

I

**Desarrollar un prototipo piloto de generación eléctrica, autosustentable, basado en el  
ensamble y control de máquinas eléctricas.**

Daniel Andrés García Delgadillo

Jesús Ignacio Marulanda

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Programa de Ingeniería Electrónica

Bogotá, Colombia

Noviembre de 2020

**Desarrollar un prototipo piloto de generación eléctrica, autosustentable, basado en el  
ensamble y control de máquinas eléctricas.**

Daniel Andrés García Delgadillo

Jesús Ignacio Marulanda

Trabajo de Grado aplicado, Presentado como Requisito para Optar al Título de:

Ingeniero Electrónico

Director (a):

Nombre Asesor Trabajo Grado Aplicado

Jairo Luis Gutiérrez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Programa de Ingeniería Electrónica

Bogotá, Colombia

Noviembre de 2020

### **Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual.**

Los autores de la presente propuesta manifestamos que conocemos el contenido del Acuerdo 06 de 2008, Estatuto de Propiedad Intelectual de la UNAD, Artículo 39 referente a la cesión voluntaria y libre de los derechos de propiedad intelectual de los productos generados a partir de la presente propuesta. Así mismo, conocemos el contenido del Artículo 40 del mismo Acuerdo, relacionado con la autorización de uso del trabajo para fines de consulta y mención en los catálogos bibliográficos de la UNAD.

## **Agradecimientos**

### **Daniel García, Expreso mis agradecimientos a:**

Primeramente, a mi Dios por llegar a esta fase de mi carrera, mi fe y mi esperanza se fortalecieron en él, me lleno de fuerzas en cada momento de este gran sueño.

A mi esposa Johanna Camacho Muñoz, fue mi principal motor, en cada noche mientras la dejaba sola por dedicarme a mis estudios y ver en sus ojos verdes hermosos esa esperanza de llegar al final de un sueño que inicio hace 20 años; a mis hijos: Junior, Sara y Paulina, me impulsaron a seguir cada día, Dios y ellos me llenaron de motivos para luchar con toda la energía que salía del fondo de mi corazón.

A mis padres, por las enseñanzas inculcadas en luchar por esas metas y jamás dejar de creer que si se tiene corazón, fe y pasión se logran esos objetivos propuestos. A mis hermanos por sus mensajes de aliento y por sus conocimientos despejando dudas académicas. A mi abuela materna Adela Torres, siendo una gran concejera en cada caída de mi vida y a mis tíos maternos. por su apoyo y concejos, A mis cuñados, Patricia, José Alberto, John, por la motivación el apoyo en las caídas, los grandes concejos. A mi suegra porque ser parte de este gran sueño y sentirse orgullosa del esposo de su hija.

Finalmente, a la UNAD, aquella universidad incluyente que permitió realizar ese sueño de ser Ingeniero Electrónico.

**Jesús Marulanda Expreso mis agradecimientos a:**

En primer lugar, Dios, que lleno mi vida de ideales y me dio día tras día la fortaleza para no desfallecer en cada traspasado cuando combinaba mis estudios y mi trabajo, a mis padres que siempre estuvieron pendientes de mi evolución y apoyaron de todas las formas posibles mi desarrollo como estudiante, a mis hijos que siempre me preguntan cómo van mis estudios y aunque mi respuesta sea de cansancio, siempre me animaron a continuar.

En segundo lugar, a mi segunda familia INGESERTEC y con ellos al Señor Jorge Hernán Medina Gerente General de esta familia la cual me colaboraron tanto económica como moralmente a continuar con mis estudios superiores, a todos mis compañeros de trabajo que de una u otra forma aportaron su grano de arena en mi formación. De igual forma a todos los tutores de la UNAD por brindarme las explicaciones, guías y demás herramientas necesarias para resolver las inmensas dudas en cada uno de los trabajos desarrollados durante mi formación.

Agradecimiento especial al director Jairo Luis Gutiérrez, su semillero de investigación Biovolta, en la disposición y atención a todas las dudas que surgieron, y apoyo a nuevas ideas.

Iniciamos como ayudantes de electricidad, pero siempre con la visión de ser Ingenieros; si no te permites soñar, no tienes metas. (Daniel García- Jesús Marulanda).

## Resumen

Dentro de los objetivos del milenio, se busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, para mitigar el impacto ambiental y el cambio climático. Debido a esto, se han generado nuevos sistemas de generación de energía eléctrica que eviten el uso de combustibles fósiles como fuente primaria (energías renovables). El potencial de Colombia en el uso de estas fuentes es alto, sin embargo, una buena parte del sistema convencional nacional sigue utilizando combustibles fósiles para generar energía eléctrica. Sumado a esto, muchas zonas en especial las rurales, siguen desconectadas de esta línea convencional, principalmente por las condiciones geográficas que imposibilitan la construcción de una infraestructura adecuada para la transmisión eléctrica. (Foster & Elzinga, s.f.).

Esta investigación tiene como objetivo general, desarrollar un prototipo piloto de generación autosustentable de energía eléctrica. Para lograr tal fin, metodológicamente se ha contemplado una investigación aplicada con enfoque mixto y diseño no experimental.

El prototipo de generación autosustentable permitirá el uso de energía alimentada por un generador y un motor, dando necesidad al servicio básico de energía que necesitan los hogares afectados, y así generar un impacto social, económico, tecnológico y ambiental: incrementando el crecimiento y desarrollo de estas zonas rurales apartadas, remplazando así los sistemas basados en la explotación de combustibles fósiles y aportando a mitigar el impacto ambiental en el país.

## Abstract

Within the millennium objectives, it seeks to reduce greenhouse gas emissions, to mitigate the environmental impact and climate change. Due to this, new electrical energy generation systems have been generated that avoid the use of fossil fuels as a primary source (renewable energy). Colombia's potential in the use of these sources is high, however, a good part of the national conventional system continues using fossil fuels to generate electricity. In addition to this, many areas, especially rural ones, remain disconnected from this conventional line, mainly due to geographical conditions that make impossible to build an adequate infrastructure for electricity transmission. (Foster & Elzinga, s.f.).

The general objective of this research is to develop a pilot prototype for self-sustaining electric power generation. To achieve this end, methodologically a research with a mixed approach and non-experimental design has been contemplated.

The self-sustaining generation prototype will allow the use energy fed by a generator and a motor, providing the basic energy service needed by the affected households, and then it will generate a social, economic, technological and environmental impact: increasing the growth and development of these remote rural areas, replacing the systems based on the exploitation of fossil fuels and contributing to mitigate the environmental impact in the country

**Keywords: Engine, generation, batteries, renewable energies.**

**Tabla de contenido**

<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>2</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>4</b>
<b>Objetivo general .....</b>	<b>5</b>
<b>Objetivos específicos: .....</b>	<b>5</b>
<b>Marco referencial.....</b>	<b>6</b>
<b>Energías renovables en Colombia .....</b>	<b>6</b>
<b>Equipos para el prototipo.....</b>	<b>8</b>
Baterías.....	8
Inversor. ....	9
Motor eléctrico. ....	10
Generador.....	11
<b>Metodología .....</b>	<b>15</b>
<b>Tipo de investigación general.....</b>	<b>15</b>
<b>Tipo de investigación específica.....</b>	<b>15</b>
<b>Diseño: Métodos, Procedimientos y Materiales. ....</b>	<b>15</b>
<b>DESARROLLO DEL PROYECTO.....</b>	<b>20</b>
<b>Fase 1 el estudio y planeación. ....</b>	<b>20</b>



<b>Diagramas de bloques.:</b> .....	21
<b>Cronograma de actividades.:</b> .....	22
<b>Fase 2. Selección de equipos:</b> .....	<b>25</b>
<b>Baterías.</b> .....	26
<b>Motor generador.</b> .....	26
<b>Motor alternador.</b> .....	27
<b>Inversores.</b> .....	27
<b>Fase 3. Diseño:</b> .....	<b>28</b>
<b>Simulación programa de desarrollo Proteus.</b> .....	28
<b>Desarrollo.</b> .....	29
<b>Modelamiento Matemático Motor Dc</b> .....	32
<b>Potencia.</b> .....	40
<b>Cálculos en vivienda.</b> .....	41
<b>Fase 4. Implementar un sistema de autogeneración:</b> .....	<b>41</b>
<b>Presupuesto designado.</b> .....	45
<b>Recolección de imágenes.</b> .....	50
<b>Fase 5. Validar su funcionamiento del prototipo planteado:</b> .....	<b>55</b>
<b>Validación</b> .....	55
<b>Prueba sin alimentación externa.</b> .....	55

**Referencias..... 57**

### Tabla de contenido de figuras

Figura 1 Diagrama de bloques, funcionamiento del equipo .....	21
Figura 2 Esquema general proyecto, funcionamiento del equipo.....	28
Figura 3 Esquema general proyecto, funcionamiento del equipo por bloques.....	28
Figura 4 Sistema de inversión, funcionamiento del equipo por bloques.....	29
Figura 5 Interpolación, funcionamiento del equipo por bloques.....	29
Figura 6 Carga batería, funcionamiento del equipo por bloques.....	30
Figura 7 Inversión 12v - 120v., funcionamiento del equipo por bloques.....	30
Figura 8 Conmutación, funcionamiento del equipo por bloques.....	31
Figura 9 Ciclo final, funcionamiento del equipo por bloques.....	31
Figura 10 Modelamiento matemático, componentes para su desarrollo.....	32
Figura 11 Diagrama mecánico. Equipos y modelamiento variables.....	35
Figura 12 Diagrama esquemático, motor y funciones de transferencia.....	37
Figura 13 Diagrama esquemático, modelamiento matemático motor.....	37
Figura 14 Diagrama esquemático, respuesta de la corriente.....	38
Figura 15 Diagrama esquemático, comparación de la velocidad angular.....	38
Figura 16 Diagrama esquemático, integral creciendo en el tiempo.....	39
Figura 17 Diagrama unifilar del prototipo.....	40

**Tabla de contenido de imágenes**

Imagen 1 Pruebas de equipos y tomas de muestras .....	50
Imagen 2 Tomas de revoluciones motor .....	50
Imagen 3 Toma de revoluciones generador en AC.....	51
Imagen 4 Sistema de prueba con transferencia mecánica por breaker .....	51
Imagen 5 Salida de inversor para AC 125 V- DC 3 V.....	52
Imagen 6 Ensayo exitoso generando potencia para un equipo de 500W .....	52
Imagen 7 Toma de muestras para pruebas con poleas .....	53
Imagen 8 Toma de muestras para pruebas con poleas 2", 3" .....	54
Imagen 9 Ensamble prototipo final.....	54
Imagen 10 Ensamble prototipo finalizado .....	56

**Tabla de contenido de tablas**

Tabla 1 Diferencias entre corriente alterna y directa según conductor.....	12
Tabla 2 Diferencias entre corriente alterna y directa: conceptos .....	13
Tabla 3 Etapas del trabajo: Procedimientos y materiales .....	16
Tabla 4 Cronograma del proyecto.....	22
Tabla 5 Capacidades de baterías .....	26
Tabla 6 Capacidades de motor generador.....	26
Tabla 7 Capacidades de motor alternador.....	27
Tabla 8 Capacidades de motor alternador.....	27
Tabla 9 Resumen del artefacto.....	41
Tabla 10 Medición de equipos.....	42
Tabla 11 Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación (en miles de \$).....	45
Tabla 12 Descripción de los gastos de personal (en miles de \$) .....	47
Tabla 13 Descripción de los equipos que se planea adquirir (en miles de \$) .....	47
Tabla 14 Descripción y cuantificación de los equipos de uso propio (en miles de \$).....	47
Tabla 15 Descripción del software que se planea adquirir .....	48
Tabla 16 Valoraciones salidas de campo (en miles de \$).....	48
Tabla 17 Materiales y suministros (en miles de \$).....	49
Tabla 18 Servicios técnicos (en miles de \$).....	49

## Lista de símbolos y abreviaturas

### Símbolos

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
$W$	Unidad Potencia	$W = 1 J/s$	<i>Vatio o watts</i>
$v$	Unidad de voltaje	V	<i>Voltio</i>
$S$	Unidad de tiempo	S	<i>Segundos</i>
$kW_p$	Unidad de potencia pico en PV	$kW_p$	<i>Kilovatio pico</i>

### Abreviaturas

Abreviatura	Término
CA	Corriente alterna
DC	Corriente directa
ALIM	Alimentación
CI	Circuito integrado
E/S	Entrada salida
GND	Masa
kWh	Kilovatio x hora medida de potencia eléctrica/ contador de corriente
L	Bobina

LOW o L	Estado bajo de señal digital
LPF	Filtros pasa bajos
M o MOT	Motor
OFF	Apagado
ON	Encendido
R.P.M	Revoluciones por minuto
V	Voltímetro/ voltio
W	Watio

## **Introducción**

Este proyecto se realizó bajo los parámetros trabajados a lo largo de dos periodos académicos, iniciando con la investigación de los diferentes factores que se puedan presentar en su desarrollo.

La primera fase de investigación permitirá indagar la posibilidad de desarrollar un prototipo de energía autosustentable en zonas apartadas del territorio nacional; se identificará la capacidad de equipos a utilizar y escudriñar fuentes de generación eléctrica de proyectos similares.

Con los resultados de la investigación inicial, se establecieron: objetivos del proyecto, los equipos a utilizar y enfoque de población en donde se implementará el proyecto. Estos resultados permitieron identificar los siguientes materiales a utilizar: batería, generador, alternador, motor, inversor y cables de conexión.

El acoplamiento de los equipos se realizó por medio de cables entre el motor alternador de 60 A conectado a la batería de 900 A, de esa, misma manera se conectó la batería al inversor, y el motor de generación, con poleas al motor alternador, generando tensión de 127 V en corriente alterna, con capacidad de generación de 1 kW, y en corriente directa 12,5 V, con disponibilidad de más de 2 horas en pruebas para el prototipo de generación.

La población que se beneficiara de este prototipo se ubica en las zonas rurales apartadas del territorio colombiano. Dado que, los operadores de red manejan costos muy altos para brindar un servicio de energía a estas viviendas.



## Planteamiento del problema

Colombia tiene un alto potencial de producción de energía eléctrica a partir de fuentes no convencionales como los son: la solar y eólica, explica la (Cámara de Comercio de Bogotá, 2017) y (Redacción BIBO, 2019) No obstante, el panorama en este ámbito es otro; por ejemplo, para el 2015 la explotación y producción de energía eléctrica se hacía en su gran mayoría (93%) a partir de combustibles fósiles: carbón mineral, petróleo y gas natural. Aproximadamente el 4% son de generación hídrica y el 3% a partir de biomasa y residuos (Unidad de Planeación Minero Energética , Banco Interamericano de Desarrollo , & Fondo para el Medio Ambiente Mundial, 2015), sin embargo, no toda esta energía es para consumo nacional, el 69% se exporta a países vecinos, especialmente la energía producida por combustibles fósiles.

En el contexto nacional, para el 2018, (Universidad Jorge Tadeo Lozano & Unidad de Planeación Minero Energética , 2018), se consumía la mayor parte de la energía eléctrica a partir de la generación hídrica (86%), seguida por la termoeléctrica de combustibles fósiles (13%), con quema de biomasa (0.9%), dejando la energía no convencional renovable (solar y eólica), con el 0.1% una buena noticia entre todo esto.

Como se evidencia en la (Ser Colombia Asociación Energía Renovables, 2019), y en sus múltiples noticias publicadas en su portal web, el apoyo de la población nacional al uso de energía renovables no convencionales, donde el 91.2% quieren que estas sean las que alimenten energéticamente a los hogares. Sin embargo, los problemas que sufren estas fuentes, desde el ámbito tecnológico y de regulación, han evitado precisamente su implementación masiva a nivel nacional, donde inclusive a mediano plazo, la producción energética a partir de fuentes no tradicionales no superará el 30% según estimaciones, (Universidad Jorge Tadeo Lozano & Unidad de Planeación Minero Energética , 2018).

Uno de estos problemas en común para la generación de energía por medio de los procesos: hidráulica, solar y eólica, este tipo de energías se han visto afectadas porque en el territorio colombiano se maneja generación termoeléctrica, como: combustibles fósiles, biomasa y residuos, (Ñustes & Rivera, 2016). es por ello esta investigación trabajara el área residencial en zonas rurales apartadas, o no conectadas a la red eléctrica convencional,

En base a esta información se plantea construir un auto generador de energía eléctrica a partir de un nuevo método de generación, que mantendría el flujo de energía constante, por medio de acople motor-generator. Por la complejidad de suministrar energía a zonas rurales, (costos de transmisión), se hace necesario proporcionar un sistema autosustentable, su uso en comparación a los demás sistemas de generación sería, el más beneficioso por costo, espacio y tipo de generación, en su funcionamiento se requerirá una fuente externa en ciertos momentos de operación, mas no en todo su proceso de generación.

Frente a todo lo anterior y en busca de ayudar a una generación de energía limpia, ¿Por qué no desarrollar un prototipo piloto de generación autosustentable de energía eléctrica?, con costo asequible a la zona de afectación, con nueva tecnología de desarrollo.

## **Justificación**

Siguiendo las problemáticas identificadas, se hace necesario investigar nuevos métodos que puedan asegurar un suministro eléctrico constante en las zonas rurales apartadas y no conectadas a la red convencional. Dentro de esto, la investigación propone un nuevo método que no dependería de la red ni de la infraestructura de transmisión convencional nacional, que preside totalmente de los combustibles fósiles. Así que, siguiendo los diseños; métodos y sistemas que existen en la actualidad para las fuentes de energía eléctrica, (motores y generadores), se propone un nuevo método que haga uso de un conjunto motor-generator, con el siguiente proceso: donde el motor alimenta al motor generador y este a su vez alimenta la batería y el inversor, del mismo modo, el inversor convierte la corriente directa en corriente alterna.

Para darle arranque y establecer el motor en su ciclo de trabajo, se hará uso de una fuente externa de energía renovable, que dependería de las condiciones geográficas de donde se ubique el sistema. Así pues, este prototipo sería muy versátil y adaptable a las diferentes zonas rurales.

El motor al establecer su ciclo de trabajo se desconectaría de la fuente externa y el sistema se autosostendría por si solo durante un periodo de tiempo de trabajo. Este método y sistema permitirá asegurar un suministro eléctrico constante en las zonas apartadas, sin necesidad de una gran infraestructura eléctrica sin depender de combustibles fósiles y, por lo tanto, no producirá gases contaminantes, disminuyendo considerablemente el impacto ambiental. Finalmente, la justificación legal de esta investigación se enmarca en la normatividad de autogeneración eléctrica a pequeña escala, esta permitirá que instalaciones industriales, residenciales personas naturales y empresas puedan generar su propia electricidad hasta de 1 kW, haciendo uso de energía no convencionales como lo menciona la, (Resolución UPME 281, 2015)., (Resolución CREG 030, 2018).

### **Objetivo general**

Desarrollar un prototipo piloto de generación autosustentable de energía eléctrica basado en el acople y control de máquinas eléctricas.

### **Objetivos específicos:**

- Analizar, desde los puntos de vista de ingeniería, económico, ambiental y social, la viabilidad y aplicación de un sistema autosustentable de energía eléctrica.
- Seleccionar un generador basado en el principio de las máquinas eléctricas y conservación de energías. Para generar una nueva alternativa de energía a bajo costo.
- Diseño del sistema de control, por medio de variables físicas logrando la eficiencia energética sin pérdidas, con el acople motor-alternador-sistema eléctrico.
- Implementar un sistema de autogeneración con las tecnologías modernas.
- Validar su funcionamiento, con los métodos aplicados y estudiados que permitan su correcto funcionamiento.

## Marco referencial

### Energías renovables en Colombia

Retomando lo expuesto por (Ñustes & Rivera, 2017). sobre el estado de las energías renovables en Colombia desarrollado en los años 80 hasta el 2017, se analizaron los comportamientos de los tipos de generación en Colombia. Estos análisis permitieron tener una evolución en la calidad del servicio para la mejora de diferentes circuitos en media tensión, gracias a esto la oferta anual en energía renovable durante 10 años tuvo un crecimiento del 3,6%; esta evolución surgió a mediados de los años 90, cuando se presentaba deuda en el sector energético, afectando uno de los principales indicadores macroeconómicos del país, dejando un endeudamiento del 40%, lo cual provoco que la nación generara un racionamiento energético, ocasionando un corte en el servicio de energía entre el 2 de marzo de 1992 y el 1 de abril de 1993 (Unidad Investigación Sección Justicia, 2001).

De acuerdo con la (Ley N° 142 - 143, 1994). permitió un cambio en la regulación de los servicios públicos de energía. Las entidades que controlan estos sistemas de generación como: la Unidad de Planeación Minero – Energética - UPME, que establece las necesidades energéticas de la población; la Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG, que actúa como ente regulador de energía y gas, encargada de emitir las normas que aseguran la disponibilidad de estos servicios; la Superintendencia de Servicios Públicos - SSPD, encargada de vigilar que las empresas de servicios públicos cumplan las leyes de este sector; la Corporación Nacional para el Desarrollo - CND, se encarga de realizar actividades operativas en generación, interconexión, transmisión, planeación, supervisión y control.

Por otra parte, la nación vive un consumo muy bajo en los recursos renovables, las centrales hidroeléctricas poseen una capacidad de ocupación del 71% que equivale al 16.000 MW; ahora

bien, para el año 2015 se presentó un alza en el suministro de energía por 65300 GWh con picos de 10000 MW, dando así una mayor parte a las hidroeléctricas, dejando de un lado las energías renovables (Rivera & Rodríguez, 2019).

En cuanto a la generación de energía a partir de los vientos de Colombia son catalogados como una gran capacidad de suministro de energía, pero aun así su utilización es muy baja, los problemas físicos del clima en Colombia presentan fallas en los sistemas actuales, disminuyendo sus porcentajes del servicio, dando paso a otros tipos de energías contaminantes.

Por otra parte, los sistemas fotovoltaicos siguen generando un malestar entre los usuarios por sus costos de ejecución y la incertidumbre en la transmisión de las diferentes unidades de uso. En conclusión, se pueden tener muchas fuentes de generación para llegar a las zonas rurales, pero por factores sociopolíticos y económicos no permiten utilizar estas oportunidades.

Por tal motivo asociaciones como SER Colombia, y Asociación Colombiana de Energía Renovables.-. ACER buscan la manera de promover energías renovables con el fin de mejorar el plan energético del país para los años 2015-2029, con especial énfasis en las zonas rurales. Estas actividades deben estar contempladas y avaladas por los entes reguladores a cargo.

De la misma manera, como lo menciona (Carvajal, & Jiménez, 2013). Colombia cuenta con el apoyo de sectores internacionales, como el Banco alemán Kreditanstalt, fur Wiederaufban permitiendo el financiamiento de presupuestos de 40 millones de euros con plazos entre 4 a 10 años a empresas o programas que ejecuten proyectos de energías renovables y compren productos alemanes. También cuenta con el apoyo de Norte América con proyectos de financiación más cortos por el valor de 10 millones de dólares y otros algo más asequibles con créditos por 100.000 y 600.000 dólares para beneficiar las poblaciones no conectadas en América y el caribe, algunas de las fuentes de créditos o financiación en Colombia se basa en

fondos estatales como: Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas.-.FAZNI, Sistema General de Regalías.-.SGR, Fondo de Ahorro Empleados Rayco.-.FAER, que trabaja especialmente en el sector del fondo financiero para la energización de zonas rurales, Fondo Especial Cuota de Fomento de Gas Natural.-.FECEF, Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía.-.FENOGE. Con estas ayudas se eleva la posibilidad de que las zonas rurales del estado colombiano puedan acceder a este tipo de generación eléctrica.

### **Equipos para el prototipo**

Al buscar diseñar un nuevo método basado en un conjunto motor-generador eléctrico, es importante conocer los diferentes aparatos que inciden en este

#### **Baterías.**

(Jiménez, s.f.). explica el funcionamiento de las baterías usadas en los automóviles, y que también tienen su uso en sistemas de almacenamiento de energía, su finalidad reside en el almacenaje de la energía eléctrica por medio de un proceso químico, a través de las diferentes placas positivas y negativas, que hacen posible una solución electrolítica compuesta, que genera una corriente eléctrica. El proceso es reversible, donde al aplicarle una corriente eléctrica a la batería, permite generar una acumulación de carga eléctrica para utilizarse posteriormente de nuevo como corriente eléctrica. Por ello, las baterías son los acumuladores eléctricos más usados en diversas aplicaciones, cabe resaltar, que las baterías entregan un flujo constante de corriente (corriente continua).

Una variable de gran importancia en los acumuladores y fuentes de energía eléctrica en general es el voltaje (V). Las baterías en general pueden ser desde 1.2V hasta 24V, en el ámbito automotriz y de almacenamiento masivo de energía se usan baterías de 12V y 24V.

Otra variable muy importante es la capacidad de almacenamiento de carga, medida en amperios-horas (Ah). Esto es fundamental, pues si el sistema eléctrico consume 120 W a 12 V, siguiendo la Ley de Watt ( $P=VI$ ) es 10 Amperios (A). Entonces, una batería con capacidad de 10 Ah funcionaría durante 1 hora seguida.

### **Inversor.**

Debido a la existencia de 2 tipos de energía eléctrica: la continua y la variable (alterna), donde la primera es muy usada en los componentes electrónicos y la segunda se usa principalmente para la generación y transporte de la energía y uso en aparatos eléctricos o electromecánicos; por tal motivo, se hace fundamental realizar la respectiva conversión de una corriente DC a una AC.

(MPPTSolar, s.f.) explica precisamente uno de estos conversores (el inversor) que permite convertir corriente continua a corriente alterna. Para entender la importancia de un inversor dentro de esta investigación, se parte de lo expuesto por (MPPTSolar, s.f.) en cuanto al alternador, siendo este un generador de energía eléctrica que hace uso de un movimiento mecánico y el fenómeno de inducción electromagnética. Por lo tanto, para mover el generador de energía eléctrica se requiere una fuente de energía mecánica, que, en este caso, sería un motor eléctrico (transforma la energía eléctrica en energía mecánica). Como los motores de alta potencia normalmente funcionan con corriente alterna, se requeriría convertir, a través del inversor, la alimentación continua que entrega una batería a corriente alterna para el motor. Así, se completa el circuito básico de generación de energía eléctrica.



## **Motor eléctrico.**

(Martínez, 2019). expone uno de los mayores impactos de los motores eléctricos: “El motor eléctrico se está postulando como firme alternativa a los motores de combustión en todos los sectores” (2019). Esto se puede evidenciar en la industria pesada, en el sector automotriz y en el sector electromecánico. Un motor eléctrico, como lo expone (Martínez, 2019). es lo inversor a un generador eléctrico; a partir de energía eléctrica, se produce energía mecánica rotacional para generar un movimiento sobre un objeto. Todo este proceso se basa en los fenómenos magnéticos y en la inducción electromagnética.

Existen diversos tipos de motores teniendo como base la corriente que los alimenta (continua o alterna), la cantidad de fases (monofásicos, bifásicos o trifásicos), también de la forma de transmisión de la energía eléctrica (a través de escobillas o a través de inducción electromagnética) y según el tipo de rotor que poseen (rotor bobinado o rotor de imanes permanentes).

La importancia del motor eléctrico es precisamente que al generar una energía mecánica permite alimentar a un generador eléctrico para producir energía eléctrica. La dificultad de usar este sistema a una escala mayor o masiva es la conservación de la energía. La misma potencia de entrada debe ser aproximadamente la misma de salida. Si requiero 10kW de salida, tendría que alimentar todo el sistema con 10kW de entrada (417A a, 24V). Esto resulta nada practico en la realidad. Por ello, a nivel masivo, el equivalente a un motor eléctrico se encuentran las turbinas de gas, las turbinas hidráulicas y las turbinas eólicas que cumplen los mismos principios de un sistema motor-alternador. Solo que, en vez de corriente eléctrica, las turbinas se mueven con el movimiento de un fluido (gases producidos por la quema de combustible, viento o agua).

Precisamente el objeto de la siguiente investigación es diseñar un método que permita ser factible para la generación de energía eléctrica a un nivel medio, a partir de un conjunto motor-generador, sin requerir combustibles para su funcionamiento.

### **Generador.**

Por último, dentro del circuito de generación eléctrica se encuentra el generador eléctrico. A nivel técnico, (Endesa, s.f.). Lo explica como una máquina eléctrica rotativa que transforma energía mecánica en energía eléctrica. Lo consigue gracias a la interacción de sus componentes principales: el rotor (parte giratoria) y el estátor (parte estática)”.

Normalmente son aparatos reversibles que pueden funcionar como generadores o como motores eléctricos. Dentro de estos se encuentran los muy conocidos dinamos que permiten precisamente generar corriente continua a partir de un movimiento mecánico y los alternadores, que generan corriente alterna. A nivel masivo, los generadores son movidos por turbinas de gas o hidráulicas.

Un factor fundamental de los generadores es su índice energético que establece la eficiencia de la maquina como tal. Idealmente, por la conservación de energía, la misma energía que alimenta al generador debería ser la misma que sale (eficiencia = 1). Sin embargo, prácticamente se producen pérdidas de energía, como lo expone (Endesa, s.f.). por lo que la eficiencia de los generadores será menor que 1.

A continuación se mostrará una tabla donde se evidencia las propiedades entre los diferentes conductores eléctricos

Tabla 1

*Propiedades entre conductores eléctricos*

<b>Propiedad</b>	<b>Cobre (Cu-ETP)</b>	<b>Aluminio (1350)</b>	<b>Unidades</b>
Conductividad eléctrica (templada)	101	61	%IACS
Resistencia eléctrica (templada)	1.72	2.83	mOhm-cm
Conductividad termal 20°C	397	230	W/mK
Coefficiente de expansión	17 x 10-6	23 x 10 – 6	cm/°C
Fuerza tensora (Templada)	200-250	50-60	N/mm2
Fuera tensora (medianamente dura)	260-300	85-100	N/mm2
0.2% prueba de fuerza (Templada)	50-55	20-30	N/mm2
0.2% prueba de fuerza (medianamente dura)	170-200	60-65	N/mm2
Módulo elástico	116-130	70	N/mm2
Fuerza de fatiga (Templada)	62	35	N/mm2
Fuerza de fatiga (medianamente dura)	117	50	N/mm2
Calor específico	385	900	J/kgK
Densidad	8.91	2.70	g/cm3
Punto de derretimiento	1083	660	°C

La tabla 1 muestra la comparación de las diferentes propiedades entre el cobre y el aluminio

Nota Recuperado de: Sector Electricidad 2013

Tabla 2

*Diferencias entre corriente alterna y directa: conceptos*

	<b>Corriente alterna</b>	<b>Corriente directa</b>
<b>Cantidad de energía que puede ser transportada</b>	Es seguro trasportarla a través y hacia grandes ciudades. De la misma manera, es capaz de transmitir cantidades más grandes de energía.	En cambio, el voltaje en una corriente continua no puede viajar demasiado antes de que comience a perder energía.
<b>¿Qué causa que los electrones vayan en cierta dirección?</b>	Las direcciones continuamente cambiantes se deben a pequeños campos magnéticos que se mueven a lo largo del cable.	La dirección continua se debe a pequeños campos magnéticos que permanecen estables a lo largo del recorrido de la corriente dentro del cable.
<b>Frecuencia</b>	La frecuencia de la corriente alterna es de entre 50 Hz y 60 Hz, dependiendo del país.	Por el contrario, la frecuencia de la corriente continua es equivalente a cero absoluto (0).
<b>Dirección</b>	En algún punto, mientras fluye a través de un circuito, cambia su dirección y se mueve en sentido contrario.	Desde que comienza a fluir, se mueve en una sola dirección a través del circuito.
<b>Corriente</b>	La corriente puede variar, depende en gran parte del tiempo.	El valor del tiempo es constante, no cambia y por lo tanto no altera a la corriente.
<b>Flujo de electrones</b>	Los electrones en la corriente alternan fluyen en direcciones cambiantes; de atrás hacia adelante.	En cambio, los electrones en una corriente continua se mueven establemente en

---

		una sola dirección: hacia adelante.
<b>¿De dónde se obtiene?</b>	Se producen en redes eléctricas y generadores.	Se origina dentro de las baterías de los celulares o las pilas.
<b>Parámetros pasivos</b>	Impedancia.	Sólo resistencia
<b>Factores de potencia</b>	Se encuentra entre 0 y 1.	Siempre es equivalente a 1.
<b>Tipos</b>	Sinusoidal, trapezoidal, triangular y cuadrada.	Pura y pulsante.

---

Tabla 2 muestra los diferentes conceptos entre corriente alterna y directa para determinar los diferentes usos en que se pueden aplicar o servir.

Nota. Recuperado de: Pagina Difiere 2020

## **Metodología**

### **Tipo de investigación general**

Debido a que se busca es generar un nuevo producto tecnológico con su respectivo método de funcionamiento basado en principios físicos ya conocidos, este debe ser construible, medible y verificable empíricamente sin importar el sujeto o el observador. Así, la investigación se enmascara en una lógica cuantitativa que permita, a partir de las hipótesis que se plateen, deducir los principios físicos y el método que sustente teórica y prácticamente el funcionamiento del sistema de generación eléctrica autosustentable.

### **Tipo de investigación específica.**

Igualmente, como lo que se pretende es explorar un nuevo sistema de generación eléctrica, debe realizarse una experimentación del método de ingeniería que se diseñe, lo que con lleva a realizar múltiples mediciones en diferentes tiempos. Así, esta investigación se constituye en un tipo de investigación exploratoria experimental longitudinal.

### **Diseño: Métodos, Procedimientos y Materiales.**

Como se parte de principios físicos ya conocidos para el diseño del método de generación eléctrica, al pretender obtener un nuevo modelo matemático, un método de ingeniería y un prototipo tecnológico, este proceso debe cumplir con el método científico para comprobar la veracidad y validez tanto teórica como practica de los resultados que se obtengan, por lo tanto, este, con sus diferentes etapas y principios, será método que guiará esta investigación

Siguiendo entonces el proceso establecido por el método Científico, se establecen las siguientes etapas de trabajo con sus respectivos procedimientos y materiales requeridos:

Tabla 3

*Etapas del trabajo: Procedimientos y materiales*

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Materiales</b>
<b>Plantear la problemática</b>	Realización de la propuesta de investigación con base a la problemática identificada	Diseño de la propuesta de investigación con todos sus elementos para orientar la investigación hacia su fin principal: Diseñar un sistema autosustentable de generación de energía eléctrica a partir de un conjunto motor-alternador para uso residencial en zonas rurales apartadas en Colombia.	Únicamente la información y documentación requerida para la propuesta de investigación.
<b>Recolección de información</b>	Realizar la fundamentación teórica de la investigación, es decir, realizar una recolección profunda de la información requerida para poder sustentar la investigación y los resultados	La actividad principal de esta fase será realizar un banco de información con la bibliografía que más se ajuste a la investigación, teniendo en cuenta las diferentes temáticas y conceptualización requerida (modelamiento matemático, mecánica newtoniana, ingeniería eléctrica, máquinas eléctricas rotativas, economía de la energía eléctrica, marco legal en Colombia, estado actual de la generación, transformación y uso de la energía eléctrica, energía renovables y el impacto	Computador con acceso a Internet y un navegador web, para la búsqueda de información; el acceso a diferentes bases de datos científicas tanto nacionales como internacionales (Scholar, Scopus, Science Direct, Springer, Scielo, Redalyc, Latindex, etc); y un gestor de referencias que permita construir el

---

<b>Construcción de hipótesis y modelamiento matemático</b>	Planteamiento de la hipótesis a validar y los modelos matemáticos que las sustenten	ambiental y social en Colombia de las tecnologías a usar. Realización de sondeos y encuestas a la población del área donde se realizará la investigación sobre percepciones y opiniones del suministro eléctrico en sus hogares.	banco de información (Mendeley)
	Plantear una o varias hipótesis con base a la fundamentación teórica realizando un primer modelo físico matemático y un diseño aproximado que permita el construir un método, modelo, y/o tecnología para obtener un sistema de generación eléctrica autosustentable.	Software especializado y simuladores, como Excel, Matlab, Symbolab, Wolfram, y simuladores de Ingeniería y CAD, para realizar el modelamiento matemático y el procedimiento de validación.	
Validar el modelo físico matemático de manera teórica, usando como referencia un modelo ideal, donde a partir de este, se agregan las variables reales que inciden en el sistema para así identificar cuáles son las que inciden directa e indirectamente. Posterior a ello, se agregan controles de variables, nuevas variables o modificaciones al sistema, que permitan que el modelo real se	Computador de altas prestaciones de memoria y graficas que soporten los softwares especializados y simuladores.		

---



---

<b>Experimentación y validación del diseño</b>	Comprobación experimental de los modelos matemáticos obtenidos en la etapa anterior, es decir, comprobación experimental de la hipótesis. Validar el cumplimiento de los principios físicos que gobierna el sistema y que este funcione como se desea y se pronosticó en la etapa anterior.	aproxime al modelo ideal, obteniendo modelos parametrizados según las variables incidentes que validen o invaliden las hipótesis planteadas	Como mínimo una instalación (puede ser escalada) con todos los elementos requeridos para el conjunto del motor eléctrico y el generador de corriente alterna, una fuente externa para el motor eléctrico, la instrumentación requerida para medir las variables del sistema, cámaras de video para el registro audiovisual, computador para el registro de los resultados y datos de la experimentación así como para realizar
		Se diseña el proceso experimental a partir de un modelo escalado del sistema y en condiciones controladas que permita medir, verificar, comprobar y manipular el sistema observando su funcionamiento y comportamiento. Se compara la experimentación con la simulación y la teórica para comprobar la validación del modelo. Realizar registro fotográfico y audiovisual del proceso experimental que sirvan como evidencias de este y de las actividades que se realicen.	

---

---

<b>Resultados</b>	<p>Obtención, Almacenamiento, Procesamiento y Análisis de la información, los datos y los resultados obtenidos de la experimentación. Conclusiones de los resultados para generar retroalimentación al sistema y al proceso</p>	<p>Registro detallado de los datos cuantitativos obtenidos y de las mediciones realizadas.</p> <p>Almacenamiento de la información con un respaldo en caso de pérdida. Generación de un histórico de actividades.</p> <p>Análisis estadístico de los datos cuantitativos y Análisis cualitativo del registro audiovisual (analizando las actividades realizadas, el procedimiento, las condiciones de experimentación, etc.)</p> <p>Realización de las conclusiones de los resultados obtenidos enfatizando en las desviaciones existentes entre la teoría, la simulación y la experimentación.</p> <p>Generar retroalimentación a la hipótesis, al modelo matemático, a las simulaciones</p>	<p>correcciones en tiempo real del modelo matemático y de las simulaciones, y un espacio que permita condiciones controladas</p> <p>Computador para registro, almacenamiento y análisis de datos; el software utilizado en la construcción de la hipótesis y software adicional para los diferentes análisis a realizar; unidades de almacenamiento para respaldo de la información.</p>
-------------------	---	---	--

---

---

<b>Productos</b>	Comprobada y validada la hipótesis y los diferentes modelos obtenidos de las anteriores etapas, se generan los productos finales de la investigación que servirán como evidencia y sustentación de lo realizado	y de ser necesario repetir la etapa de experimentación teniendo en cuenta la nueva información obtenida. Debido al carácter de la investigación, se espera generar artículos científicos para difusión del conocimiento obtenido y generado, los productos tecnológicos correspondientes al sistema diseñado (diseño, patente, prototipo), exposición de los resultados obtenidos a través de eventos científicos, y capacitaciones a la comunidad científica y la beneficiada sobre el nuevo método y sistema de generación eléctrica diseñado,	Materiales requeridos según la tipología del producto (computador para escritura de artículos, documentación para solicitud de patente, prototipo escalado y real, códigos de programación, poster, presentación, etc.)
------------------	---	---	---

---

Autoría Propia

## **DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **Fase 1 el estudio y planeación.**

Motores y maquinas eléctricas que permitirán la creación de un sistema autosustentable, fundamentado teóricamente en la recolección de bases de datos de diferentes bibliotecas universitarias, fichas técnicas de equipos a utilizar, para el desarrollo matemático del sistema, y

de esta manera, sustentar la investigación en los resultados mostrados al desarrollar el auto generador.

La solución está basada en la implementación de un sistema de carga más autónomo, controlado por un regulador de tensión flexible, esto significa que posee un componente llamado excitatriz que es la encargada de suministrar tensión y corriente continua al rotor y así convertir este en un imán permanente con capacidad de regular la intensidad del campo magnético a medida que la exigencia de carga aumenta en la salida del generador el regulador de tensión incrementara progresivamente dicha tensión hasta compensar el consumo con una mayor potencia en la salida del generador.

### Diagramas de bloques.:

Por medio del siguiente diagrama se puede tener una mejor idea del sistema:

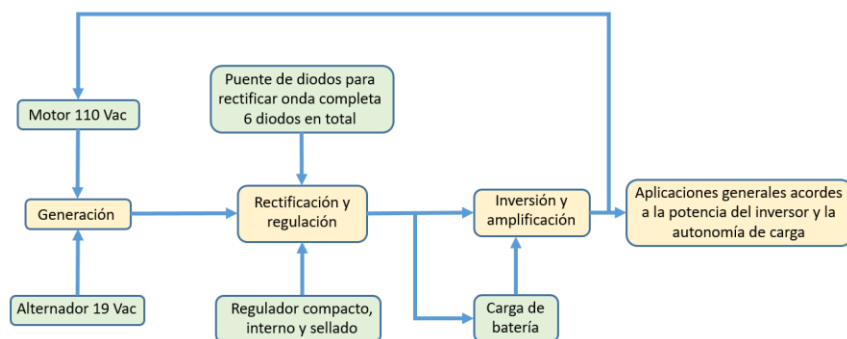


Figura 1 Diagrama de bloques, Funcionamiento del Equipo, Fuente: Autoría Propia

Se manejará un motor de 0.5 hp, el cual viene alimentado de la salida del inversor, de esta manera, hace posible que el sistema sea autosustentable por sí solo. Al iniciar el sistema, empieza con un ciclo por medio de una correa moviendo el motor alternador, esa allí, cuando se pasa a la rectificación y regulación. Hay que tener en cuenta que los componentes del alternador permiten la eficacia del sistema, este está compuesto por un puente de diodos, los cuales sirven la

rectificación a la onda completa; este paso accede a que la batería mantenga carga para generar energía al inversor amplificador y lograr la generación esperada.

### **Cronograma de actividades.:**

Tabla 4

*Cronograma del proyecto*

<b>Tarea</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Inicio</b>	<b>Final</b>	<b>Encargado</b>	<b>% Completado</b>
Fases	38 días	lun. 1/06/20	jue. 23/07/20		100%
Investigación		8:00 a.m.	10:00 a.m.		
Inicio	0 días	lun. 1/06/20	lun. 1/06/20		100%
		8:00 a.m.	8:00 a.m.		
Fase 1 Plantear la Problemática	30 días	lun. 1/06/20	vie. 10/07/20		100%
		8:00 a.m.	6:00 p.m.		
Diseñar propuesta de investigación	30 días	lun. 1/06/20	vie. 10/07/20	Salidas a campo	100%
		8:00 a.m.	6:00 p.m.		
Fase 2 Recolección de la información	1 días	lun. 1/06/20	lun. 1/06/20		100%
		8:00 a.m.	5:00 p.m.		
Realizar encuestas	15 días	lun. 13/07/20	vie. 31/07/20	Salidas a campo	100%
		8:00 a.m.	1:00 p.m.		
Estudio y profundización de fuentes de información	30 días	lun. 13/07/20	lun. 24/08/20		100%
		8:00 a.m.	9:00 a.m.		
Realizar banco de información	12,5 días	lun. 24/08/20	mar. 8/09/20	Asesor	100%
		9:00 a.m.	1:00 p.m.		
Fase 3 Construcción	1 días	lun. 1/06/20	lun. 1/06/20		100%
		8:00 a.m.	5:00 p.m.		

---

de Hipótesis y modelado matemático					
Planteamiento de hipótesis	20 días	mar. 8/09/20 2:00 p.m.	vie. 2/10/20 3:00 p.m.		100%
Realizar modelo fisicomatemático	30 días	vie. 2/10/20 3:00 p.m.	mié. 11/11/20 5:00 p.m.	Matlab Construcciones	100%
Validar modelo	20 días	mié. 11/11/20 5:00 p.m.	mar. 8/12/20 9:00 a.m.		100%
Definir diseño	15 días	mar. 8/12/20 9:00 a.m.	vie. 25/12/20 3:00 p.m.		100%
Fase 4					
Experimentación y validación del diseño	1 días	lun. 1/06/20 8:00 a.m.	lun. 1/06/20 5:00 p.m.		100%
Implementar Diseño	15 días	vie. 25/12/20 3:00 p.m.	mié. 27/01/21 12:00 p.m.	Asesor Batería 12v Cableado eléctrico Generador/Alternador de turbina Inversor 500W Motor eléctrico monofásico Regulador cargador de batería	100%

---

---

					UPS 500W	
					Servicios técnicos	
					Quincallería	
					Construcción	
					Mantenimiento	
					AutoCAD	
Realizar pruebas del diseño	15 días	mié. 27/01/21 12:00 p.m.	mar. 16/02/21 9:00 a.m.	Asesor		100%
Comparar modelo simulado con modelo experimental	12,5 días	mar. 16/02/21 9:00 a.m.	vie. 5/03/21 3:00 p.m.	Asesor Proteus Queckfield		100%
Realizar registro Fotográfico	5 días	mié. 27/01/21 12:00 p.m.	mar. 2/02/21 6:00 p.m.			100%
Fase 5 Resultados	1 día	lun. 1/06/20 8:00 a.m.	lun. 1/06/20 5:00 p.m.			100%
Registrar datos obtenidos	10 días	mar. 16/02/21 9:00 a.m.	lun. 1/03/21 9:00 a.m.			100%
Generar respaldo de información	5 días	lun. 1/03/21 9:00 a.m.	vie. 5/03/21 3:00 p.m.			100%
Crear registro de actividades	5 días	lun. 1/03/21 9:00 a.m.	vie. 5/03/21 3:00 p.m.			100%
crear análisis estadístico	10 días	lun. 1/03/21 9:00 a.m.	vie. 12/03/21 10:00 a.m.			100%
crear registro audiovisual	5 días	lun. 1/03/21 9:00 a.m.	vie. 5/03/21 3:00 p.m.			100%

---

Generar informe de resultados	de 15 días	lun. 1/03/21 9:00 a.m.	jue. 18/03/21 4:00 p.m.		100%
Retroalimentación	5 días	jue. 18/03/21 4:00 p.m.	jue. 25/03/21 11:00 a.m.		100%
Fase 6 Productos	1 día	lun. 1/06/20 8:00 a.m.	lun. 1/06/20 5:00 p.m.		100%
Generar prototipo	180 días	jue. 25/03/21 11:00 a.m.	mar. 9/11/21 6:00 p.m.		100%
Publicaciones y Patentes	180 días	jue. 25/03/21 11:00 a.m.	mar. 9/11/21 6:00 p.m.	Publicaciones y patentes	100%
Exposición resultados de la investigación	90 días	jue. 22/07/21 8:00 a.m.	vie. 12/11/21 4:00 p.m.		100%
Fin	0 días	mié. 21/07/21 5:00 p.m.	mié. 21/07/21 5:00 p.m.		100%

Autoría propia

## Fase 2. Selección de equipos:

En base a los principios eléctricos del diseño planteado, el generador, el motor, el inversor, y las baterías, deberán cumplir con éstos, según la información de la fase 1 permitirá el desarrollo del prototipo autosustentable, para la conservación de energías. En base a las fichas técnicas de mínimo tres equipos, por cada elemento, es decir tres fichas técnicas del motor, tres fichas técnicas del generador, y así sucesivamente con los demás equipos, con el fin de encontrar el que más se adopte al sistema.



**Baterías.**

Tabla 5

*Capacidades de baterías*

<b>Marca</b>	<b>Referencia</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Cap. (Ah)</b>	<b>CCA</b>	<b>Dimensiones (mm)</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Precio</b>
WILLARD	22NFDS- 560	12	72	560	224x128x196	10,5	259.900
MAC	LN3M- AGM	12	120	650	260x173x200	17,64	408.300
WILLARD EXTREM TITANIO	48D-900	12	105	900	268x173x188	15,46	458.800

Autoría Propia

**Motor generador.**

Tabla 6

*Capacidades de motor generador*

<b>Marca</b>	<b>Hp</b>	<b>Tensión</b>	<b>Voltaje</b>	<b>RPM</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Protección</b>	<b>Precio</b>
<b>Power</b>	½ Hp	Monofásico	110	1.800	62%	IP54	285.000
<b>Tecco</b>	½ Hp	Monofásico	110	3.600	65%		290.000
<b>Tenpo</b>	½ Hp	Monofásico	110	1.730	69%/70%	IP44	180.000

Autoría propia

**Motor alternador.**

Tabla 7

*Capacidades de motor alternador*

<b>Marca</b>	<b>Amperios</b>	<b>Voltios</b>	<b>Polea</b>	<b>Regulador</b>	<b>Precio</b>
<b>Bosch</b>	50-117 A	12V	Multiranurada	Interno	350.000
<b>Chrysler</b>	40-90 A	12V	Multiranurada	Externo	220.000
<b>Magneti</b>	65-80 A	12V	Multiranurada	Interno	120.000

Autoría propia

**Inversores.**

Tabla 8

*Capacidades de motor alternador*

<b>Marca</b>	<b>Conversión</b>	<b>Potencia</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Precio</b>
<b>Jarret</b>	Onda Pura	1.000W	12V – 110V	50Hz	599.000
<b>Jarret</b>	Onda Pura	2.000W	12V – 110V	60Hz	1.190.000
<b>Sloud</b>	Onda Pura	2.500W	12V – 110V	50 – 60 Hz	1.945.000

Autoría propia

Según las anteriores fichas los equipos que mejor se adaptan al prototipo son:

- Batería Willard de 900 A.
- Alternador de 60 A, Magneti Pireli.
- Inversor de 2500W, de onda pura.

- Motor de 0.5 Hp, monofásico. Marca tempo.

**Fase 3. Diseño:**

Por medio de los programas Proteus, Matlab se presenta la simulación del sistema a partir de su diagrama esquemático en el cual se realizaron mediciones, verificando los datos medida, y su comprobación del correcto funcionamiento antes de ser implementado en físico.

**Simulación programa de desarrollo Proteus.**

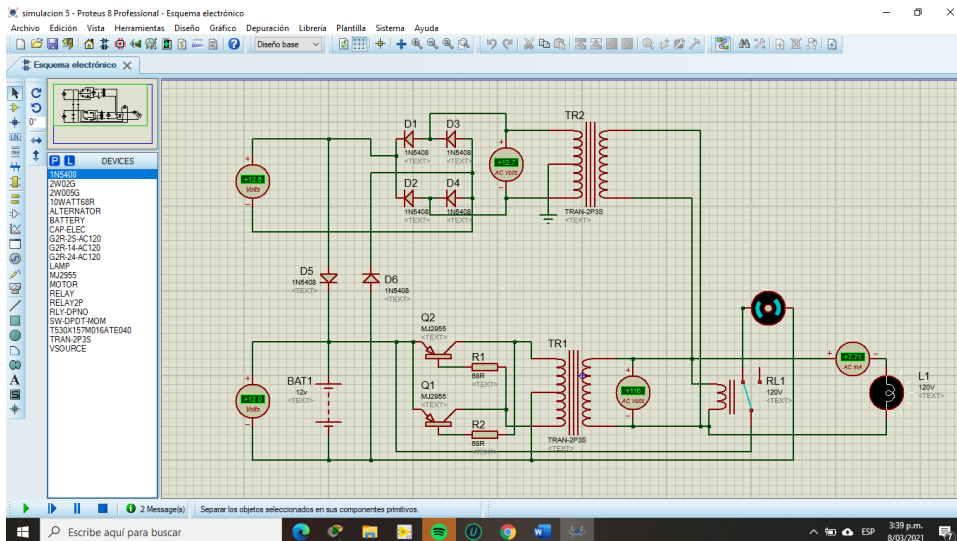


Figura 2 Esquema general proyecto, Funcionamiento del Equipo, Fuente: Autoría Propia

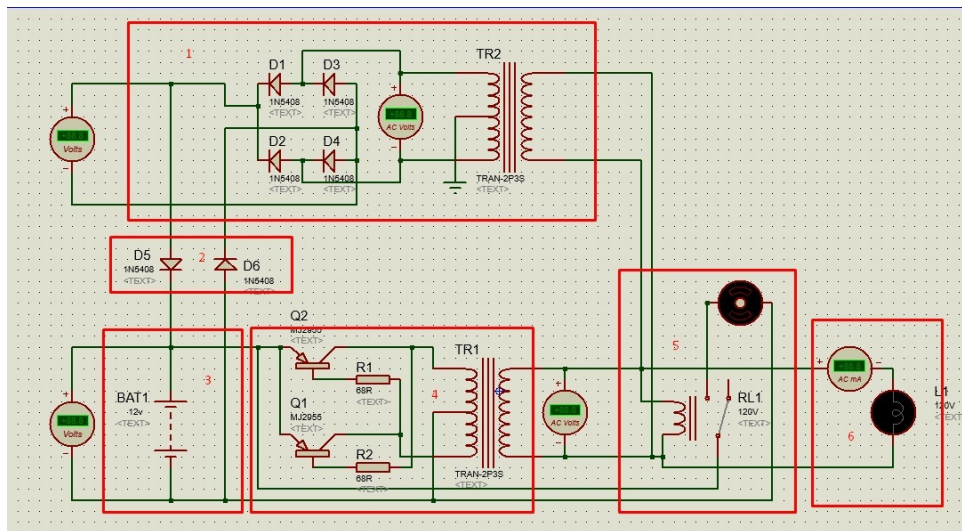


Figura 3 Esquema general proyecto, Funcionamiento del Equipo por bloques, Fuente: Autoría Propia.

## Desarrollo.

### Etapa 1:

Sistema de inversión y rectificación de 110Vac a 12 VDC interconectado con la batería para sustentar la carga, la entrada en AC es la generada por la salida del inversor en la etapa 4.

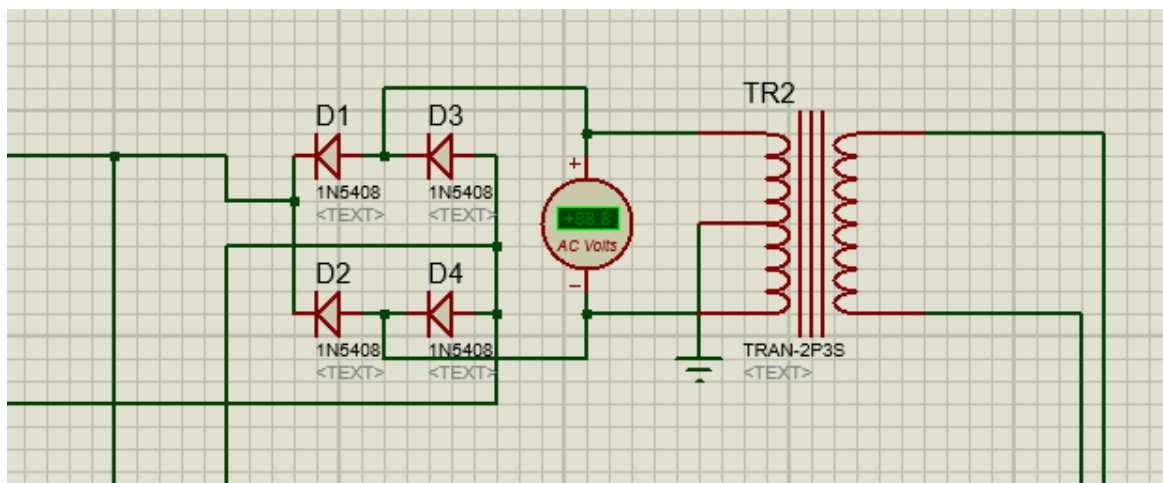


Figura 4 Sistema de inversión, Funcionamiento del Equipo por bloques, Fuente: Autoría Propia

### Etapa 2:

Interpolación de un par de diodos para proteger la conexión entre la salida de 12 VDC del inversor/rectificador y la batería, esto evita que al conectar mal los extremos, se genere un corto circuito.

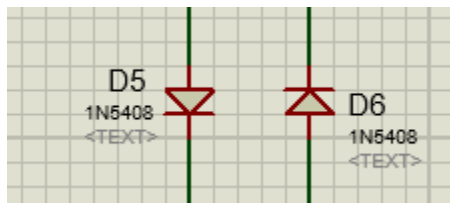


Figura 5 Interpolación, Funcionamiento del Equipo por bloques, Fuente: Autoría Propia

## Etapa 3:

Tensión inicial y carga de la batería. Esta tensión inicial es suministrada al sistema por la batería que a su vez recibe la salida del inversor/rectificador que mantendrá la carga de la batería.

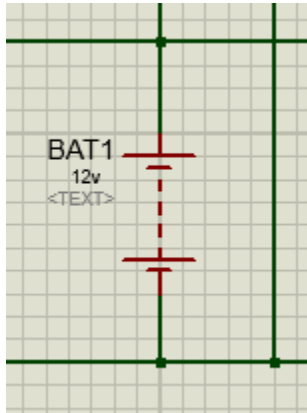


Figura 6 Carga batería, Funcionamiento del Equipo por bloques, Fuente: Autoría Propia

## Etapa 4:

En esta etapa se realiza la inversión de 12Vdc a 110Vac para poder suministrar carga al consumidor, en este caso, el motor que proveerá la energía mecánica necesaria para mover el alternador, adicional contamos con una carga de una lámpara de 120Vac.

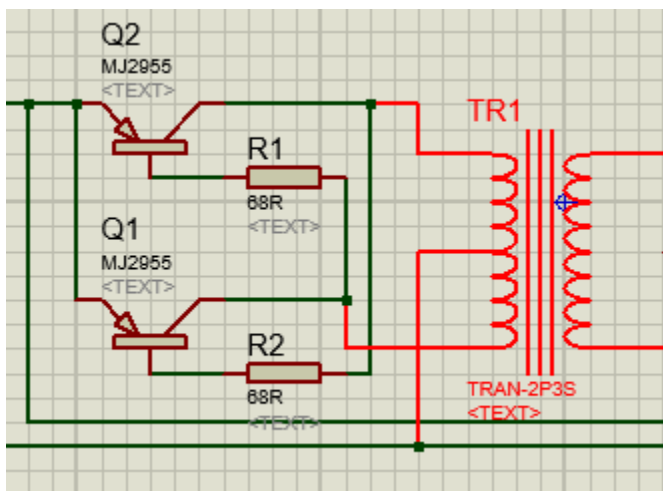


Figura 7 Inversión 12V -120V., Funcionamiento del Equipo por bloques, Fuente: Autoría Propia

### Etapa 5:

Esta es la etapa de conmutación, para la simulación se hizo a través de un Relay y un motor de DC ya que el Proteus no cuenta con motores en AC, para demostrar que la salida del inversor si es a 110Vac, el conmutador o Relay tiene una bobina a 120Vac y en sus contactos de trabajo esta alimentado de 12Vdc para poder simular el movimiento del motor.

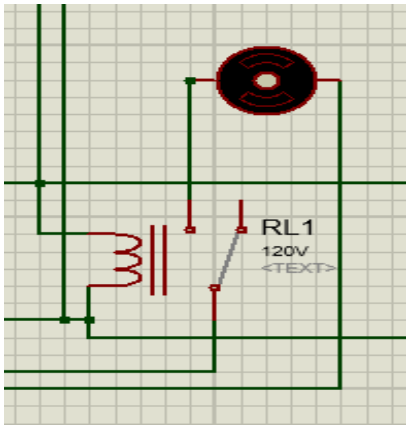


Figura 8 Conmutación, Funcionamiento del Equipo por bloques, Fuente: Autoría Propia

### Etapa 6:

Esta es la etapa del sistema que entrega la utilidad al consumidor, para la simulación se utilizó una lámpara de 120Vac mostrando en el amperímetro el consumo generado.

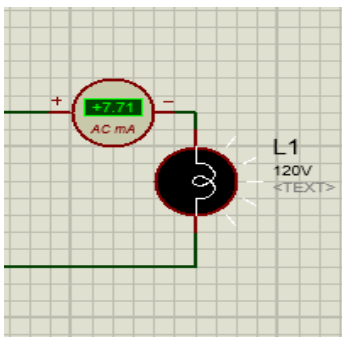


Figura 9 Ciclo final, Funcionamiento del Equipo por bloques, Fuente: Autoría Propia

### Modelamiento Matemático Motor DC

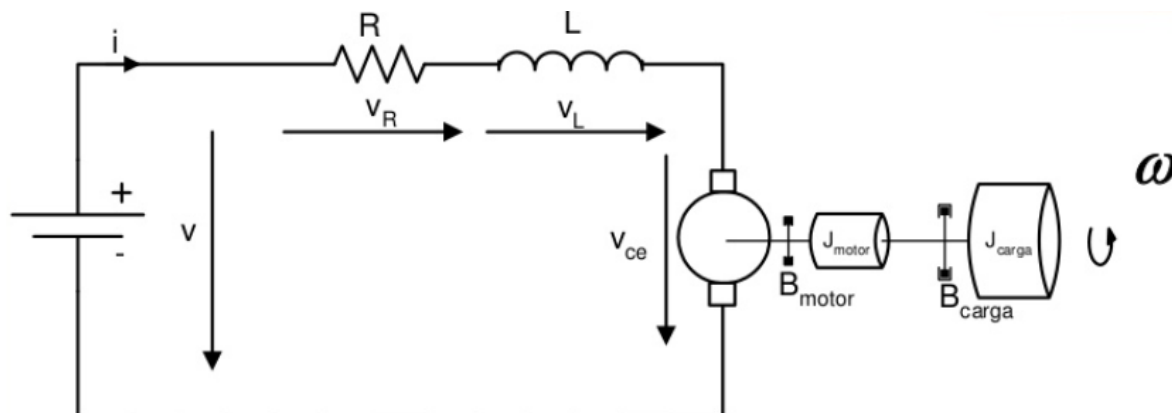


Figura 10 Modelamiento matemático, Componentes para su desarrollo, Fuente: Control Automático educación.

La armadura del motor DC se modela como si tuviera una resistencia constante  $R$  en serie con una inductancia constante  $L$  que representa la inductancia de la bobina de la armadura, y una fuente de alimentación  $v$  que representa la tensión generada en la armadura.

La primera ecuación se realiza haciendo un análisis de la malla del circuito:

$$v(t) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + Ea(t)$$

$$L \frac{di(t)}{dt} = v(t) - Ri(t) - Ea(t) \quad \text{ecuacion(1)}$$

Donde  $Ea(t)$  es una tensión generada que resulta cuando los conductores de la armadura se mueven a través del flujo de campo establecido por la corriente del campo  $i_f$

Desde aquí las pérdidas por fricción y parte de la energía desarrollada son almacenadas como energía cinética en la masa girante del rotor. La ecuación de la sección mecánica viene dada por el modelo:

$$T_m(t) = J \frac{d\omega(t)}{dt} + B\omega(t)$$

$$J \frac{d\omega(t)}{dt} = T_m(t) - B\omega(t) \quad \text{ecuacion(2)}$$

Donde  $T_m(t)$  es el torque del motor de corriente continua,  $B$  es el coeficiente de fricción equivalente al motor de CD (corriente continua) y la carga montados sobre el eje del motor,  $J$  es el momento de inercia total del rotor y de la carga con relación al eje del motor,  $\omega(t)$  es la velocidad angular del motor y  $\frac{d\omega(t)}{dt}$  es la aceleración angular.

Para poder lograr la interacción entre las ecuaciones anteriores se proponen las siguientes relaciones que asumen que existe una relación proporcional  $Ka$ , entre el voltaje inducido en la armadura y la velocidad angular del eje del motor:

$$Ea(t) = Ka\omega(t) \quad \text{ecuacion(3)}$$

Se supone la siguiente relación electromecánica que establece que el torque mecánico es proporcional  $Km$ , a la corriente eléctrica que circula por el motor DC:

$$Tm(t) = Kmi(t) \quad \text{ecuacion(4)}$$



## Aplicación Transformada De Laplace

Comenzamos aplicando transformada de Laplace a las ecuaciones 1 al 4:

$$Lsi(s) = v(s) - Ri(s) - Ea(s) \quad \text{ecuacion(5)}$$

$$s\omega(s) = Tm(s) - B\omega(s) \quad \text{ecuacion(6)}$$

$$Ea(s) = Ka\omega(s) \quad \text{ecuacion(7)}$$

$$Tm(s) = Kmi(s) \quad \text{ecuacion(8)}$$

Sustituimos ecuación 7 y ecuación 8 en la ecuación 5, tenemos:

$$Ls \frac{T_m(s)}{K_m} = v(s) - R \frac{T_m(s)}{K_m} - K_a \omega(s)$$

$$v(s) = \frac{(R + Ls)T_m(s)}{K_m} + K_a \omega(s) \quad \text{ecuacion(9)}$$

De la ecuación 6, podemos obtener la velocidad angular, tenemos:

$$\omega(s) = \frac{T_m(s)}{Js + B} \quad \text{ecuacion(10)}$$

Sustituyendo ecuación 10 en ecuación 9, tenemos:

$$v(s) = \frac{(R + Ls)T_m(s)}{K_m} + K_a \frac{T_m(s)}{Js + B}$$

$$v(s) = \left( \frac{R + Ls}{K_m} + \frac{K_a}{Js + B} \right) T_m(s)$$

$$v(s) = \frac{(R + Ls)(Js + B) + K_a K_m}{K_m (Js + B)} T_m(s) \quad \text{ecuacion(11)}$$

De esta forma podemos obtener la función de transferencia que relaciona la salida (torque) del motor de CD con la entrada (voltaje), tenemos:

$$\frac{T_m(s)}{v(s)} = \frac{K_m (Js + B)}{LJs^2 + (RJ + LB)s + RB + K_m K_a}$$

Nótese que el motor posee diferentes salidas, como puede apreciarse en el siguiente diagrama de bloques del motor DC, se tiene:

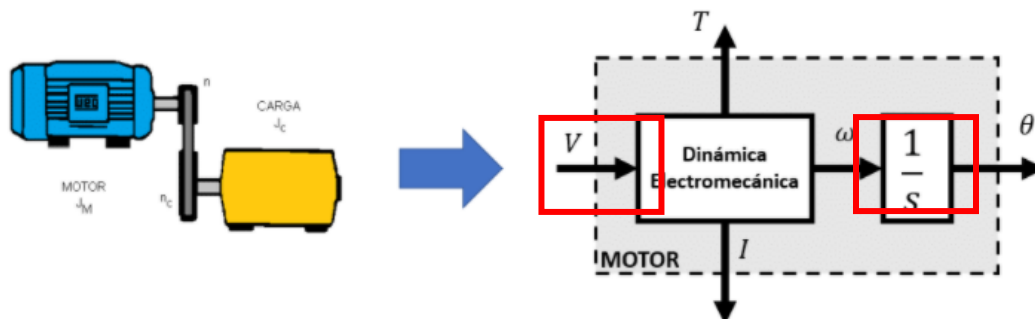


Figura 11 Diagrama mecánico, Equipos y modelamiento variables, Fuente: Control Automático educación

En este modelamiento solo se ha hallado la función de transferencia con relación al torque y al voltaje de entrada al sistema.

De la misma forma, se pueden usar las ecuaciones para obtener la función de transferencia que relacione cualquier salida con la entrada que es voltaje, tenemos:

- Función de transferencia de la fuerza contraelectromotriz con relación al voltaje:

$$\frac{E_a(s)}{v(s)} = \frac{K_m K_a}{LJs^2 + (RJ + LB)s + RB + K_m K_a}$$

- Función de transferencia de la corriente de armadura con relación al voltaje:

$$\frac{i(s)}{v(s)} = \frac{Js + B}{LJs^2 + (RJ + LB)s + RB + K_m K_a}$$

- Función de transferencia de la velocidad angular con relación al voltaje:

$$\frac{\omega(s)}{v(s)} = \frac{K_m}{LJs^2 + (RJ + LB)s + RB + K_m K_a}$$

- Por otro lado, si estamos interesados en conocer la posición del motor de corriente directa DC, basta simplemente con integrar la velocidad angular, en otras palabras, simplemente colocamos un integrador a la función de transferencia anterior. Por lo tanto, la ecuación que representa la posición del Motor DC es:

$$\frac{\theta(s)}{v(s)} = \frac{K_m}{s(LJs^2 + (RJ + LB)s + RB + K_m K_a)}$$

## Verificación en Simulink

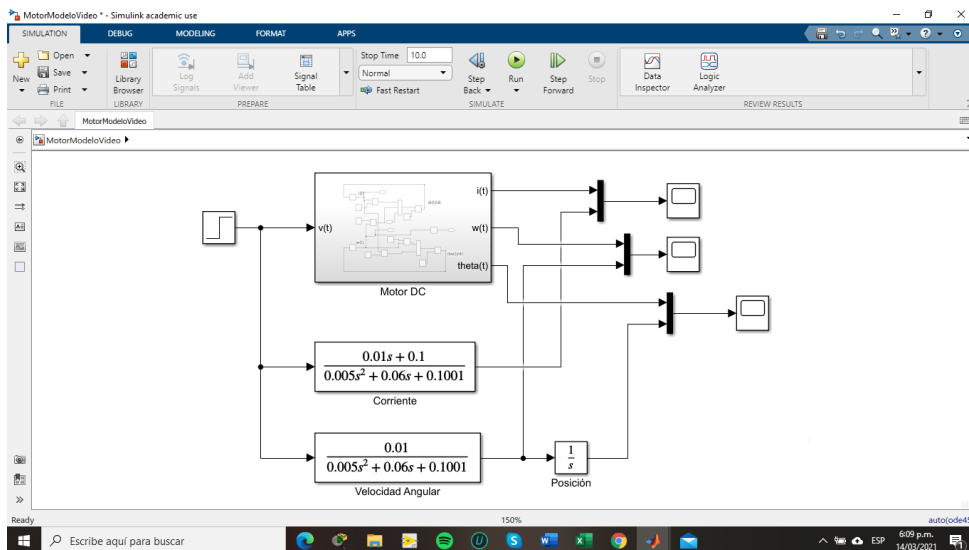


Figura 12 Diagrama esquemático, motor y funciones de transferencia, Fuente: autoría Propia.

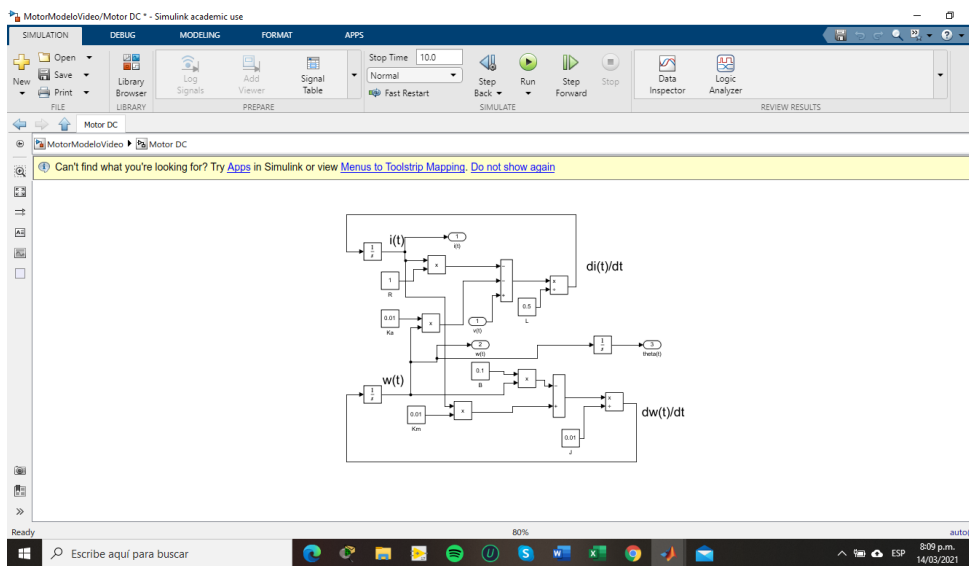


Figura 13 Diagrama esquemático, Modelamiento matemático motor, Fuente: autoría propia.

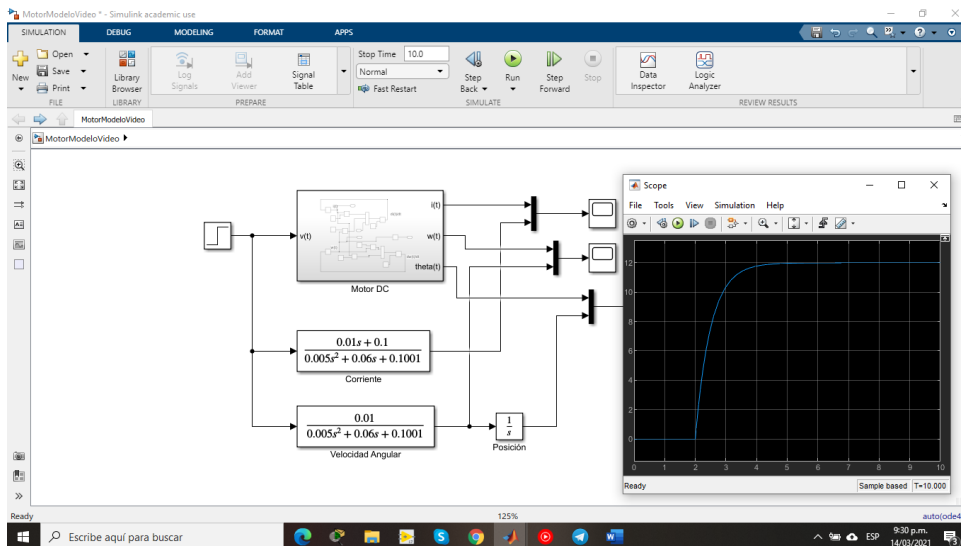


Figura 14 Diagrama esquemático, Respuesta de la corriente, Fuente: autoría propia.

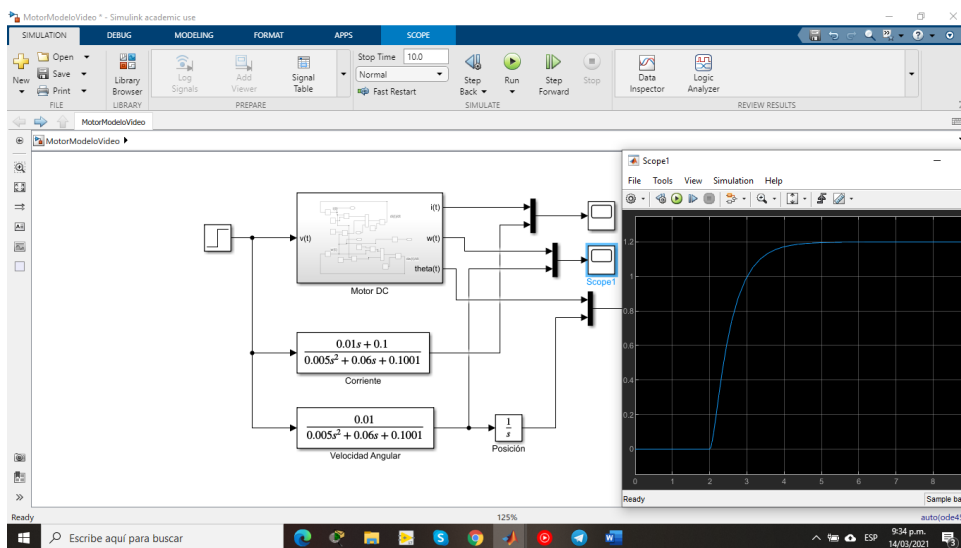


Figura 15 Diagrama esquemático, Comparación de la velocidad angular, Fuente: autoría propia.

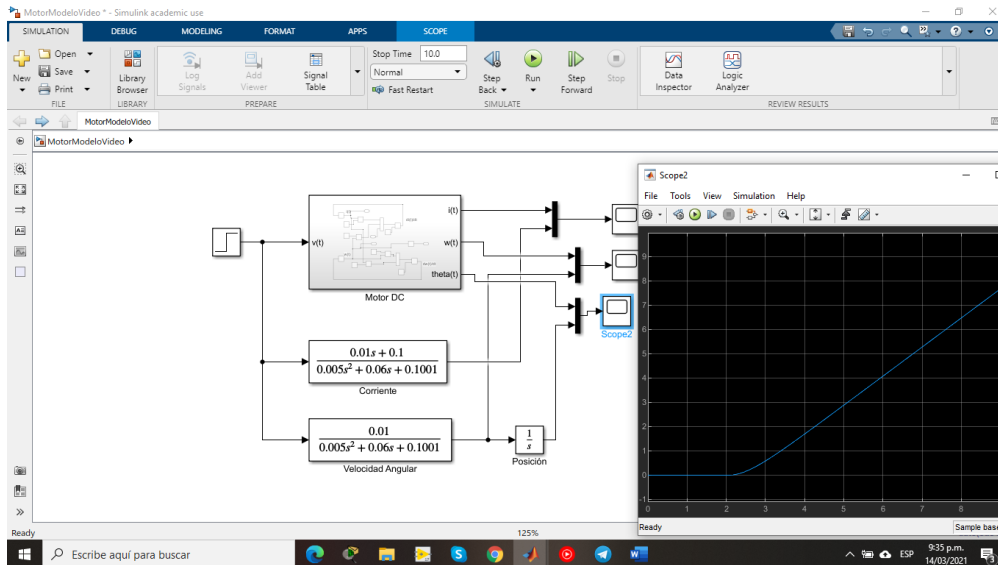


Figura 16 Diagrama esquemático, integral creciendo en el tiempo, Fuente: autoría propia.

Comprobar que el sistema aplica el torque necesario para que funcione.

Una de las causas más notorias es que al exigir más carga, el campo magnético dentro del generador aumenta y con ello aumenta el torque haciendo que el motor, por la unión mecánica de poleas con el generador, se frene y pierda velocidad hasta el punto de elevar la corriente del motor y hacer que la protección termo magnética actúe.

El motor es de  $\frac{1}{2}$  hp girando a una velocidad de 1730 RPM, aplicando la fórmula para hallar torque es:

$$T = \frac{Hp * 5252}{rpm} = \frac{\frac{1}{2} Hp * 5252}{1730} = \mathbf{1,51lb/ft}$$

Para hallar el torque del generador se aplica la misma fórmula. Se obtiene:

$$T = \frac{Hp * 5252}{rpm} = \frac{\frac{1}{2} Hp * 5252}{629} = \mathbf{4,17lb/ft}$$

Como se observa, el problema planteado es verificable, ya que es mayor el torque que produce el generador a la hora de la exigencia; en cuanto a carga, esto quiere decir que el generador frenara el motor por el aumento del torque.

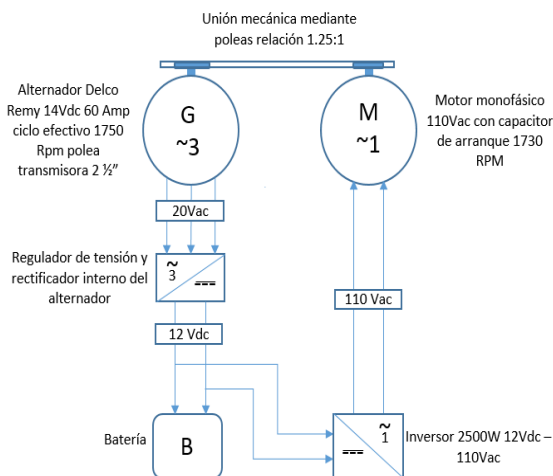


Figura 17. Diagrama unifilar del prototipo. Autoría propia

El diagrama unifilar del prototipo se interpreta de la siguiente manera; la unión mecánica entre el motor monofásico con arranque de 1730 RPM, a alternador de 60 A, por medio de poleas con relación de 1.25.1, esto permite una generación de 20 VAC de corriente directa, pasando por un rectificador interno en el alternador, así produce la carga que necesita la batería para mantener en funcionamiento el sistema, puesto que la alimentación que llega al inversor de 2500 W, 12Vdc mantiene el ciclo del al motor permitiendo el funcionamiento del sistema.

### Potencia.

La potencia generada por el sistema, que es lo consumo del motor para abastecerse

$$p = vi$$

$$p = 14 VDC * 32A$$

$$p = 448 W$$

### Cálculos en vivienda.

Tabla 9

*Resumen del artefacto*

<b>Ind.</b>	<b>Descripción de artefacto</b>	<b>P. Activa (W)</b>	<b>FP</b>	<b>P. Aparente (VA/un)</b>	<b>Cant</b>	<b>P. Aparente total (VA)</b>
1	Luminaria hermética 2x18 W	3	0,95	3	11	35
2	Tomacorriente	180	1	180	4	720
<b>POTENCIA A. TOTAL INSTALADA SIN CARGAS ESPECIALES (VA)</b>						<b>1360</b>
<b>POTENCIA A. TOTAL INSTALADA CARGAS ESPECIALES (VA)</b>						<b>0</b>

Autoría propia

#### **Fase 4. Implementar un sistema de autogeneración:**

Comprobando los modelos matemáticos obtenidos en la fase del diseño, de esta manera se hizo la verificación física del resultado en el proyecto planteado y realizando el acople de la batería con el inversor – motor-generador -rectificación-toma de datos en pantalla.

Esta fase se desarrollará de forma física simulando las salidas de una vivienda de consumo normal inferior a 1 Kv, con equipos; como, bombillos y utensilios de uso doméstico diario. A continuación, se muestra la medición que se realizó para cada equipo.



Tabla 10

*Medición de equipos*

<b>Equipo</b>	<b>Diámetro polea Conductora</b>	<b>Diámetro polea Conducida</b>	<b>RPM Teórica</b>	<b>RPM Medida</b>	<b>Comentario</b>
<b>Generador Eólico</b>	2"	5.5"	600	629	<p>° Las pruebas en vacío son efectivas, se consigue la reducción de la revolución para acercarse a lo establecido por el fabricante del generador.</p> <p>° Al momento de generar carga eléctrica, (exigencia magnética) desde el regulador hasta el generador, el par torque de este aumenta considerablemente haciendo que el motor pierda RPM e intente</p>

---

					frenarse ya que no puede vencer dicho torque.
					° Se obtiene el resultado esperado en cuanto al funcionamiento del alternador a baja revolución, el testigo de carga se apaga y la generación es efectiva.
<b>Alternador Delcoremy</b>	2"	2.5"	1380	1198	° Este ensayo se realiza con la transferencia manual sacando de inercia el motor con tensión externa.

---

---

3"	3"	1730	1029	<p>° Es la mejor relación que se obtiene con los ensayos realizados hasta el momento, mantiene la corriente de carga hacia la batería y la efectividad es de casi 3 horas.</p> <p>° El voltaje es constante y trabaja en un ciclo infinito (teóricamente).</p> <p>° Se pierde la ganancia anteriormente adquirida, al cambiar la relación en las poleas el alternador</p>
4"	3"	2306	2534	<p>(por ser de carro) tiende a girar más rápido, esto produce que el regulador de tensión interno aumente el campo</p>

---

---

magnético para compensar la carga que se supone se está exigiendo en el vehículo.

° El resultado es similar al que se tubo con el generador eólico, el par torque del alternador se vuelve más grande que el par torque que tiene el motor.

---

Autoría propia

### **Presupuesto designado.**

Para la elaboración del prototipo se tuvo en cuenta los gastos que representaría el desarrollo de este, en las siguientes tablas se muestran los rubros predestinados en miles de pesos.

Tabla 11

*Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación (en miles de \$)*

<b>Rubros</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Personal <sup>1</sup>	30	1320

---

Equipos	1750	1750
Software <sup>2</sup>	Libre estudiante	Libre estudiante
Materiales	20	20
Salidas De Campo	0	0
Material Bibliográfico	0	0
Publicaciones Y Patentes <sup>3</sup>	2500	2500
Servicios Técnicos	150	150
Viajes	0	0
Construcciones	200	400
Mantenimiento	200	200
Administración	280	280
<b>Máximo Total*</b>	<b>5130</b>	<b>5130</b>
<b>Mínimo Total *</b>	<b>5130</b>	<b>5130</b>

---

Autoría propia

Valor unitario = valor por hora; valor total = valor unitario x total horas

Licencias anuales

Artículo internacional y Patente nacional

\*El mínimo total es sin contar el software, ya que se buscaría hacer uso de las licencias universitarias para deducir este alto coste del presupuesto.

Tabla 12

*Descripción de los gastos de personal (en miles de \$).*

<b>Investigador</b> <b>experto / auxiliar</b>	<b>Formación</b> <b>académica</b>	<b>Función dentro</b> <b>del proyecto</b>	<b>Dedicación</b> <b>horas</b>	<b>Valor</b>
Iván Camilo García	Ingeniero Eléctrico	Asesor	44	1320
<b>Total</b>				<b>1320</b>

Autoría propia

Tabla 13

*Descripción de los equipos que se planea adquirir (en miles de \$).*

<b>Equipo</b>	<b>Justificación</b>	<b>Valor</b>
Batería 12V 900 AMP	Iniciador del motor eléctrico	490
Inversor 500W	Conversión de VDC a VAC	550
Motor Eléctrico monofásico AC 0.5 hp 3600 RPM	Fuente de energía principal del sistema	180
alternador de turbina eólica 60amp	Generador de energía eléctrica	230
Materiales cables, bornas,	Conexión equipos	300

Autoría propia

Tabla 14

*Descripción y cuantificación de los equipos de uso propio (en miles de \$)*

<b>Equipo</b>	<b>Valor</b>
---------------	--------------

Multímetro eléctrico	300
Pinza amperimétrica	200
Medidor Ambiental	300
Tacómetro	200
Herramientas mecánicas varias	1500
Cámara fotográfica	200
Computador	5000
Autoría propia	

Tabla 15

*Descripción del software que se planea adquirir (en miles de \$).*

<b>Software</b>	<b>Justificación</b>	<b>Valor</b>
Matlab	Software de modelamiento matemático y análisis diverso	Libre
AutoCAD	Diseño asistido por computadora	Libre
Proteus	Simulación eléctrica/electrónica	Libre
QuickField	Modelamiento de máquinas eléctricas rotativas	1000
Autoría propia		

Tabla 16

*Valoraciones salidas de campo (en miles de \$)*

<b>Ítem</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>#</b>	<b>Total</b>
-------------	-----------------------	----------	--------------

Tomas de muestras iniciales, entrega de propuesta a usuario	250	2	500
Instalación de equipo	150	3	450
Monitoreo de equipo	120	1	120

Autoría propia

Tabla 17

*Materiales y suministros (en miles de \$)*

<b>Materiales</b>	<b>Justificación</b>	<b>Valor</b>
Quincallería	Para el montaje y la instalación (tornillos, tuercas, pernos, etc)	15
Cableado	Para las conexiones eléctricas	100

Autoría propia

Tabla 18

*Servicios técnicos (en miles de \$)*

<b>Tipo De Servicio</b>	<b>Justificación</b>	<b>Valor</b>
Mantenimiento y Reparación de Equipos	Para mantenimientos preventivos o correctivos, o en caso de daños a los aparatos	150

Autoría propia



## Recolección de imágenes.

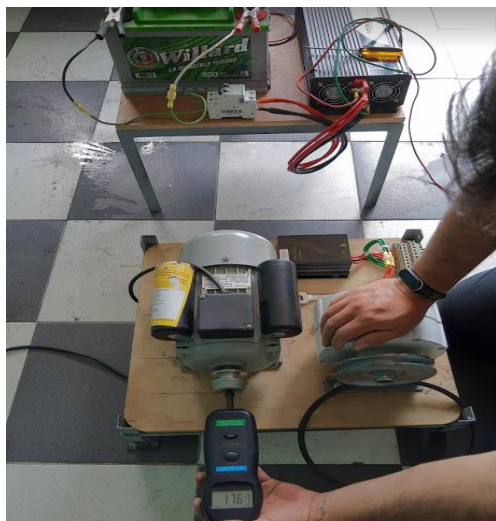


Imagen 1. Pruebas de equipos y tomas de muestras. Autor: Elaboración propia. Verificación inicial de los equipos, con chequeos de nivel tensión, RPMM, distancias para poleas.

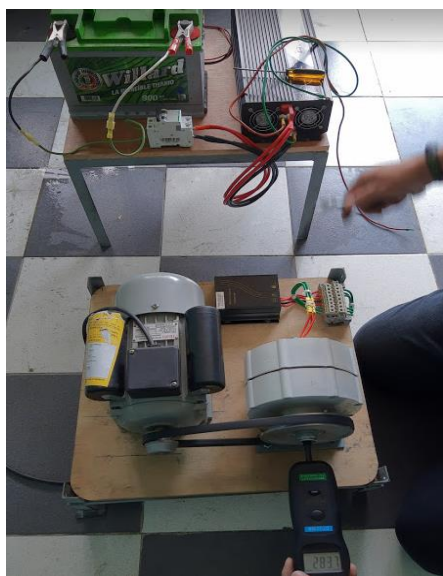


Imagen 2. Tomas de revoluciones motor Autor: Elaboración propia. En esta se ven los equipos seleccionados inicialmente, como lo son motor de 0.5 Hp, motor generador de corriente alterna, batería de 500 A, y toma de revoluciones en equipos con el fin empezar a buscar la mejor relación con el motor.

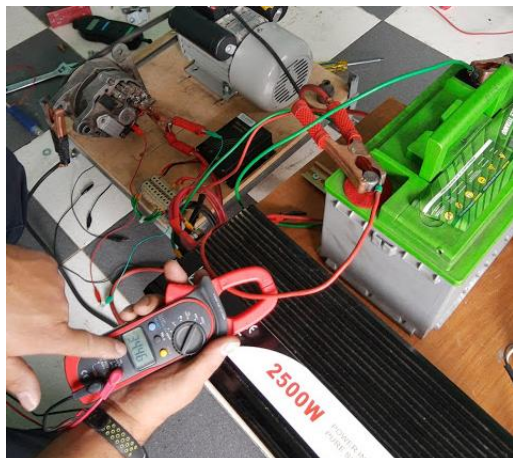


Imagen 3. *Toma de revoluciones generador en AC* Autor: Elaboración propia. Después de realizar varias pruebas al sistema con los equipos anteriores, y por sugerencia del director del trabajo de grado, se cambió motor generador de corriente alterna por motor generador de corriente directa, permitiendo la carga de la batería y que el sistema cumpliera su ciclo de prueba de arranque.



Imagen 4. *Sistema de prueba con transferencia mecánica por breaker.* Autor: Elaboración propia. El prototipo logro su funcionamiento, pero con la alimentación de una fuente externa, a 110V. Como se necesita mostrar que el sistema cumple su ciclo, se montó una transferencia mecánica por medio de breaker de dos polos para realizar el cambio en la fuente de alimentación externa a el ciclo que se debe comprobar, este fue satisfactorio, se cambió la fuente y el sistema se mantuvo.



Imagen 5. Salida de inversor para AC 125 V – DC 3V Autor: Elaboración propia. Al lograr el cambio, después de operar la transferencia mecánica el inversor nos muestra su correcto funcionamiento presentado la salida en corriente alterna de 125V, y en corriente directa 11,3V.



Imagen 6. Ensayo exitoso generando potencia para un equipo de 500W Autor: Elaboración propia.

Se logro el objetivo principal de crear un prototipo de energía autosustentable que permitiera el uso de corriente alterna para una carga de 1kVa, en máxima potencia. Se realizaron pruebas con un taladro de 600W, permitiendo que sistema se mantuviera por más de dos horas



Imagen 7 Toma de muestras para pruebas con poleas 3" 31/2. Autor: Elaboración propia. Se realizan tomas de pruebas con diferentes poleas con el fin de buscar la mejor relación motor generador a motor alternador, el cambio d estas poleas nos permitió analizar el comportamiento del alternador, y la perdida de potencia que generaba el sistema en sus diferentes entornos, con la variación de RPM.



Imagen 8 Toma de muestras para pruebas con poleas 2", 3" Autor: Elaboración propia. De las pruebas tomadas con diferentes poleas se logró determinar que la mejor relación se lograría con la polea de 3", en motor generador y de 3.5" en motor alternador.



Imagen 9 *Ensamble prototipo final*. Autor: Elaboración propia. Esta es la figura final del sistema ensamblado en su totalidad con los equipos seleccionados y su desarrollo final en la generación esperada, cumpliendo con el ciclo diseñado, y el paso adicional que fue lograr que el sistema iniciara su ciclo de forma autónoma, si depender de una fuente externa. A continuación, se pueden visualizar los enlaces donde se muestran las pruebas iniciales, y las pruebas finales con el sistema autosustentable.

Retomado de: <https://www.youtube.com/watch?v=GJ7tUJTQv8I&feature=youtu.be> Autor:

Elaboración propia

Esta fase se visualizó como el prototipo arranca y funciona, pero sin alimentación de una fuente externa, lo que no es el fin del proyecto, y para que cumpliera su ciclo de funcionamiento se simuló una transferencia mecánica para que trabajara el prototipo.

### **Fase 5. Validar su funcionamiento del prototipo planteado:**

Colocándolo en marcha y con el fin de generar la energía autosustentable para el sector mencionado en la investigación realizada y con la recolección de los datos de la fase 1. Se obtuvo:

#### **Validación**

Retomado de: <https://youtu.be/HxTOMYPjtco> Autor.

#### **Prueba sin alimentación externa.**

En el enlace se puede apreciar el prototipo funcionando, generando la disponibilidad de carga requerida para un funcionamiento básico de 1Kv, y de esta manera llegar a las veredas donde se puede implementar el sistema. El prototipo se alimenta por sí solo sin necesidad de una fuente externa de tipo alterna o directa, a diferencia de las pruebas iniciales donde el sistema requería alimentación externa.

Se realizaron pruebas con diferentes tipos de poleas, logrando establecer la mejor relación entre motor generador y motor alternador, con capacidad de almacenamiento en reserva de 900 A. Algunos de los aspectos negativos del sistema fue no tener más equipos para poder realizar más pruebas para capacidad de almacenamiento, es decir, lograr trabajar con un alternador de 120 A, y una batería de 1200 A, y lograr comprobar que el sistema puede durar más tiempo del esperado. Otro aspecto es el mantenimiento de las piezas por su ciclo de duración.

Aspectos para mejorar del prototipo es la implementación de alimentación externa para mejorar el almacenamiento de la capacidad de la batería.

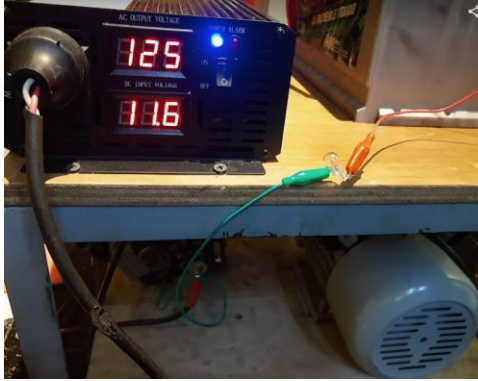


Imagen 10 Ensamble prototipo finalizado. Autor: Elaboración propia

## Referencias

- Cámara de Comercio de Bogotá. (2017). Panorama de las energías renovables en Colombia. El Espectador Recuperado de <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Energia-Elctrica/Noticias/2017/Julio-2017/Panorama-de-las-energias-renovables-en-Colombia>
- Carvajal, S., & Marín Jiménez, J. D. (2013). Impacto de la generación distribuida en el sistema eléctrico de potencia colombiano: un enfoque dinámico. *Tecnura*, 17(35), 77-89.  
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2013.1.a07>
- Castaño, (2019). Control automático educación Colombia. Recuperado de <https://controlautomaticoeducacion.com/analisis-de-sistemas/modelo-de-motor-dc/>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (2018). Resolución 030 de 2018 *por lo cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional*. Bogotá D.C.: Comisión de Regulación de Energía y Gas
- El congreso de Colombia (1994). Ley 142 de 1994 *por lo cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras descripciones*. Bogotá D.C: Ministerio de Minas y Energía
- El Congreso de Colombia (1994). Ley 143 de 1994 *por lo cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras descripciones*. Bogotá D.C: Ministerio de Minas y Energía
- Endesa. (s.f.). El generador eléctrico. Recuperado de <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-generador-electrico>



Jiménez, J (s, f) La batería del coche: cómo funciona y cuánto dura. RODES. Recuperado de

<https://www.ro-des.com/mecanica/bateria-del-coche-como-funciona-y-cuanto-dura/>

Martínez, A. E. (2019). Grado en Ingeniería Mecánica. Recuperado de

[http://oa.upm.es/54419/1/TFG\\_AITOR\\_ESCUDIER\\_MARTINEZ.pdf](http://oa.upm.es/54419/1/TFG_AITOR_ESCUDIER_MARTINEZ.pdf)

MPPTSolar. (s.f.). Inversor: Esquema de Funcionamiento. MPPTSolar. Recuperado de

<https://www.mpptsolar.com/es/esquema-funcionamiento-inversor.html>

Ñustes-Cuellar, W. A., & Rivera-Rodríguez, S. R. (2017). Colombia: territorio de inversión en

fuentes no convencionales de energía renovable para la generación eléctrica. *Ingeniería*

*Investigación y Desarrollo*, 17(1), 37-48. Recuperado de

[https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria\\_sogamoso/article/view/595](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/595)

Redacción BIBO. (22 de agosto de 2019). ¿Colombia tiene potencial en fuentes de energía

renovables? *El Espectador*. Recuperado de

<https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/colombia-tiene-potencial-en-fuentes-de-energia-renovables/>

Rivera-Rodríguez, S., & Dorado-Rojas, S. (2019). Contribuciones en la modelación de energía renovable en sistemas de potencia. *Revista Ontare*, 6, 1-23.

<https://doi.org/10.21158/23823399.v6.n0.2018.2362>

Sercolombia Asociación Energía Renovables. (2019, septiembre). La mayoría de colombianos

quieren que su energía provenga de fuentes renovables no convencionales. *Sercolombia*.

Recuperado de <http://ser-colombia.org/ser-colombia/wp-content/uploads/2020/10/La-mayor%C2%A1a-de-colombianos-quieren-que-su-energ%C2%A1a-provenga-de-fuentes-renovables-no-convencionales-1.pdf>

Scott, F – Elzinga, D (s.f.). El papel de los combustibles fósiles en un sistema energético sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-papel-de-los-combustibles-fosiles-en-un-sistema-energetico-sostenible>

Unidad de Planeación Minero-Energética, Banco Interamericano de Desarrollo, Fondo para el Medio Ambiente Mundial. (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. Bogotá. Editorial La imprenta editores. Recuperado de <http://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1311>

Universidad Jorge Tadeo Lozano. & Unidad de Planeación Minero-Energética (04 de septiembre de 2018). Colombia da sus primeros pasos para implementar energías renovables. *Dinero*. Recuperado de <https://www.dinero.com/pais/articulo/colombia-avanza-en-generacion-de-energias-renovables/257078>

Unidad de Planeación Minero-Energética UPME (2015). Resolución 281 de 2015 *por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, estableció el marco legal y los instrumentos para la promoción, desarrollo y utilización de las fuentes no convencionales de energía (FNCE), en especial las de carácter renovable, en el Sistema Interconectado Nacional mediante su integración al mercado eléctrico*. Bogotá D.C.: Unidad de Planeación Minero-Energética UPME

Unidad Investigativa Sección Justicia (19 de febrero de 2001). Del apagón a Termorío II. *El Tiempo*. Recuperado de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-616547>