



INVESTIGACIÓN Y DISEÑO DE UN MONOCICLO ELÉCTRICO COMO MOVILIDAD SOSTENIBLE EN LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

***Lenin Heriberto Sánchez Chávez:**

Ing. Mecánico Automotriz; Magister en Transporte y Logística; docente en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; Operador y Coordinador de Mantenimiento Predictivo Vehicular en Extreme Racing, capacitador de cursos de mejoramiento.

**** Gustavo Javier Aguilar Miranda:**

Ing. En Comercio Exterior, Master en Empresa Internacional y Comercio Exterior, Master en Transporte y Logística; Docente de las Escuelas de Finanzas, Comercio Exterior, Transportes y Nivelación en la ESPOCH, Auditor de Inventarios y Logística de Agrodiesel, Investigador de Mercado y Responsable de Importaciones de Cirmegoch, Auxiliar Administrativo Importadora Mayorga.

***** Elsa Noema Arguello Veloz:**

Ingeniera en Contabilidad y Auditoría CPA, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Asistente del II Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Contaduría y Administración Lima –Perú en la Universidad Nacional Mayor De San Marcos Lima- Perú, Analista Distrital de Planificación 2, Analista Distrital Administrativo y Compras Públicas de la Dirección Distrital 22D03 Aguarico-Educación, investigadora del INER(IJETT)

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Lenin Heriberto Sánchez Chávez, Gustavo Javier Aguilar Miranda y Elsa Noema Arguello Veloz (2019): "Investigación y diseño de un monociclo eléctrico como movilidad sostenible en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (abril 2019). En línea

<https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/04/disenomociclo-electrico.html>

RESUMEN

La presente investigación tiene como objeto investigar y diseñar un monociclo eléctrico como movilidad sostenible en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ya que las personas transitan por los alrededores del campus con el fin de realizar una serie de actividades de su interés como trabajar, estudiar, hacer compras y visitar amigos. Este traslado puede llevarse a cabo ya sea caminando o utilizando vehículos motorizados (autobuses, automóviles, y motos). Dicha circulación refleja en el consumo de espacio, tiempo, energía, y recursos financieros, trayendo así consecuencias negativas como accidentes, contaminación y congestión vehicular, los

mismos que son motivo de preocupación, por lo que la industria automotriz ha impulsado el desarrollo de nuevos diseños de prototipos a base de energía limpia como transporte alternativo. Como solución a la problemática de congestión vehicular y contaminación ambiental se plantea el uso del monociclo eléctrico como alternativa de transporte en la politécnica, explorar el campus con la finalidad de recolectar información de tipo cuantitativo, teniendo como resultados, un mejor desplazamiento, tiempos de traslado origen y destino, disminución del índice de accidentabilidad en el tránsito, contando con un servicio de transporte urbano personalizado. El prototipo consiste en una estructura de aluminio con un bajo centro de gravedad para su estabilidad, cuenta con un motor Brushless trifásico sincrónico, con rotor de imanes permanentes, dos plataformas laterales donde se colocan los pies del usuario para poder trasladarse, su asiento ergonómico, su batería y el sistema giroscópico que le permite auto-equilibrarse, lo que significa que se utiliza el movimiento natural del cuerpo para moverse. Esta nueva alternativa de movilización nos ayudará a combatir la contaminación ambiental, la contaminación acústica y en especial a no causar congestión vehicular, reduciendo así el impacto que tiene en la naturaleza, dando un aporte innovador y tecnológico para la sociedad.

Palabras clave: <MOVILIDAD>, <CONTAMINACIÓN AMBIENTAL>, <SEGURIDAD>, <MONOCICLO ELÉCTRICO>, <TRANSPORTE ALTERNATIVO>, <INGENIERÍA DE TRANSPORTE>.

ABSTRACT

The present research has like objective to investigate and design an electric unicycle, as sustainable mobility at the Superior Polytechnic School of Chimborazo, due to people are moved around the campus in order to do a series of activities of their interest such as working, studying, going shopping and visiting friends. This moving can be done by walking or using a motor vehicle (busses, automobiles, and motorcycles. This move is reflected by the consumption of space, time, energy and financial resources, bringing in that way, negative consequences such as accidents, pollution, and vehicular traffic, they are the reason of worrying, therefore the automotive industry has motivated the development of new prototype design based on clean energy like alternative transportation. As a solution of this vehicular traffic problem and environmental contamination it is suggested the usage of an electric unicycle like an alternative transportation at the polytechnic school, exploring the campus in order to gather quantitative type information, taking into account a better move, destination-origin time, decreasing the accident rate in the traffic, having a customized service of urban transportation. The prototype consists on an aluminium structure with a low gravity center for its balance, it has a three-phase synchronous Brushless motor with permanent magnet rotor, two lateral platforms where the user's feet are put on to move, its ergonomic seat, its battery and the gyroscopicsystem that permits self-balancing, what means the

natural body's movement is used to move. This new alternative mobility will help us to fight the environmental, acoustic contamination and in especial to not cause vehicular traffic congestion, reducing in this way the impact that it has in the nature, giving a novel and technological contribution for the society.

Keywords: <MOVING>, <ENVIRONMENTAL CONTAMINATION>, <SECURITY>, <ELECTRIC UNICYCLE>, <ALTERNATIVE TRANSPORTATION>, <TRANSPORT ENGINEERING>

1. INTRODUCCIÓN

Cada día toma más importancia el desarrollo de la movilidad eléctrica, debido a la necesidad de disponer de un sistema que emplee energías sustentables, permitiéndonos mejorar el desplazamiento en relación a costos de transportación, reducir tiempo de traslado en origen y destino, disminuir el índice de accidentes de tránsito, contar con un servicio de transporte urbano personal adecuado, minimizar el tráfico vehicular y la contaminación ambiental con la reducción del uso del vehículo particular y comercial, brindar una mejor imagen urbanística, tomando en consideración aspectos importantes como el nivel de integridad, seguridad y la accesibilidad a los usuarios viales.

En la actualidad, la necesidad de mejorar los sistemas de movilidad mediante la utilización de nuevos modos de transporte impulsados por energías alternativas, como son los monociclos eléctricos, requiere de un proceso de investigación largo y exhaustivo, ya que la disponibilidad de información sobre el diseño y las características de los sistemas de propulsión eléctrica son muy limitadas. Esta limitante se presenta debido a que su desarrollo es realizado por empresas privadas, a través de métodos de innovación cerrada y es difícil generar un proceso de vigilancia tecnológica.

La presente investigación tiene como objetivo investigar y diseñar la movilidad eléctrica que está en auge. Es bien conocido que los conceptos fundamentales de la movilidad eléctrica son tecnologías ya probadas y en cierto sentido maduras. El tema de las baterías y los sistemas KERS son actualmente materia de investigación y constante desarrollo, ya que estos brindan ventajas competitivas en el mercado e incluso pueden dar lugar a una futura posición dominante, en un panorama que a mediano plazo vislumbra la movilidad eléctrica como la opción más adecuada para un desarrollo sostenible.

2. METODOLOGÍA

En la actualidad vivimos inmersos en una época de desarrollo tecnológico que avanza a pasos agigantados, tanto, al hablar de los adelantos científicos, como en el crecimiento de las ciudades a nivel mundial. Toda ciudad que sea sinónimo de progreso trae consigo oportunidades, lo que se traduce en grandes migraciones hacia ellas, traduciéndose en sobrepoblación, no sólo en cuanto a habitantes per cápita, sino a sus diferentes formas de moverse, los cuales en su mayoría son vehículos impulsados por motores de combustión, que traen consigo, sus muy conocidas desventajas, debido al tipo de combustible que utilizan, afectando la calidad de vida de la ciudadanía. Además de los problemas de contaminación que trae consigo este tipo de automotores, debemos enfrentarnos a que la infraestructura vial es insuficiente para atender el parque automotor existente, lo que origina caos y congestión vehicular, debido a la necesidad de transportarse desde sus hogares hacia los distintos centros de trabajo, educativos o de recreación de cada persona en su diario vivir. Es así que según datos del Observatorio de Movilidad Urbana de la CAF, tenemos que en Quito diariamente se realizan 1,02 millones de viajes en transporte individual, entendiéndose por éste a taxis, motocicletas y vehículos propios; cifra que refleja la necesidad diaria de movilización.

Dado el panorama anterior, la comunidad politécnica tiene dificultades para ir en bicicleta desde sus alrededores hasta sus diferentes destinos dentro de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, también al interior de la institución se presentan dificultades similares de movilización para todo tipo de transporte alternativo a los comunes de combustión, principalmente por la incompleta infraestructura vial y la falta de estacionamientos destinados para éstos, lo que hace que su uso sea reducido además de riesgoso.

2.1 Modalidad de Campo

Se aplicó la modalidad de campo debido a que se necesitan datos reales, los cuales permitieron analizar la posibilidad de la aplicación del monociclo eléctrico como medio de transporte alternativo mediante el uso de ciclovías dentro de la ESPOCH, además, las condiciones del proyecto facilitaron la aplicación de esta modalidad, debido a su accesibilidad al investigador.

2.2 Tipos de Investigación

2.2.1 Exploratorio

Se exploró el campus politécnico donde se realizó la investigación con la finalidad de recolectar la información que se precisó para lograr la consecución de los objetivos presentados y así, proponer una alternativa que satisfaga la problemática.

2.2.2 Descriptivo

Este tipo de investigación permite explicar el método de análisis y así mostrar las características y propiedades del propósito del proyecto.

2.2.3 Cuantitativo

Gracias a este tipo de investigación se puede percibir el criterio de una parte representativa de la población, conocido como muestra, mediante la aplicación de encuestas. Además se trabajó considerando los tiempos reales que un automóvil tarda en acceder a la politécnica durante las horas picos.

2.3 Población y Muestra

2.3.1 Población

Para el análisis se delimitó como población al total de los usuarios frecuentes que hacen uso de las instalaciones, tomando en cuenta el personal administrativo y el total de estudiantes registrados, datos extraídos del plan de movilidad sostenible de la ESPOCH para el año 2017, quienes son los principales beneficiarios de esta propuesta.

Tabla 1: Población ESPOCH

| Demarcaciones | Cantidad |
|----------------------------|-----------------|
| Ciencias Pecuarias | 903 |
| Recursos Naturales | 1110 |
| Servidores Politécnicos | 1540 |
| Informática y Electrónica | 2019 |
| Mecánica | 2313 |
| Ciencias | 2479 |
| Salud Pública | 2509 |
| Administración de Empresas | 2988 |
| Total | 15861 |

Fuente: Plan de Movilidad Sostenible ESPOCH

Elaborado por: Francisco Bravo

2.3.2 Muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se lo ha determinado en base a la población mencionada con anterioridad, la fórmula aplicada es la correspondiente para el cálculo de muestras finitas que se presenta a continuación.

$$n = \frac{N \cdot p \cdot q \cdot Z^2}{(N) \cdot e^2 + p \cdot q \cdot Z^2}$$

Dónde:

n: Tamaño de la muestra

N: Tamaño de la población

σ : Desviación estándar de la población

Z: Nivel de confianza deseado

e: Error muestral

La varianza para el caso será del 0,25 considerando un 0.5 de probabilidad de éxito y un 0.5 de probabilidad de fracaso.

Datos:

n: ?

N: 15861

σ^2 : $\sigma^2 = p \cdot q = 0,25$

p= probabilidad de éxito = 0,5

q= probabilidad de fracaso = 0,5

Z: 95% = 1,96

e: 5% = 0,05

$$n = \frac{15861 * 0,5 * 0,5 * 1,96^2}{(15861)0,05^2 + 0,5 * 0,5 * 1,96^2}$$

$$n = \frac{15232,904}{40,6129}$$

$$n = 375,075$$

$$n \cong 375$$

La muestra representativa que será sujeto a estudiar es de un total de 375 usuarios que frecuentan el campus politécnico.

2.4 Métodos, Técnicas e Instrumentos

2.4.1 Métodos

En la presente investigación se aplicará métodos teóricos:

2.4.1.1 Teóricos

- Inductivo: se puede evidenciar en el marco teórico y los objetivos. Se aplicó el método inductivo al tomar las necesidades y problemas de la muestra, y generalizarlos al total de la población.
- Analítico: lo podemos notar en planteamiento del problema, objetivos, marco teórico y justificación.
- Sintético: lo podemos apreciar en las conclusiones y recomendaciones.

2.4.2 Técnicas e Instrumentos

Como técnicas de investigación para el desarrollo del proyecto se utilizaron principalmente la aplicación de encuestas y una observación directa, mismas que fueron cruciales al momento de recolectar la información necesaria para identificar la realidad actual en cuanto a la facilidad que se tiene para movilizarse en transporte alternativo, además de percibir la aceptación que tendría el monociclo eléctrico cumpliendo el papel de una alternativa de transporte como respuesta a la congestión vehicular en los puntos principales de la ESPOCH.

Las 375 encuestas se realizaron en diferentes puntos dentro del campus a personas al azar con la finalidad de obtener una muestra más heterogénea que nos garantice una mayor variabilidad entre los encuestados, para obtener datos que nos suministren información, para de esta manera comprobar nuestra hipótesis.

La aplicación de la observación directa permitió evidenciar la realidad de la movilidad, las necesidades presentes para el desarrollo de la ESPOCH, como son la falta de señalización, una cultura adecuada de movilidad y congestión vehicular.

2.5 Identificación de la problemática

2.5.1 Congestión Vehicular

La ESPOCH dispone de un campus con una extensión de 119,5 hectáreas, mientras que su infraestructura civil es de alrededor de 13,53 hectáreas y la infraestructura vial abarca un total de 19,20 km acogiendo un aproximado de 7500 vehículos que circulan diariamente, producto de ello ha surgido una serie de inconvenientes que aquejan a la comunidad politécnica.

En la ESPOCH se ofrece un sistema de transporte público propio que recorre todo el campus politécnico, pero cuyas frecuencias de recorrido son insuficientes, causando que no sean un modo de transporte popular entre los estudiantes politécnicos debido a molestias relacionadas con estas, además del desconocimiento. El acceso vehicular es de libre ingreso para todo tipo de transporte sea privado, propio o compartido Según el “Documento Técnico de Movilidad ESPOCH 2017” *el Campus ofrece una infraestructura vial que permite tener la accesibilidad adecuada para estos modelos de transporte vulnerables, sin embargo hay aceras con rampas para personas con capacidades especiales técnicamente inadecuadas y ausencia de una señalización apropiada en un 80% en toda la ESPOCH, incluyendo en las zonas de parqueaderos.*

Al momento de movilizarse dentro la institución las personas prefieren hacer uso de vehículo particular y no prefieren medios alternos como caminata, el uso de bicicleta debido a la falta de un espacio destinado para ello, o el uso de transporte público interno, lo que ocasiona congestión, contaminación, inseguridad y problemas serios al momento de desplazarse.

La institución cuenta con departamentos de mantenimiento y desarrollo físico, movilidad y transporte, personal y seguridad, cuyo propósito conjunto es el de resguardar una movilidad de

carácter eficiente y seguro mediante la administración de la infraestructura vial y la flota de transporte público, sin embargo, hace falta la el fortalecimiento de transportes alternativos mediante vehículos no motorizados, lo que hace que esta propuesta sea primordial para dar una solución.

2.6 Flujo Vehicular

Es de suma importancia para el presente trabajo conocer la afluencia de vehículos para cada entrada existente que permite en ingreso vehicular en la ESPOCH con la finalidad de constatar la existencia de flujo masivo y por ende la congestión vehicular.

Tabla 2-3: Flujo vehicular

| INGRESO N. 1 SUR | | INGRESO N. 2 NORTE | | ESTRATOS | |
|---------------------|-------------|---------------------|-------------|-------------------|-------------|
| TIPO DE VEHICULO | N. | TIPO DE VEHICULO | N. | Ingreso N.1 SUR | N. |
| TAXIS | 1735 | TAXIS | 1179 | Ingreso N.2 NORTE | 3058 |
| PARTICULARES | 2552 | PARTICULARES | 1825 | TOTAL | 7549 |
| MOTOS | 96 | MOTOS | 49 | | |
| BUSES | 20 | BUSES | 5 | | |
| VOLQUETES, FURGONES | 28 | VOLQUETES, FURGONES | | | |
| TOTAL | 4431 | TOTAL | 3058 | | |

Fue

nte: Plan de Movilidad Sostenible ESPOCH

2.7 Jerarquización de los accesos de la ESPOCH

Se detallan los tipos de arribo motorizados y su partición modal.



Figura 3: Acceso más utilizado por la población

Fuente: Plan de Movilidad Sostenible ESPOCH

3. DESARROLLO

Se realizó un sondeo en las entradas principales de la institución por lo que se tomó el tiempo en segundos a vehículos motorizados; para saber su tiempo de desplazamiento en 100m.

| | | | | | |
|------------|----|-----|----|----|-----|
| Tiempos(s) | 34 | 75 | 41 | 70 | 79 |
| | 42 | 67 | 45 | 40 | 64 |
| | 34 | 22 | 59 | 92 | 38 |
| | 33 | 36 | 94 | 21 | 58 |
| | 96 | 32 | 72 | 23 | 64 |
| | 68 | 122 | 71 | 25 | 102 |
| | 42 | 90 | 45 | 68 | 63 |
| | 57 | 29 | 59 | 41 | 96 |
| | 24 | 27 | 39 | 36 | 63 |
| | 77 | 89 | 32 | 53 | 85 |

3.1 Elección de la prueba estadística

La presente investigación es de tipo cuantitativo, por lo que se aplica la prueba de normalidad en primera instancia, y así determinar si se requiere métodos paramétricos o no paramétricos para la comparación de los tiempos.

3.1.1. Prueba de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov

H0: Los tiempos siguen una distribución normal

Hi: Los tiempos no siguen una distribución normal

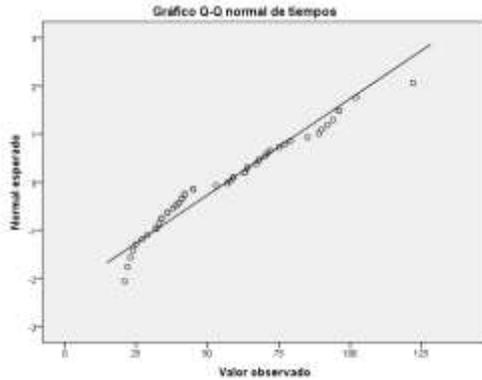
Nivel de significancia =5% = 0,05

Cálculos estadísticos:

Pruebas de normalidad

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|---------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | Gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| tiempos | ,142 | 50 | ,014 | ,949 | 50 | ,031 |

a. Corrección de significación de Lilliefors



3.1.2 Verificación de la Hipótesis (Encuestas Descriptivas)

Mediante el análisis e interpretación de las encuestas realizadas dentro del campus politécnico sobre el monociclo eléctrico como transporte alternativo de movilidad, además de las mediciones realizadas en campo y la corroboración de la existencia del problema de congestión vehicular en las horas picos en las tres entradas principales de la ESPOCH apoyados en la tesis “Propuesta de un Plan de Movilidad Sostenible para la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo”, con toda esta información se puede llegar a concluir que la hipótesis donde se indica que el monociclo eléctrico ayudará a mitigar la problemática de tráfico vehicular con la ayuda de una ciclovía adecuada para su circulación está respaldada, también se evidencia que tiene una aceptación por parte de la comunidad politécnica y que al implementarse mejorará la movilidad dando un aporte al medio ambiente ya que se utiliza un medio de transporte limpio.

4. DISEÑO DEL MONOCICLO ELECTRICO

4.1 Consideraciones Mecánicas

Estructura del Monociclo eléctrico.- El diseño se lo realizo referente al motor ya que la gran ventaja es que tenemos en la misma rueda. (Ver fig. 4)



Fig. 4. Motor eléctrico Brushless trifásico sincrónico, con rotor de imanes permanentes

Fuente. Robert Mott, 2006

El Motor hace parte integral de la rueda ya que comparten el eje de rotación, por lo que el empuje del motor se aplica directamente a la rueda sin pasar por reductores mecánicos, cadenas o

transmisiones; este sistema de tracción presenta una ventaja para la eficiencia, pero crea esfuerzos adicionales en el punto específico de sujeción. Esta simple solución previene la fatiga del material y brinda una seguridad estructural a nuestro monociclo eléctrico.

Luego de definir los requerimientos, se diseñó la estructura de una forma que también fuese estéticamente agradable, se decidió dar al monociclo eléctrico, un estilo futurista

El diseño fue realizado mediante la ayuda del software de dibujo SolidWorks. El diseño puede ser visto en la fig. 5.

4.2 Implementación Final

Luego de la especificación y selección de los componentes más relevantes para el desarrollo del monociclo eléctrico, se inició el proceso de montaje en el cual incorporan componentes de uso común, necesarios para conservar el principio básico de este medio de transporte. Partiendo de esta premisa se incorporan fibra de vidrio, un asiento simple pero ergonómico con su estructura de aluminio reforzado, agregado también su rueda con motor eléctrico Brushless, manubrio y sus focos de seguridad vial.



Fig. 5. Diseño del monociclo eléctrico por computadora (Solidworks)

Fuente. Los autores

4.3 Principio Mecánico

Los sistemas de locomoción obedecen a los principios de la mecánica clásica, siendo fundamental la segunda ley de Newton en cuestiones como la aceleración y el desplazamiento del vehículo. Se realizó un cálculo sobre un diagrama de cuerpo libre para seleccionar un motor acorde con las necesidades

(Ver Fig. 6). Según las gráficas del fabricante el motor "*Brushless*" de 500 W con el controlador del sistema que tiene los sensores giroscopios posee un torque máximo de 13,38 N/m, sin embargo, para el caso de escalar una pendiente, la velocidad es típicamente de entre 15 y 20 km/h y el

torque de salida del motor para este punto de operación es de entre 3 y 4,5 N/m, destacándose que en este punto de operación se presenta la mayor eficiencia energética; alrededor del 82 % (Golden Motor Technology Co. Ltd., 2012).

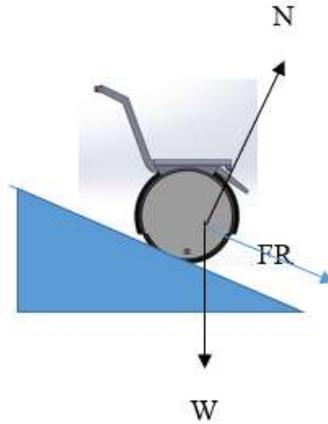


Fig. 6. Diagrama de cuerpo libre del monociclo eléctrico

Fuente. Los autores

Para los datos anteriores, promediando un peso combinado de vehículo y pasajero de 90kg, un radio de rueda equivale a 38cm y una fuerza de fricción aproximada al 10% de la fuerza de impulso producida por el motor, el monociclo puede afrontar pendientes hasta 7,5% sin necesidad de fuerza alguna.

Este valor pendiente se escogió debido a que en la ciudad de Riobamba se presentan pendientes de entre el 6 y el 9%, siendo 7,5% un valor razonable. Además siempre se debe considerar que a diferencia de un automóvil eléctrico o una motoneta eléctrica; el monociclo eléctrico es un conjunto hombre-máquina.

4.4 Motor

El motor empleado es del tipo "*Brushless*" trifásico sincrónico, con rotor de imanes permanentes, núcleo en hierro al silicio y carcasa de aluminio. El empleo de este tipo de motores es típico para las aplicaciones de movilidad eléctrica, pues presentan una buena curva de torque y potencia con un peso reducido; pero su principal ventaja es que no presentan componentes en fricción, por lo cual son muy confiables y prácticamente no necesitan mantenimiento. Como paréntesis se agrega que sólo para el caso de los vehículos eléctricos con motores de tamaños considerables sería necesario el cambio del refrigerante cada 5 años y el de aceite de motor cada 100.000 km, la alta duración del aceite se da debido a que en el motor eléctrico, el aceite no pierde viscosidad por el efecto del cizallamiento ni tampoco se contamina con residuos de combustión. El factor limitante es el envejecimiento por cambios térmicos y la oxidación.

Debido a que la fuente de alimentación es de corriente continua, se requiere el uso de un control electrónico de velocidad (ESC por sus siglas en inglés) para el funcionamiento del motor. Ver Fig. 4. El ESC se encarga de detectar la posición relativa del rotor con respecto al estator mediante sensores giroscopios y emula ondas similares a senoidales mediante pulsos en su descomposición de la serie de Fourier.

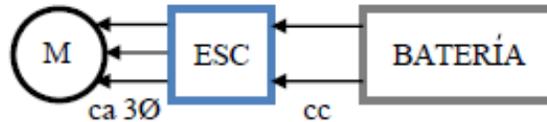


Fig. 7. Diagrama de bloques básico para el sistema de motorización
Fuente. Los autores

4.5 Baterías

1. Selección de baterías

Las baterías hacen parte fundamental de un sistema de movilidad eléctrica independiente. Siendo el factor limitante la capacidad de energía acumulada por unidad de masa y de volumen, traduciéndose esto en una limitación a la autonomía propia del vehículo.

Se analizaron una a una las diferentes tecnologías en baterías y se llegó a la conclusión que la mejor opción era equipar el sistema con baterías de litio debido a la superior capacidad en densidad específica de energía vs masa y volumen.

Dentro de las tecnologías de Litio se escogió la tecnología Litio-Fosfato que a pesar de poseer densidades energéticas inferiores a las tecnologías Litio-Cobalto y Litio-Magnesio e incluso un precio más elevado, evidencian una superioridad absoluta en el tema de la seguridad, lo cual es un aspecto fundamental para el diseño de cualquier medio de transporte, **(A123 Systems Inc., 2011), (Sandia National Laboratories, 2006).**

Adicionalmente la tecnología Litio-Fosfato presenta una vida útil hasta 10 veces superior respecto a la tecnología Plomo ácido **(Buchmann, 2013)**, logrando incluso una expectativa de vida muy superior a la de los demás elementos que conforma el monociclo eléctrico.

2. Implementación de la Baterías

Luego de seleccionada la tecnología y saber que se encontraba disponible comercialmente, se importaron 13 celdas de tecnología LIFEP04 por sus siglas en inglés de Litio Hierro Fosfato

Polímero, de la marca A123, con una capacidad nominal de 20 Ah, tensión nominal de 3,3 V por celda y una densidad energética de 131 Wh/kg (**A123 Systems Inc, 2011**).

Dentro del diseño se concibió un cerramiento en fibra de vidrio de 7 mm de espesor con el objetivo de proporcionar a las baterías una protección mecánica y un confinamiento en el caso de un accidente; es importante enfatizar que durante la manipulación de baterías siempre se debe tener en cuenta que se trata con energía acumulada, lo cual es potencialmente peligroso.

La batería escogida es la de tecnología Litio Hierro Nano Fosfato patentada por la marca A123 System cumple el estándar EUCAR 3 (**A123 Systems Inc., 2011**) para pruebas de penetración, sobre-carga, sobre descarga, cortocircuito externo y aplastamiento, esto quiere decir que la batería puede presentar goteo o filtraciones de electrolito, pero no entrara en ignición ni tampoco explotará, únicamente luego de superar el límite térmico la batería entra en carrera térmica y presentaría emisiones de humo, mas no presenta flameo, ni mucho menos explosión, por lo cual cumple con el estándar EUCAR 4 (**A123 Systems Inc., 2011**) para la prueba de estabilidad térmica. Esto nos confirma la principal ventaja de este tipo de baterías en el enfoque a la seguridad.

5. RESULTADOS

- Como resultado tenemos la aprobación de la Hipótesis Investigativa Hi que plantea que el uso del monociclo eléctrico como transporte alternativo si disminuye la congestión vehicular en las entradas principales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Al ocupar el monociclo eléctrico para el desarrollo de sus actividades cotidianas disminuirá la circulación de transportes a base de combustibles fósiles, como consecuencia lógica, al ser una nueva alternativa de movilidad amigable con el medio ambiente, novedosa y el hecho de no producir residuos contaminantes, hacen que sea factible su aplicación en relación al medio ambiente.

6. DISCUSIÓN

- El monociclo eléctrico es una alternativa de transporte personal, basado en la tecnología de los sistemas de control de auto-balanceo. Con esta se intenta dar solución a los problemas de transporte en distancias cortas a medianas que existen en diferentes partes de alrededor del campus y de la ciudad de Riobamba, como ya se ha visto, el automóvil está dejando de ser una buena forma de transportarse a través de la metrópoli en distancias relativamente cortas gracias a la sobrepoblación de este tipo de vehículos,

causando que la gente empiece a utilizar formas alternativas de transporte como la motocicleta, la bicicleta, el transporte público, etc.

- Al concientizar a la ciudadanía de las ventajas del uso de transportes alternativos, estos tendrán mayor oportunidad de ventas, además la mayoría de casa comerciales están apostando por emplear energías limpias en sus productos, como es el caso de Kia Motors con su Modelo Soul EV, también se han lanzado al mercado muchas otras alternativas de transporte como bicicletas y monociclos eléctricos.
- Luego del proceso de investigación, desarrollo y pruebas en el sistema de movilidad eléctrica, queda claro la amplia superioridad en eficiencia, respecto a los medios de transporte convencionales.

7. BIBLIOGRAFÍA

Agenjo, C. B., & Mateu, S. T. (2008). *El transporte : aspectos y tipología*. Madrid: Delta Publicaciones.

Alonso, M., Buyolo, F., Castella, S., Freixa, A., Fuses, V., Garcia, E., Santamaria, X. (2011). *El Vehículo Eléctrico, desafíos tecnológicos, infraestructuras y oportunidades de negocios*. Barcelona: Nova Era Barcelona.

Central European Time. (20 de Abril de 2016). *europapress.es*. Obtenido de Murcia recibe un Premio europeo de movilidad urbana sostenible: <http://www.europapress.es/murcia/noticia-murcia-recibe-premio-europeo-movilidad-urbana-sostenible-20160420193918.html>

El telégrafo. (24 de Abril de 2017). *El telégrafo. Redacción Ciudadana*. Obtenido de Loja es pionera en el transporte eléctrico: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/loja-es-pionera-en-el-transporte-electrico>

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo . (2015). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Obtenido a través de antecedentes ESPOCH: <https://www.esPOCH.edu.ec/index.php/antecedentes.html>

Excma. Diputación Provincial de Albacete. (s.f.). *Desarrollo Sostenible de la Provincia de Albacete*. Obtenido de Transporte y Movilidad. Desarrollo Sostenible: <http://www.absostenible.es/index.php?id=82>

Maldonado, P. (16 de Enero de 2018). Los vehículos eléctricos ruedan por el país y desean acelerar. *Líderes*. Obtenido de www.revistalideres.ec/lideres/vehiculos-electricos-ruedan-pais-empresas.html#

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (1996). *Marco Conceptual del Desarrollo Sostenible de la Agricultura y el Medio Rural en el IICA*. Venezuela: IICA Biblioteca Venezuela.

Miranda, J., & Iglesias, N. (2015). Las infraestructuras de recarga y el despegue del vehículo eléctrico. *Observatorio Medioambiental*, 57-85. doi:10.5209/rev_OBMD.2015.v18.51285

Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (31 de Agosto de 2012). *Ministerio de Transportes y Obras Públicas. Especial Seguridad Vial.* Obtenido de Ciclovías. Una nueva alternativa de Transporte no Motorizado. : https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/31-08-2012_Especial_Ciclovias.pdf

Ninebot INC & KPsport Group INC. (2016). *Ninebot.* Obtenido de Ninebot One S2: <https://www.ninebot.com.es/ninebot-one-s2/>

Rojas Tixe, L. A. (2016). *Análisis de movilidad para la zona céntrica de la ciudad de Riobamba perteneciente a la provincia de Chimborazo. (Tesis de Ingeniería).* Riobamba.

Rosero CH., M. (05 de Septiembre de 2014). *El Comercio. Actualidad.* Obtenido de Los uniformes son patrimonio de la ciudad: <http://www.elcomercio.com/actualidad/uniformes-patrimonio-ciudad-estudiantes.html>

Sánchez, L., Quintana, P., Arguello, E., & Acurio, H. (2018). *International Journal of Engineering Trends and Technology.*

Solow , R. M. (1956). *Teoría Económica del Desarrollo.* Barcelona : Gredos.

T3México. (19 de Febrero de 2016). *T3México.* Obtenido de E conduce: La nueva alternativa de movilidad en la CDMX: <http://t3mexico.mx/econduce-la-nueva-alternativa-de-movilidad-en-la-cdmx/>