

## Formato de Presentación Working Paper

**Título** Diseño de una rueda eléctrica cómo alternativa de movilidad

**Autores** Gianina Garrido Silva, Sara Gabriela Duque Sánchez, David Santiago Díaz Camacho

**Resumen** (150 a 250 palabras). De acuerdo al Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT), Colombia a la fecha cuenta con más de 17 millones de vehículos de los cuales 10.1 millones son motocicletas. Esta cifra involucra vehículos a combustión interna, que contaminan 90.252 Ton de CO<sub>2</sub>, según la Comisión Europea en su artículo titulado: “Fossil CO<sub>2</sub> and GHG emissions of all world countries”. La ciudad de Bogotá, en su Plan de Acción Climático, establece que el transporte aporta el 48% de emisiones de CO<sub>2</sub>, de sus más de 2.400.000 vehículos. Esta cifra destaca una gran cantidad de automotores que va cada día en aumento y que no solamente contaminan, sino que también afectan la movilidad de los capitalinos. No obstante, el presente proyecto busca optar por una solución de movilidad (rueda eléctrica) que permita al usuario tener una mayor flexibilidad en su medio transporte, que sea económico y que ayude a minimizar los problemas de movilidad en Bogotá.

**Palabras clave** (máximo 5). Movilidad flexible, rueda eléctrica, transporte ecológico.

**Abstract** (Resumen en inglés) According to the Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT), Colombia currently has more than 17 million vehicles, of which 10.1 million are motorcycles. This figure involves internal combustion vehicles, which pollute 90,252 tons of CO<sub>2</sub>, according to the European Commission in its article entitled: "Fossil CO<sub>2</sub> and GHG emissions of all world countries". The city of Bogotá, in its Climate Action Plan, establishes that transportation contributes 48% of CO<sub>2</sub> emissions from its more than 2,400,000 vehicles. This figure highlights a large number of vehicles that is increasing every day and that not only pollute, but also affect the mobility of the capital's inhabitants. However, this project seeks to opt for a mobility solution (electric wheel) that allows the user to have greater flexibility in their means of transportation, which is economical and helps minimize mobility problems in Bogota.

**Keywords** (Palabras clave en inglés) Flexible mobility, electric wheel, environmentally friendly transportation.

## Contenido

### Planteamiento del Problema

En el mundo según Organización Mundial de la Salud OMS, estima que siete millones de personas aproximadamente fallecen a causa de una mala calidad del aire y alrededor del 91% viven en ciudades que superan el límite permitido por esta institución internacional (Loli et al., 2021). Colombia es un país que se urbaniza rápidamente, cada año aumenta el número de personas expuestas a la contaminación del aire; provocando millones de fallecimientos y muertes prematuras y la pérdida de años de vida saludable (Farrow et al., 2022). Desde hace varios años a ciudad de Bogotá ha presentado un desmejoramiento en la calidad del aire, lo cual ha sido preocupante; por lo anterior la ciudad ha generado iniciativas para disminuir la cantidad de uso de vehículos a combustión, con el fin de mejorar la calidad de aire. De acuerdo con lo anterior un medio de transporte alternativo de no motor ha sido el uso de bicicletas, las cuales tienen como objetivo mejorar la movilidad urbana y del medio ambiente (Botia, 2019).

Una alternativa es el uso de bicicletas eléctricas, con las cuales se logra realizar trayectos más largos sin realizar esfuerzo físico, la utilización de este medio de transporte es una buena alternativa de movilización de forma económica, silenciosa y no contaminante (Pico Alvarado, 2022). En Bogotá se proyecta a la implementación de electrolinera (Mendez Palacios, 2020); como estaciones de carga para baterías, con el fin de aprovechar las corrientes de viento generadas por la geografía Colombiana, en Bogotá según el RMCAB (Red de monitoreo de calidad del Aire de Bogotá), la media más baja que presenta la estación Guaymaral ubicada en el norte de la ciudad es de  $0,97\text{ m/s}$ , en otra estación se llega al valor de  $2,48\text{ m/s}$ , ubicada al sur de la ciudad ; según las fuentes las corrientes de viento pueden llegar a oscilar entre los  $7\text{ Km/h}$ , gracias a esto es posible la implementación de electrolineras, como solución para la generación de energía eléctrica, en donde se aprovecha de la energía eólica (Aragón-Moreno et al., 2019).

Conforme a lo anterior, es necesario generar e implementar una solución tanto al problema ambiental como a la movilidad de los colombianos, para esto se busca generar una rueda eléctrica, con una electrolinera. Teniendo en cuenta esto, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Es viable implementar soluciones de movilidad urbana sostenible mediante la conversión de bicicletas estándar a bicicletas asistidas eléctricamente cuyas variables principales sean monitoreadas para definir la autonomía?

### Justificación

Colombia es uno de los países Latinoamericanos que presenta grandes amenazas ambientales, por su contaminación en el aire, su capital, Bogotá, es una de las principales fuentes de contaminación debido a su alto flujo de vehículos a combustión, provocando millones de fallecimientos y muertes prematuras (Farrow et al., 2022). Es por esta razón que se

caracteriza por tener los índices más altos en caos vehicular, teniendo un promedio de un 93% de congestión vehicular a diario, posicionándose a nivel mundial en la cuarta posición con criticidad en este aspecto (Andres Felipe Núñez Grondona, 2022). El incremento vehicular en la ciudad de Bogotá genera mayor contaminación del aire, siendo una de las ciudades con más congestión vehicular del país, en donde cuenta con muchos problemas de transporte, por otra parte a pesar de las rutas predeterminadas el transporte público cuenta con muchos inconvenientes por el alto número de usuarios (Ramos-Montaña, 2020).

Debido a este problema de movilidad en la ciudad, se ha aumentado el uso de las bicicletas, según la última encuesta de movilidad para el 2019 el 6,6% de los viajes en la ciudad se realizan en bicicletas, para una cantidad de 880.367 viajes diarios (Andres Felipe Núñez Grondona, 2022). La bicicleta se ha convertido en una solución para la congestión vehicular de la ciudad ya que se pueden tomar rutas más rápidas y por dimensiones ocupan menos espacio en la ciudad, pero en este medio de transporte no se puede realizar trayectos largos por el esfuerzo físico realizado. Teniendo en cuenta lo anterior el uso de la bicicleta eléctrica se ha convertido en la solución para descongestionar la movilidad de la ciudad (Pico Alvarado, 2022).

Actualmente en Colombia, se tiene una necesidad de generar una red de estaciones de carga, con el fin de extender el uso de las bicicletas y poder recorrer mayores distancias (WILCHES, 2019), estas redes de carga están compuestas de electrolinera, con las cuales se pueden aprovechar la energía eólica y convertirla en energía eléctrica. De acuerdo a lo anterior el uso de las bicicletas eléctricas está en aumento al igual que el desarrollo de las electrolineras, como estación de carga; por lo anterior se puede diseñar una rueda eléctrica, la cual tenga incluido un sistema de baterías con su respectivo controlador de carga y descarga, como una telemetría para vigilar el estado de las mismas, y poder visualizar características del recorrido, por medio de un display; por otra parte busca diseñar una electrolinera con el fin de poder generar energía eléctrica a través de energía eólica, con lo cual se tendrá un impacto en la movilidad vehicular como en términos ambientales. Por otra parte, se dará un gran aporte al desarrollo de energías renovables de la Universidad Santo Tomás, desde el grupo MEN se trabaja para dar la solución al problema inicial.

### **Objetivo General**

Diseñar un sistema de movilidad urbana mediante el uso de una rueda eléctrica para bicisuarios de la Universidad Santo Tomás.

### **Objetivos Específicos**

- Proponer el desarrollo del concepto de la rueda eléctrica, mediante la definición de la forma, función y características.

- Elaborar la arquitectura y especificaciones completas (geometría, materiales, tolerancias y planos tanto mecánicos como eléctricos) de la rueda eléctrica.
- Desarrollar la rueda eléctrica, mediante la implementación de sus partes siguiendo el diseño de detalle anteriormente mencionado.
- Definir la telemetría de la rueda eléctrica mediante el uso de sensores.
- Evaluar la autonomía de la rueda eléctrica con los datos de la telemetría.
- Validar el sistema de movilidad urbana.

### Metodología

La metodología empleada sigue el Diseño y Desarrollo de Productos de Karl Ulrich, mediante las siguientes etapas:

**Fase 1:** Planeación: En esta fase se realiza una valoración de la capacidad del producto, en este caso se indagan las tecnologías existentes (productos sustitutos), patentes, artículos científicos, entre otros. Empleando bases de datos especializadas mediante ecuaciones de búsqueda con el fin de establecer una vigilancia científico tecnológica. Por otra parte, se identifican las variables principales del sistema, tales como: tensión de alimentación del motor, corriente de arranque, peso de la rueda, materiales de fabricación del chasis y la carrocería, torque, capacidad energética de las baterías, tipo de baterías, entre otras, para proponer los bocetos de la rueda.

**Fase 2:** Desarrollo del concepto: En esta etapa se identifican las características esenciales tanto en la batería, motor, cargador, tarjeta controladora, para mediante el software SuperDecisions, emplear la matriz de jerarquía con el fin de estimar la mejor opción de diseño.

**Fase 3:** Diseño a nivel sistema: se elabora la arquitectura del producto, se conceptualiza y se elaboran planos de diseño del mismo, teniendo en cuenta la geometría, los materiales, las tolerancias, etc. En este caso se define la forma y funcionalidad de la rueda, su estructura de acuerdo a un análisis previo de diferentes tipos y características de potencia.

**Fase 4:** Diseño del detalle: una vez se tiene en cuenta la parametrización de la rueda eléctrica, con sus respectivos planos, materiales, tolerancias, acabados superficiales se establece un plan de acción para su fabricación.

**Fase 5:** Producción piloto: se construye el prototipo funcional de la rueda eléctrica, de acuerdo a los planos elaborados en la fase 3. Junto con Tecnoparque SENA, se presente elaborar el prototipo con una máquina 3D que utiliza fibra de carbono y fibra de vidrio. No obstante, en esta etapa se realizan las validaciones del sistema con la rueda eléctrica con el fin de estimar las condiciones y tiempos de carga.

### Resultados esperados

Aquí se deben desarrollar las conclusiones de los análisis de datos o de la información que se colocó en los objetivos y que se desarrollará con la metodología. Es la descripción de los resultados esperados en general de la propuesta.

Objetivo	Actividad	Persona Responsable	Entregas
Proponer el desarrollo del concepto de la rueda eléctrica, mediante la definición de la forma, función y características.	Identificación de variables primarias del motor, baterías, tarjeta controladora, cargador, peso, materiales	GG, SD, DD	Tabla en Excel
	Elaboración de bocetos	GG, SD, DD	Render SolidWorks
	Selección del boceto de acuerdo a la matriz de jerarquía	GG, SD, DD	Tabla en Excel
Elaborar la arquitectura y especificaciones completas (geometría, materiales, tolerancias y planos tanto mecánicos como eléctricos) de la rueda eléctrica.	Identificación de la arquitectura del producto.	GG, SD, DD	Tabla en Excel
	Elaboración de planos	GG, SD, DD	Planos

Desarrollar la rueda eléctrica, mediante la implementación de sus partes siguiendo el diseño de detalle anteriormente mencionado.	Elaboración del chasis y carrocería	GG, SD, DD	Piezas para ensamblar
	Ensamble de piezas	GG, SD, DD	Prototipo
Definir la telemetría de la rueda eléctrica mediante el uso de sensores.	Identificación de variables para búsqueda de sensores	GG, SD, DD	Tabla en Excel
	Compra de sensores, tarjeta controladora, sistema de comunicación	GG, SD, DD	Tabla en Excel
	Diseño del circuito del sistema de telemetría	GG, SD, DD	Plano
Evaluar la autonomía de la rueda eléctrica con los datos de la telemetría.	Implementación y puesta en marcha	GG, SD, DD	Telemetría
Validar el sistema de movilidad urbana.	Implementación y puesta en marcha	GG, SD, DD	Prototipo funcional

**Productos esperados:**

Cantidad	Producto	Medio de verificación del soporte
1	Artículo de investigación Q3 o Q4	Artículo publicado o en su defecto carta de aceptación.

1	Desarrollo tecnológico	Prototipo funcional
---	------------------------	---------------------

## Referencias Bibliográficas

- Andres Felipe Núñez Grondona, J. S. Á. D. (2022). *Elaboración de una propuesta que incentive el uso de las bicicletas en Bogotá D.C., basado en un análisis de los problemas actuales de movilidad. Elaborado.* 9–25.
- Aragón-Moreno, J. A., Serna-Castaño, E. D., & Solano-Romero, D. S. (2019). Estudio climatológico de los vientos para la ciudad de Bogotá en el periodo 2010 – 2016. *Entramado*, 15(2), 286–307. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.5733>
- Botia, C. V. (2019). *La bicicleta como método alternativo de transporte, una garantía para los derechos colectivos, al medioambiente sano y la movilidad en la ciudad de Bogotá.* [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/26245/2/F-010-GB-008\\_RESUMEN\\_ANALÍTICO\\_EN\\_EDUCACIÓN\\_RAE\\_VS\\_01.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/26245/2/F-010-GB-008_RESUMEN_ANALÍTICO_EN_EDUCACIÓN_RAE_VS_01.pdf)
- Farrow, A., Chen, Y. J., & Cespedes, T. (2022). *La carga de la contaminación del aire en Bogotá, Colombia 2021.* 1–16.
- Loli, G., Salazar, C., Soto, C., Agueda, L., Schrader, B., Yadira Martha Gonzales Loli, L., Carrasco Salazar, C., Agueda Caverro Soto Universidad Nacional Federico Villareal, L., & Yadira Bellina Schrader Universidad Nacional Federico Villareal, L. (2021). Contaminación del aire por falta de educación ambiental y tasa de mortalidad por COVID-19 Air pollution due to lack of environmental education and death rate from COVID-19. *Artículo*, 6. <https://www.mendeley.com/catalogue/4472b31f-3c95-322c-8d65-0598cofba34d/>
- Mendez Palacios, F. A. (2020). *Estudio normativo, económico y ambiental para la adopción de vehículos eléctricos de uso doméstico para Bogotá, Colombia.* <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/1479>
- Pico Alvarado, J. Y. (2022). *Importación de bicicletas eléctricas como solución al problema de movilización y contaminación ambiental en Guayaquil.* <https://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5427>
- Ramos-Montaño, C. (2020). Effects of vehicle emissions on physiology and health of five urban tree species in Bogota, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 68(3), 1001–1015.
- WILCHES, D. A. V. M. S. M. E. A. S. (2019). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE ECO-ELECTROLINERAS.* 9–25.