

**PROTOTIPO DE FRENO AUXILIAR PARA BICICLETA PARA TODO TIPO DE
VEHÍCULO POR MEDIO DE LA UNIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FRENO
MAGNÉTICO Y FRENO REGENERATIVO**

JARRISON STANLY GONZALEZ VASQUEZ

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN
2023**

**PROTOTIPO DE FRENO AUXILIAR PARA TODO TIPO DE VEHÍCULO POR
MEDIO DE LA UNIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FRENO MAGNÉTICO Y
FRENO REGENERATIVO**

JARRISON STANLY GONZALEZ VASQUEZ

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo Electricista

Asesores

William Orozco Murillo

Msc en Gestión Energía Industrial

Santiago Bustamante Mesa

Msc en Ingeniería

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

MEDELLÍN

2023

Contenido

Planteamiento del problema	3
1.1 Descripción	3
1.2 Formulación	3
Justificación	4
1.3 Objetivo general	5
1.4 Objetivos específicos	5
Referentes teóricos	6
1.5 Sistemas de freno de automóviles convencionales	6
4.1.1 Freno de disco.....	6
4.1.3 Composición de los frenos de disco	6
4.1.4 Discos de freno	7
4.1.5 Pastillas de freno.....	7
4.1.6 Pinza de freno	8
4.1.7 Freno de tambor.....	8
4.1.8 Composición de los frenos de tambor	9
4.1.9 Freno estacionamiento.....	10
4.1.10 Aplicación del sistema hidráulico en el vehículo	11
1.6 Freno regenerativo	12
4.2.1. Cálculo de la potencia electromagnética	13
4.2.2. Consumo y regeneración de energía Eléctrica	14
1.7 Diseño de freno de corriente de Foucault de excitación híbrida.....	15
1.8 Características generales de las baterías de litio	18
1.8.1 BMS (batteri management system)	20
Metodología.....	25
1.9 Tipo de proyecto	25
1.10 Método	25
1.11 Instrumentos de recolección de información.	26

5.3.1. Fuentes primarias.....	26
5.3.2. Fuentes secundarias	26
Resultados.....	27
1.12 Prueba 1.....	28
1.13 Prueba 2.....	31
<i>Fuente: Diseño propio</i> Evidencia de prueba 2	34
Video demostrativo proyecto.....	38
Indicadores de frenado.....	38
Condiciones de baja velocidad	42
Condiciones en media velocidad	44
Condiciones de alta velocidad	45
Comparativos graficas	46
Tiempo de acción de frenado.....	48
Conclusiones.....	49
Recomendaciones	51
Referencias bibliográficas	52
Anexos.....	53

Lista de figuras

	Pág.
Ilustración 1Partes de un freno de tambor	10
Ilustración 2Partes del freno de estacionamiento	11
Ilustración 3Esquema de sistema de frenado hidráulico	12
Ilustración 4 Estructura de freno regenerativo	13
Ilustración 5 Circuito equivalente magnético	15
Ilustración 6corrientes de Foucault inducidas parammfw=1120A.t.....	17
Ilustración 7 diagrama de malla, b) vectores de flujo magnético parammfw=1120A.t.	18
Ilustración 8Esquema de conexión de celdas y diodos Zener	23
Ilustración 9Bicicleta Bogotá GW.....	28
Ilustración 10 Motor eléctrico bafang GW referencia RWCO20350D121	29
Ilustración 11 Batería Li-ion lition 36V potencia 350 Watts	29
Ilustración 12Controlador 35V ,14A	30
Ilustración 13Arduino.....	30
Ilustración 14Diagrama de conexión Arduino (prueba 1)	31
Ilustración 15Montaje placa de Arduino	31
Ilustración 16 Especificaciones motor DGW22C	32
Ilustración 17Motor brushless DGW22C 350W	33
Ilustración 18 Montaje circuito freno	34
Ilustración 19 Montaje de prueba 2	34
Ilustración 20Montaje circuito en placa	35
Ilustración 21Montaje en bicicleta	35
Ilustración 22 Código Arduino	37
Ilustración 23Rotary encoder	39
Ilustración 24Encoder.....	40
Ilustración 25 Montaje Rotary encoder	41
Ilustración 26 Código encoder.....	41
Ilustración 27Grafica de baja en baja velocidad.....	42
Ilustración 28 RPM en velocidad baja.....	43

Ilustración 29 Tiempo en velocidad baja.....	43
Ilustración 30 Velocidad en media velocidad	44
Ilustración 31 RPM en media velocidad.....	44
Ilustración 32 Tiempo en media velocidad.....	45
Ilustración 33 Velocidad en alta velocidad.....	45
Ilustración 34 RPM en alta velocidad.....	46
Ilustración 35 Tiempo en alta velocidad.....	46
Ilustración 36 Velocidades	47
Ilustración 37 RPM.....	47
Ilustración 38 Momentos de frenado	48

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 Porcentaje de energía recuperada	14
Tabla 2 Parámetros Geométricos y Electromagnéticos	17
Tabla 3 Pros y Contras de los frenos electromagnético.....	27

Lista de anexos

	Pág.
Anexo 1Codigo de encoder	53
Anexo C Código freno Anexo 2Codigo freno lenguaje Arduino	55
Anexo 3 Recopilación de datos	57

Resumen

PROTOTIPO DE FRENO AUXILIAR PARA TODO TIPO DE VEHÍCULO POR MEDIO DE LA UNIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FRENO MAGNÉTICO Y FRENO REGENERATIVO

JARRISON STANLY GONZALEZ VASQUEZ

En Colombia se registra por fallas mecánicas 3.273 siniestros viales, de los cuales el 78,6% son fallas mecánicas y la principal causa en la falla mecánica en los sistemas de frenado, es por recalentamiento de las piezas mecánicas involucradas en la acción de frenar. (mintransporte.gov.co, 2021). Por esto la necesidad de desarrollar un sistema de frenado auxiliar que eliminara esta variable de la fricción en la ecuación del sistema de frenado.

En este trabajo se buscó plantear un prototipo de un freno magnético adaptable a cualquier tipo de vehículo convencional. Esto se logró gracias a una investigación de los elementos existentes y los métodos utilizados al día de hoy. Durante la investigación se encontró un gran número de propuestas, que en nuestra apreciación eran muy elaboradas para el problema que realmente se quería resolver, con esto en mente y la intención de materializar el prototipo, se decidió iniciar una investigación con base a la experimentación, de aquí inicio una cascada de posibles soluciones que se podrían abordar.

En primera instancia se inició con intentar controlar un motor brushless en su esencia, controlar su velocidad, esto se logró por medio de una placa de Arduino asociada a potenciómetro, lo cual brindó el control de la velocidad del motor en un solo sentido, al intentar girar en el sentido contrario no era posible por el diseño de fabrica del motor utilizado de la bicicleta GW Bogotá , posterior a esto, se buscó un motor que brindara la posibilidad de controlarlo en ambos sentidos de giro, el cual lo brindo el motor DGW22C SY224820SE0041PS1 350W,500W. Con estas tres variables controladas (sentido de giro horario, antihorario y velocidad de giro), nos entregó una incógnita; ya que se controló el motor, ¿cómo se puede frenar eléctricamente? Esta pregunta se resolvió controlando la inversión de giro por un lapso de tiempo 2 ms /seg suficiente para romper la inercia del giro, pero, no demasiado para iniciar un giro en sentido contrario. Esto se asoció a un pulsador el cual debía ser accionado por el ciclista en tu recorrido, de aquí en adelante lo que queda es hacer pruebas de funcionamiento con el propósito de cuantificar la efectividad de la solución y para esto se utilizó un encoder conectado a una placa de Arduino y así poder transformar la información del encoder en datos medibles. Para lograrlo, interpretamos las RPM que podía producir el motor , con la relación de la circunferencia del buge de caucho del encoder y la rueda del motor; con esta medida se logró calcular las velocidad y el tiempo transcurrido y se generó unas condiciones de pruebas, las cuales constaban de leer las tres variables en (baja ,

media y alta velocidad), las tres medidas registradas se llegaron a la conclusión, que el freno era eficiente en su tiempo de reacción de 1000 m/seg comparado con el tiempo de reacción de un freno convencional de 0.5 seg; aclarando que las condiciones de las pruebas fueron simuladas en un banco de pruebas, lo que se entiende, que para poder llegar a una comparación más eficiente, se requiere pruebas de campo más especializadas, si se pretende comercializar las propuesta de freno aquí planteada.

Palabras claves: Voltaje, corriente

Abstract

In Colombia, 3,273 road accidents are due to mechanical failures, of which 78.6% are mechanical failures and the main cause of mechanical failure in braking systems is by overheating the mechanical parts involved in the braking action.(mintransporte.gov.co, 2021). Hence the need to develop an auxiliary braking system that would eliminate this variable of friction in the brake system equation.

In this work it was sought to silver a prototype of a magnetic brake adaptable to any electric or conventional bicycle. This was achieved thanks to an investigation of the existing elements and methods used today, during the investigation a large number of proposals were found, which in our assessment were very elaborate for the problem that really wanted to solve, With this in mind and the intention of materializing the prototype, it was decided to start an investigation based on experimentation, from here start a cascade of possible solutions that could be addressed.

In the first instance you start with trying to control a brushless motor in its essence, control its speed , this was achieved by means of an Arduino plate associated with potentiometer, which provided control of the engine speed in one direction , when trying to turn in the opposite direction was not possible by the factory design of the used engine of the bicycle GW Bogota , after this, an engine was sought that would provide the possibility to control it in both directions of rotation , which is provided by the DGW22C SY224820SE0041PS1 350W,500W engine. With these three controlled variables (clockwise, counter-clockwise and rotational speed), he gave us an unknown; since the engine was controlled, how can you brake electrically? This question was solved by controlling the spin inversion for a period of time 2 ml /sec enough to break the spin inertia, but not too much to start a turn in the opposite direction. This was associated with a push button which had to be driven by the cyclist on your ride, From here on out what remains is to do performance tests with the purpose of quantifying the effectiveness of the solution and this was used an encoder connected to an Arduino board and thus be able to transform encoder information into measurable data. To achieve this, we interpreted the RPMs that the engine could produce, with the circ ratio

Keywords: Voltage, current

Glosario

Arduino: Microcontrolador, que funciona de manera independiente

Corrientes de focault: Corrientes parasitas en un motor provenientes de las perdidas por calor

Encoder: Codificador

Electromagnetismo: Interacción de los campos eléctricos y magnéticos

Hidráulico: Que funciona o es accionado por un liquido

Inercia: Incapacidad que tienen los cuerpos de modificar por si mismos el estado de reposo o movimiento

Motor brushells: Motor eléctrico que utiliza imanes permanentes

Potenciómetro: Es un componente electrónico similar a los resistores, resistencia variable.

Freno Regenerativo: Aprovechamiento de la energía cinética proveniente del frenado convencional, para ser usada en los accesorios del vehículo.

Relé: Interruptor eléctrico que permite dejar pasar y parar la corriente

Resistencia eléctrica: Medida de oposición al flujo de corriente en un circuito eléctrico

Introducción

La presente investigación se refiere a la elaboración de un prototipo de freno eléctrico, por medio del entendimiento de los sistemas de frenado más conocidos, como freno magnético, freno regenerativo y los sistemas hidráulicos, todo esto con el propósito de mejorar las condiciones de seguridad de las personas y la integridad de los vehículos en las vías del país ya que de acuerdo con los datos registrados en el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT) y el Registro Nacional de Accidentes de Tránsito (RNAT), en los últimos tres años y el primer semestre de año se han podido evidenciar 3.920 accidentes asociados a fallas en los sistemas de frenos, llantas y dirección de los vehículos. El 66% de estos hechos solo han representado daños de los vehículos, sin embargo, 31% han dejado lesionados y el 3%, víctimas fatales con la pérdida de 117 vidas en las vías del país. (admin.tecnico01, 2021).

Las principales características de este tipo de sistemas, es la eliminación de elementos metálicos que actúan en conjunto realizando fricción entre ellos. Esto se consigue gracias a un control electrónico de las variables eléctricas de los motores brushless y así mejorar la acción de frenado en tiempo de reacción y distancia requerida para detenerse.

Para analizar esta problemática es necesario mencionar sus causas. Una de ellas son los sistemas que accionan mecanismos que involucran la fricción de partes metálicas en este caso las pastas de freno, donde al actuar progresivamente o de manera inadecuada se genera recalentamiento y pérdida de la eficiencia de la acción de frenar lo cual incide en accidentes y los sistemas más eficientes que no tienen este tipo de principio son de uso exclusivo por vehículos de un alto valor comercial, es así por lo cual se busca un sistema adaptable, económico y seguro que se pueda adaptar a los sistemas existentes y así aportar mayor fiabilidad a los sistemas. El interés que llevo a realizar esta investigación es su alta aplicabilidad al movimiento social actual donde gran parte de la sociedad se está moviendo en la corriente de la conservación la salud y el cuidado del medio ambiente y una sociedad encaminada a la prevención.

En el marco de la tecnología eléctrica, se buscó por medio de la investigación de los referentes existentes sistemas de freno eléctrico y regenerativo y por medio de asesorías de profesionales en el área eléctrica, electromecánica y mecánica, se logró filtrar la información investigada y consolidar en método de ejecución y durante la investigación de campo de prueba error en el motor brushless se realizaron pruebas de funcionamiento de los métodos investigados y se llegó a

consolidar las técnicas a utilizar en base a los recursos disponibles , con el objetivo de elaborar un prototipo de freno eléctrico adaptable a todo tipo de vehículo, en primera medida se realizó pruebas de control de motor brushless de bicicleta Bogotá GW, por medio de una conexión de un placa de Arduino , con la intención de lograr controlar el movimiento del motor , lo cual solo se logró en un solo sentido , lo siguiente que se realizó aplicar en misma configuración del circuito en el Arduino al motor brushless DGW22C 350W el cual se logró controlar en ambos sentidos , sentido horario y anti horario , con esto en mano se logró llegar al frenado eléctrico con el control de giro con un lapso de tiempo , suficiente para romper la inercia del sentido de desplazamiento.

Planteamiento del problema

1.1 Descripción

Los más de 3000 accidentes ocasionados en los últimos años en Colombia por fallas mecánicas relacionadas con el sistemas de frenado, es un indicador clave para comprender que los sistemas actuales no cubren el 100% de la necesidad de seguridad requerida para poder conducir con tranquilidad por las vías, esto nos llama a la acción en la búsqueda y mejora de los sistemas existentes, los cuales por una mala manipulación , falta de revisiones preventivas y una sobre exigencia del frenado, fallan y entendiendo el momento que vive la sociedad, en pro del autocuidado y la conservación del medio ambiente, es una oportunidad única de incluir en el mercado un sistema más simple y eficiente, adaptable a todo tipo de vehículo.

1.2 Formulación

Los sistemas de frenado de los vehículos mejorarán con un sistema de freno por medio de la unificación de los sistemas de freno ¿magnético y freno regenerativo?

Justificación

Este trabajo es importante realizarlo porque busca complementar la tendencia de la sociedad hacia las energías limpias y la creciente demanda de actualización y optimización de los elementos que componen los vehículos híbridos y eléctricos. En este caso se busca que los sistemas existentes de freno regenerativo y freno eléctrico se integren en un solo sistema que aproveche de mejor forma la energía empleada para su funcionamiento.

Se investiga el cómo unificar los sistemas de frenado regenerativo y freno eléctrico como un solo sistema que sirva como freno auxiliar de los vehículos híbridos y eléctricos. Brindando una mayor seguridad a la hora de frenar disminuyendo el índice de accidentes y mortalidad ocasionando por el recalentamiento de los frenos en momentos de alta exigencia.

La investigación es muy viable realizarla porque es un medio que mejora los recursos disponibles y genera una mayor confianza a los usuarios que aún no tienen una intención de cambiar sus medios de transporte convencional a gasolina por un medio de transporte con energía limpias.

Esto ayudara a los conductores de vehículos híbridos y eléctricos, dándoles una mayor confiabilidad a la hora de frenado optimizando el tiempo de respuesta de la acción y la distancia recorrida antes de detenerse, lo que traerá una mayor eficiencia en los vehículos, lo cual enriquecerá las virtudes de los vehículos y así un mayor número de usuarios cambiaran sus sistemas de transporte.

Este será un punto de partida de investigación para cuestionar los sistemas de frenado existentes en los vehículos y buscar cómo lograr una eficiencia cada vez mayor en este tipo de sistemas, llevando la investigación a tal punto que se pueda implementar en otros tipos de vehículos, incluidos aquellos a que operan con combustibles fósiles mejorando la seguridad de los sistemas de frenado existentes

1.3 Objetivo general

Implementar un sistema de freno auxiliar para todo tipo de vehículo por medio de la unificación de los sistemas de freno magnético y freno regenerativo.

1.4 Objetivos específicos

Elaborar informe de modelos y referentes existentes del freno regenerativo y freno eléctrico (magnético).

Diseñar los elementos de adaptación del freno dinámico y freno regenerativo a los sistemas existentes.

Realizar un sistema de frenado auxiliar en un vehículo existente.

Referentes teóricos

1.5 Sistemas de freno de automóviles convencionales

4.1.1 Freno de disco

Los frenos de disco son los frenos más utilizados en los vehículos actuales.

De hecho, en el eje delantero prácticamente siempre se montan este tipo de frenos.

Los frenos de disco presentan las siguientes ventajas con respecto a los frenos de tambor:

- Mayor poder de frenado, ya que la distancia de frenado es inferior con respecto a los frenos de tambor.
- Mayor estabilidad en las frenadas.
- Menor pérdida de rendimiento del frenado con el aumento de la temperatura de sus componentes.
- Mayor facilidad de montaje, lo que reduce los costes. (Borja, Fenoll, & Herrera, 2008)

Figura 1. Figura del primer tema de los referentes

Fuente. Diseño propio.

hasta los pistones de accionamiento del conjunto, que empujan las pastillas contra el disco. (Borja, Fenoll, & Herrera, 2008).

4.1.3 Composición de los frenos de disco

La composición de los frenos de disco es bastante simple. Están formados por el disco, las pastillas y la pinza de freno, dotada de los pistones de

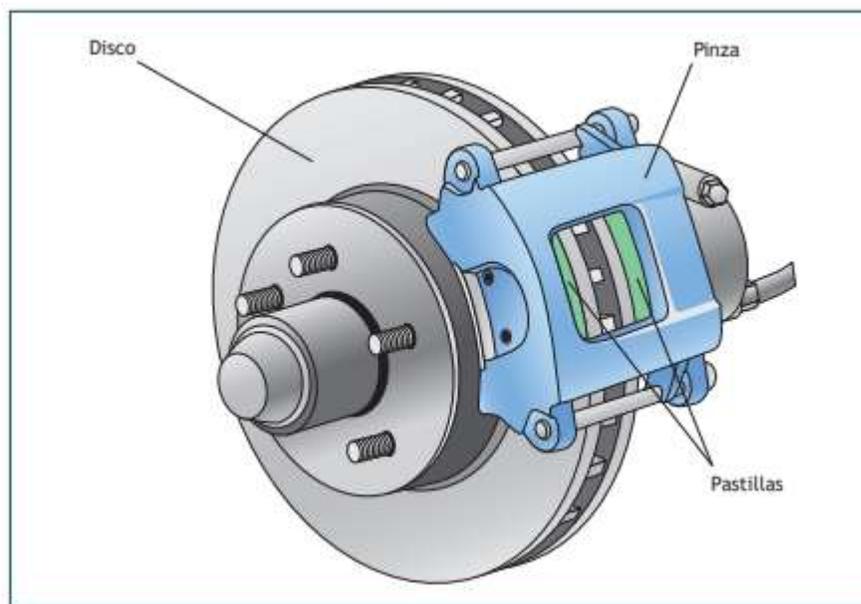


Figura 1. Elementos del freno de disco
Fuente. (Jaime Carlos Borja, 2008)

4.1.4 Discos de freno

Los discos de freno son uno de los elementos de fricción en la acción de frenado de los sistemas de freno de disco. Suelen estar fabricados con acero aleado con cromo, ya que deben soportar elevadas temperaturas sin sufrir deformaciones.

Existen dos tipos básicos de discos de freno:

- Los discos no ventilados, que son macizos
- Los discos ventilados, que tienen orificios en su interior para disipar el calor.

Los discos macizos suelen ir colocados en los ejes traseros y los ventilados en los ejes delanteros.

Actualmente, en el diseño de los vehículos se intenta canalizar un flujo de aire generado en la marcha para mejorar la refrigeración de los discos de freno. (Borja, Fenoll, & Herrera, 2008)

4.1.5 Pastillas de freno

Las pastillas de freno son los otros elementos de fricción del sistema de frenos de disco.

Son unos forros de fricción de una composición muy similar a la de los forros de un disco de embrague. Poseen unas virutas de un componente metálico que tiene como misión proporcionar a la pastilla una mayor rigidez mecánica. Antiguamente, en la fabricación de las pastillas de freno se utilizaba amianto para proporcionarles mayor rigidez y mejor disipación de la temperatura. Sin embargo, al resultar altamente cancerígeno, este compuesto se ha dejado de utilizar (Borja, Fenoll, & Herrera, 2008)

4.1.6 Pinza de freno

Las pinzas son los elementos que accionan los frenos de disco mediante unos pistones que empujan a las pastillas para que friccionen con el disco. Estas pinzas van directamente atornilladas al buje de la rueda. Existen dos tipos distintos de pinzas de freno.

- Pinzas flotantes: disponen de un único pistón de accionamiento. En el momento en que este pistón recibe presión, su pastilla de freno presiona el disco, y esa fuerza arrastra el conjunto de la pinza de forma que la otra pastilla presione el disco. Este tipo de pinzas suele montarse en vehículos de poco peso como los turismos.
- Pinzas estacionarias o fijas: poseen varios pistones de accionamiento en cada lado de la pinza. De esta forma, al realizar la frenada se accionan a la vez las dos pastillas de freno. El número de pistones dependerá del peso y de la potencia del vehículo. (Borja, Fenoll, & Herrera, 2008)

4.1.7 Freno de tambor

Los frenos de tambor realizan el frenado gracias a la fricción que se produce entre dos elementos: las zapatas y el tambor. Dicha función se produce con la expansión de las primeras por el accionamiento de un bombín hidráulico.

Las principales ventajas de los frenos de tambor con respecto a los de disco

son las siguientes:

- Mayor superficie de fricción de las zapatas de estos frenos que de las pastillas de los frenos de disco.
- El nivel de ruido es inferior gracias a la menor presión que ejercen las zapatas.
- No es necesario utilizar materiales tan duros como en los frenos de disco. (Borja, Fenoll, & Herrera, 2008)

4.1.8 Composición de los frenos de tambor

Los frenos de tambor se componen de los siguientes elementos:

- Zapatas de freno: son los elementos de fricción de estos frenos. Son piezas metálicas en forma de media luna recubiertas de forros prensados en hilos de latón sujetos con remaches.
- Tambor: es el elemento contra el que friccionan las zapatas de freno para detener las ruedas. Está fabricado con acero con alto contenido en carbono, lo que le proporciona dureza y resistencia mecánica.
- Bombín: es el elemento que recibe la presión hidráulica de frenado para accionar las zapatas.
- Sistema de reglaje automático: en los frenos de tambor se necesita un sistema específico que asegure que, pese al desgaste de las zapatas, estas se encuentran siempre a la distancia correcta del tambor. (Borja, Fenoll, & Herrera, 2008)

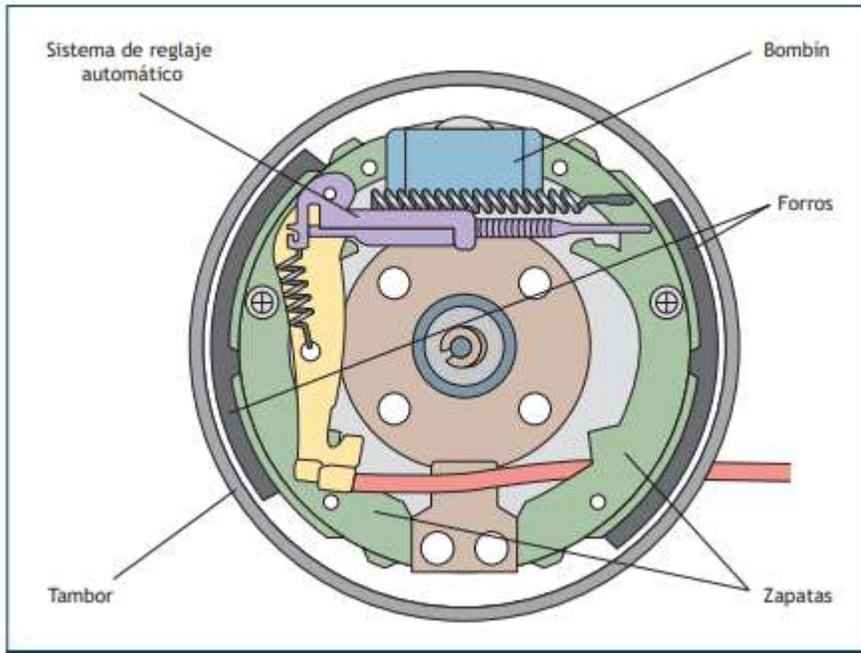


Ilustración 1 Partes de un freno de tambor
 Fuente. (Borja, Fenoll, & Herrera, 2008)

4.1.9 Freno estacionamiento

El freno de estacionamiento, también conocido como freno de emergencia, tiene como principal misión bloquear el vehículo en el lugar de parada para mantenerlo inmovilizado. Normalmente actúan sobre las ruedas traseras.

Al ser un freno de accionamiento manual e independiente, en situaciones de emergencia en que fallen totalmente los frenos del vehículo, puede utilizarse para detenerlo.

El sistema del freno de estacionamiento está compuesto por los siguientes elementos

- Palanca de accionamiento
- Tensor del cable acerado
- Cable acerado
- Funda de protección del cable
- Horquilla
- Palanca y conjunto de muelles del mecanismo manual de los frenos de

tambores presentes en el interior del tambor de frenado (Borja, Fenoll, & Herrera, 2008)

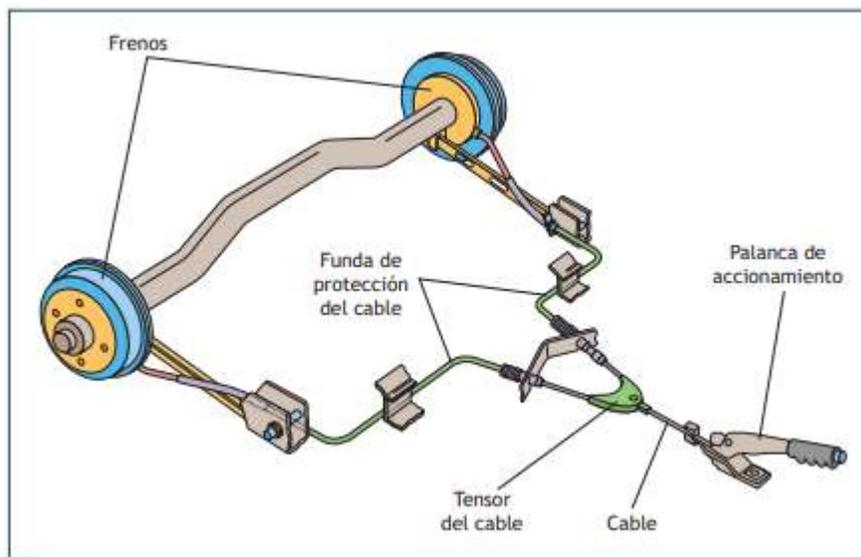


Ilustración 2 Partes del freno de estacionamiento

Fuente. (Borja, Fenoll, & Herrera, 2008)

4.1.10 Aplicación del sistema hidráulico en el vehículo

El sistema de frenado con mando hidráulico debe permitir repartir el esfuerzo de frenado sobre las 4 ruedas. Para ello es necesario prever 4 elementos receptores.

Disposición general el sistema se compone:

1. De un depósito de líquido de frenos.
2. De una bomba de mando del cilindro principal.
3. De un mando mecánico de esta bomba o pedal de freno.
4. De cilindros receptores que hacen el papel de levas del mando mecánico.
5. De canalizaciones que unen los diferentes órganos. (Molero, 2009)

Guarda del vástago

Existen entre la extremidad de la varilla de empuje que manda el pedal y el fondo del pistón del cilindro principal, una guarda de 0,8 a 1mm, reglada en origen por el constructor y que no debe, en principio, ser modificada.

Algunas veces es necesario reglar este juego. Para ello se debe actuar sobre el tornillo del pedal, sobre la varilla de empuje o mediante calas previstas por el fabricante. (Molero, 2009)

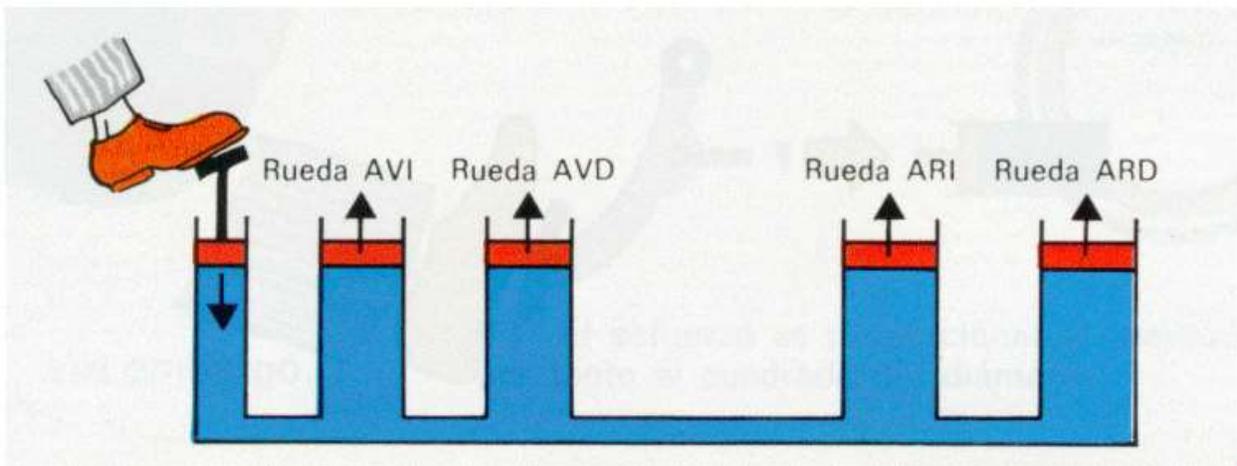


Ilustración 3 Esquema de sistema de frenado hidráulico
Fuente. (Molero, 2009)

1.6 Freno regenerativo

El sistema de frenado cooperativo que se propone en este estudio. El sistema de frenado del vehículo objetivo está compuesto por cuatro frenos hidráulicos y frenos traseros de motor/generador. A través del cambio del pedal del freno a la Unidad de Control Electrónico (ECU) del freno que calcula la fuerza de frenado requerida. Durante el frenado, las ruedas traseras realizan tanto el frenado regenerativo como el

hidráulico, y las ruedas delanteras solo realizan el frenado hidráulico. Cuando el motor eléctrico está involucrado en el frenado, el motor eléctrico funciona como un generador, recupera la energía de frenado para cargar la batería. Al mismo tiempo, el motor eléctrico proporciona par de frenado regenerativo, que es transmitido por el sistema de transmisión y finalmente, ejercido sobre las ruedas, desacelerando el vehículo. (Nv Ming, 2017)

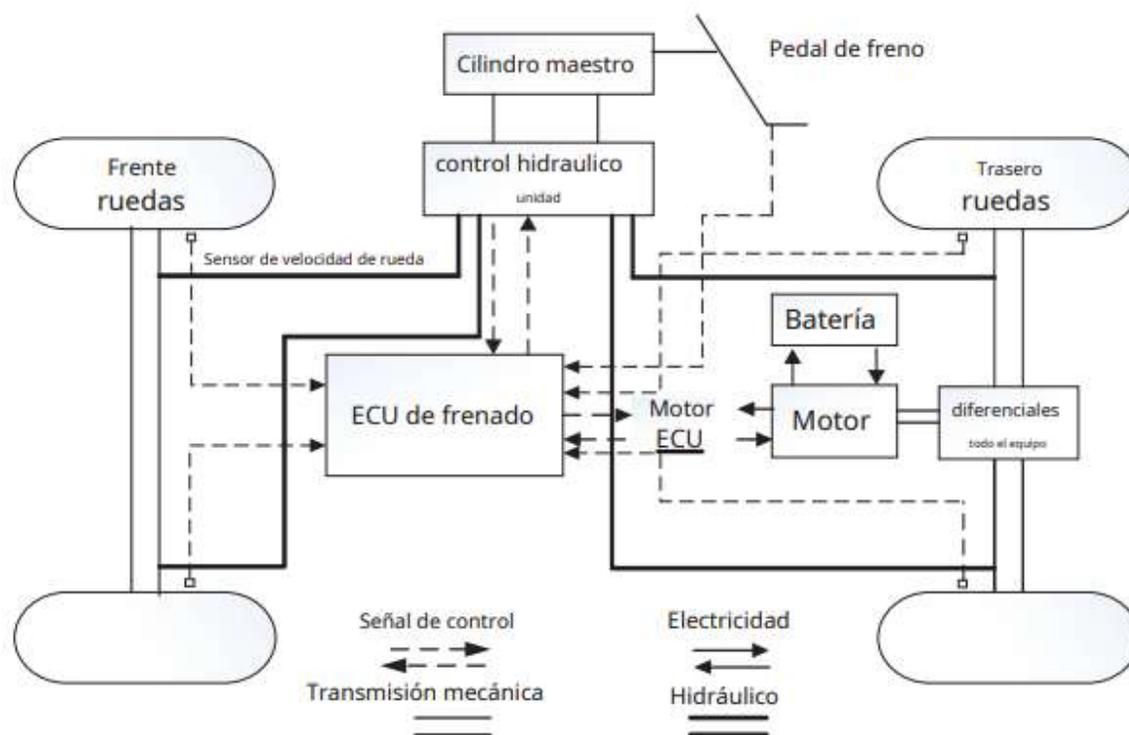


Ilustración 4 Estructura de freno regenerativo

Fuente: (Nv Ming, 2017)

4.2.1. Cálculo de la potencia electromagnética

La potencia electromagnética es el producto del par electromagnético por la velocidad angular del rotor.

$$P_i = 61 \text{ [KW]}$$

Para dicho valor de potencia electromagnética no se han tomado en cuenta las propias pérdidas de potencia por efectos de fricción y calentamiento entre los elementos implicados como los engranes y el rotor del generador, la potencia real del generador es de aproximadamente 53 [kW]. (Nv Ming, 2017)

4.2.2. Consumo y regeneración de energía Eléctrica

Para determinar el consumo de energía se parte de la potencia entregada por el motor eléctrico, el análisis realizado corresponde a 110 [KW] de potencia los cuales son utilizados durante 1 hora para operar el vehículo, de ello se asumen frenadas por parte del usuario o desplazamiento del vehículo sin aceleración (movimiento por inercia propia) de donde se obtienen los siguientes datos en la Tabla 1. (Nv Ming, 2017)

*Tabla 1 Porcentaje de energía recuperada
Fuente: (Méndez Cuello Andy, 2016)*

Energía Demandada durante 1 hora [W/h]:		105000 [W/h]	
Minutos	Segundos	Energía Recuperada [W]	
	3	5 250	5%
	3,5	6 125	6%
	4	7 000	7%
	4,5	7 875	8%
	5,0	8 750	8%
	5,5	9 625	9%
	6	10 500	10%
	6,5	11 375	11%
Tiempo de Frenado o	7	12 250	12%
Desplazamiento del Vehículo sin	7,5	13 125	13%
Aceleración	8,0	14 000	13%
durante 1 hora de	8,5	14 875	14%
Funcionamiento	9	15 750	15%
	9,5	16 625	16%
	10	17 500	17%
	10,5	18 375	18%
	11,0	19 250	18%
	11,5	20 125	19%
	12	21 000	20%
	12,5	21 875	21%
	13	22 750	22%
	13,5	23 625	23%
	14,0	24 500	23%
	14,5	25 375	24%
	15	26 250	25%
	15,5	27 125	26%

1.7 Diseño de freno de corriente de Foucault de excitación híbrida

En esta sección, se investiga el diseño de HECB (Diseño de freno de corriente de Foucault de excitación híbrida) con bobinado y PM, incluidas las restricciones de diseño y las suposiciones apropiadas. En este estudio, el radio exterior y la longitud axial son las restricciones de diseño HECB. El flujo magnético del polo norte del primario pasa por el entrehierro y el secundario, pasando nuevamente por el entrehierro hacia el polo sur. Para esta ruta de flujo, el circuito equivalente magnético (MEC) se muestra en la Ilustración 6. Para la otra mitad de los polos, el MEC es el mismo. (Yazdanpanah, 2009)

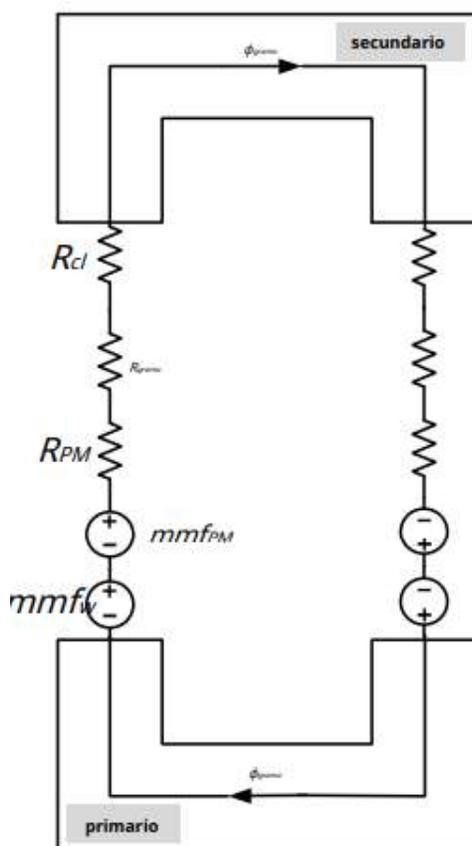


Ilustración 5 Circuito equivalente magnético

Fuente: (Yazdanpanah, 2009)

dónde, ϕ_{gramo} , R_{gramo} , R_{PM} , R_{cl} , mmf_{PM} , mmf_w son el aireel flujo del espacio, el entrehierro, la PM y las reluctancias de la capa conductora, y la fuerza magnetomotriz (mmf) formada por la PM y el devanado, respectivamente. Los objetivos en el diseño HECB son:

- La densidad de flujo en el entrehierro es de 0,8T cuando él los devanados no están excitados
- La densidad de flujo en el entrehierro es de 1T cuando los devanados son excitados por la corriente nominal Para el valor requerido de la densidad de flujo magnético del entrehierro (B_{gramo}), el mmf se calculará a partir del MEC como:

$$\text{mmf}_w + \text{mmf}_{\text{PM}} = B_{\text{gramo}} \cdot m_0 \cdot (y_{\text{ocl}} + y_{\text{ogramo}} + y_{\text{ometro}})$$

El área requerida de la bobina podría calcularse usando el factor de llenado mmf de la bobina (B_{gramo}) y densidad de corriente (j)

$$A_c = \frac{\text{mmf}_w}{k_{\text{llenar}} \cdot j}$$

Para el radio interior seleccionado, considerando el ancho del diente, la altura del diente usando será:

$$h_c = \frac{2A_c}{d_1 + d_2} - y_{\text{omino}}$$

dónde,

$$d_1 = \tau_{\text{pags}} - W_{\text{pags}}$$

$$\tau_{\text{pags}} = \frac{2\pi r_i}{2 \cdot \text{pags}}$$

Entonces, el radio exterior de la máquina es:

$$r_o = r_i + h_c + y_{\text{ometro}} + y_{\text{ogramo}} + y_{\text{ocl}} + \frac{W_{\text{pags}}}{2}$$

Con base en las explicaciones anteriores, las suposiciones de algunos parámetros electromagnéticos, las restricciones de diseño en la geometría y el cálculo de los parámetros resultantes se presentan brevemente en la Tabla 2

Tabla 2 Parámetros Geométricos y Electromagnéticos
Fuente: (Yazdanpanah, 2009)

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
r_i, r_o	8, 26,5 (mm)	mmf_w	1120 (en)
$g_{\text{rama}}, g_{\text{air}}$	1, 1 (mm)	H_c	8.9×10^5 (Soy)
$y_{\text{d-av}}, h$	5, 9 (mm)	p_{ags}	2
d_1, d_2	3,8, 15 (mm)	σ_{cobre}	58 (MS)
$\Gamma_{\text{cap}}, W_{\text{sup}}$	12,6, 5 (mm)	centro	acero laminado
j	14 (A/mm ²)	longitud axial	40 (mm)

B. Densidad de flujo magnético y corriente de Foucault Usando 2D FEM, fig. 3 muestra el gráfico de mallas y los vectores de flujo magnético en reposo para mmf de devanado nominal. Las corrientes de Foucault de la capa conductora producidas a la velocidad de 3000 rpm y para el devanado nominal mmf se muestran en la Ilustración 7

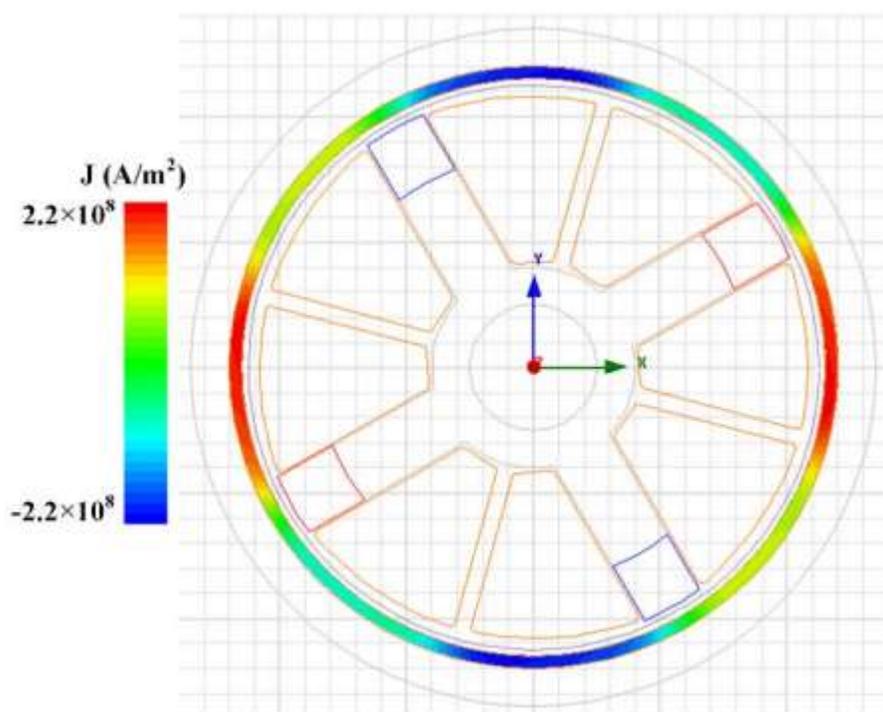


Ilustración 6 corrientes de Foucault inducidas para $mmf_w = 1120 \text{ A.t.}$
Fuente: (Yazdanpanah, 2009)

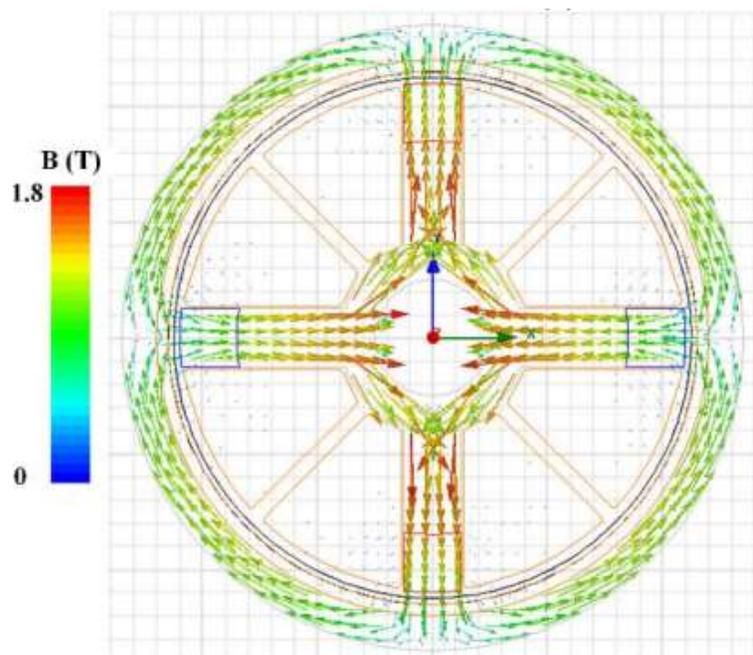


Ilustración 7 diagrama de malla, b) vectores de flujo magnético parammfw=1120A.t.
Fuente: (Yazdanpanah, 2009)

1.8 Características generales de las baterías de litio

La densidad de energía de una batería de la familia del litio es aproximadamente más del doble que en una batería de níquel-Cadmio. Los investigadores aseguran que la batería de litio puede alcanzar un potencial muy superior al actual.

El voltaje de una celda de la familia de litio oscila entre los 3.3 a 3.7 Voltios, lo que permite diseñar baterías de una única celda que se utilizan especialmente en teléfonos o aeromodelos de vuelo indoor. Recordemos que para alcanzar un voltaje similar con una batería de níquel-Cadmio sería necesario utilizar tres células conectadas en serie.

Las baterías de la familia del litio no requieren mantenimiento, cosa que no puede decirse de otras baterías. No tienen efecto memoria y no es necesario realizar un reciclado cada cierto número de cargas. Además, la ratio de auto descarga de una batería almacenada es menos de la mitad de otros tipos de batería.

Pero también hay que tener en cuenta que su estructura es frágil y requieren de un circuito de seguridad. Se hace necesario un circuito que limita el voltaje máximo que puede alcanzar cada célula durante la carga, y también limitar el voltaje mínimo de cada célula durante la descarga. Aproximadamente el factor de carga de una batería es de 1C o 2C. (Peña Ordóñez, 2011)

El envejecimiento de las baterías de Litio es un tema que los fabricantes suelen ocultar, pues las capacidades químicas de una batería se degradan notablemente en un periodo de un año. Esta degradación química ocurre tanto si se utiliza la batería o no. Los fabricantes están constantemente mejorando las baterías de Litio, lo que abre un futuro prometedor ante este problema de la degradación química.

A continuación, se van a citar las ventajas e inconvenientes generales de las baterías que basan su química en el litio. (Peña Ordóñez, 2011)

Ventajas:

- Alta densidad de energía.
- Alta energía específica.
- Alta capacidad de descarga en algunos tipos de baterías de litio.
- No necesitan de mantenimiento.
- Sin efecto memoria.
- Bajo efecto de auto descarga.

Desventajas:

- Requiere un circuito de seguridad para mantener los límites de voltaje máximo y mínimo por celda.
- Almacenar en lugar frío al 40% de su carga.
- Baja capacidad de descarga en las baterías de iones de litio.
- Limitaciones en su transporte aéreo.
- Precio superior a otras baterías.

1.8.1 BMS (batteri management system)

Este sistema, es comúnmente conocido como BMS (de las siglas en inglés Battery Management System). Un BMS es cualquier dispositivo electrónico que gestiona una batería o celda recargable. Se hace especialmente importante en baterías formadas por un elevado número de células, e indispensable en baterías de litio.

Hay tres objetivos principales y comunes a todos los Sistemas de Gestión de la batería (BMS) [16].

- Proteger las celdas o pack de batería de daños.
- Prolongar la vida de la batería.
- Mantener la batería en un estado en el que pueda cumplir, con los requisitos para la que se ha especificado. (Peña Ordóñez, 2011)

1. Protección de celdas.

El funcionamiento de una batería, fuera de sus límites de diseño especificados, conducirá inevitablemente al fracaso de la batería. Aparte de las molestias y el costo de reemplazar la batería, pudiendo llegar a ser prohibitivo.

Esto es particularmente importante en baterías de alto voltaje y alta potencia en automóviles, que deben operar en ambientes hostiles y al mismo tiempo son objeto de abusos por parte del usuario. (Peña Ordóñez, 2011)

Los métodos de protección de baterías varían según que celdas se usen y el tipo de química correspondiente a esas celdas. Esto hará variar los parámetros con los que se traten. La protección de las celdas debe abordar los siguientes parámetros y condiciones:

- Exceso de corriente durante la carga o descarga.
- Cortocircuito.
- Sobrepasar valores máximos de tensión durante la carga.
- Sobrepasar valores mínimos de tensión durante la descarga (DOD).
- Temperatura ambiente alta.
- Temperatura ambiente baja.
- Sobrecalentamiento.

- La acumulación de presión dentro de la célula
- Sistema de aislamiento en el caso de un accidente (Peña Ordóñez, 2011)

2. Protección a la temperatura

La protección de temperatura es una de las partes más importante de un BMS, un exceso de temperatura al igual que un defecto, significará la posibilidad de una muerte prematura a la vez que una progresiva pérdida de sus prestaciones, además de un aumento de su resistencia interna.

Para el análisis y estudio de la temperatura mediante BMS se utilizan termistores. Un termistor es un sensor resistivo de temperatura, cuyo funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura. Existen dos tipos de termistor:

- PTC (Positive Temperature Coefficient) su resistencia aumenta con el aumento de temperatura.
- NTC (Negative Temperature Coefficient) su resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura.

Pueden ser utilizados para:

- Terminar la carga.
- Desconectar la batería del cargador en una condición de exceso de temperatura.
- Para encender los ventiladores.

Los termistores también pueden ser utilizados por el cargador, para determinar las condiciones de partida del medio ambiente y evitar la carga si la temperatura de la batería es demasiado baja o demasiado alta.

Además, la mayoría de circuitos de protección incorporan un fusible térmico, que se apagará permanentemente si la batería sobrepasa un límite predeterminado (Peña Ordóñez, 2011)

3. Protecciones contra cortocircuitos.

La protección contra cortocircuitos debe ser un tema prioritario a la hora de proteger las celdas. Esto es particularmente importante en baterías de alto voltaje, donde un

cortocircuito supondría la posibilidad de dañar la batería por completo y la situación de peligro que esto conlleva. Aún más en las nuevas tecnologías, que poseen elevadas capacidades de descarga (Peña Ordóñez, 2011)

Fusible:

Es un dispositivo, constituido por un soporte adecuado, un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión, que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por Efecto Joule, cuando la intensidad de corriente se supere por un cortocircuito o un exceso de carga. (Peña Ordóñez, 2011)

Aunque los fusibles convencionales pueden llegar a ser utilizados para proteger la batería de sobrecargas, no son la opción más recomendable, pues no pueden actuar con la suficiente rapidez en caso de un cortocircuito. (Peña Ordóñez, 2011)

Relé:

Es un dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico, en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos, que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Son de bajo costo y pueden trabajar con corrientes altas y proporcionan un buen aislamiento en caso de fallo, pero son demasiado lentos para operar con la adecuada eficacia. (Peña Ordóñez, 2011)

FETS:

Es un transistor de efecto campo, que se basan en el campo eléctrico para controlar la conductividad de un "canal" en un material semiconductor.

Son utilizados normalmente para proporcionar una protección de acción rápida, pero están limitados en su capacidad de carga actual, además de ser muy costosos para aplicaciones de alta potencia. (Peña Ordóñez, 2011)

Diodo Zener:

El diodo Zener es un diodo de silicio que se ha construido para que funcione en las zonas de rupturas. El diodo Zener es la parte esencial de los reguladores de

tensiones casi constantes con independencia de que se presenten grandes variaciones de la tensión de red, de la resistencia de carga y temperatura.

Proporcionan una excelente opción para fijar o limitar la corriente de cada celda de manera individual con un tiempo de actuación bastante alto. A continuación, se va plantear una propuesta para cubrir esta problemática. El esquema eléctrico resultante sería el siguiente:

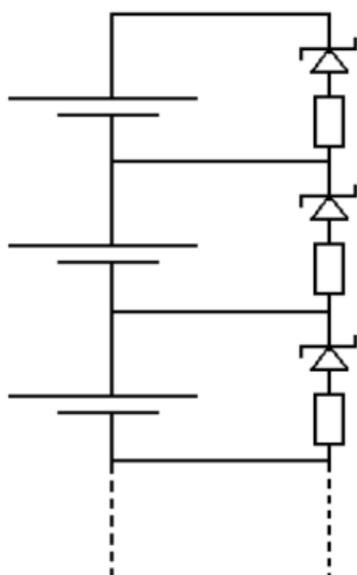


Ilustración 8 Esquema de conexión de celdas y diodos Zener

Fuente: (Peña Ordóñez, 2011)

El objetivo es utilizar un diodo Zener con cada una de las celdas que forman el pack de baterías, obteniéndose así un limitador de tensión por celda. Este efecto se debe a las propiedades de funcionamiento del diodo Zener.

En este caso van a ser polarizados en inversa en el momento que aparezca en su cátodo una tensión positiva superior a la especificada por las características del diodo utilizado. Esto significa que el diodo fijará una tensión entre sus nodos igual a la especificada por el valor de polarización inversa del diodo empleado.

Debido a este efecto y sabiendo que la celda se encuentra en paralelo al diodo, la celda deberá tener el mismo voltaje que el elemento que encuentre en paralelo (el diodo).

Así se asegura un valor límite de tensión por celda.

En el caso del polímero de litio en particular, se conoce que el voltaje nominal por celda es de 3.7v y el voltaje máximo por celda que nunca se debe sobrepasar para esta química es 4.2v. Por lo tanto, se debe seleccionar un diodo cuya polarización inversa sea lo más cercana posible a 4.2v, pero superando ligeramente este valor para crear un margen de funcionamiento.

Otra característica necesaria para la selección del diodo es conocer su potencia máxima a la hora de disipar energía. Para ello es necesario conocer el voltaje máximo al que se quiere trabajar (V_z) y la intensidad máxima a la que se podría enfrentar (I_z). (Peña Ordóñez, 2011)

universidad carlos III de madrid

Estudio de baterías para vehículos eléctricos.

$$P_z = V_z \cdot I_z \quad (2.1)$$

Donde:

V_z = Voltaje del diodo Zener (valor similar al voltaje máximo por celda)

I_z = Corriente que pasa por el diodo Zener (se iguala al valor máximo de corriente que puede entregar la batería).

P_z = Potencia del diodo Zener (dato del fabricante) (Peña Ordóñez, 2011)

Metodología

1.9 Tipo de proyecto

Este trabajo tiene un enfoque de investigación experimental, donde se dispondrán los modelos bases de los dos sistemas de frenado eléctrico (regenerativo y magnético), con la finalidad de validar la coherencia en su funcionamiento.

1.10 Método

Informe de modelos y referentes existentes del freno regenerativo y freno eléctrico (magnético) : Consultar de los fenómenos físicos presentados en un sistema de freno regenerativo y freno eléctrico, investigar de los sistemas de frenado regenerativo y freno magnético existentes en automóviles, elaborar tabla de comparación entre las ventajas y desventajas de los sistemas de freno eléctrico , investigar normatividad y estándares de calidad de los frenos en automóviles, redactar conclusiones de la posible adaptación de los sistemas de frenado regenerativo y eléctrico.

Diseño de la adaptación del freno dinámico y freno regenerativo a los sistemas existentes: Cálculos Magnéticos requeridos, diseñar sistema eléctrico, diseñar sistema de acoplamiento mecánico, diseñar soporte de acoplamiento de elementos eléctricos y mecánicos, diseño de freno eléctrico.

Elaboración de modelo auxiliar de frenado: Construir prototipo de imanes permanentes en carcasa del disco de bobinado, construir disco de acople al eje, ensamblar motor de simulación de movimiento de la rueda de un vehículo, construcción de carcasa de bobinado, base de estructura de soporte de todo el prototipo.

sin sub numeración, los cuales describen las actividades que se van a seguir durante el trabajo de grado. Las actividades se copian desde la hoja de actividades de la estructura de desglose del trabajo de grado. La descripción de las actividades de cada objetivo específico, deben estar en un mismo párrafo. Un párrafo por objetivo.

1.11 Instrumentos de recolección de información.

5.3.1. Fuentes primarias. Se realizan entrevistas a colegas del área , profesores de catedra y profesores afines a la corriente de conocimiento planteada.

5.3.2. Fuentes secundarias. La información que llevo a la estructuración de la idea de unificar tecnologías parte de la investigación de revistas, trabajos de grado, modelos de frenado existentes, tesis, documentos de apoyo y material de apoyo recolectado en las diferentes materias cursadas. Primera mano has sido utilizadas y que corresponden a material que contienen información original

Resultados

En los últimos años la sociedad ha entrado en un grado de conciencia superior, donde se entiende de trasfondo de los problemas en la sociedad (discriminación de género, racismo, desigualdad salarial, falta de oportunidades para todos) y aún más globalizado un entendimiento del impacto ambiental que el ser humano genera desde el día de su nacimiento, por medio de sus hábitos de vida. La sociedad ha llegado a un punto de alerta, donde se requiere cambios drásticos de esta dinámica, he ahí donde todos, individuo y comunidad trabajen cooperativamente en la busca de un cambio radical. Aquí es donde la ingeniería cumple un papel vital, por medio de la investigación y entendimiento del entorno, se pueden proponer nuevas rutas de solución, una de ellas el construir un prototipo de freno magnético adaptable a las bicicletas existentes con el propósito dar un mayor tiempo de uso de estas, que en el día de hoy se consideran remplazar por nuevas tecnologías y por medio de la actualización propuestas se puede lograr. Para esto es importante entender las ventajas de la mejora con respecto a la tecnología saliente:

Tabla 3Pros y Contras de los frenos electromagnético

Pros	Contras
<i>No requiere contacto entre las piezas que actúan en el proceso de frenado y así evitando el recambio de piezas con una frecuencia más corta.</i>	<i>Recalentamiento del sistema al accionarle prolongadamente, consecuente a las corrientes parasitas de Foucault generadas.</i>
<i>Mayor eficiencia de frenado, accionamiento - respuesta de frenado.</i>	<i>Mayor control de las variables de alimentación eléctrica de los vehículos (baterías), ya que de ellas dependen 100% el funcionamiento del mecanismo.</i>
<i>Gran variedad de opciones de un funcionamiento cooperativo con otros elementos del vehículo, por medio de controles lógicos se pueden condicionar mejoras automáticas que generen una mejor sensación de conducción y brindar métodos más seguros que Reduzca la brecha del error</i>	<i>Requiere personal técnico más especializado para su correcto diagnóstico y reparaciones.</i>
<i>Reduce el espacio requerido para el frenado, dando así mejores opciones de diseño Adaptable a todo tipo de vehículo (Bicicleta, motocicleta, autos de tracción sencilla y doble tracción, trenes)</i>	

Contribución al impacto ambiental, generado por el consumismo de piezas con una vida útil reducida.

Fuente: Diseño propio

Este trabajo busca generar un sistema de frenado adaptable a los modelos de bicicletas (Eléctricas y convencionales), por medio de adición de un sistema de control, capaz de controlar las variables eléctricas del motor brushless, para esto se realizaron varias pruebas:

1.12 Prueba 1

Esta prueba se realizó con una bicicleta eléctrica Bogotá GW, la cual cuenta con un sistema de frenado de cable y zapatas de goma.

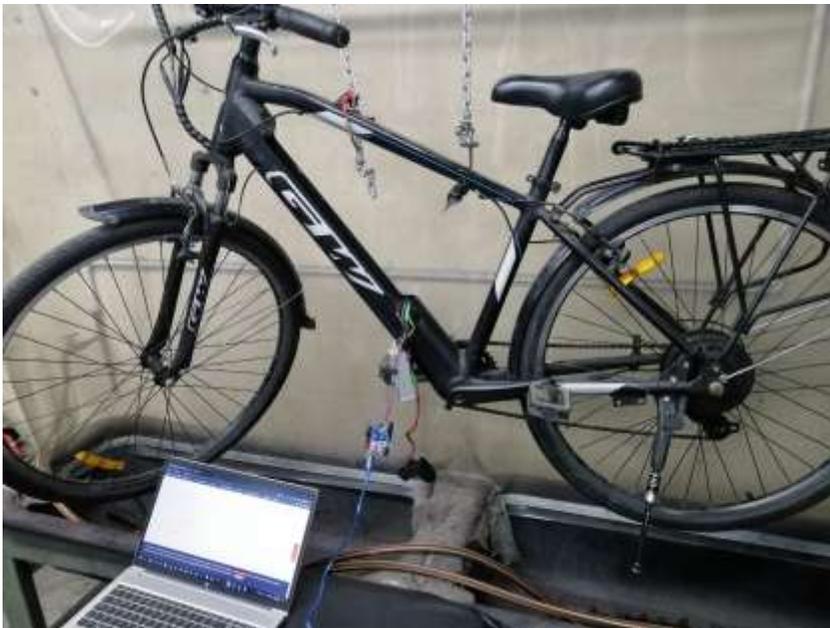


Ilustración 9 Bicicleta Bogotá GW
Fuente: Diseño propio

La cual cuenta con un motor trasero bafang 36V potencia 350 W brushless



*Ilustración 10 Motor eléctrico bafang GW referencia RWCO20350D121
Fuente: Diseño propio*



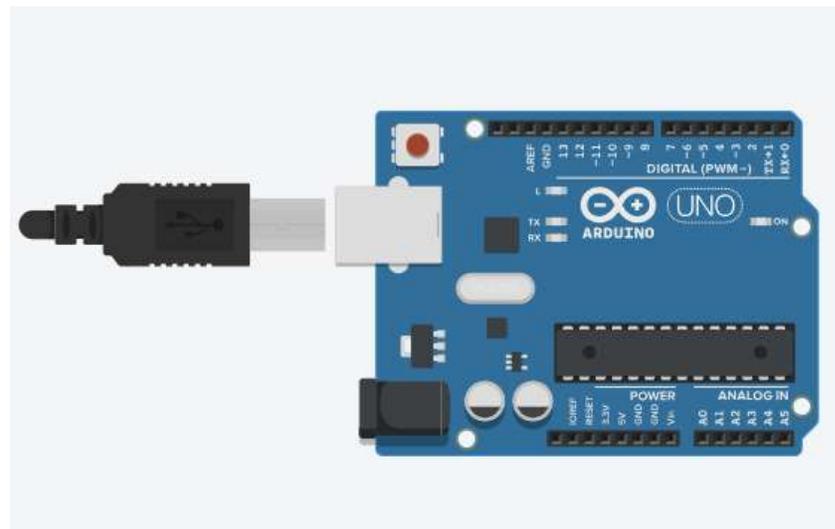
*Ilustración 11 Batería Li-ion lition 36V potencia 350 Watts
Fuente: Diseño propio*



Ilustración 12 Controlador 35V, 14A
Fuente: Diseño propio

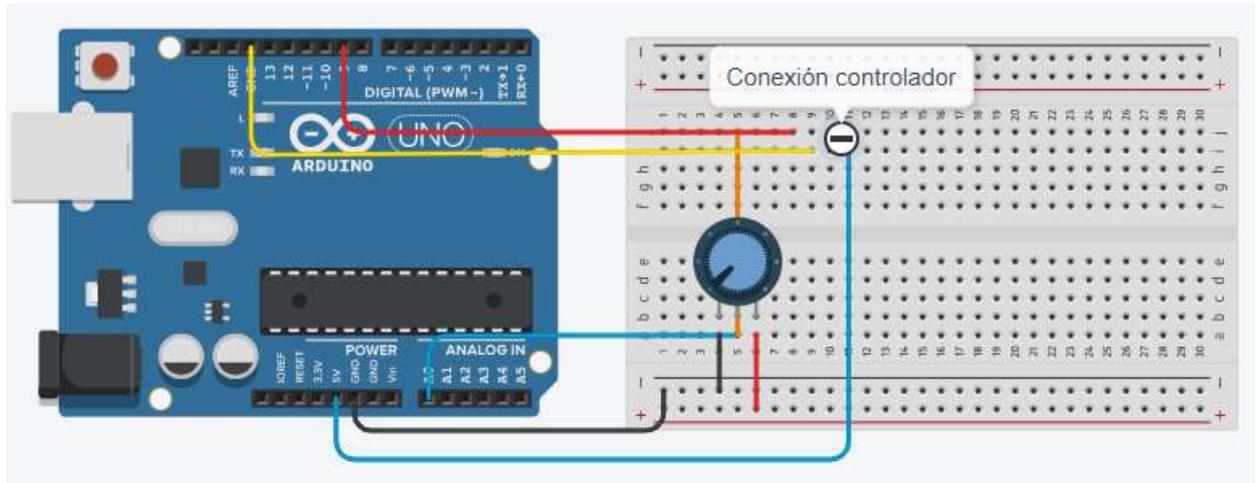
Durante la prueba, se buscó intervenir la señal de control del motor, por medio de la conexión de una placa de Arduino, conectando las entradas del controlador 35V, 14 Amp a las entradas AO, alimentación 5V, esta misma siendo interrumpida por un potenciómetro de 50 kilo ohmio.

Ilustración 13 Arduino



(tinkercad, s.f.)

Ilustración 14 Diagrama de conexión Arduino (prueba 1)



(tinkercad, s.f.)



Ilustración 15 Montaje placa de Arduino
Fuente: Diseño propio

1.13 Prueba 2

En esta prueba, con las lecciones aprendidas de la primera intervención se procedió a buscar otro motor que se pueda dar un mayor control del sentido de giro y adicional se decidió realizar el montaje en otra bicicleta a la cual se lograra adicionar todos los elementos necesarios para

realizar el frenado adecuado, para lo cual se utilizó un motor referencia DGW22C SY224820SE0041PS1 350W,500W

Ilustración 16 Especificaciones motor DGW22C

Buje de Motor sin escobillas de alta potencia (freno de disco/V)	
Tipo:	DGW22C
Especificaciones:	16"~ 28"
Agujero de radio:	12G,36 agujeros, diámetro 3,2 ~ 3,4mm
Voltaje:	36V,48V
Potencia nominal:	350W,500W
Eficiencia (%)	≥ 80%
Lado del Cable:	Derecha
Velocidad del imán:	16 polos
Ratio de engranaje de reducción:	1:5.3
Tamaño de la horquilla:	138mm
Sensor de velocidad interior:	1
Sensor Hall:	Con
Rueda libre:	Cassette9-10S/Screw6-7S
Freno:	Freno de disco/v-brake
Clasificación de la Impermeabilidad:	IP54
Peso:	3,9Kg

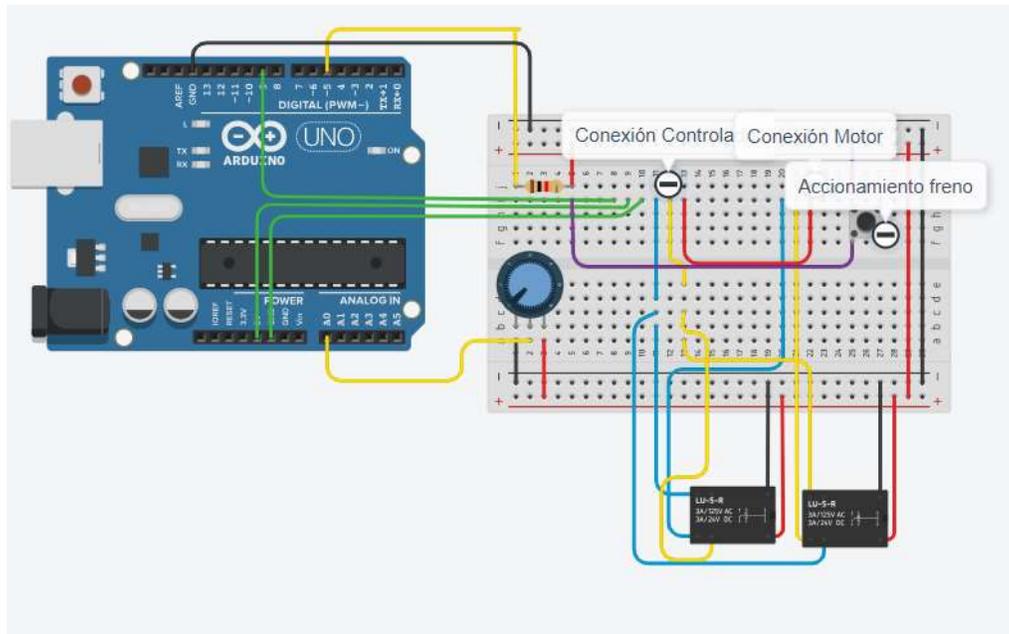
(Aliexpress, s.f.)



*Ilustración 17 Motor brushless DGW22C 350W
Fuente: Diseño propio*

Durante esta prueba se logró controlar el motor DGW22C SY224820SE0041PS1 350W,500W, en ambos sentidos. La inversión de giro se logró por medio del intercambio de los de las fases de alimentación del motor , los cuales de conectaron dos relevadores SRD-05VDC-SL-C 10A marca SONOLE que nos ayudaron a controlar el cambio físico de las líneas y con medio de la señal digital codificada por el Arduino , ya con el control de los sentido de giro del motor se entendió que para que la inversión de giro funcionara como freno se generó por un lapso de tiempo de 2 milisegundos lo cual eran suficiente para romper la inercia del sentido de desplazamiento de la rueda sin desplazarse en el sentido contrario, por lo cual se llegó a este circuito

Ilustración 18 Montaje circuito freno



(tinkercad, s.f.)



Ilustración 19 Montaje de prueba 2
Fuente: Diseño propio

Evidencia de prueba 2



(You Tube, s.f.)

Con las pruebas anteriormente satisfactorias, se procedió a realizar montaje en dos placas para soldar 4x7 cm, placa de Arduino UNO R3 tipo B Ch340 y se alojó en una caja 25x8 cm plástica con tapa.

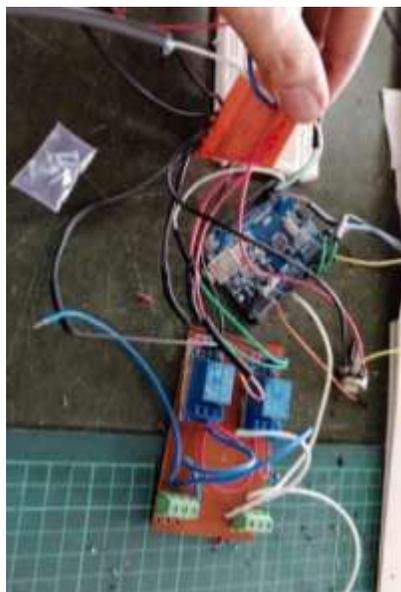
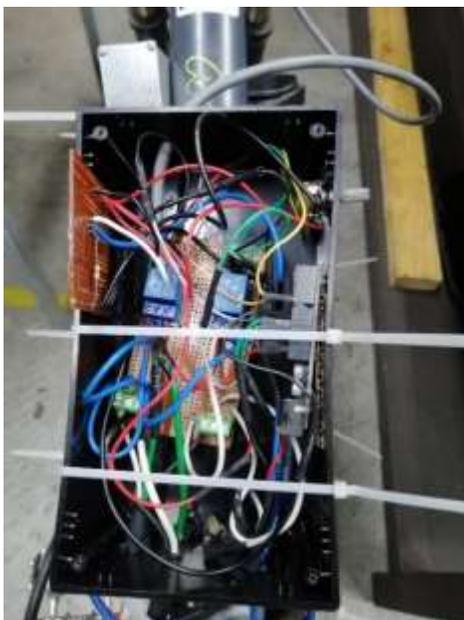


Ilustración 20 Montaje circuito en placa
Fuente: Diseño propio



*Ilustración 21 Montaje en bicicleta
Fuente: Diseño propio*

 Código: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

```

const int analogInPin = A0; // Analog input pin that the potentiometer is attached to
const int analogOutPin = 9; // Analog output pin that the LED is attached to
int sensorValue = 0;        // value read from the pot
int outputValue = 0;        // value output to the PWM (analog out)

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(5, INPUT);
}

void loop() {
  // read the analog in value:
  sensorValue = analogRead(analogInPin);
  analogWrite(analogOutPin, outputValue);
  if(digitalRead(5)==HIGH){
    sensorValue=0;
    outputValue = map(sensorValue, 0, 1023, 0, 255);

    digitalWrite(7, HIGH);
    digitalWrite(6, HIGH);
    delayMicroseconds(1000);
    digitalWrite(7, LOW);
    digitalWrite(6, LOW);
  }
  else{
    sensorValue=44;
    outputValue = map(sensorValue, 0, 1023, 0, 255);

    digitalWrite(7, LOW);
    digitalWrite(6, LOW);
  }

  // print the results to the Serial Monitor:
  Serial.print("sensor = ");
  Serial.print(sensorValue);
  Serial.print("\t output = ");
  Serial.println(outputValue);

  // wait 2 milliseconds before the next loop for the analog-to-digital
  // converter to settle after the last reading:
  delay(2);
}

```

Ilustración 22 Código Arduino

Fuente: Diseño propio

Video demostrativo proyecto



(You Tube, s.f.)

Indicadores de frenado

Para verificar la eficiencia del frenado se conectó Rotary encoder modelo OVW6-036-2HC 24VDC al cual se le adaptó un buje de caucho cónico, con el fin de poder adaptarse a las condiciones de la rueda trasera de la bicicleta CLIFF. El encoder se controló por medio de una placa de Arduino con el propósito de codificar la señal analógica en digital y así lograr tener una mejor interpretación de las variables a medir. La señal del encoder interpreta las RPM con respecto a la relación de la circunferencia de buje de caucho instalado en el encoder y la circunferencia de la rueda, con el dato de las RPM se calculó velocidad y tiempo con estos indicadores se realizaron las pruebas de funcionamiento en un banco de pruebas el cual suspendía la bicicleta del piso con el propósito de poder leer la información desde un computador.

NEMICON

SHAFT TYPE

OVF Model



Heavy Duty 39mm Diameter Encoder

- Most Advanced IP65 Encoder.
- Mating Shaft Diameter Up to 8mm.

Model

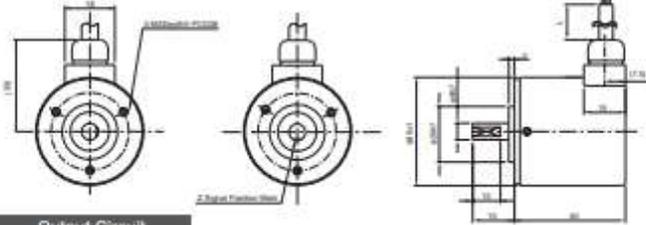
OVF- [] -2M [] [] [] [] - [] [] [] [] 00E

Resolution		Outer diameter shaft		Cable Length		Complying with RoHS	
002	20P/R	32	30P/R	500 : 500mm	500 : 500mm	No Indication : Other than D output	No Indication : D output with LS C : D output with C-MOS
003	30P/R	32	30P/R	100 : 1000mm			
0033	33P/R	36	30P/R	500 : 500mm	500 : 500mm	No Indication : D output with LS C : D output with C-MOS	No Indication : D output with LS C : D output with C-MOS
004	40P/R	38	30P/R	500 : 500mm	500 : 500mm		
005	50P/R	39	30P/R	500 : 500mm	500 : 500mm	No Indication : D output with LS C : D output with C-MOS	No Indication : D output with LS C : D output with C-MOS
006	60P/R	40	30P/R	500 : 500mm	500 : 500mm		
01	100P/R	1024	1024P/R	500 : 500mm	500 : 500mm	No Indication : D output with LS C : D output with C-MOS	No Indication : D output with LS C : D output with C-MOS
0125	125P/R	127	1200P/R	500 : 500mm	500 : 500mm		
02	200P/R	151	1500P/R	500 : 500mm	500 : 500mm	No Indication : D output with LS C : D output with C-MOS	No Indication : D output with LS C : D output with C-MOS
025	250P/R	158	1500P/R	500 : 500mm	500 : 500mm		
0255	255P/R	203	2500P/R	500 : 500mm	500 : 500mm	No Indication : D output with LS C : D output with C-MOS	No Indication : D output with LS C : D output with C-MOS
03	300P/R	2048	2048P/R	500 : 500mm	500 : 500mm		
036	360P/R	251	2500P/R	500 : 500mm	500 : 500mm	No Indication : D output with LS C : D output with C-MOS	No Indication : D output with LS C : D output with C-MOS
04	400P/R	261	2600P/R	500 : 500mm	500 : 500mm		

Output Mode:
 No Indication : Voltage Output
 C : Open Collector Output
 HC : Open Collector Output / High Voltage
 HCP : PNP Mode Open Collector Output / High Voltage
 HT : Push-Pull Output / High Voltage
 D : Line Driver Output
 Low Power Consumption C-MOS Output Available

Signals: 2M: ABSZ⁺ Phase Difference + Index Signal

External Dimension



Output Circuit

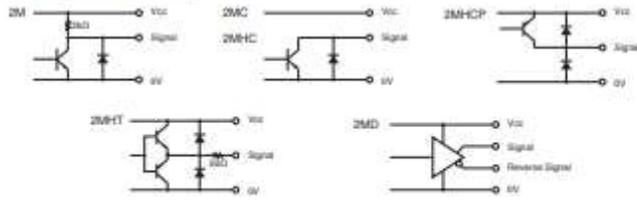


Ilustración 23 Rotary encoder (NEMICON, 2016)



*Ilustración 24*Encoder
Fuente: Diseño propio



Ilustración 25 Montaje Rotary encoder
Fuente: Diseño propio

```

volatile unsigned int temp, counter = 0;
unsigned long lastMillis = 0;
float rpm = 0.0;
float ratio=0.53;
float distancia_rm=0.0;
float rpm_rueda=0.0;
void setup() {
  Serial.begin (9600);
  pinMode(2, INPUT_PULLUP); // internal pullup input pin 2
  pinMode(3, INPUT_PULLUP); // internal pullup input pin 3
  attachInterrupt (DigitalPinToInterrupt (2), a10, RISING);
  attachInterrupt (DigitalPinToInterrupt (3), a11, RISING);
  Serial.println("Tiempo(ms);RPM;Velocidad(mts/min)");
}
void loop() {
  if (counter != temp) {
    unsigned long currentMillis = millis();
    if (currentMillis - lastMillis >= 1000) { // Calculate RPM every second
      rpm = (float) (60 * counter) / 360.0;
      counter = 0; // Reset tick count
      lastMillis = currentMillis; // Update lastMillis
      rpm_rueda=rpm*ratio;
      Serial.print(currentMillis);
      Serial.print(" ");
      Serial.print(rpm*ratio);
      distancia_rm=132.000*rpm_rueda;
      Serial.print(" ");
      Serial.println(distancia_rm/100);
    }
    temp = counter;
  }
}
void a10() {
  if(digitalRead(2) == LOW) {
    counter++;
  }
}

```

Ilustración 26 Código encoder
Fuente: Diseño propio

Para las pruebas se consideraron tres escenarios baja, media y alta velocidad y en cada uno de estos estados de velocidad se considerando tres variables. La primera es la velocidad desarrollada

por la bicicleta durante un periodo de tiempo de 50000 ms, en este periodo de tiempo se fue aplicando aleatoriamente el freno con el fin de simular las condiciones habituales de conducción de una bicicleta, en los cuales se encontró, que de una velocidad de 100 mt/seg cuando es aplicado el freno cae a 0 mt/seg en un tiempo de 5 ml/seg. La segunda grafica es el detalle de las RPM desarrolladas en el lapso de tiempo las cuales son directamente proporcionales a la velocidad desarrollada por lo cual tuvo un comportamiento muy similar. La tercera gráfica, es el detalle del tiempo transcurrido de la prueba en baja velocidad.

En la segunda prueba a media velocidad 120 mt/seg, con la misma dinámica de la primera prueba, se fue aplicando el frenado aleatoriamente, en el cual se encontró que al aplicar el freno tardaba 7 ml/seg para llegar a 0 mt/seg. Las dos siguientes graficas de estas pruebas, son el detalle de las RPM y la velocidad transcurrida de la prueba de 5000 ml/seg.

Durante la tercera prueba bajo las mismas condiciones de las dos anteriores, la velocidad desarrollada de 140 mt/seg y al aplicar el freno aleatoriamente se encontró que tardó a llegar a 0 mt/seg, un tiempo de 4 ml/seg. Con esto obtuvieron los siguientes datos:

Condiciones de baja velocidad

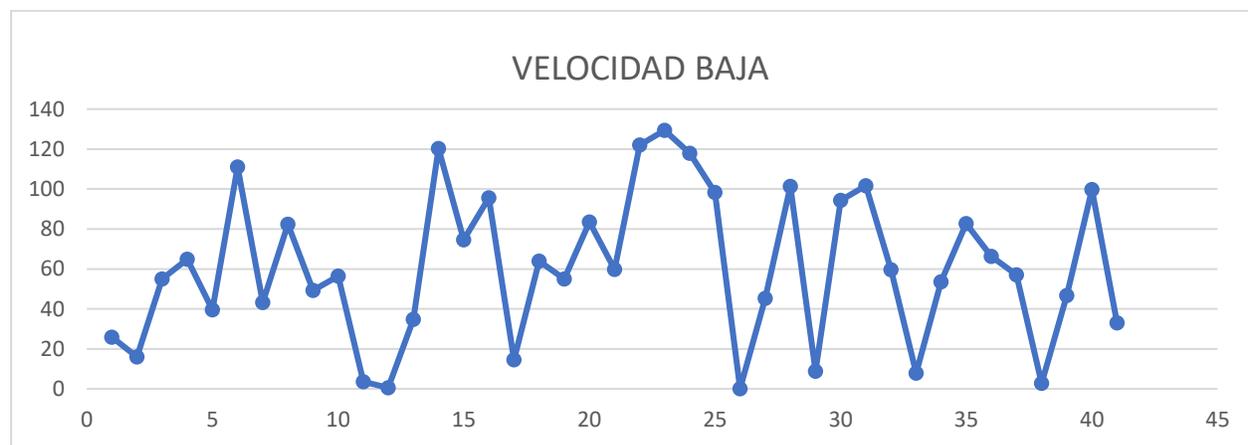


Ilustración 27 Grafica de baja en baja velocidad
Fuente: Diseño propio

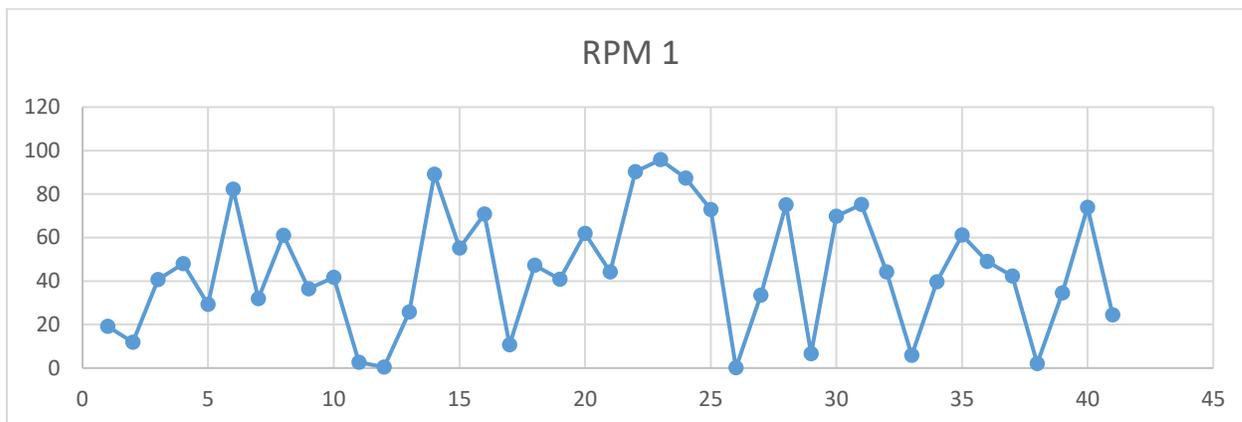


Ilustración 28 RPM en velocidad baja
Fuente: Diseño propio

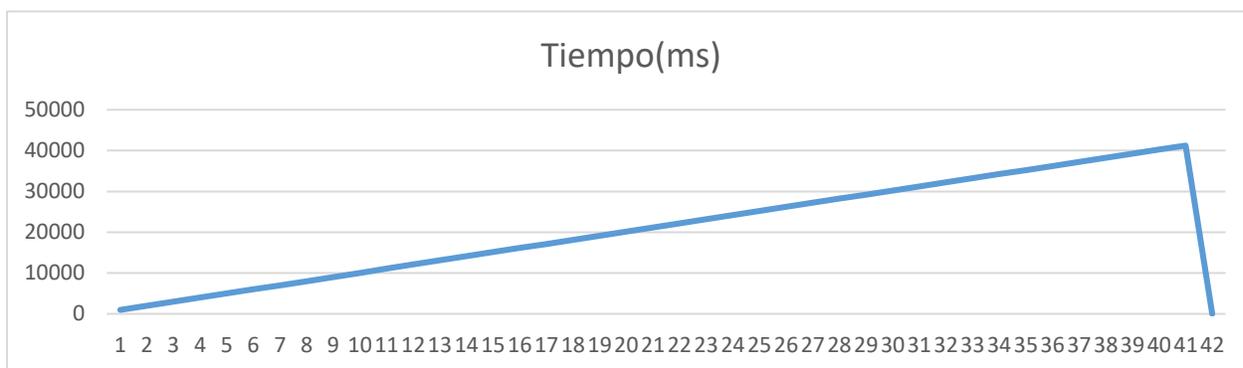


Ilustración 29 Tiempo en velocidad baja
Fuente: Diseño propio

Condiciones en media velocidad

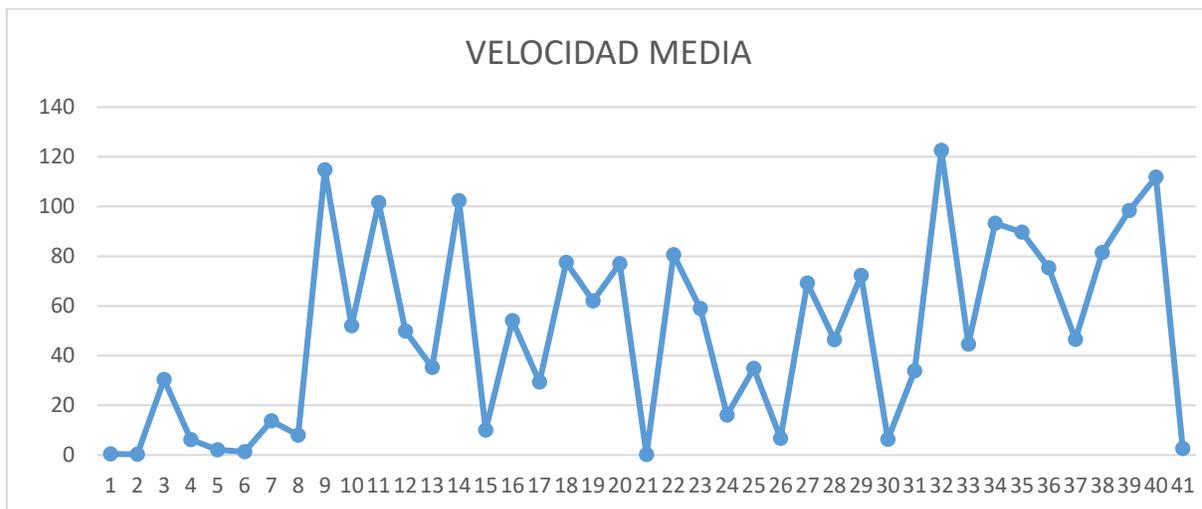


Ilustración 30 Velocidad en media velocidad
Fuente: Diseño propio

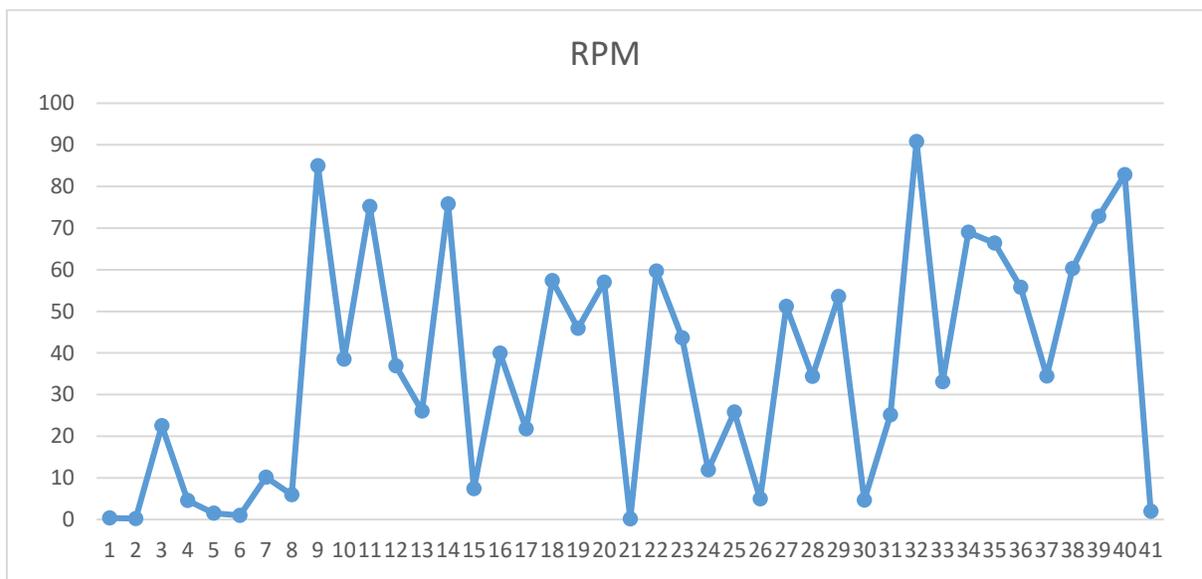


Ilustración 31 RPM en media velocidad
Fuente: Diseño propio

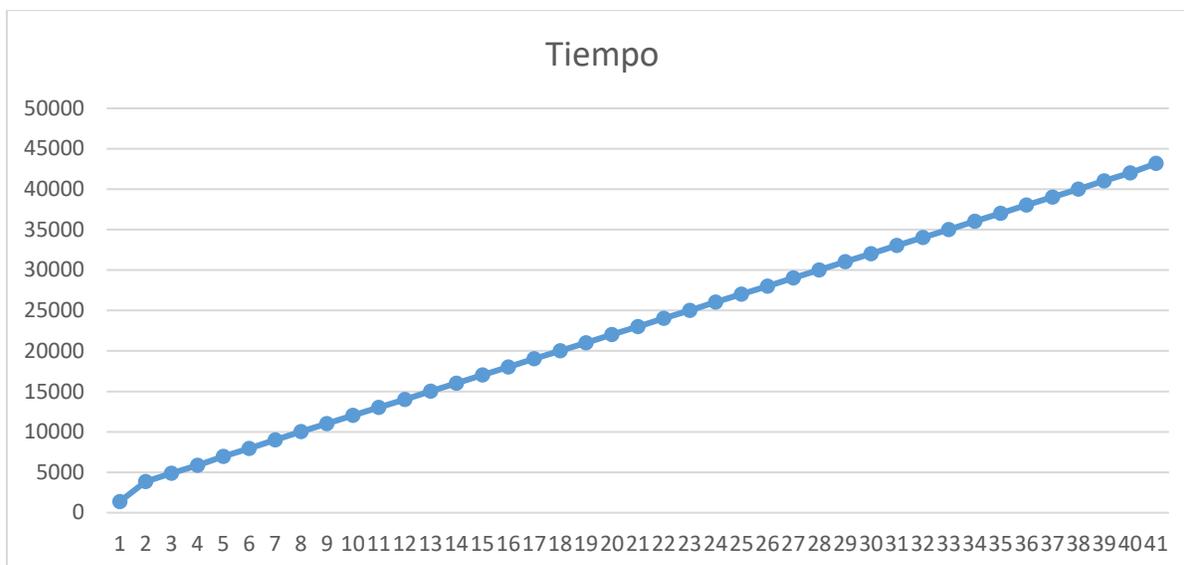


Ilustración 32 Tiempo en media velocidad
Fuente: Diseño propio

Condiciones de alta velocidad

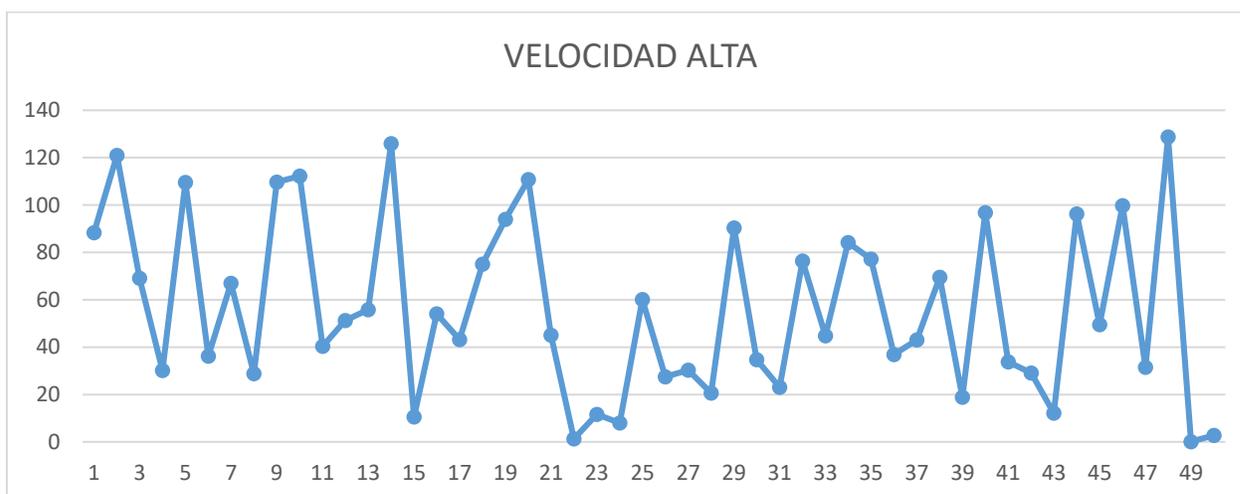


Ilustración 33 Velocidad en alta velocidad
Fuente: Diseño propio

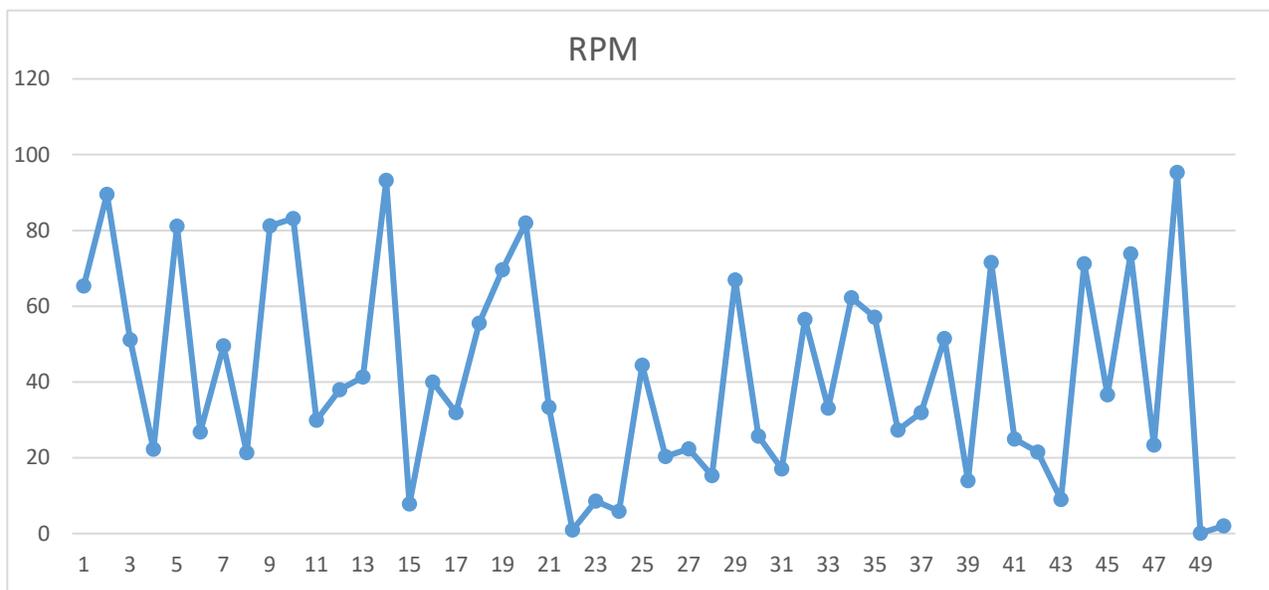


Ilustración 34 RPM en alta velocidad

Fuente: Diseño propio

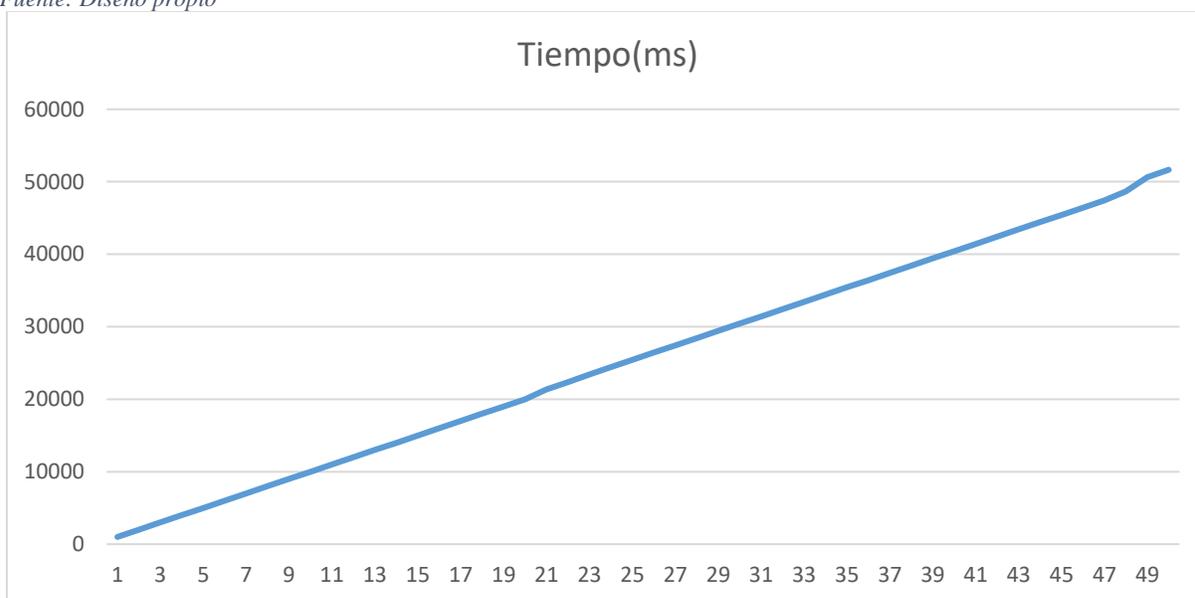


Ilustración 35 Tiempo en alta velocidad

Fuente: Diseño propio

Comparativos graficas

En las siguientes graficas se encuentran los valores unificados de velocidad y RPM de las tres pruebas realizadas (baja, media y alta), donde se logra observar que la velocidad y las RPM son directamente proporcional. En las gráficas se evidencia la comparación de la magnitud de cada

momento de velocidad máxima y momentos de frenado aplicado y se logra observar que las magnitudes son coherentes con las pruebas aplicadas (baja, media y alta).

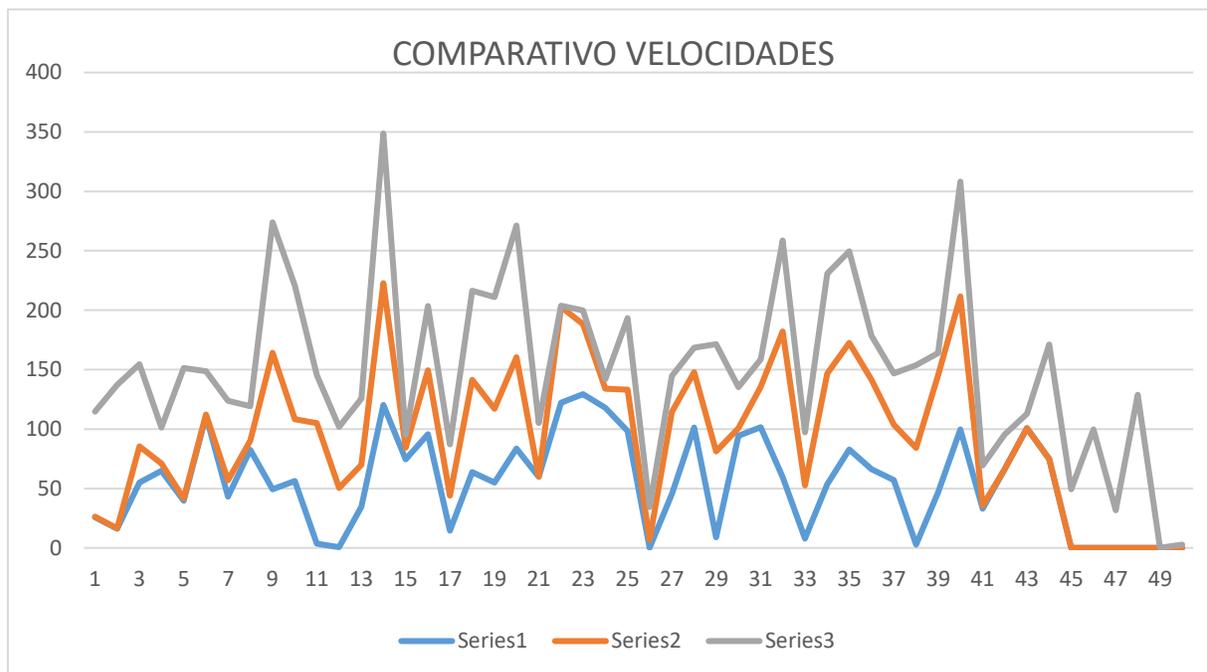


Ilustración 36 Velocidades
Fuente: Diseño propio

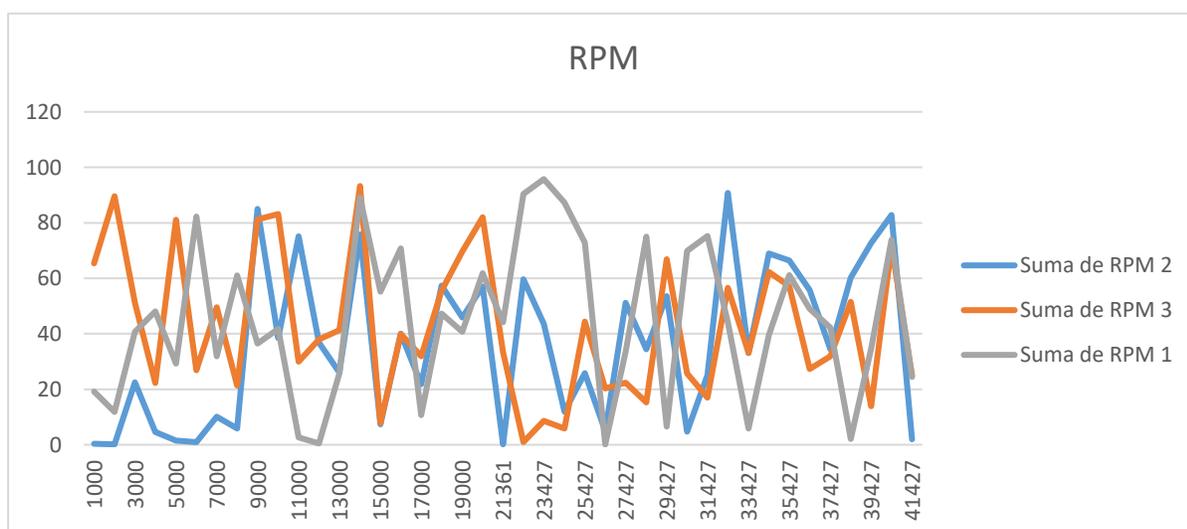


Ilustración 37 RPM
Fuente: Diseño propio

Tiempo de acción de frenado

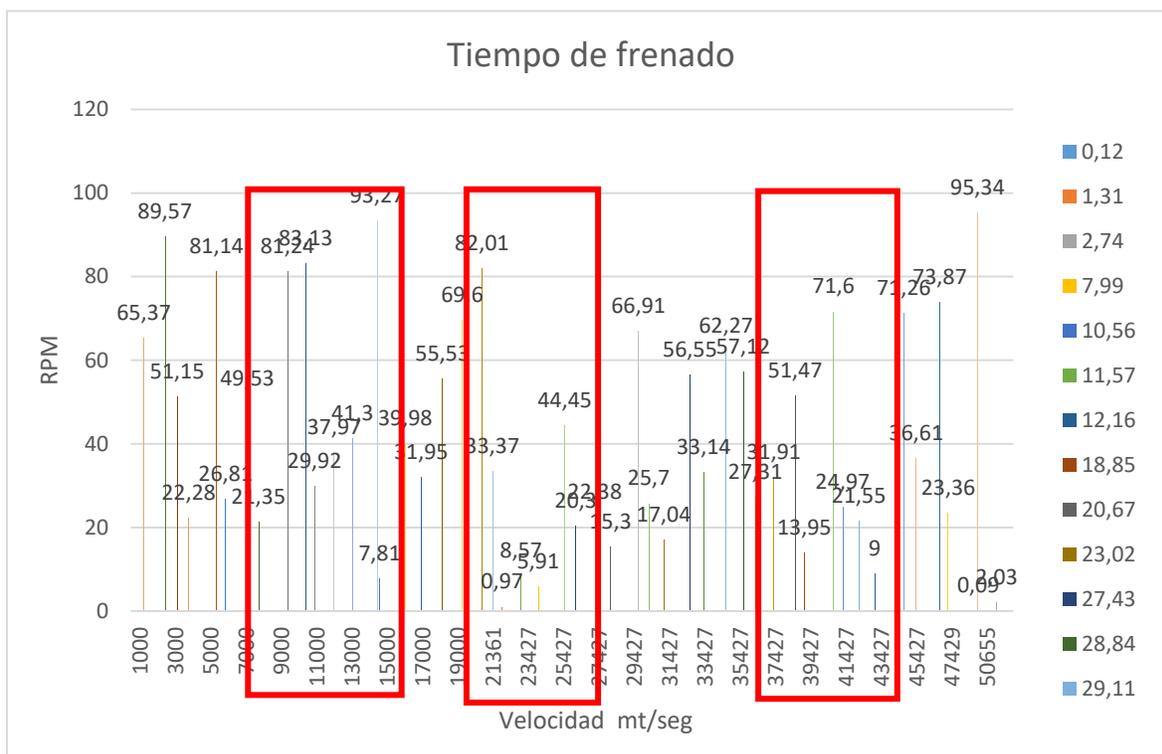


Ilustración 38 Momentos de frenado
Fuente: Diseño propio

Conclusiones

Con base a la información recopilada durante el proceso de investigación, se logró llegar a la solución propuesta, que era generar un prototipo de frenado para todo tipo de vehículo, de una manera más simplificada, por medio de elementos existentes como un Arduino, electrónica básica y juego de relés. Esto, en comparación con la electrónica de potencia y microprocesadores complejos que los textos planteaban como una solución, con esto se evita grandes modificaciones en los vehículos y así ser adaptables a los modelos existentes.

La solución planteada se basó en el principio de funcionamiento de los motores AC, para invertir el sentido de giro de un motor, lo que traduce a un cambio de sentido de giro de la rueda. Esto se logró por medio de la conmutación de dos de las fases, la ayuda del micro procesamiento de la placa de Arduino, logrando generar un frenado eléctrico con una inversión de giro, con un lapso de tiempo suficiente para romper la inercia del sentido de desplazamiento.

La electrónica aplicada es de bajo costo y de fácil adquisición, además se logró ejecutar de una manera compacta en un espacio de 25 cm x 8 cm, lo que lo hace aplicable en espacio para la adaptación de cualquier vehículo y el bajo costo lo hace un proyecto muy viable de masificar y poder estar disponible para una mayor población.

En la eficiencia del frenado, se encontró que RPM de 97,27 a 7,81 se tarda en generar el momento del frenado y no alcanza a superar 1000 m/seg , lo cual satisface, ya que los sistemas de frenos disponibles en el mercado cuentan con un tiempo de reacción aproximado de 0.5 seg, aclarando que esta medida tiene otros tipos de variables como el índice de fricción en el suelo, dirección del viento, las cuales no fueron consideradas en este trabajo, pero logra ser muy competitivo en sus condiciones de seguridad exigidas por las entidades reguladoras gubernamentales y competitivas en el mercado actual.

Durante la ejecución del proyecto se evidenció que no todos los motores brushles son aplicables a la solución planteada, ya que algunos de ellos cuentan con una relación de engranajes que multiplican la velocidad aplicada por el motor y normalmente este sistema tiene un sistema de

clutch que solo funciona en una sola dirección, esto nos limitaría a la proyección de la población que se podría llegar.

Durante las pruebas realizadas continuamente, el circuito dejó de funcionar, lo cual supone que sus componentes se exigieron más de lo habitual, ya que durante el proceso de diseño no se contempló las corrientes parásitas, que genera el motor a realizar cambio de giros frecuentemente, esta consideración quedaría para una próxima etapa de investigación.

El proceso de conceptualización de la información y planteamiento del problema, se vio enriquecido por la investigación de campo enfocada en la prueba y error de las teorías planteadas, y fue ahí donde el proyecto tomó la dirección correcta.

Recomendaciones

- Es importante considerar las corrientes que emanan del motor al realizar un cambio de giro por un periodo de tiempo y así poder calcular los elementos del circuito de control acorde a su capacidad nominal real.
- Para buscar una comercialización del producto en el mercado actual, es importante realizar más pruebas en condiciones de funcionamiento reales, fuera del laboratorio, con el propósito de poder realizar comparativos con la funcionalidad de la competencia y así poder brindar un factor diferenciador

Referencias bibliográficas

- admin.tecnico01. (17 de 08 de 2021). <https://www.ansv.gov.co>. Obtenido de <https://www.ansv.gov.co/es/prensa-comunicados/5680>
- Aliexpress*. (s.f.). Obtenido de Aliexpress: <https://es.aliexpress.com/item/32816423267.html>
- Borja, J. C., Fenoll, J., & Herrera, J. S. (2008). *Sistemas de transmisión y frenado*. MacMillan: Academia.edu.
- Fitzgerald, A. K. (2003). *Electric Machinery*. Mc.Graw Hill, Internationa.
- García-Peñalvo, F. J. (2019). nteligencia Artificial. Una perspectiva desde la ficción a la realidad. <https://bit.ly/2Q0jap0>. doi: 10.5281/zenodo.2818903.
- Méndez Cuello Andy, C. V. (2016). Diseño del sistema de freno regenerativo de automoviles híbridos. *Revista politecnica*, 10.
- mintransporte.gov.co*. (13 de 08 de 2021). Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/10133/principales-fallas-tecnico--mecanicas-relacionadas-en-siniestros-viales-son-por-deficiencias-en-frenos-llantas-y-en-la-direccion-de-los-vehiculos-ansv/>
- Molero, L. (2009). *Los frenos en el automovil*.
- NEMICON*. (2016). Obtenido de <https://www.nemicon.co.jp/nemicon/>
- Nv Ming, Y. Y. (2017). *Regenerative braking control strategy for a hybrid electric vehicle with rear axle electric drive* . Congreso chino de automatización (CAC).
- Peña Ordóñez, C. (2011). *Estudio de baterías para vehículos eléctricos*. España: Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0.
- tinkercad*. (s.f.). Obtenido de <https://www.tinkercad.com/things/dfs9RvCACVE-fantabulous-bigery/editel?tenant=circuits>
- Yazdanpanah, R. (2009). *Design and Analysis of Radial-Flux Hybrid Excitation*. IRAN: Department of Electrical Engineering.
- You Tube*. (s.f.). Obtenido de <https://youtube.com/shorts/4I2PiWpKHZU>

Anexos

Anexo 1 Código de encoder

```
volatile unsigned int temp, counter = 0; //This variable will increase or decrease depending on the rotation of encoder
```

```
unsigned long lastMillis = 0;
```

```
float rpm = 0.0;
```

```
float ratio=0.53;
```

```
float dsitancia_rm=0.0;
```

```
float rpm_rueda=0.0;
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin (9600);
```

```
  pinMode(2, INPUT_PULLUP); // internal pullup input pin 2
```

```
  pinMode(3, INPUT_PULLUP); // internal pullup input pin 3
```

```
  //Setting up interrupt
```

```
  //A rising pulse from encoder activated ai0(). AttachInterrupt 0 is DigitalPin nr 2 on most Arduinos.
```

```
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), ai0, RISING);
```

```
  //B rising pulse from encoder activated ai1(). AttachInterrupt 1 is DigitalPin nr 3 on most Arduinos.
```

```
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(3), ai1, RISING);
```

```

Serial.println("Tiempo(ms);RPM;Velocidad(mts/min)");
}

void loop() {
  // Send the value of counter
  if( counter != temp ){
  //  Serial.print ("Counter: ");
  //  Serial.print (counter);
  unsigned long currentMillis = millis();

  if (currentMillis - lastMillis >= 1000) { // Calculate RPM every second
    rpm = (float)(60 * counter) / 360.0;
    counter = 0; // Reset tick count
    lastMillis = currentMillis; // Update lastMillis

    rpm_rueda=rpm*ratio;
    Serial.print(currentMillis);
    Serial.print(";");
    Serial.print(rpm*ratio);
    dsitancia_rm=135.088*rpm_rueda;
    Serial.print(";");
    Serial.println(dsitancia_rm/100);
  }
  temp = counter;
}
}

void ai0() {
  // ai0 is activated if DigitalPin nr 2 is going from LOW to HIGH
  // Check pin 3 to determine the direction
  if(digitalRead(3) == LOW) {

```

```

    counter++;
  } else {
    counter--;
  }
}

```

```

void ai1() {
  // ai1 is activated if DigitalPin nr 3 is going from LOW to HIGH
  // Check with pin 2 to determine the direction
  if(digitalRead(2) == LOW) {
    counter--;
  } else {
    counter++;
  }
}

```

Anexo C Código freno Anexo 2Codigo freno lenguaje Arduino

```

const int analogInPin = A0; // Analog input pin that the potentiometer is attached to
const int analogOutPin = 9; // Analog output pin that the LED is attached to
int sensorValue = 0;      // value read from the pot
int outputValue = 0;      // value output to the PWM (analog out)

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);

```

```
pinMode(5, INPUT);
}

void loop() {
  // read the analog in value:
  sensorValue = analogRead(analogInPin);
  analogWrite(analogOutPin, outputValue);
  if(digitalRead(5)==HIGH){
    sensorValue=0;
    outputValue = map(sensorValue, 0, 1023, 0, 255);

    digitalWrite(7, HIGH);
    digitalWrite(6, HIGH);
    delayMicroseconds(1000);
    digitalWrite(7, LOW);
    digitalWrite(6, LOW);
  }
  else{
    sensorValue=44;
    outputValue = map(sensorValue, 0, 1023, 0, 255);

    digitalWrite(7, LOW);
    digitalWrite(6, LOW);
  }

  // print the results to the Serial Monitor:
  Serial.print("sensor = ");
  Serial.print(sensorValue);
  Serial.print("\t output = ");
  Serial.println(outputValue);
}
```

```
// wait 2 milliseconds before the next loop for the analog-to-digital
// converter to settle after the last reading:
delay(2);
}
```

Anexo 3 Recopilación de datos

Tiempo(ms)	RPM 1	Velocidad(mts/min) 1	Tiempo(ms)	RPM 2	Velocidad(mts/min) 2	Tiempo(ms)	RPM 3	Velocidad(mts/min) 3
0	19,16	25,88	1366	0,35	0,48	1000	65,37	88,3
2000	11,87	16,04	3865	0,18	0,24	2000	89,57	121
3000	40,69	54,97	4865	22,5	30,4	3000	51,15	69,1
4000	48,05	64,91	5874	4,59	6,21	4000	22,28	30,1
5000	29,3	39,58	6952	1,5	2,03	5000	81,14	109,61
6000	82,21	111,05	7957	0,97	1,31	6000	26,81	36,21
7000	31,95	43,16	9018	10,16	13,72	7000	49,53	66,9
8000	61,01	82,42	10019	5,92	7,99	8000	21,35	28,84
9000	36,5	49,31	11019	84,96	114,78	9000	81,24	109,74
10000	41,73	56,37	12019	38,48	51,99	10000	83,13	112,3
11130	2,65	3,58	13019	75,18	101,56	11000	29,92	40,41
12132	0,44	0,6	14019	36,86	49,79	12000	37,97	51,3
13132	25,69	34,71	15019	26,06	35,2	13000	41,3	55,79
14132	89,09	120,35	16019	75,79	102,38	14000	93,27	125,99
15132	55,17	74,52	17019	7,4	9,99	15000	7,81	10,56
16132	70,75	95,58	18019	39,99	54,02	16000	39,98	54,01
17132	10,73	14,49	19019	21,77	29,41	17000	31,95	43,16
18132	47,26	63,84	20019	57,37	77,5	18000	55,53	75,02
19132	40,75	55,04	21019	45,91	62,02	19000	69,6	94,02
20132	61,82	83,51	22019	57	77	20000	82,01	110,79
21132	44,2	59,71	23019	0,15	0,21	21361	33,37	45,07
22172	90,34	122,04	24019	59,67	80,6	22377	0,97	1,31
23172	95,77	129,37	25019	43,6	58,89	23427	8,57	11,57
24172	87,29	117,92	26021	11,9	16,07	24427	5,91	7,99
25210	72,8	98,35	27021	25,82	34,88	25427	44,45	60,05
26219	0,09	0,12	28021	4,97	6,71	26427	20,3	27,43

27219	33,48	45,23	29021	51,17	69,12	27427	22,38	30,23
28219	75,04	101,36	30021	34,39	46,45	28427	15,3	20,67
29219	6,52	8,81	31021	53,53	72,31	29427	66,91	90,39
30219	69,85	94,36	32021	4,66	6,29	30427	25,7	34,72
31219	75,24	101,64	33021	25,09	33,89	31427	17,04	23,02
32219	44,15	59,64	34021	90,77	122,61	32427	56,55	76,39
33219	5,84	7,88	35021	33,06	44,66	33427	33,14	44,77
34219	39,6	53,5	36021	68,99	93,19	34427	62,27	84,13
35219	61,2	82,68	37021	66,43	89,73	35427	57,12	77,16
36219	49,04	66,24	38021	55,74	75,3	36427	27,31	36,89
37219	42,28	57,12	39021	34,47	46,57	37427	31,91	43,1
38219	2,09	2,82	40022	60,27	81,41	38427	51,47	69,53
39219	34,6	46,74	41022	72,79	98,33	39427	13,95	18,85
40219	73,86	99,78	42022	82,8	111,86	40427	71,6	96,72
41223	24,44	33,01	43175	1,94	2,63	41427	24,97	33,73

Fuente: Diseño propio