 30 X 12	30	12	2.83	16.95	3.60
PL 38 X 3	38	3	0.89	5.37	1.15
PL 38 X 4	38	4	1.19	7.16	1.52
PL 38 X 6	38	6	1.79	10.74	2.28
PL 38 X 9	38	9	2.69	16.11	3.42
PL 38 X 12	38	12	3.58	21.48	4.56
PL 50 X 3	50	3	1.18	7.07	1.50
PL 50 X 4	50	4	1.58	9.50	2.00
PL 50 X 6	50	6	2.36	14.13	3.00
PL 50 X 9	50	9	3.53	21.20	4.50
PL 50 X 12	50	12	4.71	28.26	6.00
PL 65 X 6	65	6	3.06	18.37	3.90
PL 65 X 9	65	9	4.59	27.55	5.85
PL 65 X 12	65	12	6.12	36.73	7.80
PL 75 X 6	75	6	3.53	21.20	4.50
PL 75 X 9	75	9	5.30	31.80	6.75
PL 75 X 12	75	12	7.07	42.39	9.00
PL 100 X 6	100	6	4.71	28.26	6.00
PL 100 X 9	100	9	7.07	42.40	9.00
PL 100 X 12	100	12	9.42	56.52	12.00

Fuente: IPAC, 2013

Anexo 11. Ilustraciones de tees estructurales prefabricados



Fuente: (IPAC, 2017)

Anexo 12. Propiedades de tees estructurales fabricados

Denominación	a	e	Peso		Área
	mm	mm	kg/m	kg/6m	cm^2
TEE 20 X 3	20	3	0.90	5.40	1.15
TEE 25 X 3	25	3	1.19	7.14	1.52
TEE 30 X 3	30	3	1.41	8.48	1.80

Fuente: IPAC, 2013

Anexo 13. Planchas de acero

Plancha laminada en caliente

Recubrimiento:
Negro
Norma de Fabricación:
NTE INEN 115, ASTM A 6
Norma de Calidad:
ASTM A 570 Gr 36 / ASTM A 36 / ASTM A 283 Gr C / ASTM A 588 Gr A / ASTM A 131 Gr A / ASTM A 516 Gr 70
Observaciones:
Dimensiones y largos especiales, previa consulta

Ancho	Largo	Espesor	Peso Aprox.
mm	mm	mm	kg.
1220	2440	1,50	35,05
1220	2440	2,00	46,74
1220	2440	3,00	70,10
1220	2440	4,00	93,47
1220	2440	5,00	116,84
1220	2440	6,00	140,21
1220	2440	8,00	186,94
1220	2440	9,00	210,31
1220	2440	10,00	233,68
1220	2440	12,00	280,41

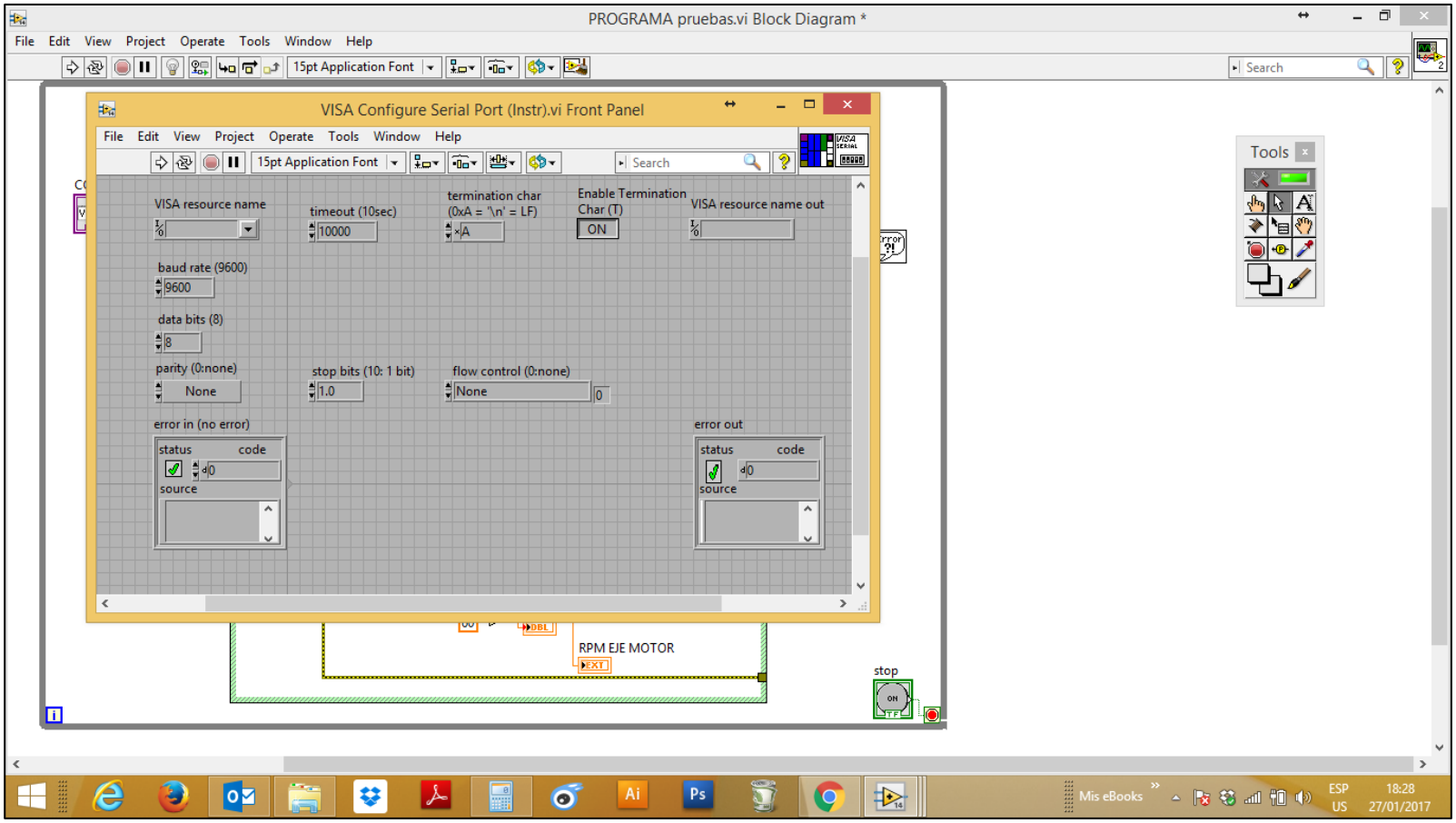
Plancha laminada en frío

Recubrimiento:
Negro
Norma de Fabricación:
NTE INEN 115
Norma de Calidad:
ASTM A 36 / JIS G 3141 SPCC - SD / SAE 1010
Observaciones:
Dimensiones y largos especiales, previa consulta

Ancho	Largo	Espesor	Peso Aprox.	Calidad
mm	mm	mm	kg.	
1000	2000	0,70	10,99	Embutición
1000	2000	0,90	14,13	
1000	2000	1,10	17,27	
1000	2000	1,40	21,98	
1220	2440	0,40	9,35	Comercial
1220	2440	0,45	10,52	
1220	2440	0,50	11,68	
1220	2440	0,60	14,02	
1220	2440	0,70	16,36	
1220	2440	0,75	17,52	
1220	2440	0,90	21,03	
1220	2440	1,10	25,70	
1220	2440	1,40	32,72	
1220	2440	2,00	46,74	

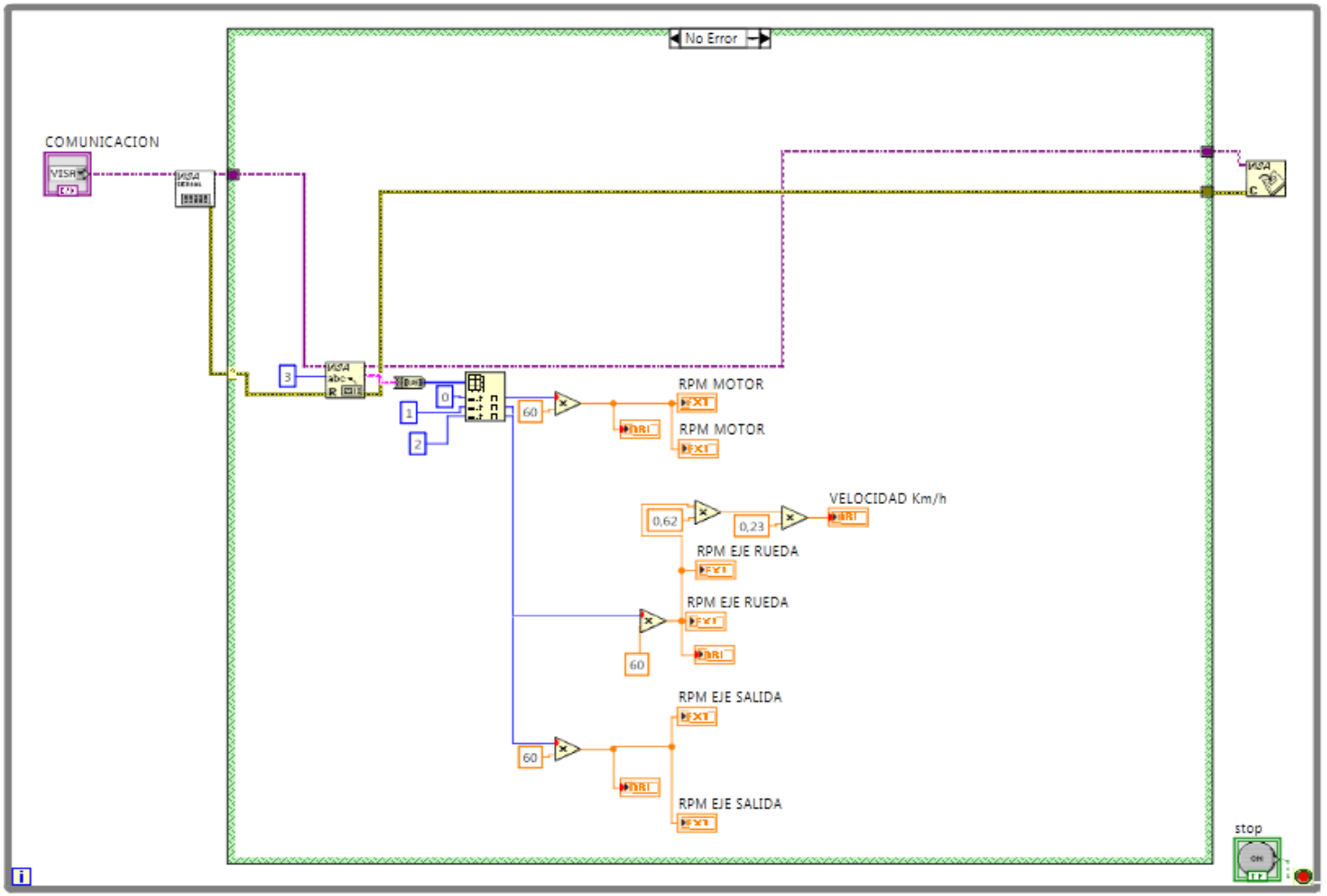
Fuente: IPAC, 2013.

Anexo 14. Configuración de la comunicación



Fuente: Autores

Anexo 15. Diagrama de bloques



Fuente: Autores

Anexo 16. Lenguaje de programación.

Lenguaje de programación del microcontrolador

```
INCLUDE "modedefs.bas"                    ;incluyen los modos de comunicación

define osc 4

' Set receive register to receiver enabled
DEFINE HSER_RCSTA 90h;90h

' Set transmit register to transmitter enabled
DEFINE HSER_TXSTA 24h   ;20

' Set baud rate
DEFINE HSER_BAUD 9600

' Set SPBRG directly (normally set by HSER_BAUD)
DEFINE HSER_SPBRG 25 ;h


CMCON=7  ;hace digitales las entradas porta

trisa = %00001100          ; entradas analogicas amarillo 14 verde 13 plomo negativo
trisb = %00011011          ;salidas b5 b4 b3

PIE1=%00000000

INTCON = %00000000  ;5tmro
option_reg=%00000000
pir1.5=0 ;bandera rx
intcon.2=0 ;bandera tmr0
;On Interrupt Goto interrupcion


SERVO VAR PORTb.7
S1 VAR PORTB.0
S2 VAR PORTB.3
S3 VAR PORTB.4
led VAR PORTA.7
```

```
DATO1 VAR WORD
DATO2 VAR WORD
DATO3 VAR BYTE
REVO1 VAR WORD
REVO2 VAR WORD
R VAR BYTE
C VAR BYTE
cuenta var byte
C=150

;hserout ["bienvenidos"]


'GOSUB INICIALIZAR

for r=1 to 5
HIGH led
PAUSE 200
LOW led
PAUSE 200
next
high led

INICIO:                 '50 un extremo - 90 mas de 90 grados


COUNT S1,300,DATO1
COUNT S2,300,DATO2
COUNT S3,300,DATO3
dato1=dato1*3
dato2=dato2*3
DATO3=DATO3*3

HSEROUT [DATO1,DATO2,DATO3]

GOTO INICIO




INICIALIZAR:

DATO1=0
DATO2=0
DATO3=0
```

```
RETURN

PTECLA:
ESPACIO:

pause 500

RETURN

';*****************************BLOQUE DE INTERRUPCIÓN DE
comunicación*****************
'disable

'interrupción:
'cuenta=cuenta+1

';if cuenta<2 then salir
'cuenta=0

';INTCON.7=0
';intcon.6=0
'if led=0 then high led:goto x
'if led=1 then low led
'x:



'if pir1.5=1 then
'hserin [DATO3]
'low led
'pause 100
'high led
'endif

';cuenta=cuenta+1
';if cuenta<10 then goto salir
'cuenta=0
'   IF DATO3="1" THEN
'   FOR C=0 TO 70 STEP 1
'   high servo
'   pauseus 600
'   low servo
'    'PULSOUT SERVO,c
'   PAUSE 10
'   NEXT
```

```
'    ENDIF
';IF DATO3="2" THEN
';high led
';pause 100
';low led

';FOR C=0 TO 70 STEP 1
';high servo
';pauseus 2500
';low servo
''PULSOUT SERVO,c
';PAUSE 10
';NEXT
';ENDIF
'    IF DATO3="2" THEN

'    FOR C=0 TO 70 STEP 1
'    high servo
'    pauseus 1000
'    low servo
''PULSOUT SERVO,c
'    PAUSE 10
'    NEXT
'    ENDIF
';IF DATO3="4" THEN
';high led
';pause 100
';low led

';FOR C=0 TO 70 STEP 1
';high servo
';pauseus 2000
';low servo
''PULSOUT SERVO,c
';PAUSE 10
';NEXT
';endif
'    IF DATO3="3" THEN
'    FOR C=0 TO 70 STEP 1
'    high servo
'    pauseus 1500
'    low servo
'    'PULSOUT SERVO,c
'    PAUSE 10
'    NEXT
```

```
'    ENDIf
```

```
'salir:
'INTCON.7=1
'intcon.6=1
'PIR1.5 = 0     ' Reset rx flag
'intcon.2=0
```

```
'resume
'enable
```

```
END
```

```
END
```