

**DESARROLLO DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA LA GENERACIÓN DE
ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DE LA PRESIÓN
EJERCIDA POR EL PASO DE AUTOMOTORES.**

**EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
JULIAN FELIPE MORENO ROJAS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BARRANQUILLA**

2020-02

**DESARROLLO DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA LA GENERACIÓN DE
ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DE LA PRESIÓN
EJERCIDA POR EL PASO DE AUTOMOTORES.**

**EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
JULIAN FELIPE MORENO ROJAS**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de
Ingeniero Mecatrónico**

**ASESORES DISCIPLINARES
ING. KELVIN BELEÑO SÁENZ, MSc.
ING. JEAN PIERRE COLL VELASQUEZ, MSc.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
BARRANQUILLA**

2020-02

Nota de aceptación

Firma del jurado 1

Firma del jurado 2

DEDICATORIA

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABLAS.....	9
LISTA DE ECUACIONES.....	10
GLOSARIO.....	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. ANTECEDENTES.....	16
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.2. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE.....	19
2. OBJETIVOS.....	21
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	21
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
3. MARCO DE REFERENCIA.....	22
3.1. ESTADO DEL ARTE.....	22
3.2. MARCO TEÓRICO.....	24
3.2.1 PRESIÓN Y ENERGÍA.....	24
3.2.1.1 ENERGÍA RENOVABLES.....	25
3.2.2 ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA.....	26
3.2.3 GENERADOR DE ENERGÍA.....	28
3.2.3.1 AEROGENERADOR.....	28
3.2.4 TERMODINÁMICA.....	29
3.2.4.1 PRIMERA LEY DE TERMODINÁMICA.....	29
3.2.4.2 SISTEMAS TERMODINÁMICOS.....	30
3.2.5 MECANISMOS.....	31
3.2.5.1 TIPOS DE MECANISMOS.....	32
3.2.6 SISTEMA DE RESORTES.....	32
3.2.7 NEUMÁTICA.....	33
3.2.7.1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA NEUMÁTICO.....	34
3.2.8 SISTEMA DE CONTROL.....	35
3.2.8.1 ESTRATEGIAS DE CONTROL.....	36
3.2.8.2 SISTEMA DE CONTROL NEUMÁTICO.....	37
3.2.8.2.1 FINALIDAD SISTEMA DE CONTROL NEUMÁTICO.....	38

3.2.9	GENERACION DE ENERGÍA ELÉCTRICA CONVENCIONAL.....	39
3.2.9.1	COMBUSTIBLES FOSILES.....	40
3.2.9.2	RED DE SUMINISTRO ELÉCTRICO	41
3.2.10	MAQUINAS ELÉCTRICAS	42
3.2.10.1	CORRIENTE ELÉCTRICA.....	42
3.2.10.2	TRANSFORMADOR.....	43
4.	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	44
4.1.	METODLOGÍA	44
4.1.1	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	46
4.2.	TIPO DE ESTUDIO	46
4.3.	CRONOGRAMA – PLAN DE TRABAJO	47
5.	PRESUPUESTO	51
5.1.	PRESUPUESTO GENERAL	51
5.2.	PERSONAL CIENTÍFICO Y DE APOYO	53
5.3.	CONSULTORIA ESPECIALIZADA.....	54
5.4.	MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS.....	55
6.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
6.1.	DISEÑO DEL PROTOTIPO.....	59
6.2.	DISEÑO DISPOSITIVO FINAL.....	62
6.3.	MATERIALES	63
6.3.1.	ESTRUCTURA DE PISTONES NEUMATICOS.....	63
6.3.2.	TANQUE DE AIRE COMPRIMIDO.....	64
6.3.3.	MOTOTOOL NEUMATICO.....	65
6.3.4.	ALTERNADOR 24V.....	65
6.3.5.	BATERIA 12V.....	66
6.3.6.	ARDUINO UNO.....	67
6.3.7.	MÓDULO DE PRESION HX710B ARDUINO	67
6.3.8.	MÓDULO SENSOR DE VOLTAJE FZ0430 ARDUINO.....	68
6.4.	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	69
6.4.1.	MUESTRA POBLACIONAL.....	74
6.5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	75
6.5.1.	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL PROTOTIPO	75
6.5.2.	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL DISPOSITIVO FINAL	76
6.6.	MANUAL DE USUARIO	78

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXOS	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema Sistema de Control	36
Figura 2. Etapas de Investigación (propia autoría).....	44
Figura 3. Vista Frontal y superior del prototipo (propia autoría).....	59
Figura 4. Dimensiones Estructura Neumática	60
Figura 5. Dimensiones Tanque de Aire	60
Figura 6, Dimensiones Alternador y Mototool	61
Figura 7. Dimensiones Baterías.....	61
Figura 8. Prototipo inicial (propia autoría)	62
Figura 9. Dispositivo Fina	62
Figura 10. Dispositivo Final Instalado	63
Figura 11. Pistones Neumáticos	64
Figura 12. Tanque de Aire Comprimido	64
Figura 13. Mototool Neumático	65
Figura 14. Alternador 24V	66
Figura 15. Batería 12V.....	66
Figura 16. Arduino UNO	67
Figura 17. Modulo Presión HX710B.....	68
Figura 18. Sensor de Voltaje.....	68
Figura 19. Programación Módulo Presión.....	69
Figura 20. Programación Sensor Voltaje	70
Figura 21. Circuito Modulo Presión	70
Figura 22. Circuito Sensor de Voltaje.....	71
Figura 23. Presión Manómetro Momento 1	75
Figura 24. Presión Manómetro Momento 2	75
Figura 25. Valores del Voltaje Antes.....	76
Figura 26. Valor del Voltaje Después.....	76
Figura 27. Representación Gráfica del Sistema.....	77
Figura 28. Sección del Sistema	78
Figura 29. Imágenes 1 de pruebas realizadas para recolección de datos.....	87
Figura 30. Imágenes 2 de pruebas realizadas para recolección de datos.....	88
Figura 31. Imágenes 3 de pruebas realizadas para recolección de datos.....	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma.....	47
Tabla 2. Presupuesto general.....	51
Tabla 3. Costo personal científico.....	53
Tabla 4. Costo personal de apoyo.....	54
Tabla 5. Costo consultoría especializada.....	54
Tabla 6. Costo materiales e insumos.....	55
Tabla 7. Costo trabajo de campo.....	57
Tabla 8. Costo equipos usados.....	58
Tabla 9. Valores Presión.....	72
Tabla 10. Valores de Voltaje.....	74

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Presión.....	24
Ecuación 2. Energía Mecánica	¡Error! Marcador no definido.
Ecuación 3. Energía Cinética.....	¡Error! Marcador no definido.
Ecuación 4. Energía Potencial	¡Error! Marcador no definido.
Ecuación 5. Primera Ley de Termodinámica.....	¡Error! Marcador no definido.
Ecuación 6. Función de Transferencia.....	78

GLOSARIO

Batería eléctrica: También llamada pila o acumulador eléctrico, es un artefacto compuesto por celdas electroquímicas capaces de convertir la energía química en su interior en energía eléctrica, mediante la acumulación de corriente alterna.

Fuente Energética: Todo elemento físico del cual se puede obtener energía, con el objeto de aprovecharla. Se dividen en fuentes energéticas convencionales y no convencionales

Generación de la Energía: actividad consistente en la producción de energía eléctrica mediante una planta hidráulica o una unidad térmica conectada al Sistema Interconectado Nacional, bien sea que desarrolle esa actividad en forma exclusiva o en forma combinada con otra u otras actividades del sector eléctrico, cualquiera de ellas sea la actividad principal.

Sistemas de alimentación ininterrumpida: Es un dispositivo que, gracias a sus baterías u otros elementos almacenadores de energía, durante corte eléctrico es capaz de proporcionar energía eléctrica por un tiempo limitado a todos los elementos que estén integrados a su conexión.

Transmisión de la Energía: Actividad consistente en el transporte de energía eléctrica a través del conjunto de líneas, con sus correspondientes módulos de conexión, que operan a tensiones iguales o superiores a 220 kW, o a través de redes regionales o interregionales de transmisión a tensiones inferiores.

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación presenta los datos, resultados, y conclusiones finales, que se obtuvieron a partir de la realización de un sistema mecatrónico que generara energía eléctrica limpia, el cual se desarrolló y completo exitosamente con la ayuda de conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra carrera universitaria, así como indagaciones previas de trabajos y proyectos realizados, que trataran la problemática relacionada con el uso de energías renovables para la mejora del medio ambiente. De esta manera se creó un sistema de conversión de energía, que contribuyera a la disminución de esta situación descrita anteriormente, contando a si con diferentes componentes tanto mecánicos como electrónicos tales como: compresores, controladores, amortiguadores entre otros, que permitieron que se transformara la energía mecánica producida por el paso de vehículos automotores en energía eléctrica, cumpliendo con características de una energía limpia o renovable, disminuyendo así los efectos negativos que produce las energías convencionales contra el medio ambiente. Este proyecto de grado se arrojó un valor de 120 repeticiones generando así en promedio 1,46 voltios. Con lo cual se demostró que el dispositivo está capacitado para transforma la energía mecánica en energía eléctrica.

Palabras claves: Conversión, energías renovables, medio ambiente, sistema mecatrónico.

ABSTRACT

The following research work presents the data, results, and final conclusions, which were obtained from the realization of a mechatronic system that generates clean electrical energy, which was developed and successfully completed with the help of knowledge acquired throughout our university career, as well as previous inquiries of works and projects carried out, which dealt with the problems related to the use of renewable energies for the improvement of the environment. In this way an energy conversion system was created, which would contribute to the reduction of this situation described above, counting on different mechanical and electronic components such as: compressors, controllers, shock absorbers among others, which allowed transforming the mechanical energy produced by the passage of motor vehicles into electrical energy, complying with the characteristics of a clean or renewable energy, thus reducing the negative effects that conventional energy produces against the environment. This degree project yielded a value of 120 repetitions, thus generating an average of 1.46 volts. This demonstrated that the device is capable of transforming mechanical energy into electrical energy.

Keywords: Conversion, renewable energy, environment, mechatronic system.

INTRODUCCIÓN

El propósito de este proyecto de grado es el desarrollar un sistema mecatrónico para la generación de energía eléctrica a partir de la presión ejercida por los vehículos como herramienta que contribuya a mitigar el déficit energético presente en un parqueadero de una zona residencial. Partiendo de la necesidad de que Colombia en la actualidad está generando esfuerzos por adoptar sistemas renovables para la generación de energía es inminente ya que de acuerdo con reportes de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), el consumo per cápita de energía en el 2018 del sector residencial registró un consumo per cápita de 499 kWh, aproximadamente el 1% de este consumo de energía se generó con Fuentes No Convencionales de Energía Renovables [1]. Por lo cual, esta investigación toma como objetivo principal el desarrollar un sistema mecatrónico que aporte a disminuir las consecuencias del uso de energías convencionales. Mediante la implementación de conceptos y conocimientos de diferentes herramientas tecnológica, los investigadores han realizado una recopilación de datos a nivel nacional e internacional relacionada con la energía renovables, que validen científicamente la implementación de este sistema.

La investigación se realizó por el interés de conocer de qué manera se podía impactar positivamente en el mejoramiento del medio ambiente a través del uso de nuevas fuentes de generación de energía eléctrica. Por consiguiente, como resultado de este interés se diseñó un sistema mecatrónico, que fuese capaz de generar y almacenar de manera limpia la energía eléctrica. Este sistema mecatrónico presenta una contribución en la mitigación del déficit energético producido por los sistemas de generación eléctrica actuales. Como es sabido, en la actualidad la generación de energía eléctrica es producto de sistemas que basan su funcionamiento en combustibles fósiles y un segundo grupo es alimentado por energía nuclear y grandes represas alrededor del mundo. Fadem en su investigación desarrollada en el año 2011, propone que se tiene que dar un primer paso, para la producción de energía eléctrica limpia; debemos comprender que necesitamos el cambio a fuentes de energía que no contaminen el medio ambiente [7].

Es por esto, que este sistema está compuesto por un subsistema neumático capaz de recolectar la energía producida por la presión ejercida por el paso de los automóviles, que posterior a esto gracias a un proceso de conversión se logra obtener electricidad, la cual es almacenada en un conjunto de baterías para así poder suministrarse a un circuito eléctrico.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el ser humano ha incrementado la demanda de recursos energéticos en la necesidad de solventar el estilo de vida que tienen las ciudades actuales, además de la producción de bienes y servicios que contribuyen al desarrollo de la sociedad. Ya que según el Índice de Desarrollo Humano de la ONU el consumo de energía ha aumentado en hasta 100 Gigajulios (GJ) por persona en la última década.

Colombia no es la excepción a esta realidad ya que durante el año 2018 tuvo un consumo de energía de 69.121 GWh, que en comparación al año anterior tuvo un crecimiento de un 3.3% es decir 6.019 GWh [2].

Las consecuencias de esta situación se ven reflejado en el impacto negativo sobre el medio ambiente ya que problemas como el deterioro de los ecosistemas y la contaminación, son producto del desmedido consumo de recursos naturales para satisfacer el gasto de fuentes de energía.

A la fecha las centrales hidroeléctricas producen cerca del 70% de la electricidad del país, y hasta hace un tiempo estos grandes sistemas de generación se consideraban “limpios” y, de hecho, tal vez lo eran. No obstante, por tratarse de obras de gran magnitud, han afectado los suelos, la biodiversidad y actividades como la pesca, donde se ha puesto en riesgo, incluso, la seguridad alimentaria de los habitantes.

Adicionalmente, están sujetas por completo a las variaciones climáticas. fenómenos climáticos como el niño, junto a una innegable falta de previsión, hicieron que el país entrara en una crisis energética de tal magnitud que se llegó a hablar de un inminente apagón. La lección que quedó fue sencilla: buscar alternativas a través de fuentes no convencionales de generación de energía, entre las que se encuentran aquellas que no emplean combustibles fósiles como la eólica, solar, geotérmica, oceánica, con biomasa e hidroeléctrica a pequeña escala [3].

En este contexto la ciudad de Barranquilla sufre de una problemática relacionado con fallas de energía ya que constantemente se presentan interrupciones del flujo eléctrico en múltiples barrios de la ciudad, resultado de la falta de mantenimiento y de inversión en las redes eléctricas de la ciudad lo que produce problemas para los ciudadanos en su cotidianidad. Es necesario recalcar que, las pérdidas en el sector

comercial, el desarrollo de las clases en las instituciones educativas, daños en aparatos eléctricos y electrónicos en las viviendas, todo esto ocasiona un malestar por parte de los ciudadanos que en muchos casos recurren a manifestaciones violentas, dificultando la movilidad en la ciudad [4]. Estas consideraciones fundamentan nuestra investigación la cual recalca la existencia de la posibilidad de aprovechamiento de fuentes no convencionales y renovables de energía, (viento, eólica, y potencialización de hídricas), lo que puede favorecer no solo las matrices energéticas nacionales, sino los accesos en comunidades con pocos ingresos. La necesidad de que Colombia adopte sistemas renovables para la generación de energía es inminente. En el país, la cogeneración solo aportó el 1% de la matriz energética el año pasado, cifra que evidencia que queda un largo camino por recorrer.

1.1. ANTECEDENTES

Dada la situación actual del país con respecto al consumo de energía, una de las principales necesidades radica en implementar cambios en las fuentes para la generación de energía, la búsqueda y desarrollo de alternativas sostenibles debe ser primordial pensando en el futuro, por esta razón conocer el panorama general es indispensable para el desarrollo de un proyecto de este tipo. Este panorama que es de mucha relevancia para el desarrollo de este informe se presenta de una manera resumida a continuación:

En un informe realizado por el gerente del servicio al cliente del Registro Único Nacional de Tránsito, RUNT, José David Herrera, manifestó que el año pasado se matricularon 810.938 vehículos a nivel nacional, de los cuales el 67% es decir 546.963 fueron motocicletas, el 17% que equivale a 140.058 automóviles y 123.917 que equivale al 16%, son vehículos como camiones, camionetas y busetas. De esta manera el parque automotor de Colombia tiene un total de 16.042.336 vehículos [5].

La Costa Caribe presentó el mayor crecimiento de la demanda de energía eléctrica del Sistema Interconectado Nacional (SIN) al cierre de 2018, con una variación del 5,5% frente al 3,3% registrado a nivel nacional. Así lo indica un informe publicado por XM, operador del Sistema Interconectado Nacional (SIN), y administrador el mercado de energía mayorista. El total de la demanda nacional estuvo representado en un consumo de 69,121 GWh y el de la Costa en 16,665 GWh. El aumento de la demanda de energía en la región en el 2017 se situó en un 4,4%, mientras que a nivel nacional fue de 1,3% [6].

En la actualidad la mayor parte de la electricidad se obtiene mediante la utilización de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural). Parte de la energía proviene de la energía nuclear y de las grandes represas. Para comprender por qué necesitamos energía limpia para reemplazar los combustibles fósiles, la energía nuclear y la energía de las grandes represas, tendríamos que entender primero cómo se produce la electricidad y cómo puede hacernos daño si proviene de fuentes contaminantes o no renovables [7].

Fernández y Jusmet en su investigación desarrollada en el año 2010. [8], explican que cualquier material que contenga hidrocarburos, fabricado naturalmente y utilizado para generar energía, se considera un combustible fósil. Los combustibles fósiles se utilizan principalmente para energía térmica, trabajo y operaciones con maquinaria. Sin embargo, no solo se utilizan en esas situaciones concretas, ya que los combustibles fósiles están presentes en nuestra rutina diaria. Por ejemplo, cada vez que encendemos las luces, probablemente estemos utilizando electricidad producida por la quema de combustibles fósiles. Un estudio realizado por la Universidad Jorge Tadeo Lozano y la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) plantea que en el año 2030 el país debe consumir un 30% de energías limpias o renovables no convencionales y 70% de las fuentes tradicionales (hidroeléctrica y térmica) [9].

A pesar de que Colombia cuenta con los recursos, no está entre los primeros países de América Latina en el aprovechamiento de fuentes no convencionales de energía renovable. Según datos publicados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Chile lidera la lista en energía solar y Brasil es número uno en la eólica. Para cambiar esta imagen, el país está trabajando desde hace cuatro años en potencializar a La Guajira como la mayor fuente de energía eólica del país y, por qué no, de la región. Si tan solo se aprovechara el 50 % del área de este departamento, el potencial de energía producida sería, aproximadamente, 15.000 megavatios, es decir, se generaría la cantidad suficiente para abastecer el 90 % de la capacidad instalada de generación de electricidad en el país, explica la Asociación de Energías Renovables [10].

El interés que ha generado el desarrollo de energías renovables no convencionales en el país ha despertado el interés del investigador Guevara el cual, en el año 2019 para el periódico Espectador, realizó una investigación en la cual deja en evidencia que ya desde el 2019 se refleja en inversiones que suman US\$500 millones en energías renovables. Afirmando que pese a que aún hay una gran cantidad de proyectos que están sobre la mesa, lo cierto es que el alto potencial geográfico del país proyecta que este tipo de energías se podrían convertir en uno de los sectores

que más jalonará inversión extranjera en la siguiente década. Se estima, según algunas proyecciones de gremios, que entrarían a participar más de 60 proyectos de todo tipo. No obstante, la cifra podría ser mayor si se tiene en cuenta que actualmente, según registros de la UPME, hay más de 425 proyectos que ya tienen el aval de la entidad para su desarrollo [11].

En la Costa norte colombiana existen algunos proyectos gubernamentales que ofrecen la posibilidad de que los usuarios utilicen esta tecnología en sus viviendas. “En Barranquilla hay entre 16 y 20 empresas que hacen este tipo de instalaciones. Algunas solo venden la tecnología, otras ofrecen servicio completo de diseño, venta e instalación”, algunas empresas privadas españolas, brasileras, canadienses y ahora colombianas, están usando modelos de Acuerdo de Compra de Energía o PPA (Power Purchase Agreement). Para ello, se instala una central de energía fotovoltaica y se asumen los costos de montaje, operación y mantenimiento. El cliente solo paga la energía que consuma de esa central. Se trabaja con contratos de compraventa de energía renovable, con vigencia de entre 10 y 25 años [12]. Nueve de cada 10 hogares colombianos (91,2%) quieren que la energía eléctrica que llegue a su hogar sea de Fuentes de Energía Renovable No Convencionales (FNCER). Así lo señala un estudio realizado por el Panel de Hogares de Nielsen, La principal razón por la cual los hogares colombianos quisieran que la energía eléctrica que consumen en sus hogares provenga de Fuentes de Energía Renovable No Convencionales, es porque consideran que son amigables con el medio ambiente (90%).

A pesar de que el país no cuenta aún con las energías renovables no convencionales como complemento a la matriz, 66,2% de los hogares colombianos creen que tener esta fuente generadora de energía eléctrica hará el sistema más confiable y seguro [13].

Se puede obtener energía a partir de agua, de carbón, solar, aguas geotérmicas, energía por la fricción de materiales radioactivos, del viento, entre otras. Mientras que en países europeos como España o Holanda un gran porcentaje de la energía es producida por el viento, en Colombia solo tenemos un recurso, y para ningún país una sola fuente de energía es confiable. En energía geotérmica no tenemos ni una sola fuente y la energía eólica no alcanza ni el 0.1% [14].

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera se puede impactar positivamente en la mejora del medio ambiente a través del uso de nuevas fuentes de generación de energía eléctrica?

1.2. JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE

Buscar una alternativa de energía limpias y sostenible es una motivación propuesta para la realización de este proyecto, ya que aportar a los esfuerzos de afrontar el cambio climático y los problemas del medio ambiente debe tomarse como una prioridad en el desarrollo de proyectos como este, de tal manera que se visiona mejorar la situación actual del mundo. Con un impacto medioambiental mínimo, una mejor calidad del aire y una reducción de las enfermedades, la energía renovable produce una mejor calidad de vida. No solo para el ser humano, sino para el resto de las especies que habitan el planeta. Además de eso, otro motivo de por qué es importante la energía renovable es que esa calidad de vida se ve aumentada en otros aspectos importantes.

- **Importancia Ambiental:** El principal beneficio ambiental de las energías renovables es que reducen las emisiones gaseosas provenientes de la combustión de residuos fósiles. Actualmente hacen que, 1500 millones de toneladas de dióxido de carbono no lleguen a la atmósfera y también producen una reducción no cuantificada de los gases promotores de la lluvia ácida: dióxidos de azufre y nitrógeno.

Para el año 2020 se estima que entre 6000 a 9000 millones de toneladas de CO₂ no serán emitidos a la atmósfera gracias a las fuentes renovables de energía implementadas. La diferencia en la estimación se debe a que los 6000 millones de toneladas corresponden a un escenario futuro con las mismas políticas energéticas que en la actualidad, la estimación del ahorro de 9000 millones de toneladas corresponde a un escenario con una conciencia ecológica mayor a la de la actualidad con la consecuente promoción estatal de las energías renovables [15].

- **Importancia Social:** Como las fuentes renovables de energía tienen la característica de estar muy distribuidas en diferentes regiones, ya que cada región tiene características ambientales diferentes y por ende diferentes recursos energéticos para aprovechar, esto hace que se reduzca la necesidad de desarrollo de nuevos sistemas de distribución de energía eléctrica y la construcción de nueva infraestructura para transportar dicha energía, reduciendo relevantemente los impactos ambientales negativos de la distribución de energía. Las mejoras esperadas en materia de salud, ya que cada vez más ciudadanos ya no están expuestos a los desechos peligrosos y a las emisiones asociadas con los combustibles fósiles.
- **Importancia Tecnológica:** El avance tecnológico en energías renovables ha extendido su uso globalmente, ya que las fuentes de estas energías se encuentran disponibles por todo el mundo, en contraste con las fuentes convencionales como lo son el gas, carbón y petróleo que están geográficamente concentradas en algunos países. En cambio, todos los países del mundo tienen por lo menos una fuente de energía renovable y muchos tienen un portafolio de estas.

La transformación a una era de energías alternativas se está convirtiendo en una realidad, principalmente por los inmensos avances tecnológicos y científicos, y por la permanente investigación y políticas gubernamentales asumidas por países y grupos supranacionales como la Unión Europea [16].

- **Importancia Económica:** El impacto económico que han desarrollado las energías renovables, no son tan inclinados a la variación del mercado, como el petróleo o en sí el gas natural, se sabe que los sistemas de energía solar o la eólica son competentes al poder suministrar energía a las regiones en vías de desarrollo o las cuales son menos accesibles, ya que no pueden llegar a tener medios económicos o de infraestructura para utilizar combustibles fósiles. De esta manera se pronostica que el aumento de la inversión en sistemas de energía renovable seguirá produciendo miles de empleos en todo el mundo de tal forma que se produce un impacto positivo en la economía.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema mecatrónico para la generación de energía eléctrica a partir de la presión ejercida por los vehículos como herramienta que contribuya a mitigar el déficit energético presente en un parqueadero de una zona residencial.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los requerimientos del sistema de generación eléctrica necesarias para el abastecimiento de flujo eléctrico para una zona residencial.
- Desarrollar un sistema de conversión para transformar la energía mecánica producida por el movimiento, a energía eléctrica.
- Implementar un sistema de control para la regulación de la energía almacenada y distribuida.
- Evaluar el funcionamiento del sistema para la generación de energía limpia a través del tránsito vehicular.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. ESTADO DEL ARTE

El estado del arte en nuestro proyecto nos permite la construcción de un análisis de tipo documental que muestre los aportes y avances más importantes que se han logrado para afrontar la problemática del medio ambiente mediante el uso de energías renovables, además de hacer una recopilación de fuentes importantes, ideas, conceptos, opiniones para complementar nuestro trabajo de grado.

Desde luego, en el año 2017 se desarrolló un estudio de factibilidad para la generación de energías limpias en la ciudad de Bogotá, implementando material piezoeléctrico. Este estudio sirve como de base para hacer una comparativa en el tipo de sistema empleado, ya que nuestro proyecto mantiene similitudes a este, así como entender los beneficios del uso de este tipo de tecnología [17].

Ríos y Fernández en su investigación titulada “factibilidad técnica y económica de implementar un sistema energy harvesting con generadores piezoeléctricos, en una zona de alto tráfico vehicular de la ciudad de Cali”, realizan un aporte sobre el evaluar las condiciones técnicas y económicas para la implementación de un sistema Energy Harvesting en la ciudad de Cali. Este proyecto describe detalladamente, la implementación de un sistema Energy Harvesting, cuyos beneficios sirven para entender la importancia del desarrollo de nuestro proyecto [18].

Por otra parte, Sepúlveda en el año 2014, desarrollo una investigación en la cual su objetivo estuvo dado hacia el desarrollar un prototipo de Energy Harvesting (Colector de energía en español) piezoeléctrico mediante el Método de Optimización Topológica (MOT). Ya que uno de los elementos de nuestro proyecto es un banco de baterías, la información que se encuentra en esta investigación, es importante para el diseño de nuestro sistema [19].

Si volvemos atrás, en el año 2015 los investigadores García y Gonzales presentaron una investigación enfocada en la eneración de energía utilizando el efecto piezoeléctrico la cual genera un aporte a la comunidad científica desde el punto de diseñar y fabricar un dispositivo que utilice la tecnología piezoeléctrica para iluminar

las pistas del bosque de Tlalpan, la cual nos permitió obtener un aporte acerca del mecanismo implementado en esta investigación, y sus funcionalidades y componentes usados que sirven de guía para el desarrollo de nuestro proyecto [20]. Por otro lado, Stabio propuso desarrollar un sistema para generar energía eléctrica a partir del tránsito vehicular, disminuyendo también la contaminación ambiental que es generada por la quema de hidrocarburos. Este proyecto es un ejemplo claro del tipo de sistema implementado en nuestro proyecto, por esa razón se tuvo en cuenta muchas características presentadas por este [21].

En este orden de investigaciones, Quispe en el año 2017 llevo a cabo una investigación cuyo objetivo primordial era diseñar y fabricar un sistema el cual genere energía a partir de un rompe muelle en la región de Puno (Perú). Las teorías y citas bibliográficas presentadas en este estudio sirvieron como un marco de referencia relevante para nuestro proyecto [22]. Además de estas investigaciones, podemos resaltar que el diseñar el sistema de iluminación vial de la recta Palmira-Cali mediante el uso de generadores piezoeléctricos como fuente de energía sustentable". Esta investigación aporto a nuestro proyecto entender los beneficios y aportes que produce el uso de energías sostenibles [23].

Un trabajo de Anaya en el cual presenta la utilización de fuerza mecánica para generar electricidad. Es un punto de partida para comprender el funcionamiento e importancia de los mecanismos que son utilizados en la generación de energía eléctrica, esto sirvió como ejemplo para el diseño del sistema presentado en nuestro proyecto [24]. Es de vital importancia recalcar que la investigación de Guintero en el año 2018 presenta la factibilidad técnica y económica de un sistema de baldosas piezoeléctricas como fuente de energía alternativa para iluminación de bajo consumo en la carrera séptima en la ciudad de Valledupar" El estudio presentado en esta investigación, sirvió para orientarnos en los ámbitos técnicos y económicos para el desarrollo de nuestro proyecto [25].

Desde luego, el crear un dispositivo el cual genere la energía suficiente para alimentar las carreteras de la ciudad, semáforos, alumbrado público, señales de tránsito. La metodología implementada en esta investigación nos brindó información necesaria sobre la toma de datos necesarios, que a posterior se usó de manera similar en nuestro proyecto [26].

3.2. MARCO TEÓRICO

3.2.1 Presión y Energía

Se define la presión como la relación de la fuerza al área. Esta se representa mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Donde F es la magnitud de la fuerza ejercida sobre un objeto, y A el área de dicho objeto. Además, la presión es una cantidad escalar al ser proporcional a la magnitud de la fuerza que se ejerce sobre un objeto [27].

Cuando un automóvil se desplaza su peso genera una presión sobre la superficie sobre el pavimento, esta presión se conduce a un generador, capaz de producir electricidad. Para generar dicha electricidad se debe aprovechar la energía mecánica.

La energía mecánica es la sumatoria de la energía potencial y la cinética como se observa en la siguiente ecuación:

$$E_{mec} = E_p + E_c \quad (2)$$

Donde:

E_{mec} = Energía mecánica. E_p = Energía potencial. E_c = Energía cinética.

La energía cinética “es la energía que posee una partícula cuando se encuentra en movimiento, depende de la masa y de la velocidad del cuerpo “cuando el cuerpo se encuentre en reposo el valor de la energía cinética será cero, su correspondiente ecuación es:

$$E_c = \frac{1}{2} \times m \times V^2 \quad (3)$$

Donde:

E_c = Energía cinética m = Masa corporal V = Velocidad del cuerpo.

Mientras que la energía potencial, está relacionado con la energía que posee un cuerpo en razón de su posición y se expresa mediante la ecuación.

$$E_p = m \times g \times h \quad (4)$$

Donde:

E_p =Energía potencial gravitatoria m = Masa corporal g =Aceleración la gravedad (9,81 m / s²) h =Altura [28].

La energía interna de un sistema es una caracterización macroscópica de la energía microscópica de todas las partículas que lo componen. Un sistema está formado por gran cantidad de partículas en movimiento. Cada una de ellas posee:

- energía cinética, por el hecho de encontrarse a una determinada velocidad.
- energía potencial gravitatoria, por el hecho de encontrarse en determinadas posiciones unas respecto de otras.
- energía potencial elástica, por el hecho vibrar en el interior del sistema.

Existen, además, otros tipos de energía asociadas a las partículas microscópicas tales como la energía química o la nuclear. Se puede concluir entonces que dentro de un sistema conviven distintos tipos de energía, asociadas a las partículas microscópicas que los componen y que forman su energía interna.

3.2.1.1 Energía Renovables

Se denomina “energías renovables” a aquellas fuentes energéticas basadas en la utilización del sol, el viento, el agua o la biomasa vegetal o animal -entre otras-. Se

caracterizan por no utilizar combustibles fósiles –como sucede con las energías convencionales-, sino recursos capaces de renovarse ilimitadamente. Su impacto ambiental es de menor magnitud dado que además de no emplear recursos finitos, no generan contaminantes.

Sus beneficios van desde la diversificación de la matriz energética del país hasta el fomento a la industria nacional; y desde el desarrollo de las economías regionales hasta el impulso al turismo.” Las cuales se pueden generar por medio de:

- Energía eólica.
- Energía solar.
- Biomasa.
- Biogás.
- Biocombustibles.
- Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos [29].

3.2.2 Almacenamiento de Energía

Una de las formas de almacenamiento como energía química consiste en utilizar hidrógeno molecular (H_2). Este compuesto no se encuentra fácilmente en la naturaleza, pero se puede producir rompiendo moléculas de agua (H_2O) utilizando electricidad en un equipo llamado electrolizador. Para “retransformarlo” en electricidad se necesita un motor, turbina o las pilas de combustible (que producen el efecto inverso que el electrolizador, transformando directamente el hidrógeno en electricidad y agua).

El hidrógeno es un vector energético, es decir, es una sustancia que almacena energía, de tal manera que ésta pueda liberarse posteriormente de forma controlada. Se diferencia de otras fuentes de energía (hidrocarburos, nuclear o energías renovables) en que para producirlo se ha realizado un proceso químico o electroquímico en el que ha sido necesario invertir una cierta cantidad de energía, y esta energía siempre será mayor que la que se obtendrá posteriormente en su aplicación final [30].

La energía eléctrica no se puede almacenar como tal. En realidad, es necesario transformarla en otros tipos, como la energía mecánica o la química, para las que es viable el almacenamiento.

Podemos citar algunos ejemplos de tecnologías mecánicas de almacenamiento, como son:

- El bombeo de agua a cotas más elevadas
- La compresión de aire en reservorios subterráneos
- El uso de volantes de inercia que almacenan energía en el movimiento de un pesado volante girando en un eje

Las baterías son acumuladores de electricidad basados en la transformación de ésta en energía química. Utilizan compuestos que tienen la capacidad de reaccionar entre sí intercambiando electrones que, al pasar por un circuito, generan una corriente eléctrica. Si, por el contrario, las conectamos a un generador que haga circular a los electrones en sentido opuesto, se produce la reacción contraria, recargando la batería de energía.

Existen muchos tipos de baterías, pero para su aplicación como almacenamiento de electricidad en redes eléctricas destacan las de plomo-ácido, las de sodio-azufre, las de sodio-níquel-cloruro y las de ion-litio [31].

Uno de los medios para generar energía renovable es la energía eólica [29]. La energía eólica es la energía obtenida del viento. Se trata de un tipo de energía cinética producida por el efecto del flujo de corrientes de aire. Esta energía se puede

convertir en electricidad a través de un generador eléctrico. Por esta razón es considerada una energía renovable, limpia, que no contamina y que contribuye a reemplazar la energía producida a través de los combustibles fósiles.

Las ventajas que tiene la energía eólica son muchas, algunas de estas son:

- Es fuente de energía inagotable
- Ocupa poco espacio
- No contamina
- Bajo coste
- Es compatible con otras actividades [32]

3.2.3 Generador de energía

Un generador o alternador eléctrico es un mecanismo que tiene la capacidad de transformar la energía mecánica, en este caso producto de la fuerza del viento, que, a través de un eje, es convertida en corriente alterna que es suministrada por sus bornes que ayudan y orientan a la corriente eléctrica a fluir a través de un circuito externo. Estos generadores eléctricos son muy útiles para ayudar a mantener la electricidad durante apagones extensos ya que pueden abastecer de energía a toda la casa o sólo a ciertos aparatos electrodomésticos. La producción de corriente alterna de estos generadores, se fundamenta en el principio de inducción electromecánica. Este consiste en que todo conductor sometido a un campo magnético variable se crea una fuerza electromotriz [33].

3.2.3.1 Aerogenerador

Es importante definir que es un aerogenerador y la manera más simple de explicarlo es decir que una turbina funciona justo al contrario que un ventilador. Mientras el

ventilador utiliza electricidad para hacer viento, la turbina utiliza el viento para hacer electricidad.

Casi todos los aerogeneradores están formados por palas que rotan alrededor de un centro horizontal. El centro está conectado a una caja de cambios y a un generador, que están situados en el interior de la góndola. La góndola es la parte más grande que hay en lo alto de la torre, donde se concentran todos los componentes mecánicos y la mayor parte de los componentes eléctricos. La mayoría de las turbinas tienen tres palas que se encaran hacia el viento. El viento hace rodar las palas, que hacen girar el eje, y esto se conecta al generador, que convierte el movimiento en electricidad. Un generador es, pues, una máquina que produce energía eléctrica a partir de energía mecánica. De esta forma se puede dar origen a los siguientes interrogantes:

La cantidad de electricidad que produce un aerogenerador depende de varios factores como por ejemplo la cantidad de viento que sopla y la potencia del aerogenerador. Un aerogenerador de 1,8 MW situado a un buen emplazamiento produce más de 4,7 millones de unidades de electricidad cada año. Esto es suficiente para satisfacer las necesidades de más de 1.500 hogares catalanes, o para hacer funcionar un ordenador durante 1.620 años. Los aerogeneradores empiezan a funcionar cuando el viento alcanza una velocidad de 3 a 4 metros por segundo, y llega a la máxima producción de electricidad con un viento de unos 13 a 14 metros por segundo. Si el viento es muy fuerte, por ejemplo, de 25 metros por segundo como velocidad media durante 10 minutos, los aerogeneradores se paran por cuestiones de seguridad [34].

3.2.4 TERMODINÁMICA

3.2.4.1 PRIMERA LEY DE TERMODINÁMICA

La primera ley de la termodinámica establece que el cambio en la energía interna de un sistema, ΔU , es igual al calor neto que se le transfiere más el trabajo neto que se hace sobre él, W . En forma de ecuación, la primera ley de la termodinámica es:

$$\Delta U = Q + W \quad (5)$$

Aquí, ΔU , es el cambio en la energía interna U del sistema, Q es el calor neto que se le ha transferido (es decir, Q es la suma de todo el calor transferido por y hacia el sistema) y W es el trabajo neto realizado sobre el sistema.

Así que el calor Q positivo y el trabajo W positivo inyectan energía en el sistema. La primera ley toma la forma $\Delta U=Q+W$, por esta razón. Esto establece que se aumenta la energía interna de un sistema al calentarlo o al hacer trabajo sobre él.

La primera ley de la termodinámica relaciona el trabajo y el calor transferido intercambiado en un sistema a través de una nueva variable termodinámica, la energía interna. Dicha energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma.

La primera ley de la termodinámica da origen a los sistemas termodinámicos estos son una porción del espacio material, separada del resto del universo termodinámico (es decir, del entorno externo) por medio de una superficie de control real o imaginario (o borde), rígida o deformable.

3.2.4.2 SISTEMAS TERMODINÁMICOS

Los sistemas termodinámicos se clasifican según el grado de aislamiento que presentan con su entorno. Aplicando este criterio pueden darse tres clases de sistemas:

- **Sistema aislado:** Es aquel que no intercambia ni materia ni energía con su entorno, es decir se encuentra en equilibrio termodinámico. Un ejemplo de esta clase podría ser un gas encerrado en un recipiente de paredes rígidas lo suficientemente gruesas (paredes adiabáticas) como para considerar que los intercambios de energía calorífica sean despreciables y que tampoco puede intercambiar energía en forma de trabajo.
- **Sistema cerrado:** Es el que puede intercambiar energía, pero no materia con el exterior. Multitud de sistemas se pueden englobar en esta clase. Una lata de sardinas también podría estar incluida en esta clasificación.

- **Sistema abierto:** En esta clase se incluyen la mayoría de los sistemas que pueden observarse en la vida cotidiana. Por ejemplo, un vehículo motorizado es un sistema abierto, ya que intercambia materia con el exterior cuando es cargado, o su conductor se introduce en su interior para conducirlo, o es provisto de combustible al repostarse, o se consideran los gases que emite por su tubo de escape, pero, además, intercambia energía con el entorno. Solo hay que comprobar el calor que desprende el motor y sus inmediaciones o el trabajo que puede efectuar acarreado carga [35], [36].

3.2.5 MECANISMOS

Anteriormente, se habla de energía mecánica como la unión o suma de energía cinética y potencial ya que se relaciona con el movimiento realizado por los automóviles dentro de este sistema, de igual manera la primera ley de la termodinámica incluye el trabajo por esa razón, el trabajo junto con la energía mecánica e interna es la que se aprovechara de tal forma que se transforme en electricidad [28], [37].

Los mecanismos son elementos que reciben una energía de entrada y, a través de un sistema de transmisión y transformación de movimientos, realizan un trabajo. Un mecanismo transforma el movimiento de entrada (lineal, circular, oscilante) en un patrón deseable; por lo general desarrolla una trayectoria final de salida predecible, acorde al problema que se desea solucionar una necesidad.

Un mecanismo sería entonces un conjunto de elementos que forman parte de una máquina conectados entre sí y cuyas funciones son:

- Transformar una velocidad en otra velocidad.
- Transformar una fuerza en otra fuerza.
- Transformar una trayectoria en otra diferente.
- Transformar un tipo de energía en otro tipo distinto.

3.2.5.1 TIPOS DE MECANISMOS

Además, a partir de estas funciones existen los siguientes tipos de mecanismos como son:

- Mecanismos de transmisión del movimiento. El elemento motriz o de entrada y el elemento conducido tienen el mismo tipo de movimiento.
- Mecanismos de transformación del movimiento. El elemento motriz y el conducido tienen distinto tipo de movimiento. En estos mecanismos se distinguen tres tipos de movimiento.
- Movimiento circular o rotatorio, como el que tiene una rueda.
- Movimiento lineal, es decir, en línea recta y de forma continua.
- Movimiento alternativo: es un movimiento de ida y vuelta, de vaivén. Como el de un péndulo.

La existencia de un mecanismo de transmisión de movimiento cuya misión sea transformar la velocidad de entrada y de esta manera aumentar la velocidad de esta, servirá como parte de sistema que transforme la energía mecánica a energía eléctrica. El diseño de este mecanismo se debe realizar para que cumpla con las necesidades del proyecto y de esta manera se cumpla el objetivo propuesto en este [38].

3.2.6 SISTEMA DE RESORTES

La presión ejercida por el peso de los automóviles genera una energía esta se tiene que transmitir, por esta razón es necesario la creación de un sistema de resortes, se conoce como resorte (o muelle elástico) a un operador elástico capaz de almacenar energía y desprenderse de ella sin sufrir deformación permanente cuando cesan las fuerzas o la tensión a las que es sometido.

Dependiendo de las fuerzas o tensiones que puedan soportar, se diferencian tres tipos principales de resortes:

- **Resortes de tracción:** Estos resortes soportan únicamente fuerzas de tracción y se caracterizan por tener un gancho en cada uno de sus extremos, de diferentes estilos: inglés, alemán, catalán, giratorio, abierto, cerrado o de dobles espira. Estos ganchos permiten montar los resortes de tracción en todas las posiciones imaginables.
- **Resortes de compresión:** Estos resortes están principalmente diseñados para soportar fuerzas de compresión. Pueden ser cilíndricos, cónicos, biónicos, de paso fijo o cambiante.
- **Resortes de torsión:** Son los resortes sometidos a fuerzas de torsión [39].

3.2.7 NEUMÁTICA

La energía absorbida por los resortes será transportada por unas tuberías en forma de aire, estas tuberías comprenden un denominado circuito neumático, que a su vez hacen parte de una tecnología o técnica aplicativa de estudio denominada neumática.

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos, mediante un fluido, en este caso el aire, se puede conseguir mover un motor.

Dicha tecnología es sencilla, pero a su vez tiene cierta complicación debido a los elementos requeridos para su aplicación. Es por eso que la neumática es un proceso que consiste en aprovechar la capacidad de compresión de los gases para acumular energía, al aumentar la presión de los mismos en el interior de recipientes o circuitos. Al ser liberado el gas en el interior de cilindros, herramientas o mecanismos diseñados para ello, se devuelve la energía acumulada al expandirse en su interior, produciendo el movimiento o el trabajo para el cual está diseñado dicho mecanismo.

3.2.7.1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA NEUMÁTICO

En el proceso intervienen dos sistemas fundamentales: Una planta de aire comprimido con el compresor, tratamiento y recipientes correspondientes.

Un conjunto de equipos o sistemas que usan el aire comprimido producido en la planta anterior como fuente de energía [40].

El aire comprimido es un elemento muy habitual en todo tipo de instalación industrial. Normalmente se emplea para obtener trabajo mecánico lineal o rotativo, asociado al desplazamiento de un pistón o de un motor neumático. El compresor aspira aire de la atmósfera y lo comprime en un volumen más pequeño, almacenándolo después normalmente en un depósito (air receiver).

Básicamente, hay cinco tipos de compresores de aire que se emplean en la industria, que se agrupan a su vez dentro de dos grandes familias:

- **Compresores de desplazamiento positivo (CDP):** La compresión del aire se consigue a partir de un cilindro en movimiento. La máquina puede incorporar un único cilindro o puede comprimir el aire empleando dos cilindros. Los cilindros pueden estar colocados horizontalmente, verticalmente o bien en ángulo.
- **Compresores rotodinámicos o turbocompresores (TC):** Utiliza unas paletas colocadas excéntricamente dentro del rotor de la máquina. Al ir girando, el espacio existente entre las paletas se va reduciendo, con lo que el aire atrapado en esas cavidades se comprime. Se emplean básicamente cuando se necesitan muy bajas exigencias de caudal [41].

Un depósito de aire comprimido es un equipo que almacena aire comprimido para satisfacer los picos de demanda y ayudar a controlar la presión del sistema. Tiene la capacidad de acumular el volumen de aire comprimido suficiente para abastecerlo cuando es necesario y así mantener una presión estable en la red de aire comprimido, independientemente de la variabilidad de demanda que requiere el compresor. Debe usarse en todos los sistemas de aire comprimido, pero es más efectivo cuando se trata de equipos que operan con un flujo de aire comprimido variable, o bien cuando ocurren picos de consumo de forma intermitente.

El depósito de aire se puede usar para:

- Controlar los picos de demanda en el sistema de aire comprimido reduciendo la caída de presión.
- Proteger los elementos internos y dispositivos cuando son sometidos a presiones críticas del sistema.
- Disponer de una reserva de aire comprimido para consumos instantáneos [42].

3.2.8 SISTEMA DE CONTROL

Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados (consigna).

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

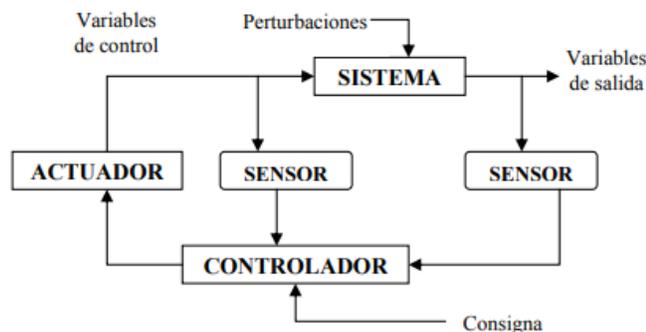
- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:

- **Sensores:** Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.
- **Controlador:** Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.
- **Actuador:** Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control [43].

En La figura 1 se ilustra el esquema de funcionamiento de un sistema de control genérico.

Figura 1. Esquema Sistema de Control



Fuente: Autores

3.2.8.1 ESTRATEGIAS DE CONTROL

El sistema de control implementado para este proyecto tuvo que cumplir con las características propias de este, por tal razón fue fundamental entender las variables involucradas en el sistema para su culminación exitosa. Un control bien hecho se refleja en un funcionamiento adecuado del sistema es decir que todo se desarrolló de la manera esperada o deseada [44]. De igual forma existen las denominadas estrategias de control, están hacen referencia a la naturaleza y la dirección de los

lazos existentes entre las variables medidas y/o controladas y las variables de control.

Se distinguen dos tipos de estrategias en función de la naturaleza de la información utilizada para calcular la acción de control del sistema, lazo abierto y lazo cerrado.

- **Lazo abierto:** La acción de control se calcula conociendo la dinámica del sistema, las consignas y estimando las perturbaciones. Esta estrategia de control puede compensar los retrasos inherentes del sistema anticipándose a las necesidades del usuario. Sin embargo, el lazo abierto generalmente es insuficiente, debido a los errores del modelo y a los errores en la estimación de las perturbaciones. Por ello, es común la asociación de lazo cerrado-lazo abierto, de modo que el lazo cerrado permite compensar los errores generados por el lazo abierto.
- **Lazo cerrado:** La acción de control se calcula en función del error medido entre la variable controlada y la consigna deseada. Las perturbaciones, aunque sean desconocidas son consideradas indirectamente mediante sus efectos sobre las variables de salida. Este tipo de estrategia de control puede aplicarse sea cual sea la variable controlada. La gran mayoría de los sistemas de control que se desarrollan en la actualidad son en lazo cerrado.

Por la complejidad del sistema fue pertinente realizar una estrategia de control con lazo cerrado, porque la existencia de múltiples perturbaciones tiene que ser tenidas en cuenta, y por la descripción de este tipo de estrategia, es necesario contrarrestar los efectos que tiene sobre el sistema, de tal manera que el sistema realizara las acciones para el cual fue diseñado [43].

3.2.8.2 SISTEMA DE CONTROL NEUMÁTICO

El sistema de control de un compresor de aire comprimido es importante ya que se determinan varios factores importantes como lo son: temperatura, velocidad, corriente, voltaje y potencia del motor monofásico asíncrono, temperatura del compresor y presión de aire acumulada en el depósito, se controlaron cuatro parámetros encendido y apagado, cambio de giro, potencia del motor y presión máxima acumulada en el tanque.

Los compresores que forman parte de un sistema compuesto por varias máquinas deben tener operaciones coordinadas. Disponer de un sistema de control integral es práctico por muchos factores. La división de los tiempos de funcionamiento entre máquinas reduce el riesgo de interrupciones imprevistas. El mantenimiento del compresor también es más fácil de planificar. Las máquinas en espera se pueden conectar si ocurre algo durante las operaciones. El sistema de control central más simple y frecuente es el selector de secuencia de arranque que se utiliza y prueba habitualmente.

3.2.8.2.1 FINALIDAD SISTEMA DE CONTROL NEUMÁTICO

Como bien es conocido un sistema de control tiene la finalidad de conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida del sistema de aire comprimido como presión, temperatura, caudal, humedad, potencia consumida, etc., de modo que estas alcancen unos valores prefijados; con los siguientes requisitos:

- Garantizar la estabilidad del sistema de aire comprimido, siendo particularmente robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible, según los criterios de trabajo preestablecidos. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Ser de fácil implementación y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

Partiendo de esto, en un sistema de control de aire comprimido las variables que normalmente utilizan los operadores como referencia para encender y apagar los compresores son: la presión y el caudal o flujo volumétrico del aire comprimido, siguiendo la ley de BOYLE de gases ideales, donde expresa que: "La presión es inversamente proporcional al volumen del recipiente". Por tanto, a través del sistema se mantiene controlada y estable la presión ante incrementos en la demanda de aire comprimido, y también se mantiene el control del caudal o flujo volumétrico de aire disponible. Finalmente, lo que se busca con la implementación de un sistema de

control es mantener la presión en todo el sistema de distribución y consumo de aire comprimido [45].

3.2.9 GENERACION DE ENERGÍA ELÉCTRICA CONVENCIONAL

Las centrales térmicas convencionales, también llamadas termoeléctricas convencionales, utilizan combustibles fósiles (gas natural, carbón o fueloil) para generar energía eléctrica mediante un ciclo termodinámico de agua-vapor.

El término 'convencional' se utiliza para diferenciarlas de otras centrales térmicas, como las de ciclo combinado o las nucleares. En las centrales térmicas convencionales, el combustible se quema en una caldera provocando la energía térmica que se utiliza para calentar agua, que se transforma en vapor a una presión muy elevada. Después, ese vapor hace girar una gran turbina, convirtiendo la energía calorífica en energía mecánica que, posteriormente, se transforma en energía eléctrica en el alternador. La electricidad pasa por un transformador que aumenta su tensión y permite transportarla reduciendo las pérdidas por Efecto Joule. El vapor que sale de la turbina se envía a un condensador para convertirlo en agua y devolverlo a la caldera para empezar un nuevo ciclo de producción de vapor.

La forma tradicional de generar eléctrica se resume en el funcionamiento de las centrales termoeléctricas, a diferencia de esto, este proyecto esta enfoca a una generación no convencional a través del uso de energías renovables nombrada con anterioridad. Por otro lado, se resalta la importancia expuesta dentro de este proyecto y es generar un cambio sobre el impacto que tiene este tipo de centrales en el medio ambiente, proponiendo un modelo sostenible como alternativa.

3.2.9.1 COMBUSTIBLES FOSILES

Además de la existencia de las denominadas energías limpias o renovables, sobre las que ya se ha desarrollado el tema con anterioridad [29], existe otro tipo y son las energías no renovables cuya principal fuente de origen primario son los combustibles fósiles. Los combustibles fósiles son una serie de sustancias y gases formados a partir de restos descompuestos de animales y plantas que se generan en ciertas capas del suelo, sirviendo como un tipo de energía no renovable.

Los combustibles provienen de un proceso de descomposición parcial de la materia orgánica. Estos combustibles se originan por un proceso de transformación de millones de años de plantas y vegetales (casos del petróleo, el carbón y el gas natural).

Se trata de fuentes de energía primarias ya que se pueden obtener directamente sin transformación. Los combustibles fósiles se forman mediante un proceso de descomposición parcial de la materia orgánica. Se trata de un proceso de transformación de millones de años debido a la presión y temperatura que varias capas de sedimentos ejercen sobre la materia orgánica.

Se han originado de forma natural por un proceso de fosilización en anoxia (falta de oxígeno) ambiental: la materia orgánica no se ha degradado por microorganismos (que no pueden vivir), sino que permanece en forma de moléculas orgánicas más complejas, sólidas (carbón), líquidas (petróleo) o gas (gas natural). La energía de estas moléculas es la que se libera en utilizarlos como combustible, este proceso de millones de años es el que convierte los combustibles fósiles en una fuente de energía no renovable, ya que se consume mucho más rápido de lo que no se genera [46].

Este consumo excesivo es el principal perjuicio de este tipo de energía, ya que por las tendencias actuales de consumo, para poder generar una demanda suficiente son demasiados los recursos usados como medio para cumplir con esta, su impacto en el ambiente es ampliamente negativo ya que repercute en el estilo de vida de las personas, porque se está afectando significativamente los ecosistemas, por esto el diseño realizado al no usar energías no renovables es contraria a esta tendencia es decir su impacto es positivo con el medio ambiente a diferencia de los actuales.

3.2.9.2 RED DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

La red de transporte de energía eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo y a través de grandes distancias, la energía eléctrica generada en las centrales eléctricas [47].

Parte de la red de transporte de energía eléctrica son las llamadas líneas de transporte. Una línea de transporte de energía eléctrica o línea de alta tensión es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cables de acero, cobre o aluminio, como por sus elementos de soporte, las torres de alta tensión.

El impacto ambiental potencial de líneas de transmisión de energía eléctrica incluye la red de transporte de energía eléctrica, el derecho de vía, las playas de distribución, las subestaciones y los caminos de acceso o mantenimiento. Las estructuras principales de la línea de transmisión son la línea misma, los conductores, las torres y los soportes. Las líneas de transmisión pueden tener pocos, o cientos de kilómetros de longitud. El derecho de vía donde se construye la línea de transmisión puede variar de 20 a 500 metros de ancho, o más, dependiendo del tamaño de la línea, y el número de líneas de transmisión. Las líneas de transmisión son, principalmente, sistemas terrestres y pueden pasar sobre los humedales, arroyos, ríos y cerca de las orillas de los lagos, bahías, etc. Son técnicamente factibles, pero muy costosas, las líneas de transmisión subterráneas.

Las líneas de transmisión eléctrica son instalaciones lineales que afectan los recursos naturales y socioculturales. Los efectos de las líneas cortas son locales; sin embargo, las más largas pueden tener efectos regionales. En general, mientras más larga sea la línea, mayores serán los impactos ambientales sobre los recursos naturales, sociales y culturales. Como se tratan de instalaciones lineales, los impactos de las líneas de transmisión ocurren, principalmente, dentro o cerca del derecho de vía.

Como se describe las redes de transporte eléctrico tienen un impacto que repercute notablemente en el ambiente, no solo por los cambios que sufre los ecosistemas, sino que también en la salud de los seres vivos como es en este caso el ser humano, el sistema de transmisión eléctrica propuesta para este proyecto es amigable con el ambiente, su impacto es beneficio no solo para el ambiente, así como para la economía de la edificación en donde será implementado de esta forma es

indispensable realizar un diseño que se tengan en cuenta las características de esta red eléctrica, de esta manera se cumpliría el propósito de aportar beneficios al medio ambiente. [48].

3.2.10 MAQUINAS ELÉCTRICAS

Como se había nombrado anteriormente, existe los denominados generadores [33], para entenderse de una mejor manera lo relacionado con los generadores, se debe exponer, lo que concierne con las maquinas eléctricas.

Una máquina eléctrica es un dispositivo capaz de transformar cualquier forma de energía en energía eléctrica o a la inversa y también se incluyen en esta definición las máquinas que transforman la electricidad en la misma forma de energía, pero con una presentación distinta más conveniente a su transporte o utilización. Se clasifican en tres grandes grupos: generadores, motores y transformadores. Una máquina eléctrica tiene un circuito magnético y dos circuitos eléctricos; habitualmente, uno de los circuitos eléctricos se llama excitación, porque al ser recorrido por una corriente eléctrica, produce las ampervueltas necesarias para crear el flujo establecido en el conjunto de la máquina.

Desde una visión mecánica, las máquinas eléctricas se pueden clasificar en rotativas y estáticas. Las máquinas rotativas están provistas de partes giratorias, como las dinamos, alternadores, motores. Las máquinas estáticas no disponen de partes móviles, como los transformadores.

En las máquinas rotativas, hay una parte fija llamada estator o estátor y una parte móvil llamada rotor. El rotor suele girar en el interior del estator. Al espacio de aire existente entre ambos se le denomina entrehierro. Los motores y generadores eléctricos son el ejemplo más simple de una máquina rotativa [49].

3.2.10.1 CORRIENTE ELÉCTRICA

La corriente alterna (CA) es un tipo de corriente eléctrica, en la que la dirección del flujo de electrones va y viene en intervalos regulares o en ciclos. La corriente que fluye por las líneas eléctricas y la electricidad comúnmente en las casas procedente

de los enchufes de la pared corresponde a corriente alterna. El voltaje varía entre los valores máximo y mínimo de manera cíclica, el valor del voltaje es positivo la mitad del tiempo (semiciclo positivo o semiperiodo positivo) y negativo la otra mitad. Esto significa que la mitad del tiempo la corriente circula en un sentido, la otra mitad de tiempo en el otro sentido. La forma más habitual de la ondulación sigue una función trigonométrica tipo seno, dado que es la forma más eficiente y práctica de producir energía eléctrica mediante alternadores.

La corriente estándar utilizada en los EE. UU. es de 60 ciclos por segundo (es decir, una frecuencia de 60 Hz), lo mismo para Colombia; en Europa y en la mayor parte del mundo es de 50 ciclos por segundo (es decir, una frecuencia de 50 Hz.) [50].

3.2.10.2 TRANSFORMADOR

Un transformador es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir el voltaje de un circuito eléctrico de corriente alterna, también se puede usar para aislar eléctricamente un circuito. Está compuesto de dos embobinados independientes (devanados) en un núcleo de aire o material electromagnético. Se aplica un voltaje de corriente alterna al devanado primario, lo que genera en este un campo magnético, que se traslada a través del material ferromagnético al devanado secundario. Al ser un campo magnético variable (debido a la corriente alterna) genera en el devanado secundario una fem (fuerza electromotriz).

El transformador tiene diferentes usos como:

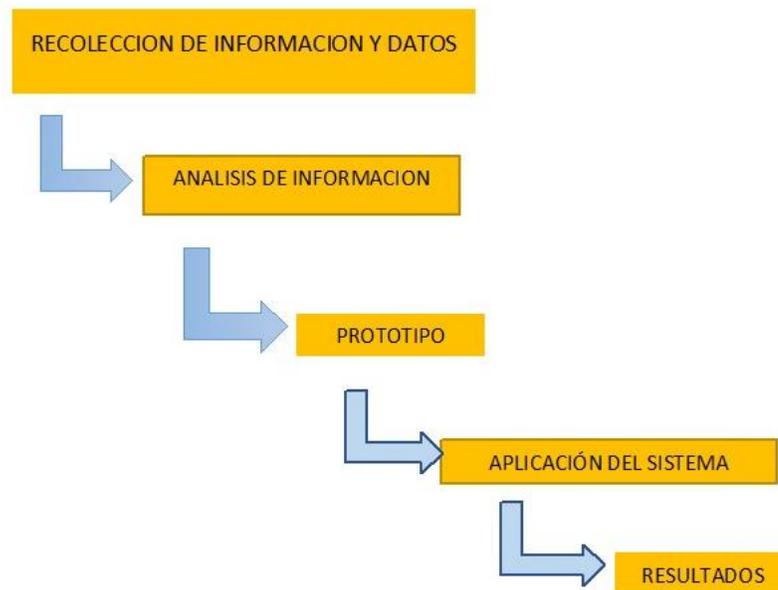
- Distribución de energía
- Protección de maquinaria eléctrica
- Generador de altos voltajes [51]

4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

4.1. METODLOGÍA

La metodología de esta investigación de investigación se ejecutó en cinco etapas relacionadas entre sí, estas serán descritas a continuación para facilitar el entendimiento del desarrollo de este documento.

Figura 2. Etapas de Investigación (propia autoría)



Fuente: Autores

Para el desarrollo de esta investigación se realizó la obtención de información por medio de bases científicas, revistas, cartillas especializadas en el tema, esto con el objetivo de realizar una identificación de los sistemas generadores de energía renovables, mediante el uso de estudios realizados en diferentes lugares del mundo, donde se ha implementado este tipo de tecnología, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, así como sus beneficios y repercusiones en el lugar de uso. Luego de haber realizado esta investigación se procedió con la lectura e interpretación de los datos del paso uno, extrayendo los factores positivos, así como limitaciones encontradas en la implementación de estos sistemas.

Al conocer esta información se realiza un sondeo del perfil vial en la zona, donde se implementará el sistema propuesto en este proyecto, se inspecciono los volúmenes de tránsito y el ancho del perfil. Y a partir de este análisis se determinan las características necesarias del sistema, de tal forma que se cumpla con los requerimientos de electricidad del lugar.

El método de investigación usado para la elaboración de este proyecto, como ya se ha mencionado consiste en cinco etapas, en la primera se encuentra el enfoque deductivo analítico, donde partiendo de los antecedentes se efectúa la formulación y planteamiento del problema. Posterior a esto se realiza la investigación correspondiente basada en fuentes de información secundarias, debido a que las fuentes documentales que se usaron como base de información corresponden en su mayoría a artículos científicos realizados a partir de otras investigaciones con mayor profundización y amplitud en la aplicación de sistemas de conversión de energía y el uso de energías limpias como fuente de energía alternativa.

La segunda etapa, se fundamentó en el análisis y comprensión de la información recolectada, donde dichos datos son fundamentales para determinar los factores y características técnicas para la aplicación del sistema en el espacio seleccionado, posteriormente a esto se reúnen los datos, para así realizar el diseño pertinente del sistema.

La tercera etapa, se divide en dos subetapas que son diseño y aplicación, partiendo de los datos obtenidos en la etapa anterior se realizara un proceso de diseño el cual consta de un múltiples procesos, partiendo del planteamiento del problema, siguiendo con diseño de concepto basado en distintas técnicas de ingeniería teniendo en cuenta los elementos de nuestros sistema, posterior a esto mediante la adquisición del material se realizara un ensamblaje e instalación de este, para así realizar la aplicación del mismo. En esta subetapa se recopilaron datos de rendimiento y funcionamiento, cuya finalidad fue verificar la correcta actividad del sistema.

La cuarta etapa, se realizó a partir de los datos obtenidos de la anterior etapa estos, validaron la implementación correcta del sistema, de esta manera se llegó a la quinta y última etapa, en la cual se realizará las conclusiones necesarias obtenida de los resultados, de esta manera se dio una solución al problema planteado en la investigación de este proyecto, qué es la generación de electricidad a partir de energía renovable.

4.1.1 POBLACIÓN Y MUESTRA

En el año 2019 existen 2.138 propiedades horizontales registradas, de las cuales 67 son comerciales y 2.071 residenciales. De esta cifra el sector residencial cuenta con un aproximado de 120 a 1000 personas por propiedad, las cuales cuentan con al menos un automóvil [52] [53]. El desarrollo de la investigación va dirigido al sector residencial por tal razón la muestra seleccionada es un edificio que cuenta con un parqueadero con capacidad para 150 automóviles, tanto para residentes como visitantes.

4.2. TIPO DE ESTUDIO

El desarrollo de esta investigación fue realizado con base en el tipo de investigación aplicada con enfoque analítico cuantitativo, para comprender el tipo de estudio usado para esta investigación se explicará con más detalle para su mayor entendimiento.

Cuando se habla de una investigación aplicada se hace referencia, a un estudio que tiene por objetivo resolver un determinado problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación. Partiendo de este concepto se estableció que este tipo de estudio se adecua a las características de la investigación que se desarrolló en este documento, debido a que el implementar un sistema de conversión de energía, se deben utilizar los conocimientos previamente aprendidos, para que al implementarse se dé solución al problema planteado. Siguiendo a dar explicación a las características del tipo de investigación, cuando se habla de analítico cuantitativo, se hace referencia a un estudio basado en las experiencias que ha generado las energías renovables, a partir de su implementación y en los hechos que se generaron a partir de la recolección de datos, y de su posterior análisis de resultados de modo cuantitativo, con el propósito de evaluar los requerimientos y características del sistema de generación de energía eléctrica a partir de energía mecánica.

4.3. CRONOGRAMA – PLAN DE TRABAJO

Tabla 1. Cronograma

 Universidad Autónoma del Caribe Proyecto de Grado - Ingeniería Mecatrónica PLAN DE TRABAJO 					
Componentes	Descripción	Fecha Inicio	Fecha Final	Duración (Días)	Responsables
Objetivo 1	Determinar los requerimientos del sistema de generación eléctrica necesarias para el abastecimiento de flujo eléctrico para una zona residencial	1/08/2019	25/11/2019	120	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Entregable N° 1	Registro de vehículos que circulan	1/08/2019	28/09/2019	60	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Tarea	Encuestas y estadísticas del registro de los vehículos	1/08/2019	28/09/2019	60	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Actividad 1	Reconocimiento de la zona	1/08/2019	20/08/2019	20	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Actividad 2	Encuesta al responsable del parqueadero	21/08/2019	30/08/2019	10	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Actividad 3	Contabilización de los vehículos que transitan	31/08/2019	14/09/2019	15	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Actividad 4	Caracterización de los vehículos	15/09/2019	28/09/2019	15	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Entregable N° 2	Requerimientos del sistema de generación eléctrica	29/09/2019	25/11/2019	60	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Tarea	Análisis del consumo de energía eléctrica generada en la zona residencial	29/09/2019	25/11/2019	60	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS

Actividad 5	Inspección del circuito eléctrico	29/09/2019	18/10/2019	20	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Actividad 6	Estimar el gasto de energía eléctrica de la zona residencial	19/10/2019	20/11/2019	5	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Actividad 7	Cálculo de la energía necesaria del sistema eléctrico	27/08/2019	28/08/2019	2	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Actividad 8	Dimensionamiento del sistema eléctrico existente	29/08/2019	30/08/2019	2	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Objetivo 2	Desarrollar un sistema de conversión para transformar la energía mecánica a energía eléctrica	27/07/2020	5/09/2020	40	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Entregable N° 3	Diseño de un sistema mecánico para la obtención de energía	27/07/2020	16/08/2020	20	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Tarea	Elaboración de un mecanismo para la transformación de energía mecánica en energía eléctrica	27/07/2020	16/08/2020	20	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Actividad 9	Crear un diseño mecánico capaz de generar la suficiente energía mecánica por medio de la presión del aire	27/07/2020	6/08/2020	10	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Actividad 10	Diseñar un mecanismo el cual permita controlar el nivel de presión almacenada.	6/08/2020	12/08/2020	6	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Actividad 11	Diseñar un sistema mecánico el cual genere mayor revoluciones y fuerza al alternador	12/08/2020	16/08/2020	4	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Entregable N° 4	Almacenamiento de la energía alterna	16/08/2020	5/09/2020	20	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Tarea	Establecer un sistema para el almacenamiento de la energía.	16/08/2020	5/09/2020	20	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Actividad 12	Cálculo de la energía producida por el sistema mecánico	16/08/2020	24/08/2020	8	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Actividad 13	Estudios de la energía que consume el motor de 24 voltios.	24/08/2020	1/09/2020	8	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS

Actividad 14	Evaluar los diferentes tipos de baterías	1/09/2020	5/09/2020	4	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Objetivo 3	Implementar un sistema de control para la regulación de la energía almacenada y distribuida	5/09/2020	5/10/2020	30	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Entregable N° 5	Datos suministrados por el sistema mecatrónico	5/09/2020	15/09/2020	10	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Tarea	Calcular los datos necesarios para llevar un sistema de control	5/09/2020	15/09/2020	10	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Actividad 15	Estudio de la cantidad de aire comprimido generado en un día	5/09/2020	9/09/2020	4	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Actividad 16	Calcular la energía producida por cierta cantidad de aire comprimido	9/09/2020	12/09/2020	3	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Actividad 17	Indagar el consumo de energía eléctrica producida por el motor de 24 voltios.	12/09/2020	14/09/2020	2	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Actividad 18	Investigar la capacidad y vida útil de la batería	14/09/2020	15/09/2020	1	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Entregable N° 6	Creación del programa de datos	15/09/2020	5/10/2020	20	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Tarea	Desarrollar un sistema de control con los datos suministrados por el sistema mecatrónico	15/09/2020	5/10/2020	20	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Actividad 19	Estudiar y evaluar los diferentes tipos de sensores para escoger el adecuado.	15/09/2020	18/09/2020	3	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Actividad 20	Evaluar los diferentes programas y seleccionar el de mejor rendimiento.	18/09/2020	20/09/2020	2	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Actividad 21	Examinar que el sistema de control este en un correcto funcionamiento	20/09/2020	30/09/2020	10	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Actividad 22	Diseño de circuitos electrónicos para la obtención de los datos.	30/09/2020	5/10/2020	5	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS

Objetivo 4	Evaluar el funcionamiento del sistema para la generación de energía limpia a través del tránsito vehicular	5/10/2020	23/10/2020	18	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Entregable N° 7	Prueba del sistema mecatrónico	5/10/2020	15/10/2020	10	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Tarea	Desarrollar las pruebas necesarias para realizar las respectivas modificaciones si se necesita.	5/10/2020	15/10/2020	10	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Actividad 23	Evaluar la cantidad de aire comprimido almacenado	5/10/2020	8/10/2020	3	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Actividad 24	Estudiar la energía producida en un día de prueba	8/10/2020	10/10/2020	2	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Actividad 25	Examinar la cantidad de energía eléctrica que requiere el motor de 24 voltios.	10/10/2020	15/10/2020	5	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Entregable N° 8	Evaluación completa del lugar donde se realiza la prueba del sistema.	15/10/2020	23/10/2020	8	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Tarea	Desarrollar un análisis de los datos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema mecatrónico	15/10/2020	23/10/2020	8	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
Actividad 26	Evaluar la entrada y salida de los automotores durante varios días	23/10/2020	25/10/2020	2	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Actividad 27	Examinar el consumo de energía diario.	25/10/2020	28/10/2020	3	JULIAN FELIPE MORENO ROJAS
Actividad 28	Comparar el ahorro energético que produce el sistema mecatrónico.	28/10/2020	31/10/2020	3	EMANUEL FERNANDO MORALES CASTRO
TOTAL				208	

Fuente: Autores

5. PRESUPUESTO

El presupuesto relaciona a nivel general los diferentes costos del proyecto, entre estos se encuentra la materia prima, equipos, talento humano, entre otros.

5.1. PRESUPUESTO GENERAL

Tabla 2. Presupuesto general

	FORMATO DE PRESUPUESTO PARA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN CONVOCATORIAS INTERNAS				GI-02-PR-03-F02
					Versión 1
					12/06/2019
PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO					
RUBROS	Fuentes de Financiamiento				Total
	Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	Investigadores	Otras fuentes Externas	Contrapartida UAC	
1. Personal Científico	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 200.000	\$ 12'531.456	\$ 12'731.456
2. Personal de Apoyo	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 1'713.408
3. Consultaría especializada y	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 120.000

Servicios Técnicos externos					
4. Materiales e Insumos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 2'436,800
5. Trabajo de Campo	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$340,000
6. Equipos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$0,00	\$ 0,00	\$ 2'572.000
7. Bibliografía	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 200.000
8. Material de difusión y Promoción de resultados	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
TOTAL, PRESUPUESTO DEL PROYETO	\$ 0,00	\$ 600.000	\$ 200.000	\$ 12'531.456	\$ 17'479.300

Fuente: Autores

5.2. PERSONAL CIENTÍFICO Y DE APOYO

El presupuesto invertido en este rubro consiste en el costo del tiempo empleado por el personal de investigación vinculados a este proyecto, que incluye a los directores y a los auxiliares de investigación.

Tabla 3. Costo personal científico

1. PERSONAL CIENTIFICO										
Nombres y Apellidos	Tipo de Contrato	Función dentro del Proyecto	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento				SUB-TOTAL
						Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	Investigadores	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	
Ing. Kelvin Beleño Sáenz	Titular	Investigador Principal	\$46.666	4	48	-	-	\$200.000	\$8.051.520	\$8.251.520
Ing. Jean Pierre Coll Velásquez	Asociado	Co-Investigador	\$41.935	2	48	-	-	-	\$4.479.936	\$4.479.936
	N/A									
SUB-TOTAL						\$0	\$0	\$200.000	\$12.531.456	\$12.731.456

Fuente: Autores

Tabla 4. Costo personal de apoyo

2. PERSONAL DE APOYO								
Nombres y Apellidos	Tipo de Vinculación	Función dentro del Proyecto	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento		
						Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	Investigadores	SUB-TOTAL
Emanuel Fernando Morales Castro	Practicante	Auxiliar de Investigación	\$2.231	8	48	-		\$856.704
Julián Felipe Moreno Rojas	Practicante	Auxiliar de Investigación	\$2.231	8	48	-		\$856.704
SUB-TOTAL						\$0	\$0	\$1.713.408

Fuente: Autores

5.3. CONSULTORIA ESPECIALIZADA

Tabla 5. Costo consultoría especializada.

3. CONSULTORIA ESPECIALIZADA Y SERVICIOS TECNICOS EXTERNOS				
Descripción	Justificación	Fuentes de Financiamiento		
		Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	SUB-TOTAL
Fernando Moreno	Asesoría Eléctrica			\$ 120.000
SUB-TOTAL		\$ 0	\$ 0	\$ 120.000

Fuente: Autores

5.4. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS

El presupuesto dedicado a esta sección incluye equipos, dispositivos y materiales implementados en el sistema para su realización.

Tabla 6. Costo materiales e insumos

Descripción	Fuentes de Financiamiento			
	Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Gatos Neumáticos	-	-	-	\$900.000
2. Arduino UNO	-	-	-	\$23.500
3. Mototool	-	-	-	\$70.000
4. Tanque de Aire	-	-	-	\$90.000
5. Batería 12v (X2)	-	-	-	\$438.000
6. Alternador 24V	-	-	-	\$373.000
7. Modulo sensor hx710b Arduino	-	-	-	\$33.000
8. Sensor de Voltaje Arduino	-	-	-	\$9.000
9. Manómetro	-	-	-	\$15.000
10. Acomple Bomba de Inyección	-	-	-	\$44.000
11. Estaño	-	-	-	\$2.500
12. Estrella Bomba de Inyección	-	-	-	\$7.000
13. Ángulos de 1"	-	-	-	\$44.000
14. Acople Alternador- Mototool	-	-	-	\$70.000
15. Bornes para Batería	-	-	-	\$30.000

16. Tubo 1" 6m	-	-	-	\$24.000
17. Teflones	-	-	-	\$3.900
18. Abrazadera 2"	-	-	-	\$2.000
19. Tapones galv. 1/2"	-	-	-	\$4.000
20. Tornillos 1/2*3"	-	-	-	\$6.000
21. Arandelas	-	-	-	\$600
22. Cable #16	-	-	-	\$7.200
22, Tuercas 1/2"	-	-	-	\$800
23. Valvulas de retención	-	-	-	\$24.000
24. Angulo de 2"*1/4	-	-	-	\$20.000
25, Válvula de paso 1/2	-	-	-	\$13.000
26. Alambre #10	-	-	-	\$5.200
27. Niple de 1/2	-	-	-	\$8.000
28. Tuercas 5/8	-	-	-	\$2.800
29. Tornillos 5/16* 1/2 con turcas y arandela	-	-	-	\$1.400
30. Resortes de cámara	-	-	-	\$11.000
31. Socket de unidad	-	-	-	\$3.000
32. Manguera 1/2"	-	-	-	\$102.400
33. Racores prestolock b68 1/2*3/8	-	-	-	\$27.000
34. Racores prestolock b69 1/2*3/8	-	-	-	\$28.000
35. Racores prestolock b68 1/2*1/4	-	-	-	\$7,500
36. Racores prestolock b64 1/2	-	-	-	\$20.000
37. Racor b110 1/4*1/8	-	-	-	\$2.000
38. B110-1/8" 1/4	-	-	-	\$2.000
39. B122-1/2" 1/2	-	-	-	\$8.000
TOTAL				\$2'436.800

Fuente: Autores

Tabla 7. Costo trabajo de campo

5. TRABAJO DE CAMPO									
Descripción	Justificación	No. De días	No. De personas	Costo/día de estadía por persona	Transporte por persona (ida/vuelta)	Fuentes de Financiamiento			
						Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	Investigadores	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
Emanuel Fernando Morales Castro	Personal de Apoyo	4	1	\$0	\$15.000	\$ 0	\$0	\$0	\$60.000
Julián Felipe Moreno Rojas	Personal de Apoyo	14	1	\$0	\$20000	\$0	\$ 0	\$0	\$280.000
SUB-TOTAL						\$ 0	\$	\$ 0	\$340.000

Fuente: Autores

Tabla 8. Costo equipos usados

6. EQUIPOS						
Descripción	Justificación	Cantidad	Fuentes de Financiamiento			
			Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia	INVESTIGADORES	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Multímetro	Dispositivo para medir magnitudes eléctricas	1				\$ 50.000
2. Cautín	Equipo de soldadura	1				\$ 22.000
3. Computador	Equipo para almacenamiento de datos	2				\$ 3'500.000
SUB-TOTAL			\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 3'572.000

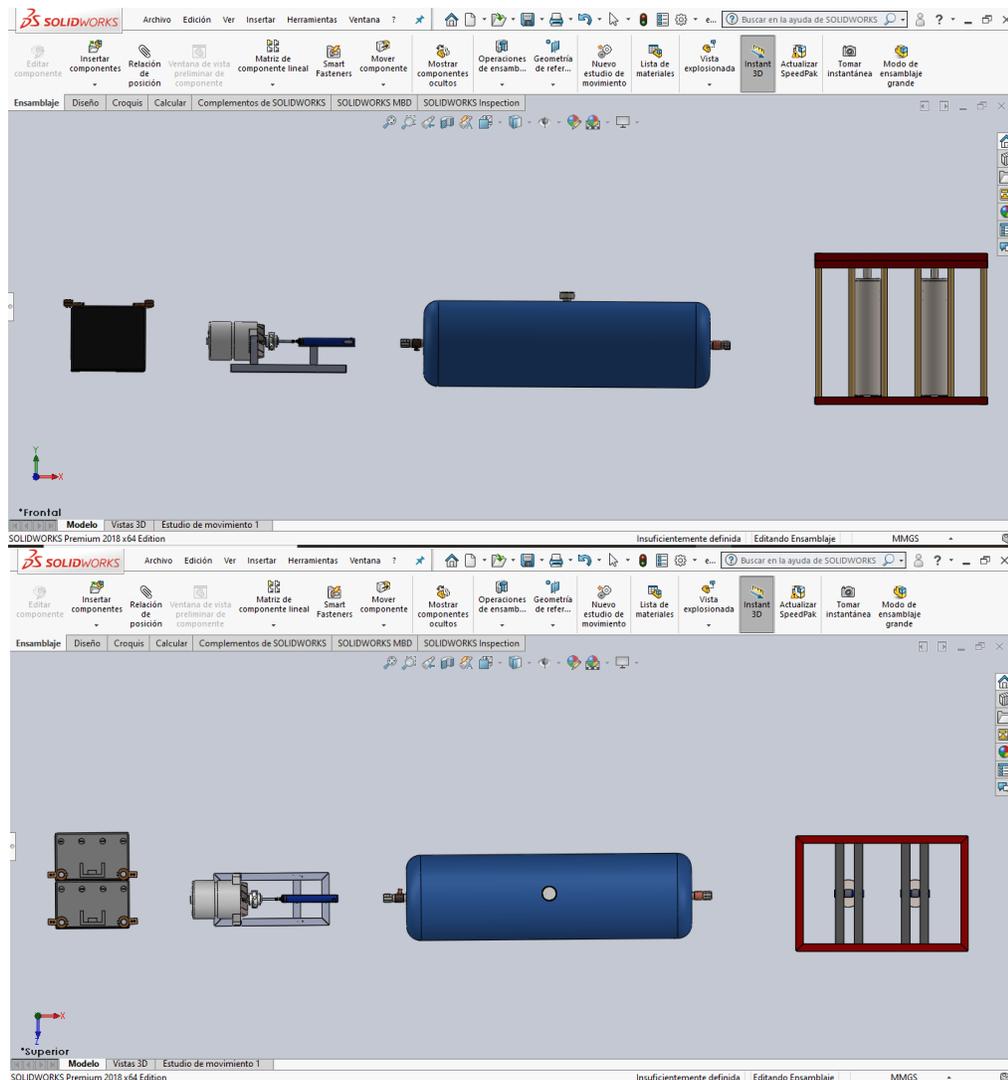
Fuente: Autores

6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. DISEÑO DEL PROTOTIPO

Teniendo en cuenta los requerimientos del sistema, así como una previa investigación realizada, basados en los materiales y dispositivos especificados en la tabla 6 se realizó un bosquejo en el programa de diseño CAD SolidWorks. De esta manera se puede observar en la figura 3 diferentes vistas de los dispositivos de los cuales se dio como resultado la creación de un prototipo inicial.

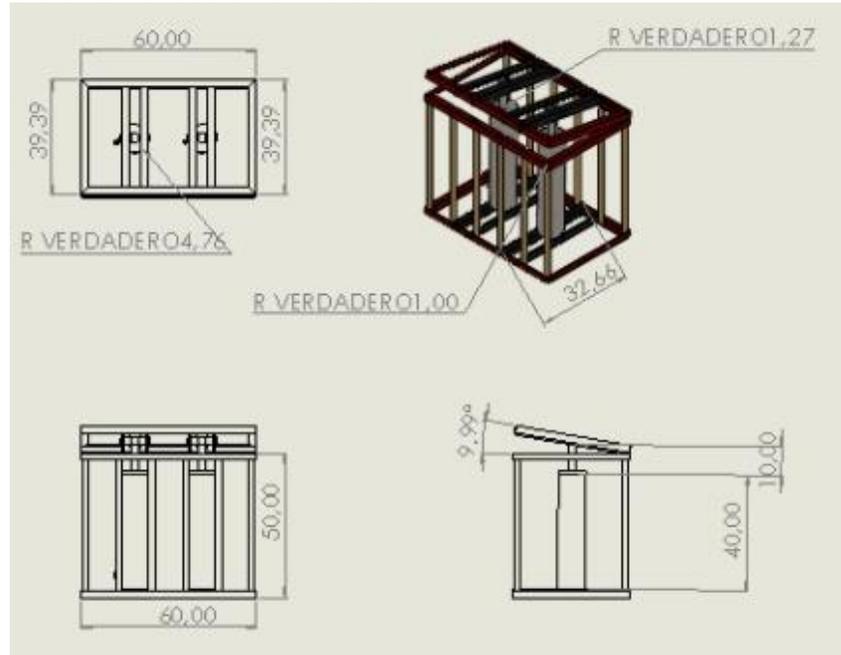
Figura 3. Vista Frontal y superior del prototipo (propia autoría)



Fuente: Autores

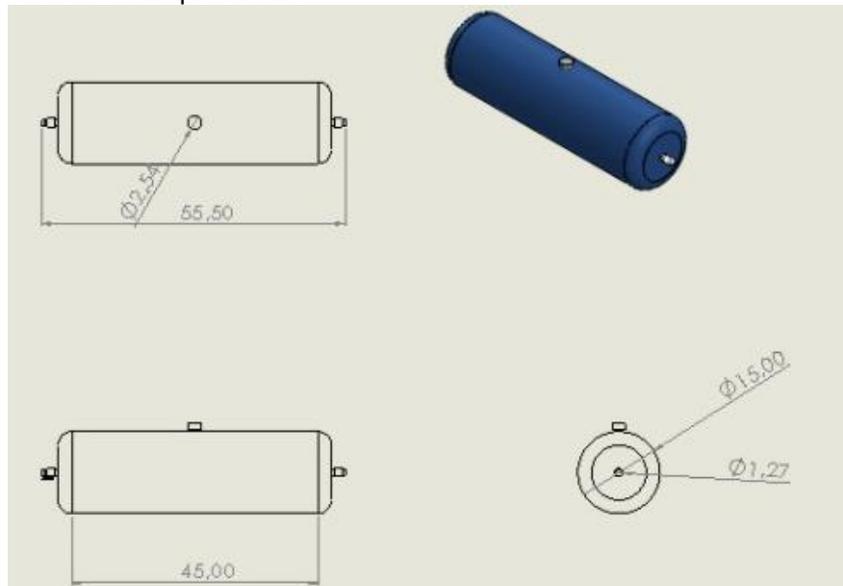
Una vez realizada la compra, fabricación y ensamblaje de los materiales anteriormente representados, se realizó una implementación inicial del prototipo tal como se muestra en la figura 8.

Figura 4. Dimensiones Estructura Neumática



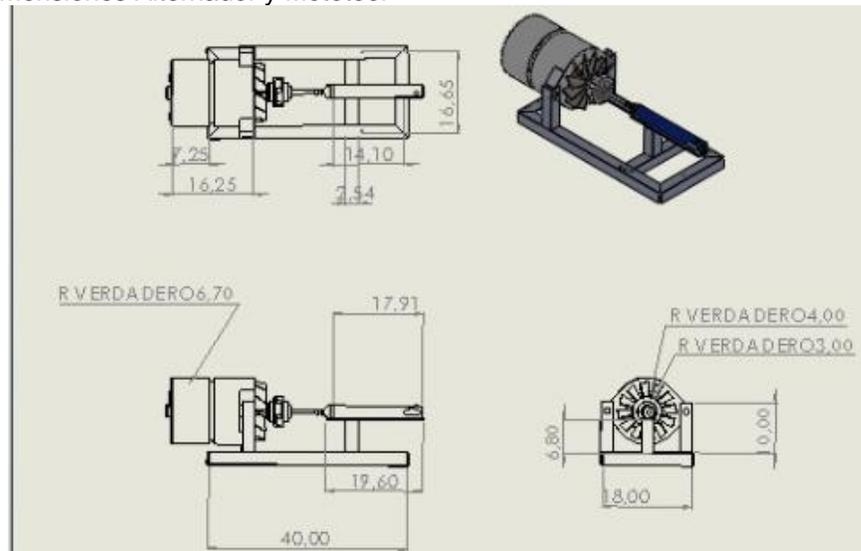
Fuente: Autores

Figura 5. Dimensiones Tanque de Aire



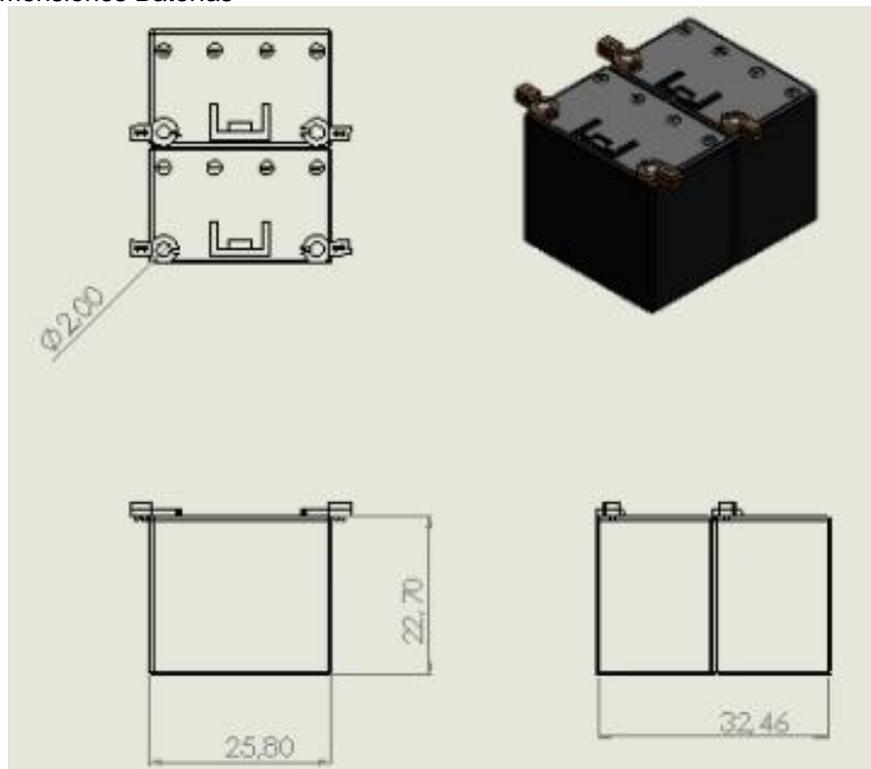
Fuente: Autores

Figura 6, Dimensiones Alternador y Mototool



Fuente: Autores

Figura 7. Dimensiones Baterías



Fuente: Autores

Figura 8. Prototipo inicial (propia autoría)



Fuente: Autores

6.2. DISEÑO DISPOSITIVO FINAL

Tomando en cuenta el diseño del prototipo inicial, se realizaron algunos cambios en el sistema, como fue la adición de nuevos elementos en el montaje de las conexiones neumáticas y eléctricas del dispositivo, esto se hizo con el fin de realizar una mejor validación del dispositivo, así como generar un funcionamiento más efectivo del dispositivo. Este diseño final se presenta en la figura 9.

Figura 9. Dispositivo Final



Fuente: Autores

El dispositivo final cuenta con mecanismo neumático que almacena la energía que ejercen los automóviles en un tanque de aire comprimidos, esta energía es transferida a un mototool por una manguera que posterior al accionamiento de este, genera energía eléctrica que alimenta las baterías por medio del cableado eléctrico. De esta forma se realizó su implementación final como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Dispositivo Final Instalado



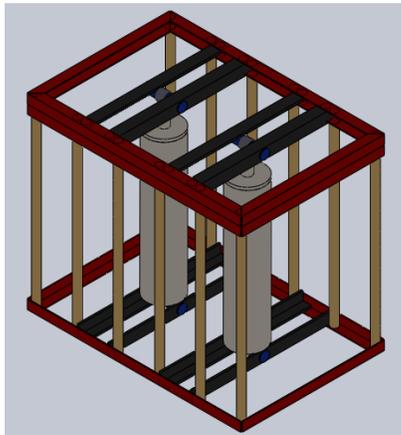
Fuente: Autores

6.3. MATERIALES

6.3.1. ESTRUCTURA DE PISTONES NEUMATICOS

Los pistones neumáticos son un dispositivo mecánico que produce una fuerza y desplazamiento mediante el aire comprimido. Estos transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética [54]. Ya que este mecanismo transforma la energía, principio de funcionamiento fue utilizado para la creación de este dispositivo.

Figura 11. Pistones Neumáticos



Fuente: Autores

6.3.2. TANQUE DE AIRE COMPRIMIDO

Los tanques de aire comprimido tienen la capacidad de acumular el volumen de aire comprimido suficiente para abastecer un dispositivo neumático cuando sea necesario y así mantener una presión estable del sistema [55]. Para almacenar la energía que genera el paso de los automóviles fue indispensable utilizar un tanque de aire comprimido con el cual se acumula el volumen de aire necesario que a posterior es dirigido al mototool.

Figura 12. Tanque de Aire Comprimido



Fuente: Autores

6.3.3. MOTOTOOL NEUMATICO

Esta es una herramienta neumática de desbaste rotatoria que combina alta velocidad y rendimiento que permite que el flujo de aire comprimido haga girar el árbol a donde va acoplado el broquero donde se sujetan las herramientas [56]. Para poder generar un movimiento mecánico producto de la energía almacenada en el tanque de aire comprimido se seleccionó un mototool que funcionara con aire comprimido que posterior a esto al ser accionado hiciera girar el alternador.

Figura 13. Mototool Neumático



Fuente: Autores

6.3.4. ALTERNADOR 24V

Es una máquina eléctrica, capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una corriente alterna mediante el principio de inducción electromagnética ya que, al girar, genera en su interior una corriente alterna mediante dicho principio [57].

Para poder convertir la energía mecánica almacenada en el tanque de aire comprimido a energía eléctrica con la ayuda del mototool este hace girar el alternador que a través de su funcionamiento produce la energía que es almacenada en las baterías.

Figura 14. Alternador 24V



Fuente: Autores

6.3.5. BATERIA 12V

Una batería eléctrica, también llamada pila o acumulador eléctrico, es un artefacto compuesto por celdas electroquímicas capaces de convertir la energía química en su interior en energía eléctrica, mediante la acumulación de corriente alterna. De esta manera, sirven para alimentar distintos circuitos eléctricos, dependiendo de su tamaño y potencia [58]. Ya que el dispositivo necesita almacenar energía eléctrica se seleccionó dos baterías de 12 voltios que, conectadas en serie, representan la energía necesaria para hacer funcionar un circuito que consuma dicha cantidad.

Figura 15. Batería 12V



Fuente: Autores

6.3.6. ARDUINO UNO

Es una placa electrónica basada en el chip de Atmel ATmega328. Tiene 14 pines digitales de entrada / salida, 6 entradas analógicas, un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación. El software de la placa incluye un controlador USB que puede simular un ratón, un teclado y el puerto serie [59]. Gracias a su tamaño compacto y funcionalidad fue seleccionado como unidad de adquisición de datos para las pruebas realizadas.

Figura 16. Arduino UNO



Fuente: Autores

6.3.7. MÓDULO DE PRESION HX710B ARDUINO

Este módulo conectado a la placa de ARDUINO UNO utiliza un chip HX710B de muestreo AD de alta precisión 24 BITS y un Sensor de Presión de Aire de 0-40 kPa (0-5.8Psi) [60]. Este módulo se usó para la obtención de la presión que produce el paso de los vehículos por los gatos neumáticos que posteriormente es almacenada en el tanque de aire comprimido.

Figura 17. Modulo Presión HX710B



Fuente: Autores

6.3.8. MÓDULO SENSOR DE VOLTAJE FZ0430 ARDUINO

Es un módulo comercial que nos permite medir tensiones de hasta 25V de forma sencilla con un procesador como Arduino. El módulo consiste en un divisor de tensión conformado por dos resistores uno de 7.5K y uno de 30K [61]. Así como la presión el voltaje que genera el sistema debió ser medido por tal razón junto a la ayuda de la placa de ARDUINO, se obtuvo los datos de voltaje.

Figura 18. Sensor de Voltaje



Fuente: Autores

6.4. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos con el fin de analizar el funcionamiento del dispositivo se usó como herramienta un Arduino UNO, registrando así los datos obtenidos con la ayuda del módulo de presión y el sensor de voltaje. A continuación, las figura 19 y 20 presentan los códigos de programación elaborados para cada proceso, además las figuras 21 y 22 representan los circuito correspondientes de estos:

Figura 19. Programación Módulo Presión

```
sensor_de_presion
#include <Q2HX711.h>

const byte MPS_OUT_pin = 2; // pin de datos
const byte MPS_SCK_pin = 3; // pin de reloj
int avg_size = 10; // #pts para promedia

Q2HX711 MPS20N0040D(MPS_OUT_pin, MPS_SCK_pin); // iniciar comunicacion con el HX710B

void setup() {
  Serial.begin(9600); // inicia el puerto serie
}

void loop() {
  float avg_val = 0.0; // variable para promediar
  for (int ii=0;ii<avg_size;ii++){
    avg_val += MPS20N0040D.read()/10000; // agregar multiples lecturas
    delay(200);
  }
  avg_val /= avg_size;
  Serial.println(avg_val,0); // imprimir el promedio
}
```

Fuente: Autores

Figura 20. Programación Sensor Voltaje

```
sensor_de_voltaje_3

int analogInput = A1;
float vout = 0.0;
float vin = 0.0;
float van = 0.0;
float bum=0.0;
float bim=0.0;
float R1 = 30000.0;
float R2 = 7500.0;
int value = 0;

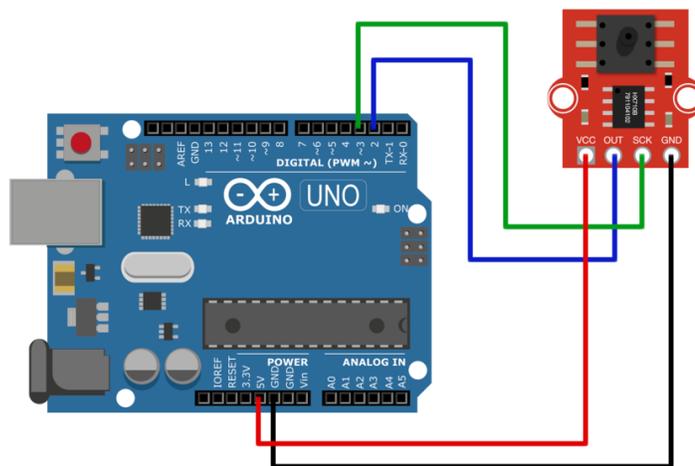
void setup() {
  pinMode(analogInput, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("VOLTAJE DC ");
}

void loop() {
  value = analogRead (analogInput);
  vout = (value * 5.0) / 1024.0;
  vin = vout / (R2/(R1+R2));
  van = vin;
  bim=0;

  if (van>=1){
    Serial.print("CARGA DE BATERIA=");
    Serial.println (vin);
    delay (2000);
  }
  else{
    Serial.print("ESPERANDO= ");
    Serial.println (bim);
    delay (2000);
  }
}
}
```

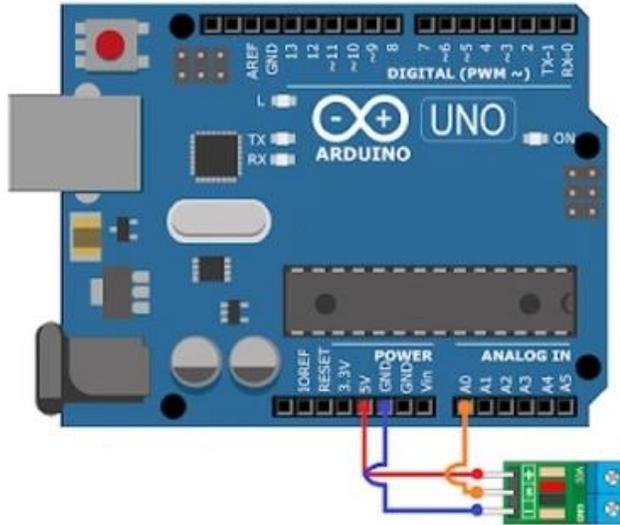
Fuente: Autores

Figura 21. Circuito Modulo Presión



Fuente: Autores

Figura 22. Circuito Sensor de Voltaje



Fuente: Autores

Para la obtención de datos el sistema fue puesto en funcionamiento a lo largo de un día, al mismo tiempo la tarjeta de Arduino almacenaba los datos de presión y voltaje. La tabla 9 presenta la presión que es generada por el paso de cada automóvil a través de los gatos neumáticos que posteriormente es almacenada en el tanque de aire comprimido:

Tabla 9. Valores Presión

Carro8		Carro9		Carro10		Carro11		Carro12		Carro13		Carro14		Carro15	
Llanta 1	Llanta 2														
1 Psi	1 Psi	1 Psi	1 Psi	1 Psi	0,8 Psi	1 Psi	1 Psi	0,6 Psi	1 Psi	1 Psi	1 Psi	1 Psi	1 Psi	1 Psi	1 Psi
Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión	
2 Psi		2 Psi		1,8 Psi		2 Psi		1,6 Psi		2 Psi		2 Psi		2 Psi	

Carro16		Carro17		Carro18		Carro19		Carro20		Carro21		Carro22		Carro23		Carro24		Carro25		Carro26	
Llanta 1	Llanta 2																				
0,5 Psi	0,7 Psi	0,6 Psi	1 Psi	1 Psi	1 Psi	1 Psi	0,7 Psi	0,7 Psi	0,3 Psi	0,6 Psi	1 Psi	0,7 Psi	1 Psi	1 Psi	0,6 Psi	0,3 Psi	0,5 Psi	0,8 Psi	0,8 Psi	1 Psi	0,7 Psi
Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión	
1,2 Psi		1,6 Psi		2 Psi		1,7 Psi		1 Psi		1,6 Psi		1,7 Psi		1,6 Psi		0,8 Psi		1,6 Psi		1,7 Psi	

Carro27		Carro28		Carro29		Carro30		Carro31		Carro32		Carro33		Carro34		Carro35		Carro36	
Llanta 1	Llanta 2																		
0,5 Psi	0,7 Psi	0,8 Psi	0,7 Psi	1 Psi	1 Psi	0,6 Psi	0,6 Psi	0,9 Psi	0,8 Psi	0,6 Psi	1 Psi	0,6 Psi	0,7 Psi	0,8 Psi	0,7 Psi	1 Psi	1,2 Psi	1 Psi	0,8 Psi
Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión	
1,2 Psi		1,5 Psi		2 Psi		1,2 Psi		1,7 Psi		1,6 Psi		1,3 Psi		1,5 Psi		2,2 Psi		1,8 Psi	

Carro37		Carro38		Carro39		Carro40		Carro41		Carro42		Carro43		Carro44		Carro45		Carro46	
Llanta 1	Llanta 2																		
1 Psi	1,3 Psi	1,1 Psi	1 Psi	0,4 Psi	0,7 Psi	1 Psi	1,1 Psi	1 Psi	1 Psi	1 Psi	1,1 Psi	0,4 Psi	0,4 Psi	0,4 Psi	0,4 Psi	0,7 Psi	0,7 Psi	0,4 Psi	0,7 Psi
Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión	
2,3 Psi		2,1 Psi		1,1 Psi		2,1 Psi		2 Psi		2,1 Psi		0,8 Psi		0,8 Psi		1,4 Psi		1,1 Psi	
Carro47		Carro48		Carro49		Carro50		Carro51		Carro52		Carro53		Carro54		Carro55		Carro56	
Llanta 1	Llanta 2																		
0,7 Psi	0,6 Psi	0,4 Psi	0,7 Psi	0,5 Psi	1 Psi	0,7 Psi	0,8 Psi	0,7 Psi	0,7 Psi	0,5 Psi	0,7 Psi	0,6 Psi	0,7 Psi	0,7 Psi	0,5 Psi	0,6 Psi	0,7 Psi	0,8 Psi	0,7 Psi
Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión		Suma Presión	
1,3 Psi		1,1 Psi		1,5 Psi		1,5 Psi		1,4 Psi		1,2 Psi		1,3 Psi		1,2 Psi		1,3 Psi		1,5 Psi	

Carro57		Carro58		Carro59		Carro60		Carro61		Carro62		Suma Total Presión
Llanta 1	Llanta 2											
0,4 Psi	0,5 Psi	0,7 Psi	0,7 Psi	0,7 Psi	0,3 Psi	0,5 Psi	0,7 Psi	0,7 Psi	0,6 Psi	0,5 Psi	0,7 Psi	
Suma Presión												
0,9 Psi		1,4 Psi		1 Psi		1,2 Psi		1,3 Psi		1,2 Psi		105,6 Psi

Fuente: Autores

De igual forma la tabla presenta los datos del voltaje que genera el dispositivo, esta es la energía eléctrica generada por el alternador que a posterior es almacenada en las baterías:

Tabla 10. Valores de Voltaje

#	VOLTAJE(Volt)
1	1,46
2	1,46
3	1,54
4	1,54
5	1,44
6	1,42
7	1,46
8	1,46
9	1,44
10	1,44
11	1,46
12	1,46
13	1,44
14	1,44
15	1,43

Fuente: Autores

6.4.1. MUESTRA POBLACIONAL

La población a la cual va dirigido este proyecto es el sector residencial por tal razón la muestra poblacional seleccionada es un conjunto residencial cuya capacidad de parqueo total es de 150 automóviles, tanto para residentes como visitante. Por motivos de la situación que se vive en el mundo actualmente, así como presupuestales no fue posible realizar las pruebas en el espacio descrito anteriormente, por esta razón se realizó las pruebas correspondientes en un espacio con condiciones parecidas a las planificadas originalmente, a pesar de ser un número menor al identificado originalmente, no significó una dificultad para la verificación del dispositivo ya que se encuentra dentro del rango esperado.

6.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La recolección de datos se realizó con el fin de lograr conseguir un sistema óptimo y funcional. Esta serie de pruebas experimentales buscan garantizar el buen funcionamiento del dispositivo, gracias a esto se logró caracterizar las variables involucradas en el mismo y de esta manera analizarlo. Los resultados obtenidos sirven para determinar el comportamiento del dispositivo y de esta manera dar respuesta a los objetivos específicos propuestos para el proyecto:

6.5.1. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL PROTOTIPO

Inicialmente se realizó una medición directa de las variables de presión y el voltaje, mediante el uso de un multímetro y de un manómetro, de esta manera se pudo registrar los valores de esto. La figura 23 y 24 presentan diferentes momentos en los cuales se puede observar valores diferentes en la presión.

Figura 23. Presión Manómetro Momento 1



Fuente: Autores

Figura 24. Presión Manómetro Momento 2



Fuente: Autores

De igual forma las figuras 25 y 26 presentan los valores del voltaje antes y después de que se produjera una descarga de voltaje realizada por el alternador.

Figura 25. Valores del Voltaje Antes



Fuente: Autores

Figura 26. Valor del Voltaje Después



Fuente: Autores

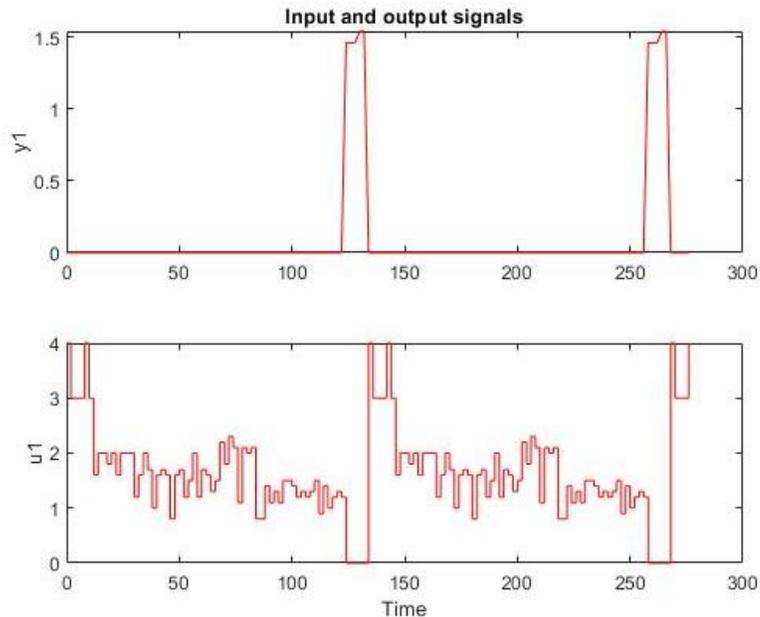
De esta manera se pudo concluir que el dispositivo almacena aproximadamente 1 libra de fuerza por pulgada cuadrada (psi), cada vez que la rueda de un vehículo atraviesa los pistones neumáticos. Y que con un aproximado de 120 repeticiones se genera la presión necesaria para activar el mototool generando así en promedio 1.5 voltios aproximadamente.

6.5.2. ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS POR EL DISPOSITIVO FINAL

A partir de los datos obtenidos en las tablas 9 y 10 se realizó el análisis del dispositivo final mediante el uso del programa Matlab, con la ayuda de este se logró graficar y obtener la función de transferencia de este caracterizando así las variables

involucradas en el proceso. La figura 27 representa la entrada y salida del sistema que son la presión y el voltaje:

Figura 27. Representación Gráfica del Sistema.

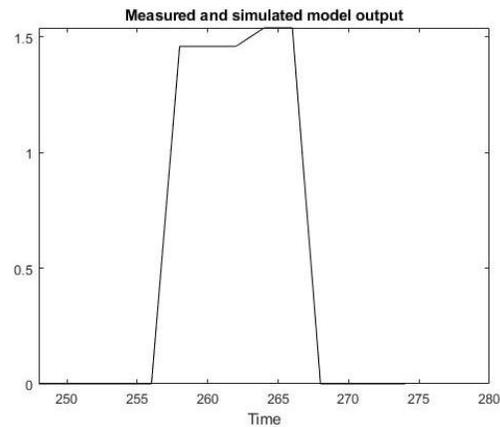


Fuente: Autores

Los datos obtenidos comprobaron los resultados obtenidos en las pruebas realizadas al prototipo inicial, es decir que la presión absorbida es de aproximadamente entre 1 y 2 libras de fuerza por pulgada cuadrada y que el valor necesario de repeticiones se mantiene en 120 repeticiones generando así en promedio 1,46 voltios.

Posterior a esto se seleccionó una sección del sistema para poder hallar la función de transferencia esta sección del sistema se observa en la figura 28.:

Figura 28. Sección del Sistema



Fuente: Autores

Finalmente, la función de transferencia obtenida para el sistema fue el siguiente:

$$\frac{3.498 s^4 - 1.099 s^3 + 2.877 s^2 - 0.5207 s + 0.2017}{s^5 + 1.888 s^4 + 1.95 s^3 + 2.267 s^2 + 0.2218 s + 0.2355} \quad (6)$$

6.6. MANUAL DE USUARIO

En este capítulo se muestra el manual de usuario, el cual comprende una descripción del funcionamiento del dispositivo, así como recomendaciones para su uso entre otros. Para efectos de practicidad, el manual de usuario se anexo como documento aparte, para que sea de mayor facilidad su lectura.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según los datos y resultados obtenidos se demostró que el dispositivo está capacitado en transformar la energía mecánica ejercida por el tránsito vehicular en energía eléctrica, esto gracias a que el sistema cumple con el propósito planteado.

El sistema es capaz de almacenar la energía proveniente de la presión de los vehículos para posteriormente ser convertida en electricidad, de esta manera se está usando un medio de generación de energía eléctrica limpia ya que su uso tiene una afectación mínima con el ambiente.

Es por esta razón que el sistema cumple con el objetivo de ser una herramienta que contribuya a mitigar el déficit energético en zonas residenciales. De esta manera puede tenerse en cuenta como una fuente de energía renovable y sostenible ya que los beneficios que tiene el sistema son muchos.

Este sistema también es una base para las personas que deseen trabajar en proyectos relacionados o mejorar este sistema, alguna de las recomendaciones que expresamos para los interesados se evidencian a continuación:

- Para un funcionamiento más eficiente es recomendable la instalación del sistema en una zona con alto número de tráfico vehicular ya que será benéfico para reducir el tiempo en el que se almacena la presión y así aumentar la cantidad de producción de voltaje diaria.
- Para mejorar la producción de voltaje se puede utilizar un mototool que genere más rpm cada vez este se active.
- Finalmente se recomienda que para futuros proyectos se cuente con fuentes de financiamiento que brinden más recursos ya que teniendo en cuenta las recomendaciones anteriores se incrementan los costos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] PUBLICACIONES SEMANA S.A, «DINERO,» 4 SEPTIEMBRE 2018. [En línea]. Available: <https://www.dinero.com/pais/articulo/colombia-avanza-en-generacion-de-energias-renovables/257078>. [Último acceso: 20 OCTUBRE 2019].
- [2] J. C. Nonsoque, «LR LA REPUBLICA,» LA REPUBLICA, 19 FEBRERO 2019. [En línea]. Available: <https://www.larepublica.co/especiales/efecto-hidroituango/el-consumo-per-capita-de-energia-fue-de-1159-kwh-durante-el-ano-pasado-2829778>. [Último acceso: 5 AGOSTO 2019].
- [3] J. D. C. SALAZAR, «SEMANA SOSTENIBLE,» REVISTA SEMANA, 1 SEPTIEMBRE 2016. [En línea]. Available: <https://sostenibilidad.semama.com/medio-ambiente/articulo/energias-alternativas-en-colombia/35965>. [Último acceso: 3 AGOSTO 2019].
- [4] E. Q. Fernández, «EL TIEMPO,» 23 JULIO 2016. [En línea]. Available: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16652561>. [Último acceso: 8 AGOSTO 2019].
- [5] CARACOL RADIO, «CARACOL RADIO,» 16 ENERO 2019. [En línea]. Available: https://caracol.com.co/radio/2019/01/16/nacional/1547663703_359167.html. [Último acceso: 15 AGOSTO 2019].
- [6] L. MOUTHÓN, «EL HERALDO,» 26 1 2019. [En línea]. Available: <https://www.elheraldo.co/barranquilla/la-costa-tuvo-el-mayor-crecimiento-del-consumo-de-energia-en-2018-592234>. [Último acceso: 20 AGOSTO 2019].
- [7] J. C. y. P. Fadem, «Guía comunitaria para la salud ambiental,» de *Guía comunitaria para la salud ambiental*, Berkeley, Hesperian, 2011, pp. 526-527.

- [8] S. S. FERNÁNDEZ y J. R. JUSMET, «AGOTAMIENTO DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES,» *Revista Galega de Economía*, vol. 19, nº 1, pp. 1-20, 2010.
- [9] DINERO, «Colombia da sus primeros pasos para implementar energías renovables,» 4 9 2018. [En línea]. Available: <https://www.dinero.com/pais/articulo/colombia-avanza-en-generacion-de-energias-renovables/257078>. [Último acceso: 20 AGOSTO 2019].
- [10] R. BIBO, «EL ESPECTADOR,» Redacción BIBO, 18 AGOSTO 2019. [En línea]. Available: <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/colombia-tiene-potencial-en-fuentes-de-energia-renovables-articulo-877125>. [Último acceso: 20 AGOSTO 2019].
- [11] K. S. B. Guevara, «LA REPUBLICA,» 7 JULIO 2019. [En línea]. Available: <https://www.larepublica.co/economia/inversiones-en-proyectos-de-energias-renovables-ya-suman-us500-millones-2905439>. [Último acceso: 20 AGOSTO 2019].
- [12] ALIANZA UNICOSTA CON EL HERALDO , «EL HERALDO,» 30 AGOSTO 2019. [En línea]. Available: <https://www.elheraldo.co/barranquilla/asi-funcionan-las-energias-renovables-en-colombia-661650>. [Último acceso: 30 JULIO 2019].
- [13] PORTAFOLIO, «PORTAFOLIO,» 25 MAYO 2019. [En línea]. Available: <https://www.portafolio.co/negocios/solo-8-de-hogares-es-sostenible-a-la-hora-de-comprar-533934>. [Último acceso: 20 AGOSTO 2019].
- [14] J. TAMAYO, «XATAKA,» 11 MARZO 2016. [En línea]. Available: <https://www.xataka.com.co/energia/5-puntos-para-entender-la-crisis-energetica-en-colombia>. [Último acceso: 20 AGOSTO 2019].

- [15] «ECOSITE,» 9 AGOSTO 2013. [En línea]. Available: <http://www.eco2site.com/Informe-1126-Los-impactos-ambientales-de-las-energias-renovables>. [Último acceso: 12 AGOSTO 2019].
- [16] REVE, «REVE,» 26 ABRIL 2015. [En línea]. Available: <https://www.evwind.com/2015/04/26/la-realidad-de-las-energias-renovables/>. [Último acceso: 12 AGOSTO 2019].
- [17] D. A. Tamayo Zapata y N. K. Cardozo Gutiérrez, «EL USO DE PIEZOELÉCTRICOS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA(TESIS DE PREGRADO),» Bogotá, 2017.
- [18] F. Rios Quintero y P. A. Fernández Quina, «FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE IMPLEMENTAR UN SISTEMA ENERGY HARVESTING CON GENERADORES PIEZOELÉCTRICOS, EN UNA ZONA DE ALTO TRÁFICO VEHICULAR DE LA CIUDAD DE CALI(TESIS DE PREGRADO),» SANTIAGO DE CALI, 2016.
- [19] E. Sepúlveda Orozco, «Diseño de un Colector de Energía(Tesis de Postgrado),» Medellín, 2014.
- [20] J. M. Santiago García y F. Gonzales Alfaro, «GENERACIÓN DE ENERGÍA UTILIZANDO EL EFECTO PIEZOELECTRICO(TESIS DE PREGRADO),» CIUDAD DE MEXICO, 2015.
- [21] J. Stabio, «SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DEL TRÁNSITO VEHICULAR(TESIS DE POSTGRADO),» CORDOBA, 2010.
- [22] J. C. QUISPE QUISPE, «ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA,» PUNO, 2017.

- [23] M. Galindo Ceballo y H. Prado Rodríguez, «Diseño del sistema de iluminación vial de la recta Cali-Palmira con el uso(Tesis de Pregrado),» Santiago de Cali, 2018.
- [24] G. Anaya Estrada, «Utilización de fuerza mecánica para generar electricidad,» *Boletín Científico De La Escuela Superior Atotonilco De Tula*, vol. 4, nº 7, 2017.
- [25] J. J. GUINTERO y W. A. JAIMES FONTALVO, «FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE,» VALLEDUPAR, 2018.
- [26] E. A. Fischer y G. E. Duarte, «GENERACIÓN DE ENERGÍA,» MAR DEL PLATA, 2018.
- [27] R. A. Serway y J. John W. Jewett, Física para ciencias e ingeniería, S.A. EDICIONES PARANINFO, 2009.
- [28] J. L. TRENZADO DIEPA, FISICA, LAS PALMAS: UNIV.LAS PALMAS, 2014.
- [29] J. GONZALES VELASCO, ENERGIAS RENOVABLES, BARCELONA: REVERTE, 2009.
- [30] C. MARTÍN RODRÍGUEZ, «SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL ALMACENAMIENTO Y GESTIÓN DE LA ENERGÍA CONSIDERANDO CRITERIOS TÉCNICO-ECONÓMICOS(TESIS DE PREGRADO),» MADRID , 2017.
- [31] TWENERGY, «TWENERGY,» 12 SEPTIEMBRE 2019. [En línea]. Available: <https://twenergy.com/eficiencia-energetica/almacenamiento-de-energia/almacenamiento-de-energia/>. [Último acceso: 15 OCTUBRE 2019].
- [32] L. A. d. Paz, Energía eólica, 2 ed., P. U. d. Zaragoza, Ed., Zaragoza, 2911, p. 343.

- [33] J. J. Manzano Orrego, Electricidad I. Teoría Básica y Prácticas, Volumen 1, Marcombo, Ed., 2007, p. 437.
- [34] L'Associació Eòlica de Catalunya, «EolicCat,» 2014. [En línea]. Available: <http://eoliccat.net/preguntas-frecuentes/?lang=es>. [Último acceso: 22 Agosto 2019].
- [35] M. Çengel, A. Boles y A. Yunus, TERMODINÁMICA, McGraw-Hill, 2013, p. 1042.
- [36] V. Faires y C. Simmang, Termodinámica, Limusa, 2008.
- [37] F. F. Huang, Ingeniería termodinámica : fundamentos y aplicaciones, Mexico, D.F: Compañía Editorial Continental, 1997., 1997, p. 864.
- [38] SHIGLEY, TEORIA DE MAQUINAS Y MECANISMOS, MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE MEXICO, 1988.
- [39] «CORPORACIÓN DINÁMICA INDUSTRIAL,S.A.,» [En línea]. Available: <http://www.cordinsa.com/glosario-resortes-compresion-extesion-torsion-formas-de-alambre/>. [Último acceso: 27 AGOSTO 2019].
- [40] A. Solé Creus, NEUMÁTICA E HIDRÁULICA., 2010, p. 436.
- [41] «INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO,» 2006.
- [42] E. B. d. A. Comprimido, «¿Qué son los tanques de aire comprimido?,» 2018.
- [43] W. Bolton, Ingeniería de control, Barcelona: S.A MARCOMBO, 2001, p. 412.

- [44] C. Richard y H. Robert, SISTEMAS DE CONTROL MODERNO, PEARSON EDUCACION, 2005, p. 928.
- [45] J. Acedo Sánchez, Control Avanzado de Procesos: (Teoría y Práctica), E. D. d. Santos, Ed., 2003, p. 580.
- [46] J. M. Gonzáles Santaló, «La generación eléctrica a partir de combustibles fósiles,» Universidad Autónoma de México, 2009.
- [47] D. I. Fernández y R. A. Robles Díaz, Centrales de Generación de Energía Eléctrica, Universidad de Cantabria, 2012.
- [48] R. M. Mujal, Cálculo de líneas y redes eléctricas, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2002.
- [49] S. Chapman, Máquinas eléctricas, McGraw-Hill/ Interamericana de España, S.A., 2012.
- [50] GREEN FACTS, «GREEN FACTS. FACTS ON HEALTH AND THE ENVIRONMENT,» 9 SEPTIEMBRE 2012. [En línea]. Available: <https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/corriente-alterna.htm>. [Último acceso: 25 AGOSTO 2019].
- [51] I. L. Kosow, Maquinas eléctricas y transformadores, 1993.
- [52] A. De La Hoz, «EL HERALDO,» 10 MARZO 2019. [En línea]. Available: <https://www.elheraldo.co/barranquilla/los-siete-lios-mas-frecuentes-en-la-propiedad-horizontal-605980>. [Último acceso: 20 OCTUBRE 2019].
- [53] ZONA CERO, «ZONA CERO,» 10 SEPTIEMBRE 2016. [En línea]. Available: <http://zonacero.com/generales/173889-vehiculos-y-motos-el-parque->

automotor-que-circula-en-barranquilla-67687. [Último acceso: 20 OCTUBRE 2019].

[54] A. G. Salvador, Introducción a la Neumática, Marcombo, 2008.

[55] A. C. Solé, Neumatica e Hidráulica, Marcombo, 2012.

[56] Universidad Iberoamericana Ciudad de México, «TALLER DE DISEÑO INDUSTRIAL,» 22 AGOSTO 2012. [En línea]. Available: http://www.dis.uia.mx/taller_industrial/blog/. [Último acceso: 30 OCTUBRE 2020].

[57] M. M. K. M. Kuznetsov, Fundamentos de electrotecnia, Mir, 1967.

[58] M. E. Raffino, «Concepto de,» 3 JULIO 2020. [En línea]. Available: <https://concepto.de/bateria/>.

[59] A. G. Smith, Introduction to Arduino: A Piece of Cake, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2011.

[60] J. Hrisko, «Maker Portal,» Maker Portal LLC Copyright, 7 junio 2020. [En línea]. Available: <https://makersportal.com/blog/2020/6/4/mps20n0040d-pressure-sensor-calibration-with-arduino>. [Último acceso: 7 Noviembre 2020].

[61] L. LLAMAS, «LUIS LLAMAS INGENIERIA,INFORMÁTICA Y DISEÑO,» 29 DICIEMBRE 2016. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/medir-voltajes-de-hasta-25v-con-arduino-y-fz0430/>. [Último acceso: 8 NOVIEMBRE 2020].

ANEXOS

Figura 29. Imágenes 1 de pruebas realizadas para recolección de datos



Fuente: Autores

Figura 30. Imágenes 2 de pruebas realizadas para recolección de datos



Fuente: Autores

Figura 31. Imágenes 3 de pruebas realizadas para recolección de datos



Fuente: Autores