

PROPUESTA DE DISEÑO DE MOTORES MAGNÉTICOS PARA VEHÍCULOS
AUTOMOTRICES

AUTOR:
JUAN CAMILO VILLAMIL PIÑEROS

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ
2018

AUTOR:
JUAN CAMILO VILLAMIL PIÑEROS



UNIAGRARIA
Fundación Universitaria Agraria
de Colombia
Institución Universitaria
Personería Jurídica N°2599-86 M.E.N.

**LA U VERDE
DE COLOMBIA**

OPCIÓN DE GRADO:
MONOGRAFÍA

DIRECTOR DE PROYECTO:
JORGE FORERO
CO DIRECTOR:
GLORIA BARRERA

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ
2018

PROPUESTA DE DISEÑO DE MOTORES MAGNÉTICOS PARA VEHÍCULOS
AUTOMOTRICES



UNIAGRARIA
Fundación Universitaria Agraria
de Colombia
Institución Universitaria
Personería Jurídica N°2599-86 M.E.N.

LA U VERDE
DE COLOMBIA



Contenido

1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.1. PROBLEMA	6
1.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA O SECTOR	6
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.3. OBJETIVOS	9
1.3.1. Objetivo general	9
1.3.2. Objetivos específicos	9
1.4. JUSTIFICACIÓN	10
1.5. ALCANCE	12
1.6. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.7. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.8. MARCO TEÓRICO	19
1.9. MARCO CONCEPTUAL	23
1.10. MARCO LEGAL	24
1.11. METODOLOGÍA	26
1.11.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	26
1.12. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	27
2. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR AUTOMOTRIZ USANDO HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS	31
3. ANÁLISIS DEL MEERCADO	35
3.1. ANÁLISIS DEL SECTOR	35
4. PRESUPUESTO FINANCIERO	41
4.1. Necesidades para el diseño y fabricación del motor	41
4.1.1. Costos de los diferentes componentes	42
4.2. ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO	43
4.2.1. Alternativa 1 Motor magnético de corriente continua	44
4.2.2. Alternativa 2 Motor magnético de imanes permanentes	45
4.3. ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS CONVENIENTE.	45
4.3.1. Eliminación de procesos	45



4.3.2. Costos de la alternativa final	46
5. DESCRIPCIÓN DEL MOTOR MAGNÉTICO.....	47
5.1. Arquitectura del producto.....	47
6. MODELACIÓN MATEMATICA DEL DISEÑO DEL MOTOR MAGNETICO DE IMANES PERMANENTES	49
6.1. Modelo matemático	49
6.2. Validación del modelo	62
6.3. Simulación en inventor del prototipo	65
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	69
7.1. Estado actual de desarrollo.....	69
7.2. Instrucciones de uso y mantenimiento del motor.....	72
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
9. BIBLIOGRAFÍA	74



1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PROBLEMA

1.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA O SECTOR

Este proyecto se ubica en el sector manufacturero ya que se va a encargar de transformar materias primas en productos para el bien de las personas y del medio ambiente. Específicamente se ubicará en el sector automotriz, se tomarán los magnetos y aceros para crear motores para vehículos automotrices en pro del medio ambiente. (Ministeriodecomercio; ptp, 2016)

El mercado de vehículos eléctricos e híbridos se ha comportado desde el 2014 de la siguiente manera: en el año 2014 las ventas de vehículos híbridos y eléctricos en Colombia tuvo un porcentaje de venta del 0.073%, para el año 2015 tuvo un un porcentaje de venta de 0.094%, allí hubo un incremento respecto al año anterior y en el año 2016 tuvo un porcentaje de ventas del 0.110%, así que continuaron incrementando las ventas de estos vehículos. (Autosdeprimera, 2017)

En este sector ha venido adquiriendo fuerza el uso de tecnologías alternativas en vez de los motores comunes de combustión interna, para minimizar el impacto ambiental y a las personas, empresas como Porsche, que ha adquirido gran fuerza por sus potentes carros híbridos (elmundo, 2017), Tesla inc., innovando con sus motores y vehículos eléctricos (Expansión, 2017), Audi al igual que tesla con sus vehículos totalmente eléctricos (hibridosyelectricos, 2016), y otras grandes empresas que han incursionado en el uso de estas alternativas. Esto ha empezado a marcar la pauta para una nueva etapa de fabricación de vehículos para minimizar el impacto ambiental. La tendencia hoy en día es desarrollar tecnologías en pro del ambiente.

Se usará el programa de fomento de la industria automotriz por parte del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, que está dirigido a empresas encargadas de fabricar bienes contenidos en las subpartidas arancelarias contenidas en el artículo 7 del decreto 1567 de 2015 (Mincomercio, 2016), con el cual se autoriza al beneficiario del programa, a importar con franquicia o exoneración del gravamen arancelario, las mercancías o bienes contenidos en las subpartidas arancelarias señaladas en el artículo 3 ibídem con el compromiso de incorporarlos en la producción de vehículos o autopartes para la venta en el mercado nacional o externo. (Mincomercio, 2016)

La situación actual del sector de autopartes en Colombia en cuanto a las ventas y exportación, están lideradas por el segmento de chasis: Tren motriz (embragues, componentes de motor, etc.), chasis (frenos, dirección, suspensión, etc.), exterior (carrocería, vidrios), eléctrico (Arnés, cableado, Baterías, etc.), interior (asientos, paneles, cinturones).



UNIAGRARIA
Fundación Universitaria Agraria
de Colombia
Institución Universitaria
Personería Jurídica N°2599-86 M.E.N.

**LA U VERDE
DE COLOMBIA**

Los segmentos de mayor crecimiento han sido eléctricos y exterior, y las exportaciones han crecido un 17% interanual entre 2001 y 2007 destacándose el desarrollo de mercados como Brasil, EEUU, México. Actualmente las exportaciones de autopartes colombianas se concentran en partes de reposición como: baterías, llantas, frenos y vidrios. (Mincomercio; ptp, 2016)



1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los vehículos de combustión interna generan por cada litro de gasolina 2,28 kilogramos de CO_2 , además en Colombia se mezclan estos componentes con etanol, por cada litro de etanol se emiten 1,53kg de CO_2 , y los vehículos que trabajan con gas natural, por cada litro de metano emiten 1.51Kg de CO_2 (Mosquera, 2010) y esto influye en que la calidad de vida no sea la mejor ya que el aire está contaminado, además que para la obtención de estos combustibles se realizan procesos que dañan el medio ambiente como la destrucción de la fauna y flora esencial para el equilibrio natural (Nature.org, 2021). La alternativa a este problema ha sido los motores eléctricos, estos motores necesitan cargarse mediante tomas eléctricas y ello conlleva a aumentar el consumo de energía en el hogar o en los establecimientos destinados a cargar dichos motores. Es por esta razón que la tendencia es la innovación en productos y empresas amigables con el ambiente.

Por este motivo, el diseño que se propone en esta investigación tiene como objetivo desarrollar una alternativa innovadora capaz de impactar el medio ambiente y los hogares, fortaleciendo las nuevas tecnologías y así contribuir positivamente a la sociedad.

Formulación del problema

¿Cómo debe ser el diseño y los costos de los motores magnéticos para Colombia, especialmente la ciudad de Bogotá para que los ciudadanos estén dispuestos a realizar la transición de sus motores de combustión a energías limpias y sostenibles?



1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Elaborar una propuesta para el diseño de motores magnéticos en vehículos automotores.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el sector automotriz usando herramientas de gestión de proyectos.
- Realizar un estudio de mercado determinando la demanda potencial.
- Elaborar el presupuesto financiero para la realización del motor magnético
- Proponer el diseño de un motor magnético para vehículos automotrices.



1.4. JUSTIFICACIÓN

Es un hecho que debido a la degradación del medio ambiente y de la capa de ozono, en el mundo se han buscado soluciones a estos impactos negativos usando energías alternativas (Scielo, 2019), Colombia es un país que, aunque ya posee uso de energías alternativas, aún depende mucho del uso de energías convencionales, del petróleo, y el uso de combustibles fósiles (Nature.org, 2021). Algunos de los vehículos eléctricos importados aún cuentan con baja capacidad de recorrido, ya que por ejemplo los vehículos eléctricos hechos por Renault, conocido como Renault Twizy, es necesario cargarlos cada 100 km si se conduce en zona urbana, (pulzo, 2019) y con tanta contaminación que se causa hoy en día tanto por la industria como por los vehículos de combustión interna, se ha pensado en el bienestar del medio ambiente y de las personas.

Los vehículos en la actualidad usan motores de combustión interna y algunos ya usan motores eléctricos. Los motores de combustión interna suelen tener un impacto ambiental negativo por el uso de hidrocarburos, estos contribuyen a la contaminación del aire y afectando la salud de las personas (Mosquera, 2010), además de la contaminación que se genera por medio de la extracción de petróleo para la consecución de los mismos (hidrocarburos). Por otro lado, los motores eléctricos son una buena opción, pero aun así son motores que necesitan del uso de la corriente para funcionar; una vez se descargan se debe usar tomas eléctricas para cargarlos de nuevo.

Es así como la propuesta de este diseño busca determinar su factibilidad a través de la investigación y así en un futuro poder comercializar este tipo de motores magnéticos para evitar la polución emitida por los motores comunes y también ayudar a mitigar el impacto medioambiental, ya que estos motores no necesitarán hidrocarburos para funcionar. Esto tendrá un impacto ambiental positivo que ayuda a reducir la contaminación en un 30% (Híbridos y eléctricos, 2020) ya que “La media per cápita colombiana por persona de la huella de carbono es 1,7 toneladas. A nivel empresarial las cifras son más complejas, pues depende de la actividad productiva, la cantidad de personal y los procesos productivos que se lleven a cabo.”(Tomado de ElColombiano) Y también un impacto social positivo que contribuye al desarrollo del país y en pro de la salud de las personas por la reducción de gases emitidos por motores comunes.



Con la elaboración del diseño se establecieron los precios de los motores y cantidades de recursos (equipos, herramientas, etc.) necesarias para la creación de los mismos. (Beltrán, 2011)

Así se pretende llegar en un futuro a las cadenas y clústeres automotrices para trabajar en conjunto con ellos y llevar el producto a la unión de sus productos. También se buscará en un futuro la integración a clústeres como el afianzado por ÉXITO Colombia para potenciar la comercialización y el apoyo hacia los productos. (ElColombiano, 2018)

Para comenzar, se realiza una investigación exhaustiva de los antecedentes de estos motores, garantizando así su funcionamiento y su correcta implementación en los vehículos automotrices. Esta persona será la misma que prestará el servicio técnico para mantenimientos preventivos y correctivos de los mismos; esto asegura un constante mejoramiento del producto para la sostenibilidad de la empresa y del medio ambiente, contará con una secretaria para atender llamados de los clientes y proveedores, un mensajero para realizar el pago de facturas y recoger pedidos, y también un vendedor que se encargará de llevar el producto al cliente.

En la actualidad existen muchas maneras de informarse de un tema específico, esta compañía aprovechará recursos como el internet a través de páginas web, para mantener a nuestros usuarios informados de los avances que se vayan construyendo y nuevos productos.

De igual manera con ayuda del instituto de emprendimiento se seguirán las pautas pertinentes para la realización del plan de negocios, y la constitución formal de la empresa.



1.5. ALCANCE

El alcance de la investigación se centrará en el diseño de motores magnéticos ya que contribuye no solo con la preservación del medio ambiente sino también con la salud de las personas reduciendo la inhalación de CO₂ causada por los vehículos de combustión interna ya que no usarán hidrocarburos para funcionar, también ayudara a reducir la crisis energética, porque estos motores no necesitarán conectarse a tomas eléctricas para cargarse.

Se presenta la solución al problema de la contaminación por hidrocarburos de los Automóviles que tienen motores a gasolina y gas, los usuarios que decidan invertir en este proyecto no solo estarán invirtiendo en su salud y la de las personas que los rodean sino estarán realizando un ahorro a largo plazo porque evitara la constante compra de combustible para sus vehículos. Además, tendrá un impacto financiero y social muy positivo que contribuirá al desarrollo del país, puesto que no existe en Colombia una empresa que produzca en masa este tipo de motores magnéticos.

Los clientes de este motor son todas las personas capaces de adquirir un vehículo que tengan la iniciativa de preservar el medio ambiente, su salud y su bolsillo. Este es un motor (M.P.M) Magnetic Permanent Motor (Motor magnético permanente) que contiene imanes permanentes de alta duración que no requieren corriente eléctrica para su funcionamiento, esto hace que su vida útil sea mayor a la de los motores convencionales.

Es un diseño innovador que se diferencia de los demás porque no necesitará estarse cargando como suele suceder con los motores eléctricos actuales, que necesitan cargarse cada cierto kilometraje dependiendo de la marca y el modelo del motor. Será un ahorro a largo plazo.

Además, tendrá un impacto positivo con el medio ambiente ya que no usará combustibles fósiles como los motores convencionales de combustión interna y además el uso no se usará energía eléctrica para su funcionamiento como lo hacen los motores eléctricos actuales.



1.6. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Para el proyecto de investigación se presentan limitaciones de origen espacial, poblacional y temporal. El proyecto se llevará a cabo en la ciudad de Bogotá, estará representado por las personas de la ciudad de Bogotá que posean vehículo, con conciencia ambiental, pertenecientes a los estratos 3, 4 y 5. Actualmente la popularidad de los automóviles ha incrementado, las facilidades de pago que ofrecen los concesionarios permiten que cualquier persona puede adquirir uno. La mayoría de los vehículos usan motores de combustión interna y en menor cantidad eléctricos o híbridos, debido a esto se puede concluir que estos vehículos hacen parte de las razones por las que se presenta un alto índice de contaminación en Bogotá cuyo índice de calidad del aire (ICA) actualmente es de 78 o sea una calidad moderada, así que se ofrece un producto que contribuye a mejorar los índices de contaminación y la calidad de vida de las personas.

1.7. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

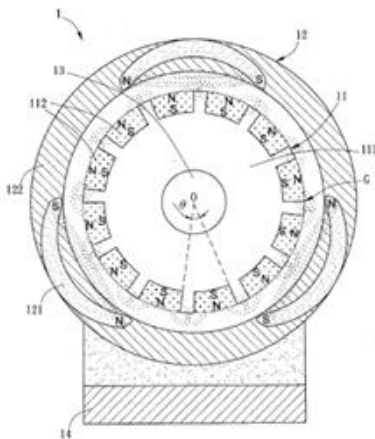
De acuerdo con la investigación, se han podido observar la transformación en el tiempo y las nuevas tendencias por el uso de vehículos eléctricos, sus beneficios y el impacto positivo que están teniendo, también el costo en el mercado, y el aumento en su uso.

Patentes

- **US2013/0162086 A1 PERMANENT MAGNET APARATUS**

En la universidad Cheng Kung de la ciudad de Tainan, Raysistema en el 2013 con el número Lee LIN desarrollo un de patente US2013/0162086 A1 con el nombre "Permanent Magnet Aparatus"

Fig.1 Aparato de imanes permanentes



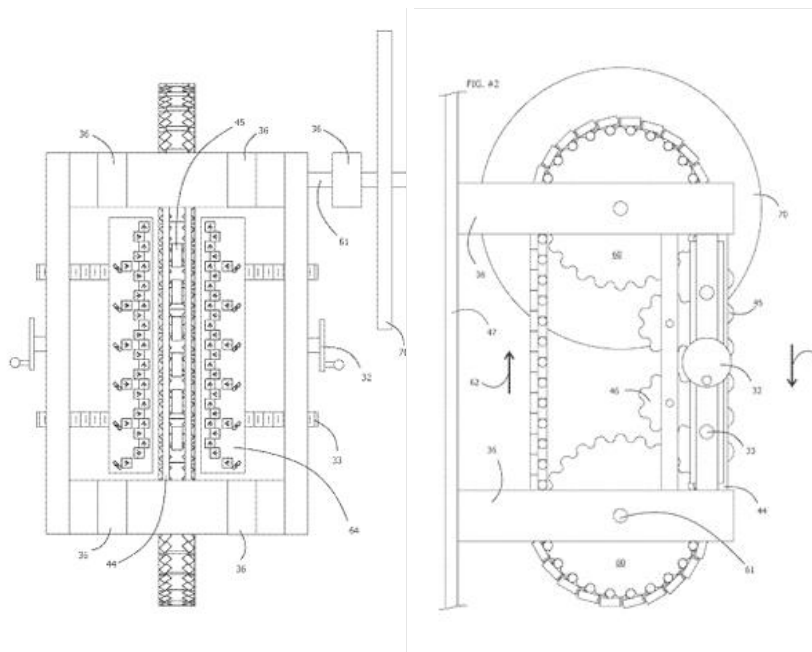
Fuente: (Tainan City Patente n° Patente US 2013/0162086 A1, 2013)

Este Sistema consiste en un rotor y un estator con imanes permanentes, los imanes permanentes en el rotor tienen toda la misma orientación conforme a la tangente de la circunferencia y tienen la misma polarización, en el estator tiene 3 imanes permanentes cóncavas, lo cual crea una irregularidad en el campo externo que influye en el campo del rotor. En la patente se explica que el rotor es impulsado por las fuerzas de atracción y repulsión entre los imanes, se menciona que este aparato está basado en el invento de Howard. (Tainan City Patente n° Patente US 2013/0162086 A1, 2013)

- US 2014/0232229 A1 PERMANENT MAGNET WORK GENERATING MOTOR

Este trabajo se maneja con el mismo Johnson principio Error! Reference source not found. , de la invención de Howard R. la única diferencia es que maneja un sistema lineal en el estator.

Fig. 2 Sistema visto por la parte superior y lateral, Se ve la configuración de la polarización de los imanes permanentes es en la cinta.



Fuente: (Tainan City Patente n° Patente US 2013/0162086 A1, 2013)

Este trabajo principalmente describe que un imán puede generar trabajo por medio de un sistema lineal de cadena o banda, la fuerza lineal es convertida en rotacional la cual puede ser utilizada para varios propósitos. Básicamente es el mismo principio de en base a la configuración espacial de imanes permanentes poder utilizar sus fuerzas de atracción y repulsión para poder generar un desbalance y hacer que este se mueva hasta llegar al equilibrio. En ese transcurso de tiempo el aparato se mueve y los imanes generan trabajo. (Tainan City Patente n° Patente US 2013/0162086 A1, 2013)



En Colombia no hay productores de motores eléctricos enfocados a los carros, aún menos de motores magnéticos. Las empresas suelen comercializar motores importados de otras marcas, como WEG, SIEMENS, ABB, etc. Todos enfocados a la industria y automatización, pero ninguno específicamente al sector automotriz o de autopartes. Así que los antecedentes grandes encontrados son diseños elaborados por empresas como TESLA INC. y Renault que desarrollan motores y vehículos eléctricos de gran calidad; también Porsche, Audi, BMW, Toyota y otras grandes marcas de carros que ahora los diseñan con motores híbridos, funcionando tanto con gasolina como con electricidad. Algunos de estos vehículos híbridos necesitan ser conectados a tomas de corriente especiales para cargarlos y hacer funcionar la parte eléctrica del motor.

Estas marcas promocionan sus vehículos a través de sus páginas oficiales en la web, a través de revistas y también en redes sociales.

Tabla 1. Antecedentes de motores híbridos y eléctricos

EMRESA	MODELOS		TIPO MOTOR
AUDI	A3 Sportback e-tron	Q7 e-tron quattro	Híbridos enchufables
BMW	i3	i8	Eléctrico/Híbrido enchufable
DS AUTOMÓVILES	DS5		Híbrido
INFINITY	Q50	Q70	Híbridos
LAND ROVER	Range Rover	Range Rover Sport	Híbridos
PORSCHE	Cayenne S E-Hybrid	Panamera 4 E-Hybrid	Híbridos enchufables
RENAULT	Twizy	Zoe	Eléctricos
TESLA	Model S	Model X	Eléctricos
TOYOTA	Prius	Rav 4	Híbridos

Realizada por el autor.

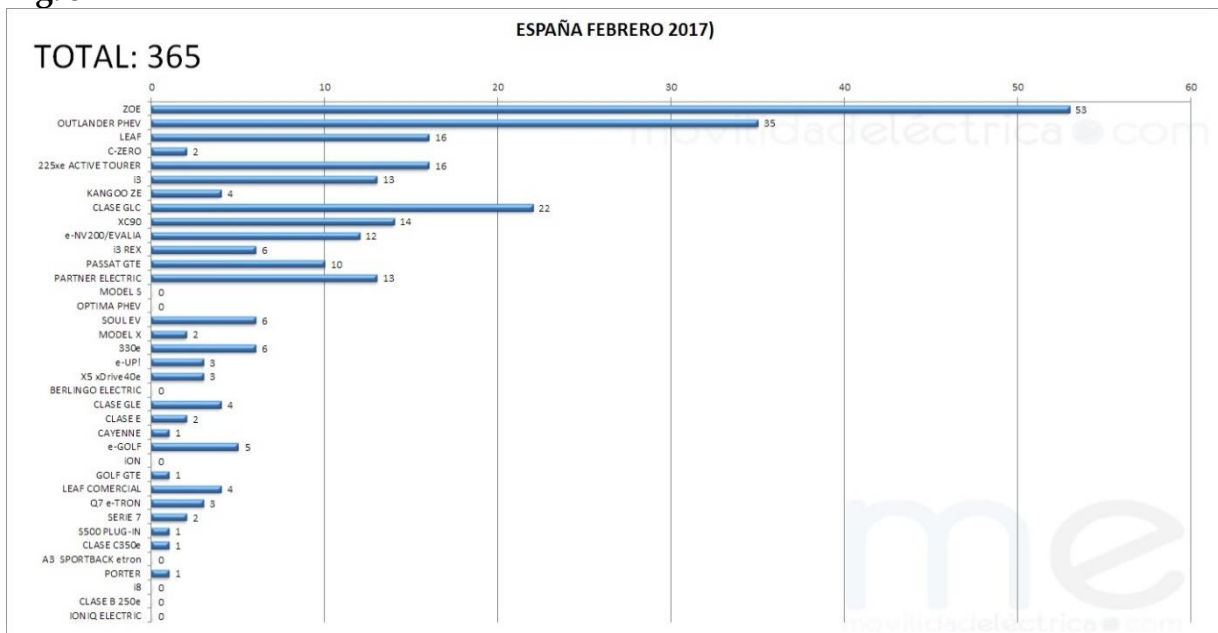
Después de observar que los motores utilizados en estas marcas de carros, se puede ver que el motor va a tener elementos diferenciadores y más económicos, fortalezas como que no necesitará de estaciones de carga eléctrica. El motor será auto sustentable gracias a los imanes que mantendrán su funcionamiento; ya que no usará gasolina para complementar su funcionamiento ello ayudará al cuidado del medio ambiente, porque al construir estos motores se utilizarán imanes permanentes hechos con neodimio cuya duración es mayor a los imanes de ferrita. Los imanes de neodimio conservan sus propiedades magnéticas casi ilimitadamente, eso se ve representado en su duración, que es aproximadamente de 5000 años, y hasta los 3000 años empiezan a perder fuerza magnética. (Imanesneodimio)



Podrá posicionarse muy bien en el mercado ya que estos motores proporcionarán mayor duración, vida útil y; además, será un ahorro para sus propietarios, evitando el consumo de gasolina y el consumo energético de los motores actuales. También contribuyendo al bienestar del medio ambiente y de las personas.

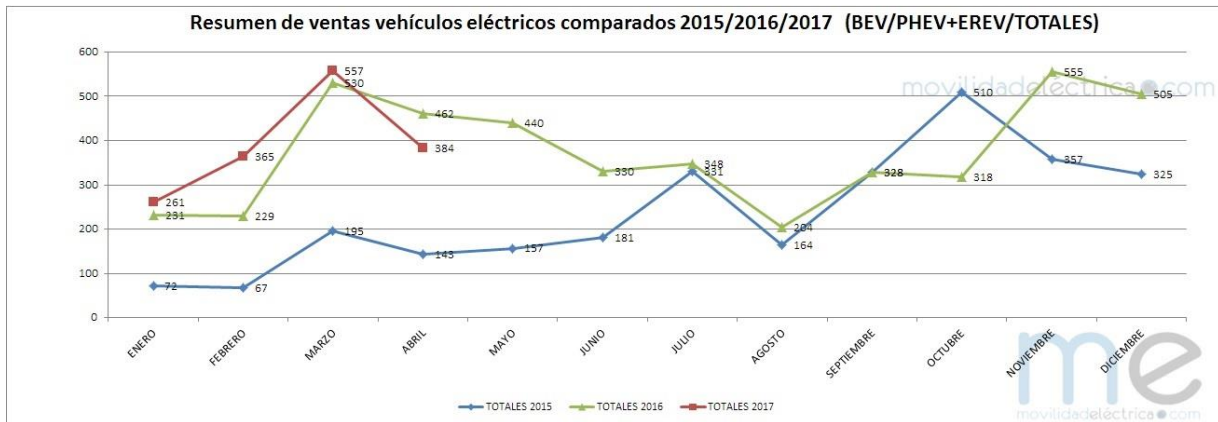
La ciclicidad-estacionalidad del uso de vehículos eléctricos no es grande, ya que la tendencia por la compra de estos va en aumento, de acuerdo con los estudios realizados en febrero de 2017 las ventas han crecido un 38%. Estas ventas son lideradas por Renault, Citroën y Nissan (Movilidadeléctrica, 2017)

Fig. 3



Fuente: Adaptado de gráfica de ventas por vehículo, movilidad eléctrica, 2017 (movilidadeléctrica.com)

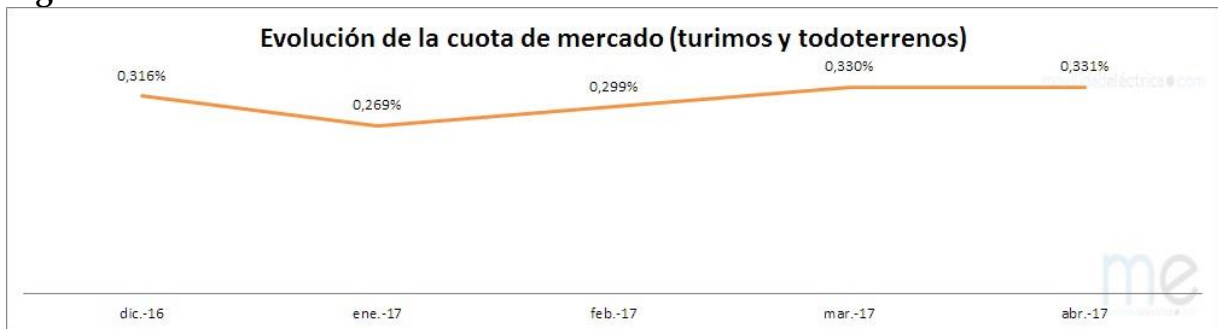
Fig. 4



Fuente: Adaptado de gráfica Resumen de ventas vehículos eléctricos, movilidad eléctrica, 2017 (movilidadelectrica.com)

En total se han matriculado 365 unidades entre eléctricos puros (turismos, todoterrenos y furgonetas industriales e híbridos enchufables). La cuota de mercado se eleva este mes hasta el 0,299%. A estos datos se suman 15 cuadríciclos y 124 ciclomotores. (Movilidadelectrica, 2017)

Fig. 5

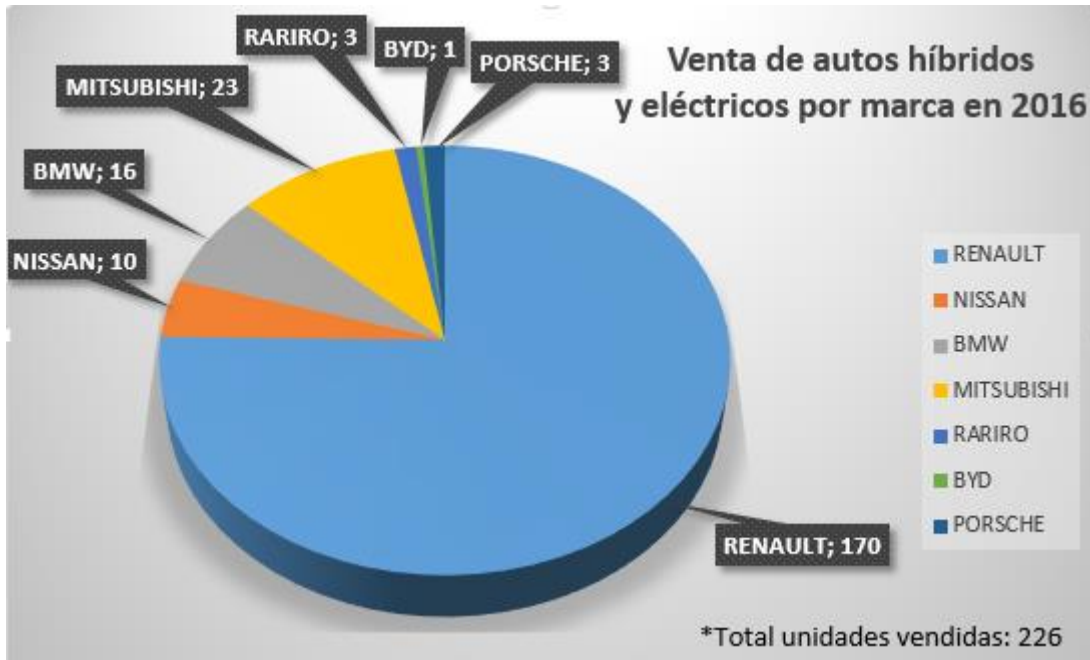


Fuente: Adaptado de Evolución de la cuota de mercado, movilidad eléctrica, 2017 (movilidadelectrica.com)

En Colombia, la adquisición de vehículos con energías limpias también ha aumentado, en 2016 la venta de vehículos eléctricos aumentó un 9,6% en el que marcas como Renault poseen las mayores ventas.

Se espera que para el año actual (2017) las cifras sigan en aumento. (Electromaps, 2017)

Fig. 6



Fuente: Adaptado de gráfica venta de autos híbridos y eléctricos por marca, electromaps, 2016 (electromaps.com)

1.8. MARCO TEÓRICO

Durante varios años, el cambio climático ha venido afectando la salud en las personas y en todo momento, el ambiente se ha vuelto cada vez más complejo. En la actualidad, la relación entre salud y medio ambiente es muy evidente, como se observa en el caso de la contaminación atmosférica que presentan las grandes ciudades, como consecuencia principalmente al gran volumen de contaminación ocasionada por los vehículos. Estos contaminantes poseen efectos negativos para la salud del ser humano que provocan principalmente enfermedades respiratorias. Ya que algunos compuestos que están presentes en las emisiones producidas por los vehículos pueden ser cancerígenos y además mutagénicos. (Viguerra, 2013)

Así que para empezar a mitigar esto, se empieza a buscar la posibilidad de modificar ciertos mecanismos de los vehículos, como en este caso en el que el motor es la fuente de fuerza de los tractores y está destinado a desarrollar trabajos de tiro o de tracción, estacionarios y de empuje. Como ejemplo del trabajo de tiro existe el acople de implementos en la barra de tiro estándar, tales como los arados y las



rastras. El acople de un implemento en el enganche en tres puntos, como los arados integrales o de montaje y las rastras integrales. (Gilardi, 1985).

Otra de las alternativas contempladas es la producción y explotación de biocombustibles como una alternativa energética para la sustitución paulatina y el alargamiento del tiempo de vida de los combustibles fósiles tradicionales, es hoy, fundamentalmente en países de Europa, Estados Unidos y Brasil, un tema de primer orden en el desarrollo tecnológico. Como se conoce, la producción y uso de biocombustibles puede generar problemas éticos asociados a la crisis alimentaria si no se manejan adecuadamente. En Cuba, se han estado realizando en los últimos años investigaciones importantes en temas de biocombustibles, en especial el bioetanol y el biodiesel [1-3]. (Piloto, 2008)

Una de las más recientes soluciones es el uso de vehículos híbridos que emplean un sistema híbrido paralelo, y que utiliza tanto un motor de combustión interna y un motor eléctrico para la propulsión, comprende un mecanismo de propulsión que tiene al menos un primer motor eléctrico, un motor de combustión interna, un embrague, un segundo motor eléctrico, una transmisión, y ruedas de transmisión, y construida de manera que un cigüeñal del motor y un eje del primer motor eléctrico estén conectados a un eje de entrada del embrague, y que un eje del segundo motor eléctrico y un eje de entrada de la transmisión estén conectados a un eje de salida del embrague para transmitir un par de accionamiento desde el eje de salida de la transmisión hasta las ruedas de transmisión. (Shunichi, 2010)

Las investigaciones de la combustión del motor de carga homogénea y encendido por compresión (HCCI) han conducido activamente como una nueva tecnología de combustión para reducir sustancialmente y simultáneamente el óxido de nitrógeno (NOx) y hollín para cumplir con las rigurosas futuras normas de emisiones de escape.

Volviendo al tema de los motores de combustión, ya en el pasado, se ha propuesto un método de inyección de combustible en la etapa inicial del golpe de compresión, pero se sabe que el combustible se adhiere a la pared del cilindro, provocando una disminución de la eficiencia de combustión y dilución del aceite. Los investigadores han desarrollado la combustión de encendido por compresión premezclada (PCI) como una tecnología para resolver el problema anterior, así como la reducción simultánea de NOx y hollín. (Okude, 2004)



Después de la implementación de los híbridos, se creó una nueva tecnología de motores, los motores eléctricos son principalmente conocidos como complicados sistemas de alambres embobinados e imanes. Ante los ojos de los expertos se puede observar la sorpresa y la fascinación cuando en unos segundos, “se crea un motor con una batería, un tornillo de acero, un imán cilíndrico y un alambre conductor, que efectúa una rápida rotación. El imán, gracias a su fuerza magnética, junto con el tornillo forma un rotor, y el tornillo que a su vez se ha magnetizado, está suspendido de un borne de la batería. La punta del tornillo colgante que está conectada a la batería produce una fricción muy baja.” (Joachim, 2004)

Además de lo anterior mencionado, se han adelantado estudios para la implementación del magnetismo en los motores. Ha habido un gran interés en examinar los efectos no lineales en los campos del sistema de rotación magnética. Estos efectos se han observado en el dispositivo llamado generador de Searl o Generador de efecto Searl. Un seg consiste en una serie de tres anillos concéntricos y rodillos que circulan alrededor de los anillos. Todas las partes del SEG están basadas en la ley de los cuadrados. Los rodillos giran alrededor de los anillos concéntricos, pero no los tocan. Hay un polo norte primario y un polo sur primario en los rodillos un polo norte primario y un polo sur primario en los anillos concéntricos. Obviamente, el polo norte del rodillo es atraído al polo sur de los anillos concéntricos y viceversa. (Roschin)

Con el surgimiento de estas nuevas tecnologías, se inicia el análisis de la importancia del conocimiento de la temperatura de los motores de inducción, así como su implicación técnica y económica. (Barbon, 2003)

Observando estudios realizados en México, según el inventario oficial de emisiones para México del año 1999 (INE 2000), en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM), los vehículos fueron responsables de la emisión a la atmósfera del 99% del monóxido de carbono (CO), 64% de los óxidos de nitrógeno (NOX = NO + NO₂), 66% de los compuestos orgánicos volátiles (COVs) y 8.1% de los óxidos de azufre (SOX = SO₂ + SO₃). Asimismo, de acuerdo con el inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en 2002, el sector autotransporte contribuyó con el 91% de las emisiones de gases de efecto invernadero -expresadas como CO₂ equivalente- (Mar 2005).



Esto representa 16% del total de emisiones de CO₂ equivalente emitido a la atmósfera en el país durante 2002. (Menchaca, 2013)

En los últimos años, investigadores de diferentes laboratorios y universidades han mostrado un interés creciente en el estudio del motor de reluctancia auto conmutado (SRM). Aunque como lo afirma Torrent (2004) “sus aplicaciones industriales son escasas se presenta como una alternativa a los accionamientos convencionales debido a su construcción simple y robusta, a sus bajos costes de manufactura y a su elevado rendimiento, además de poder escoger entre diversas topologías de convertidor estático, prácticamente todas tolerantes a fallos.

Como herramienta de ayuda, se usará conocimiento de gestión de proyectos, en este caso la matriz DOFA ayudará a analizar las fortalezas, oportunidades, fortalezas y debilidades en el diseño del motor. Para ello se utilizarán las estrategias que se describen a continuación:

Las Estrategias Ofensivas - (Maxi-Maxi) - (F-O). Son las de mayor impacto. Para generarlas debe pensarse en qué puede hacer la organización para, apoyándose en sus fortalezas, lograr el máximo aprovechamiento de las oportunidades que se han identificado en el entorno.

Las Estrategias Defensivas - (Maxi-Mini) - (F-A). Se diseñan para enfrentar los posibles impactos negativos que pueden crearle a la organización las amenazas que se identificaron en el entorno, mediante el máximo aprovechamiento de sus fortalezas.

Las Estrategias Adaptativas - (Mini-Maxi) - (D-O). Se diseñan para reducir las limitaciones que pueden imponerle a la organización determinadas debilidades, en el máximo aprovechamiento de oportunidades que ha identificado en el entorno.

Las Estrategias de Supervivencia - (Mini-Mini) - (D-A). Son las más traumáticas, se generan para reducir el efecto que pueden tener las debilidades de la organización que puedan agudizar el impacto negativo de amenazas que ha identificado en el entorno. (Weihrich, 2012).



1.9. MARCO CONCEPTUAL

Antes de empezar a profundizar en este trabajo, vale aclarar algunos términos:

El emprendimiento: Es un término últimamente muy utilizado en todo el mundo y, aunque ha estado presente a lo largo de toda la historia de la humanidad, en los últimos años, este concepto se ha vuelto más importante porque se piensa que la innovación, el aprovechamiento de oportunidades, la generación de valor y la creación de nuevas fuentes de empleo, con más y mejores empresas favorece el desarrollo y ayuda a superar los constantes y crecientes problemas económicos. (Schnark, 2014)

Energía Magnética: La energía magnética es un fenómeno natural que sufren algunos cuerpos al atraerse o repelerse según el polo al que estén expuestos, o también al estar expuesto a otros metales, existe algunos materiales con propiedades magnética detectables fácilmente como el níquel, hierro, cobalto y sus aleaciones que comúnmente se llaman imanes. (Sanchez,2020)

Magnetismo: Esta es la propiedad natural de los imanes y las corrientes eléctricas de ejercer una fuerza a una cierta distancia ya sea de atracción o de repulsión dependiendo de la polaridad en la que estos cuerpos estén direccionados. (Sanchez,2020)

Torque: Torque o momento es una fuerza que se aplica a una determinada distancia de un eje fijo que gira en cuanto se ejerce esta fuerza, el cuerpo tiende a realizar un movimiento de rotación en torno a este eje, en muchos de los casos es preferible usar torque en vez de momento debido a que muchos de los autores toman como nombre al torque como referencia a esta fuerza, ahora bien, analizaremos cualitativamente este efecto de rotación que lo produce una fuerza ante un cuerpo rígido. (Sanchez,2020)

Imán de Neodimio: El imán neodimio de tierras raras, o también es conocido por NdFeB, este es el imán más comercializado en la industria electrónica, sus propiedades magnéticas lo hacen el ideal para esta rama de la ciencia, se trata de un imán permanente de aleaciones de neodimio, hierro, boro, que juntos forman el tetragonal cristalino, fue descubierto por General Motors en los años 1982 y la división de metales especiales de la Sumitomo Metal Industries, estos imanes son ahora en el mercado los imanes permanentes de mayor potencia creados por el hombre, esto permitió que la eficiencia de los motores 32 rotativos hubieran aumentado considerablemente así como en la instalación de los discos duros y sellos magnéticos. (Sanchez,2020)



1.10. MARCO LEGAL

Tabla 2. Normativas legales

NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
El código CIU 2930	Es utilizado para la fabricación de autopartes y accesorios, según lo estipulado por la cámara de comercio de Bogotá. El documento de constitución es un formulario en el que se establecerá el nombre de la empresa, las acciones o capital nominal, y demás aspectos legales en su proceso de constitución.
Resolución DIAN nro. 52 de 2016	Solicitud de la inscripción en el RUT de personas naturales y jurídicas, a través de la CCB.
Código del Comercio art. 189	Constancia en actas de decisiones de la junta o asamblea de socios. Las actas gozan de la presunción legal de autenticidad, por lo tanto, las personas que lo suscriben como presidente y secretario de la reunión, dan fe y responden por la veracidad de su contenido.
Decreto 806 de 1998	Por el cual se reglamenta la afiliación al régimen de seguridad social en salud y la prestación de los beneficios del servicio público esencial de seguridad social en salud y como servicio de interés general, en todo el territorio nacional.
Ley SAS art.38	Supresión de prohibiciones. Las prohibiciones contenidas en los artículos 155, 185, 202, 404, 435 y 454 del Código de Comercio no se les aplicarán a las sociedades por acciones simplificadas, a menos que en los estatutos se disponga lo contrario.
Decreto 1567 del 31 de julio de 2015	+Por el cual se modifica el Programa de Fomento para la Industria Automotriz y se autoriza al beneficiario del Programa a importar con franquicia o exoneración del gravamen arancelario las mercancías o bienes, con el compromiso de incorporarlos en la producción de vehículos o autopartes para la venta en el mercado nacional o externo.
Decreto 1567 de 2015 art.7	Se autoriza al beneficiario del programa, a



	<p>importar con franquicia o exoneración del gravamen arancelario, las mercancías o bienes contenidos en las subpartidas arancelarias señaladas en el artículo 3 ibídem con el compromiso de incorporarlos en la producción de vehículos o autopartes para la venta en el mercado nacional o externo. (Mincomercio, 2016)</p>
--	---

Realizada por el autor.



1.11. METODOLOGÍA

1.11.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para comenzar el desarrollo de este proyecto y lograr que el diseño se ajuste a las necesidades de la población, también se utiliza la metodología de diseño de Karl Ulrich, ya que esta abarca todos los campos que intervienen en el desarrollo de un proyecto de diseño que se ajusta a la medida de los usuarios empleando una metodología estructurada fundamentada en seis fases: Mercadeo; diseño; manufactura; departamento de administración, investigación y finanzas.

El enfoque de la esta investigación es de tipo cualitativa, ya que se centra en la comprensión y el análisis detallado de los significados y las experiencias de los usuarios con sus vehículos de combustión, para el análisis de mercado se utiliza una muestra pequeña y seleccionada intencionalmente para identificar los rasgos comunes de los prospectos y así lograr un diseño enfocado a sus necesidades. (Creswell, 2003)

El diseño de esta investigación es experimental (Sampieri, 2010) ya que implica la manipulación de variables (por ejemplo, la ubicación y orientación de los imanes, la forma y tamaño de las bobinas, entre otras) con el fin de observar su efecto en la operación del motor. Además, se miden y registran datos para analizar y comparar diferentes alternativas.

Como se ha mencionado anteriormente se busca crear un motor magnético que reduzca el impacto ambiental en el sector automotriz generado principalmente por los vehículos de combustión interna, el CO₂ y la polución, también se busca reducir el impacto social que genera el alto costo de los vehículos eléctricos.

POBLACIÓN

La población considerada en este proyecto son las personas de la ciudad de Bogotá que posean vehículo, con conciencia ambiental, teniendo como unidad de análisis la población perteneciente a los estratos 3, 4 y 5.

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para esta investigación y diseño del prototipo no solamente se utilizó la metodología de Karl Ulrich también se tiene en cuenta las indicaciones de Roberto Hernández



Sampieri autor de "Metodología de la Investigación", donde se pueden ver diferentes técnicas de recolección de información aplicables a esta monografía, como lo son las encuestas con el objetivo de obtener información sobre las opiniones, actitudes o comportamientos de los usuarios o prospectos. También se destaca el análisis de documentos, registros o archivos relevantes para el tema de investigación y la revisión bibliográfica. (Sampieri, 2014)

1.12. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

A continuación, se describen las actividades que se llevarán a cabo para cumplir cada uno de los objetivos en la realización del diseño y la investigación:

Tabla 3. Metodología objetivo específico 1

OBJETIVO: Caracterizar el sector automotriz usando herramientas de gestión de proyectos.	
FASE	METODOLOGIA
A. Recopilación de información	A1. Realizar una investigación en artículos científicos y antecedentes acerca del desarrollo de los motores magnéticos.
	A2. Revisar literatura del proceso de diseño de los motores magnéticos.
	A3. Analizar cada una de las problemáticas del sector automotriz para tener conocimiento sobre lo que se quiere conocer.
B. Caracterización del sistema	B1. Identificar todos los componentes, variables y parámetros del diseño de los motores magnéticos.
	B2. Generar una matriz DOFA para identificar las fortalezas y amenazas del diseño de los motores magnéticos.
RESULTADOS ESPERADOS	
Obtener información para el diseño del motor magnético de imanes permanentes caracterizando su funcionamiento y sus componentes principales.	

Realizada por el autor.



Tabla 4. Metodología objetivo específico 2

OBJETIVO: Realizar un estudio de mercado determinando la demanda potencial.	
FASE	METODOLOGIA
A. Recopilación de información	A1. Realizar una investigación del mercado en el sector específico que es Bogotá, para determinar las variables necesarias para la implementación de los motores magnéticos.
	A2. Realizar una encuesta para analizar los clientes potenciales y así establecer la demanda en el sector propuesto.
	A2. Observar el compromiso de las personas con el medio ambiente, y analizar su interés por el uso de otra alternativa de motor para sus vehículos.
B. Análisis de datos	B1. Establecer los resultados utilizando métodos estadísticos para interpretar los resultados y determinar las conclusiones precisas para continuar con el proceso.
	B2. Analizar los resultados del Estudio de clientes potenciales para la creación del diseño del motor magnético.
RESULTADOS ESPERADOS	
Determinar el prospecto ideal para los motores magnéticos y su viabilidad en el mercado.	

Realizada por el autor.



Tabla 4. Metodología objetivo específico 3

OBJETIVO: Elaborar el presupuesto financiero para la realización del motor magnético.	
FASE	METODOLOGIA
A. Cotizaciones e investigación	A1. Determinar las variables de decisión del modelo a partir del análisis realizado de costos de los diferentes componentes, costos de fabricación de los motores magnéticos ya existentes.
	A2. Evaluar las necesidades para el diseño y fabricación de los motores magnéticos realizando cotizaciones de los diferentes componentes.
B. Alternativas y elección	A3. Establecer las alternativas de diseño y compararlas para validar el modelo y escoger la más adecuada para el usuario según el análisis realizado anteriormente.
	B2. Elegir la mejor alternativa mediante el proceso de eliminación, con el estudio de costos de cada una evaluando sus ventajas y desventajas.
RESULTADOS ESPERADOS	
Obtener un presupuesto financiero para el diseño del motor magnético proyectando este diseño a su fabricación y distribución.	

Realizada por el autor.



Tabla 5. Metodología objetivo específico 4

OBJETIVO: Proponer el diseño de un motor magnético para vehículos automotrices.	
FASE	METODOLOGIA
A. Diseño del modelo	A1. Determinar la arquitectura del diseño mediante un diagrama de flujo para tener claridad en el desarrollo de los procesos.
	A2. Desarrollar el modelo matemático mediante fórmulas matemáticas pertinentes para el diseño de un motor magnético.
B. Validación y simulación del prototipo	B1. Elaborar el sistema de control mediante el software Matlab y posteriormente realizar las simulaciones para cada variable del controlador del motor.
	B2. Realizar la simulación del modelo 3D del motor de imanes permanentes síncrono, mediante el software Inventor.
RESULTADOS ESPERADOS	
El diseño final con su modelo matemático y posteriormente la simulación completa del motor de imanes permanentes síncrono.	

Realizada por el autor.



2. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR AUTOMOTRIZ USANDO HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS.

El sector automotriz se dedica a la fabricación, diseño y venta de vehículos de transporte, como automóviles, camiones, motocicletas y otros vehículos motorizados. Los motores magnéticos son una tecnología emergente que podría utilizarse en el sector automotriz en el futuro. A continuación, se presentan algunos de los componentes, variables y parámetros del diseño de los motores magnéticos:

1. Imán permanente: es el componente principal del motor magnético, que se utiliza para crear un campo magnético estable.
2. Bobinas: son las que generan la energía electromagnética para impulsar el rotor y el sistema del motor.
3. Rotor: es la parte giratoria del motor que contiene los imanes permanentes.
4. Estator: es la parte fija del motor que contiene las bobinas.
5. Eje: es el componente que conecta el rotor con el sistema de transmisión del vehículo.
6. Fuerza de atracción: es la fuerza magnética que atrae el rotor hacia el estator.
7. Velocidad de rotación: es la velocidad a la que gira el rotor y que puede ser controlada mediante la corriente que se suministra a las bobinas.
8. Potencia: es la energía que se transfiere desde el motor al sistema de transmisión del vehículo y que determina la velocidad y la capacidad de carga del vehículo.
9. Eficiencia: es la relación entre la potencia de salida del motor y la potencia de entrada y se utiliza para medir la eficiencia energética del motor.
10. Torque: es la fuerza que impulsa la rotación del rotor y se mide en unidades de libra-pie o newton-metro.

El diseño de un motor magnético para su uso en el sector automotriz debe tener en cuenta todos estos componentes, variables y parámetros, así como las necesidades específicas del vehículo y los requisitos de seguridad, eficiencia y rendimiento. La investigación en este campo se enfoca en desarrollar motores magnéticos más



UNIAGRARIA
Fundación Universitaria Agraria
de Colombia
Institución Universitaria
Personería Jurídica N°2599-86 M.E.N.

**LA U VERDE
DE COLOMBIA**

eficientes y duraderos que puedan ser utilizados en vehículos de transporte en el futuro.

Tabla 6. Matriz DOFA

Matriz DOFA	Fortalezas F1. Alta eficiencia energética. F2. Bajo mantenimiento. F3. Reducción de emisiones contaminantes.	Debilidades D1. Costo elevado de producción D2. Falta de inversión en investigación y desarrollo.
<p>Oportunidades</p> <p>O1. Mayor demanda de tecnologías más limpias y eficientes. O2. Necesidad de reducción de costos de producción.</p>	<p>Estrategia FO.</p> <p>F1: Promocionar los motores magnéticos como una alternativa más eficiente en términos energéticos, reduciendo los costos de operación de los vehículos</p> <p>O1F3: Aprovechar la tendencia hacia la sostenibilidad y la eficiencia energética en la industria automotriz para promover los motores magnéticos y mostrarlos como una solución sostenible y amigable con el medio ambiente, lo cual atraerá a consumidores preocupados por el impacto ambiental de los vehículos.</p> <p>O2: Buscar oportunidades de colaboración y financiamiento con otros actores de la industria para reducir los costos de producción de los motores magnéticos.</p> <p>F2: Comunicar la reducción de costos de mantenimiento que conlleva la utilización de motores magnéticos, lo cual aumentará la demanda del producto</p>	<p>Estrategia DO.</p> <p>D1O2: : Identificar áreas de oportunidad para optimizar el proceso de producción y reducir costos, así como buscar financiamiento y colaboraciones con otros actores de la industria para su desarrollo.</p> <p>D2: Priorizar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan reducir los costos de producción y aumentar la eficiencia energética.</p>



<p>Amenazas</p> <p>A1. Competencia con motores tradicionales.</p> <p>A2. Incertidumbre regulatoria y política:</p>	<p>Estrategia FA.</p> <p>A1F1: Promocionar las ventajas de los motores magnéticos en términos de eficiencia y sostenibilidad, para diferenciarse de la competencia.</p> <p>A2: Mantenerse actualizado en las regulaciones y políticas del sector automotriz para adaptarse a los cambios y minimizar los riesgos.</p>	<p>D2A2: Priorizar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías manteniéndose actualizado en las regulaciones y políticas del sector automotriz, para lograr un diseño que se adecue a estas.</p>
--	--	--

Realizada

por

el

autor.

3. ANÁLISIS DEL MEERCADO

En la actualidad gran parte de las empresas están buscando soluciones para evitar la contaminación acelerada que se ha venido presentando, compañías como Tesla inc. que fabrican carros eléctricos y muchos otros productos tecnológicos a favor del medio ambiente y fábricas como Porsche que empezaron a implementar vehículos híbridos, son algunas de las que contribuyen con el medio ambiente

El perfil del cliente, son cada una de las personas que esté interesada en contribuir al medio ambiente, cambiando el motor de su vehículo por uno que reduzca las emisiones de CO2.

[1] Decreto 1567 del 31 de julio de 2015, por el cual se modifica el Programa de Fomento para la Industria Automotriz y se autoriza al beneficiario del Programa a importar con franquicia o exoneración del gravamen arancelario las mercancías o bienes, con el compromiso de incorporarlos en la producción de vehículos o autopartes para la venta en el mercado nacional o externo.

Se empezará con las personas ubicadas en la ciudad de Bogotá, proyectando ventas para los siguientes años en las ciudades aledañas. Esperando así que aproximadamente el 30% de la población de Bogotá empiece a implementar el motor que se ofrece.

Este producto será de gran importancia en el mercado, ya que tanto en Colombia como en el resto del mundo se están buscando nuevas alternativas de hacer las cosas para mejorar la calidad de vida y el medio ambiente, porque se ha visto deteriorado con el accionar del hombre y con el uso masivo de vehículos de transporte se ha -+contribuido al deterioro ambiental y de la capa de ozono. Tal como muestra Walter Vergara en su estudio, (publicado en el tiempo, 2018) dentro de 20 años el país no podrá soportar más emisiones de gas.

Dado que entre el 2005 y 2009 las exportaciones colombianas de autopartes crecieron un 58%. (Superintendencia industria y comercio, 2019) convirtiéndolo en uno de los sectores líderes para el desarrollo de Colombia se ha decidido acceder al sector de autopartes.

3.1. ANÁLISIS DEL SECTOR

Para empezar, se ha hecho una muestra con 102 personas de la ciudad de Bogotá para ver cuántos de ellos están interesados en tener un motor amigable con el medio ambiente y con su bolsillo, utilizando un sistema de muestreo simple aleatorio.



La encuesta, realizada en google, consta de 5 preguntas, con ellas se sabrá si poseen carro, si les interesa el medio ambiente y si están dispuestos a cambiar su motor para seguir contribuyendo con el mejoramiento del ambiente, con esta última pregunta también se sabe quiénes están interesados en comprar el motor. Esta encuesta es a partir de 01 de Julio de 2021 hasta el 31 de agosto de 2021. La estructura de la encuesta es la siguiente:

Tabla. 7. Estructura de la encuesta

FICHA TÉCNICA ENCUESTA		
Nombre del proyecto	Estudio de clientes potenciales de motores magnéticos para la creación del diseño.	
Descripción	Realizar un estudio cuantitativo, por medio de una encuesta, para analizar el interés de las personas por el cuidado del medio ambiente, si realmente quieren ahorrar dinero al usar sus vehículos.	
Localización	Ciudad de Bogotá	
Objetivo general	Observar el compromiso de las personas con el medio ambiente, y analizar su interés por el uso de opciones alternativas a los motores comunes en su vehículo, para así invertir tiempo y dinero en la fabricación del motor.	
Universo	Personas adultas de la ciudad de Bogotá	
Muestra	102 Personas	
Entrevista	Virtual.	

Fuente: realizado por el autor.

A continuación, se mostrará la encuesta realizada:



Fig. 7

Encuesta

Con esta encuesta se quiere saber si le interesa el cuidado del medio ambiente, disminuir gastos y optar por otra opción para su vehículo.

¿Tiene automovil?

Sí

No

¿Le gustaría usar su automovil sin tener que gastar dinero en combustible o electricidad?

Sí

No

¿Le interesa el cuidado del medio ambiente?

Sí

No

¿Le gustaría reducir el impacto ambiental que deja el uso de combustibles fósiles?

Sí

No

¿Cambiaría el motor actual de su auto por un motor magnético? Este motor reducirá el impacto ambiental, y disminuirá sus gastos evitando el uso de combustibles

Sí

No

Fuente: Realizada por el autor.



Fig. 8



Fuente: Realizado por el autor.

De los encuestados el 62,7% (64 personas) dijeron no tener vehículos, mientras el 37,3% (38 personas) dijeron que sí.

Esas 38 personas que dijeron si tener vehículo, son posibles compradores potenciales. El porcentaje restante al no tener un vehículo no se puede tomar como un posible comprador en este momento.

Fig. 9

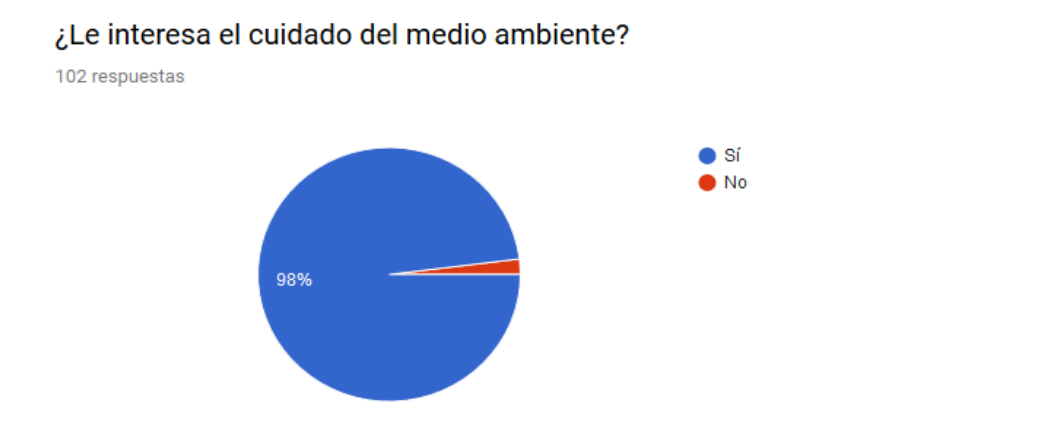


Fuente: realizada por el autor.

El 96,1% de las personas, tanto como las que no poseían un vehículo como las que sí, dijeron que les gustaría el poder tener un vehículo con el que no tuvieran que gastar dinero en gasolina ni en consumo eléctrico.

Esto muestra una mayor posibilidad de compradores potenciales para el producto.

Fig. 10



Fuente: realizado por el autor

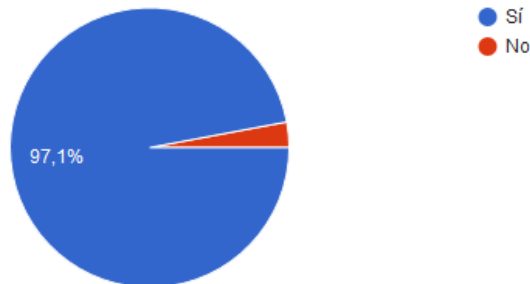
Con esta pregunta se quería saber si los encuestados muestran interés por el medio ambiente, ya que existen personas a las que ese tema no les importa mucho.

El 98% de las personas dijo sí importarle este tema.

Fig. 11

¿Le gustaría reducir el impacto ambiental que deja el uso de combustibles fósiles?

102 respuestas



Fuente: realizado por el autor

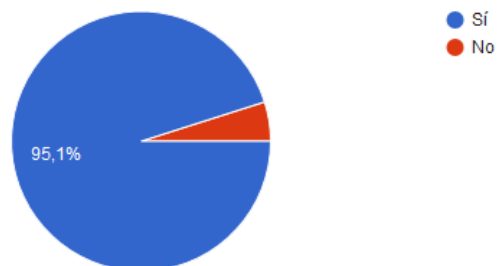
En esta parte de la encuesta se quería mirar si mostrarían realmente un compromiso por el cuidado del medio ambiente.

El 97,1% de los encuestados, mostró interés

Fig. 12

¿Cambiaría el motor actual de su auto por un motor magnético? Este motor reducirá el impacto ambiental, y disminuirá sus gastos evitando el uso de combustibles

102 respuestas



Fuente: realizado por el autor.

En la última pregunta se quería saber ya quién realmente va a comprar el motor, tanto por el aporte positivo que tiene para las personas y el ambiente como para el ahorro del consumo de combustibles y energía eléctrica.

El 95,1% (97 personas) mostraron interés por el motor, el 4,9% (5 personas) dijeron que no.



En general la mayoría de las personas preferirían usar uno de los motores, pero teniendo en cuenta que no todas tienen vehículos. En el momento no se tomaría en cuenta el 62,7% (64 personas) y se tendrían en cuenta las 38 personas que dijeron si tener vehículo, aun así de esas 38 personas, 2 dijeron no estar interesadas en el motor, yendo en contra de lo que dijeron de cuidar el medio ambiente y mostrar interés por el mismo. Las otras 36 sí están comprometidas y muestran interés por el motor que se ofrece, pueden ser usuarios potenciales. Ahora tomando también en cuenta la facilidad actual en la que una persona puede adquirir un vehículo por medio de créditos y demás las 62,7% personas restantes que, podrán dijeron no tener vehículo en un futuro también ser compradores potenciales del motor, ya que todas mostraron interés en él.

4. PRESUPUESTO FINANCIERO

Para elaborar el presupuesto financiero del motor magnético, es necesario tener en cuenta varios factores y variables. A continuación, se presentan los elementos que se consideran necesarios.

4.1. Necesidades para el diseño y fabricación del motor

Necesidad de máquinas: Las máquinas no son necesarias ya que como se mencionó anteriormente, las piezas del motor se ensamblan manualmente.

Necesidad de equipos: Para garantizar el funcionamiento de los motores serán necesarios algunos equipos como, un osciloscopio, un generador de señales y una fuente de poder con el fin de revisar los parámetros que está entregando el motor.

Necesidad de herramienta: Algunas de las herramientas que se requieren para arrancar serán las que usualmente se tienen en casa como llaves inglesas, alicates, pela cables, destornilladores.

Necesidades de equipo de oficina y cómputo: Se necesitará un computador, que en este caso será el computador o laptop personal y una impresora, igualmente se usará la personal.



Necesidades de materia prima: En este caso nuestra materia prima serán los imanes de neodimio, el aluminio en el que se fabricarán las partes mecánicas, las resistencias, capacitores, embobinados y electroimanes, cables de corriente, bornes, cables de cobre para las conexiones eléctricas del motor, guantes, botas puntas de acero, gafas de seguridad.

Necesidades de insumos: Estos serán, pegante para imanes, tornillos, arandelas, tuercas.

4.1.1. Costos de los diferentes componentes

En la siguiente tabla se muestra la cantidad y precio de cada artículo, y los años a depreciar, esto quiere decir la vida útil según que tiene cada producto, así que por año se va devaluando, tal como se muestra a continuación:

Tabla 4. Inversión de fábrica

FABRICACIÓN DE MOTORES MAGNÉTICOS						
Inversiones en fábrica						
Activos	Vr. Unitario	cantidad	vr. Total	Años a depreciar	Depreciación anual	Depreciación mensual
Osciloscopio	401.777	1	401.777	4	100.444	8.370
Generador de señal	276.990	1	276.990	4	69.248	5.771
Fuente de poder	700.000	1	700.000	4	175.000	14.583
Multímetro	200.000	1	200.000	10	20.000	1.667
Herramientas	2.000.000	1	2.000.000	10	200.000	16.667
Total inversión			3.578.767		564.692	47.058



Inversión administrativa						
Muebles y enseres	10.000.000	1	10.000.000	10	1.000.000	83.333
Equipo de computo	2.500.000	2	5.000.000	3	1.666.667	138.889
Equipo de comunicaciones	700.000	2	1.400.000	5	280.000	23.333
Total			16.400.000		2.946.667	245.556
APORTE DE SOCIOS						
Juan Camilo Villamil	25.000.000					

Realizada por el autor.

(Cotización proveedor UNI-T, Homecenter)

Tabla 5. Costo de fabricación

COSTO DE FABRICACION MOTORES MAGNÉTICOS				
Materia prima	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo por motor
Imanes permanentes	1	8	5.567	44.539
Cubierta y platos	1	1	336.469	336.469
Tornillos	1	30	120	3.605
tuercas	1	30	120	3.605
arandelas	1	30	60	1.803
cables	1	4	6.008	24.033
radiador	1	1	60.084	60.084
total				474.137
Motores a realizar				1

Realizada por el autor.

(Cotización proveedor IMC Magnetics, Daido Steel)

4.2. ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO



Las diferentes alternativas a continuación son el resultado del estudio de las diferentes fases descritas anteriormente y se compara cada una con los costos de sus componentes para facilitar la elección de la más adecuada

4.2.1. Alternativa 1 Motor magnético de corriente continua

. Motor de corriente alterna (AC): Este tipo de motor utiliza una corriente alterna para generar un campo magnético en los imanes del estator, lo que hace que el rotor gire. Sus componentes principales son el estator (que contiene las bobinas de cobre), el rotor (que puede ser de dos tipos: jaula de ardilla o de polos salientes), las escobillas (que permiten el contacto eléctrico con el rotor en algunos casos) y el condensador (que ayuda a generar un campo magnético giratorio en el estator).

Tabla 6. Costo de materiales

Componente	Descripción	Precio (COP)
Rotor	El rotor es la parte móvil del motor y está compuesto por un conjunto de imanes permanentes y un conmutador.	200,000
Estator	El estator es la parte fija del motor y contiene las bobinas de cobre que generan el campo magnético.	80,000
Conmutador	El conmutador es un componente mecánico que cambia la dirección del flujo de corriente en las bobinas del estator a medida que el rotor gira.	200,000
Escobillas	Las escobillas son componentes mecánicos que establecen contacto eléctrico con el conmutador y permiten que fluya la corriente a través de las bobinas del estator.	50,000
Eje	El eje es el elemento mecánico que conecta el rotor y el estator y permite la transmisión de energía.	30,000
Carcasa	La carcasa es la estructura que sostiene todos los componentes del motor y les proporciona protección.	80,000
Controlador de velocidad	El controlador de velocidad es un componente electrónico que regula la velocidad del motor.	200,000
Total	-	940,000

Realizada por el autor.

(Cotización proveedor Nidec Corporation)



4.2.2. Alternativa 2 Motor magnético de imanes permanentes

Motor de imanes permanentes: Este tipo de motor utiliza imanes permanentes para generar un campo magnético en el rotor y/o en el estator. Sus componentes principales son el rotor (que contiene los imanes) y el estator (que contiene las bobinas de cobre o imanes permanentes adicionales).

Tabla 7. Costo de materiales

Componente	Descripción	Precio (COP)
Rotor	El rotor es la parte giratoria del motor que contiene los imanes permanentes de neodimio.	250,000
Estator	El estator es la parte estacionaria del motor que contiene las bobinas de cobre que generan el campo magnético.	300,000
Cojinetes	Los cojinetes son los elementos mecánicos que permiten el movimiento rotatorio del eje del motor.	50,000
Eje	El eje es la parte del motor que conecta el rotor y el estator, y transmite la energía mecánica.	75,000
Carcasa	La carcasa es la estructura externa que protege los componentes internos del motor.	100,000
Controlador de velocidad	El controlador de velocidad es un componente electrónico que regula la velocidad del motor.	200,000
Circuito de alimentación	El circuito de alimentación es el sistema que suministra la energía eléctrica al motor.	150,000
Total	-	1,125,000

Realizada por el autor.

(Cotización proveedor Nidec Corporation)

4.3. ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS CONVENIENTE.

4.3.1. Eliminación de procesos

Para la elección de la mejor alternativa entre las dos opciones propuestas se evaluaron varias características que se muestran a continuación:

- Se Evaluó el uso final del motor: El primer paso para escoger entre la fabricación del motor magnético de imanes permanentes y el motor magnético de corriente continua fue evaluar el uso final del motor. En este diseño el motor se usará para aplicaciones que requieren una



alta eficiencia y una larga vida útil, entonces el motor magnético de imanes permanentes es una mejor opción.

- Se comparó la eficiencia energética: Los motores magnéticos de imanes permanentes son conocidos por su alta eficiencia energética, lo que significa que pueden producir la misma cantidad de energía que los motores magnéticos de corriente continua pero utilizando menos energía eléctrica.
- Se consideró el costo de mantenimiento: Los motores magnéticos de imanes permanentes tienen un menor costo de mantenimiento que los motores magnéticos de corriente continua, ya que no tienen partes móviles que se desgasten con el tiempo.
- Se verificó la disponibilidad de materiales: Los imanes de neodimio utilizados en los motores magnéticos de imanes permanentes pueden ser más costosos que los materiales utilizados en los motores magnéticos de corriente continua. Pero son más fáciles de encontrar y de manipular.
- Se consideró la vida útil: Los motores magnéticos de imanes permanentes tienen una vida útil más larga que los motores magnéticos de corriente continua. Por lo tanto, si se espera que el motor tenga una vida útil prolongada, puede ser más ventajoso elegir un motor magnético de imanes permanentes.
- Se analizó el tamaño y peso del motor: Los motores magnéticos de imanes permanentes pueden ser más compactos y livianos que los motores magnéticos de corriente continua para producir la misma cantidad de energía. En este caso el espacio y el peso son un factor importante, así que un motor magnético de imanes permanentes puede ser la mejor opción.

En resumen, Aunque el costo de materiales de la alternativa 2 es más alto las ventajas del motor magnético de imanes permanentes incluyen una mayor eficiencia energética, un menor costo de mantenimiento, una vida útil más larga y una mayor compactación. Por lo tanto, si se espera que el motor tenga una larga vida útil y se utilice en automóviles que requieren una alta eficiencia, es más ventajoso elegir un motor magnético de imanes permanentes.

4.3.2. Costos de la alternativa final



Teniendo en cuenta el análisis del mercado, identificando el costo de producción definido en el siguiente módulo encontramos:

De acuerdo con el mercado de autopartes, los motores para carros pequeños (micro buses, vans, carros de golf, etc), oscilan entre USD \$199-\$299 (\$948.334-\$1'424.884 pesos) y para vehículos más grandes como carros veloces, mini buses y carros de utilería oscilan entre USD \$600-\$800.

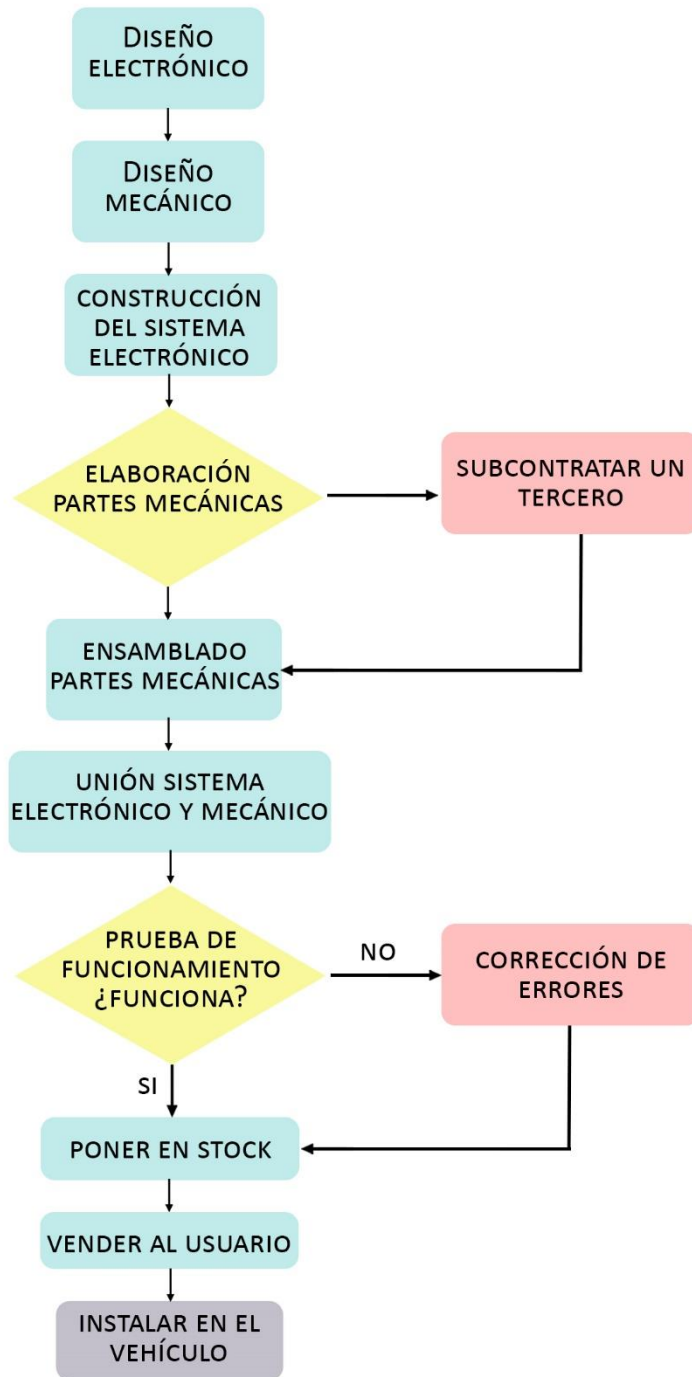
Así que el diseño del motor de acuerdo al análisis realizado en el estado financiero, presentado en la sección de costos (Costos de fabricación y costos de materiales), el precio es de \$4'800.000 pesos.

- Los imanes de neodimio con una fuerza de sujeción y repulsión aproximada de 140 Kg, cuestan 56,69 Euros (\$250.152 pesos) 40 unidades, en dólares aproximadamente sería \$64,88 las 40 unidades. La configuración de imanes en cada motor oscila entre 8 y 12 aproximadamente, o sea por motor se usarían 8 o 12 imanes. El plato en el que se dispondrán los imanes, estará fabricado de acero especial al igual que la cubierta y tiene un costo aproximado de USD \$100 dólares (\$476.550 pesos).
- En total por cada motor, que usará 12 imanes aproximadamente o sea un costo de USD \$19,464 (\$92.755 pesos) más USD \$100 (\$476.550) dólares de los otros componentes, todo suma USD \$329,74. (1'600.000 pesos) Estos son los gastos variables por motor.
- El valor de venta de este motor sería de \$4'800.000 que se verá más adelante con el diseño del motor.

5. DESCRIPCIÓN DEL MOTOR MAGNÉTICO

5.1. Arquitectura del producto

Fig. 24



Fuente: realizado por el autor

Con base en el diagrama de flujo se va a describir cada una de las operaciones para la fabricación del motor.



- El primer paso es diseñar el modelo matemático teniendo en cuenta las fórmulas ya existentes para motores magnéticos
- Después la parte electrónica que lleva el motor, se hará mediante programas como Crocodile y Matlab. Con ellos se hará y probará el diseño de manera digital.
- A continuación se hará el diseño de la parte mecánica, usando SolidWorks, se hará pieza por pieza, y se probará de manera digital el funcionamiento del ensamblado, hasta este punto llega la investigación y el diseño del prototipo en este documento.
- En un futuro se espera pasar a su construcción física, y posterior a ello probar el funcionamiento; las partes mecánicas serán fabricadas por un tercero, este debe ser un ornamentador que haga las piezas tal cual como se le presentan en el diseño.
- Acto seguido, al recibir las piezas se pasará a su ensamblaje y además al ensamblado general que incluirá la parte electrónica. Se harán luego pruebas de funcionamiento ya del motor armado, en caso de presentar fallas se procederá a corregir los errores encontrados y luego se probará de nuevo. Una vez el motor esté en funcionamiento se pondrá en Stock para ser vendido. Al ser adquirido por el usuario se hará la respectiva instalación en el vehículo.

6. MODELACIÓN MATEMATICA DEL DISEÑO DEL MOTOR MAGNETICO DE IMANES PERMANENTES

6.1. Modelo matemático

Para iniciar con la construcción del motor sincrónico de imanes permanentes se resolverá una serie de fórmulas de motores asíncronos de imanes permanentes que ayudarán en el diseño, también se realizará el sistema de control del motor.

Esta es la ecuación del volumen del estator, que se hallará más adelante.

$$T = \frac{P_{out}}{\omega_m}$$
$$V_0 = \frac{D^2 L}{T}$$

Si $V_0 = 8 \sim 9 \text{ in}^3 / \text{ft.lb}$ para 10 HP o menos, la refrigeración será por aire

Si $V_0 = 4 \sim 5 \text{ in}^3 / \text{ft.lb}$ para 10 HP o más, la refrigeración será líquida



Si diseñamos $D=L$, tendremos el diámetro estimado del agujero del estator.

$$D_{\text{estimado}} \approx (TV_0)^{\frac{1}{3}}$$

La velocidad Sincrónica se halla con la siguiente fórmula

N_s =velocidad sincrónica (rpm)

f =frecuencia Hz

P =Número de polos.

$$N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 * 50}{8} = 750 \text{ rpm}$$

Ahora se calcula el torque

T_e = Torque

λ = Constante = 3,097

i = Ajustable, en este caso 10,8.

e = Constante.

$$T_e = \frac{3P}{2^2} (\lambda * i) = \frac{3 * 8}{2^2} ((3.097) * 10,8) = 200,6$$

Se calcula ahora el flujo en el estator q

λ_q =Flujo

L_q =12.5e-3

i_q =0.1

$$\lambda_q = (L_q * i_q) = ((12.5e - 3) * 0.1) = 3.097$$

A continuación, el flujo en el estator d

λ_d =Flujo

L_d =5,7e-3

i_d =0.1

λ_{af} =123e-3

$$\lambda_d = L_d i_d + \lambda_{af} = ((5,7e - 3) * 0.1) + (123e - 3) = 6.152$$

Ahora se hallará la velocidad eléctrica

w_r =Velocidad eléctrica

P =Número de polos.

w_{rm}



$$W_r = \frac{P}{2} W_{rm}$$

Este motor será un motor trifásico, de 8 polos, con una frecuencia de 50Hz en su anillo deslizante, un voltaje de 3600, y una potencia de 270kW.

Procedemos a resolver:

Flujo por polo:

Número de ranuras por fase: $96/3=32$

Número de vueltas por fase:

$$T_{ph} = 32 * \frac{12}{2} = 192$$

Suponiendo que las bobinas son completas $K_w = 0.955$, $E_{ph} = V_{ph}$ y la bobina del estator conectada en estrella.

$$E_{ph} = \frac{3600}{\sqrt{3}} = 2078 \text{ Voltios}$$

Tenemos

$$E_{ph} = 4.44f\phi T_{ph} K_w, ie$$

$$\phi = \frac{E_{ph}}{4.44fT_{ph}K_w} = \frac{2078}{4.44 * 50 * 192 * 0.955} = 0.51 \text{ wb}$$

(ii) Abertura de densidad de flujo:

$$A_g = \frac{\pi DL}{p} = \frac{\pi * 0.67 * 0.38}{8} = 0.1 \text{ m}^2$$

$$B_g = \frac{\phi}{A_g} = \frac{0.51}{0.1} = 0.51 \text{ Tesla}$$

(iii) Tamaño del conductor

Asumiendo una eficiencia del 91% y una carga completa del factor de potencia de 0.89

$$\text{Potencia de entrada al motor} = \frac{270 * 10^3}{0.91} = 296703 \text{ w}$$

$$\text{Carga completa de corriente por cada fase} = \frac{296703}{3 * 2078 * 0.89} = 53.47 \text{ A}$$

Asumiendo una densidad de corriente de $4.1 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$,



Área de la sección transversal del conductor $\frac{53.47}{4.1} = 13.04 \text{ mm}^2$ ya que la sección del conductor es $> 5 \text{ mm}^2$ del conductor rectangular seleccionado. El tamaño del conductor seleccionado que satisface los requerimientos es $2.5 \text{ mm} * 5.5 \text{ mm}$ Así el área del conductor seleccionado es 13.2 mm^2
Tamaño del conductor con espesor de aislamiento de 0.2 mm es $2.9 \text{ mm} * 5.9 \text{ mm}$

(iv) Tamaño de las ranuras

12 conductores por ranura están dispuestos en dos capas con 6 conductores en cada capa. Seis conductores en cada capa están dispuestos en 2 conductores de profundidad y 3 conductores hacia lo ancho.
Con esta disposición, el ancho y la profundidad de la ranura se pueden estimar de la siguiente manera.

(a) Ancho de la ranura

Espacio ocupado por el conductor aislado, $3 * 2.9$	8.7 mm
Aislamiento de la bobina, $2 * 1.0$	2.0 mm
Líneas de la ranura, $2 * 0.2$	0.4 mm
<u>Espacio</u>	<u>0.9 mm</u>
Total del ancho de la ranura	12.0 mm

(b) Profundidad de la ranura

Espacio ocupado por el conductor aislado, $4 * 5.9$	23.6 mm
Aislamiento de la bobina, $4 * 1.0 \text{ mm}$	4.0 mm
Líneas de la ranura, $3 * 0.2 \text{ mm}$	0.6 mm
Separador de la bobina, $1 * 1.0 \text{ mm}$	1.0 mm
Línea de la parte superior, $1 * 1.0 \text{ mm}$	1.0 mm
Cuña	3.0 mm
Borde	1.5 mm
<u>Espacio</u>	<u>1.3 mm</u>
Altura total de la ranura	35.0 mm

Por lo tanto la dimensión de la ranura es $12.0 \text{ mm} * 35.0 \text{ mm}$

(v) Pérdidas de cobre en el bobinado del estator

Longitud del giro medio, $l_{mt} = 2L + 2.3\tau_p + 0.24 = 2 * 0.38 + 2.3 * \pi * \frac{0.67}{8} + 0.24 = 1.6m$



$$\text{Resistencia por fase} = \frac{0.021 * l_{mt} * T_{ph}}{a_s} = \frac{0.021 * 1.6 * 192}{8} = 0.49 \text{ ohm}$$

$$\text{Pérdidas totales de cobre} = 3L_s^2 r_s = 3 * 53.47^2 * 0.49 = 4203 \text{ watts}$$

(vi) Densidad del flujo en el diente del estator

Diámetro a $\frac{1}{3}$ de altura

$$D = D + \frac{1}{3} * h_{ts} * 2 = 0.67 + \frac{1}{3} * 0.035 * 2 = 0.693m$$

$$\text{Paso de la ranura a } \frac{1}{3} \text{ de la altura} = \tau_s = \pi * \frac{D}{S_s} = \pi * \frac{0.693}{96} = 0.02268m$$

$$\text{Ancho del diente en esta sección} = b_t = \tau_s - b_s = 0.02268 - 0.012 = 0.0168m$$

Asumiendo 3 conductos de ventilación con 1 cm de ancho y un factor de hierro de espacio de 0.95

$$\text{Longitud del hierro } l_i = (0.38 - 3 * 0.01)0.95 = 0.3325m$$

Área del diente del estator por polo, $A_t = b_t * l_i * \text{número de dientes por polo}$

$$A_t = b_t * l_i * P = 0.0168 * 0.3325 * \frac{96}{8} = 0.04261m^2$$

$$\text{Densidad media del flujo en los dientes del estator } B'_t = \frac{\phi}{A_t} = \frac{0.051}{0.04261} = 1.10 \text{ Tesla}$$

$$\text{Densidad de flujo máximo en el diente del estator} = 1.5 * 1.10 = 1.65 \text{ Tesla}$$

(vii) Densidad de flujo en el núcleo del estator

$$\begin{aligned} \text{Profundidad del núcleo del estator, } d_{cs} &= \frac{1}{2}(D_0 - D - 2h_{ss}) \\ &= \frac{1}{2}(0.86 - 0.67 - 2 * 0.035) = 0.06m \end{aligned}$$

$$\text{Área del núcleo del estator } A_c = L_i * d_{cs} = 0.3325 * 0.06 = 0.01995m^2$$

$$\text{Flujo en el núcleo del estator} = \frac{1}{2} * \phi = \frac{1}{2} * 0.051 = 0.0255 \text{ wb}$$



$$\text{Densidad de flujo en el núcleo del estator, } B_c = \frac{\Phi_c}{A_c} = \frac{0.0255}{0.01995} = 1.28 \text{ Tesla}$$

Diseño del rotor

El rotor debe poseer una cantidad diferente de ranuras al estator para que su funcionamiento sea correcto,

El diseño del rotor es basado en el estator que se tiene, así que tendrá 3 fases, una frecuencia de 50 Hz, 270 kW, 3600 V, 8 polos, longitud neta del núcleo del estator = 0.38m, diámetro interno del estator = 0.67 m, diámetro externo del estator = 0.86 m, número de conductores por ranura = 12.

(i) Diámetro del rotor

Longitud del espacio de aire

$$l_g = 0.2 + 2\sqrt{(DLmm)}$$
$$l_g = 0.2 + 2\sqrt{(380 * 670')}$$
$$l_g = 1009.35mm$$
$$l_g = 1.009m$$

Diámetro externo del rotor

$$D_r = 670 - 2 * 1009.35 \times 10^{-3}$$
$$D_r = 667.9mm$$
$$D_r = 0.667m$$

(ii) Número de ranuras para el rotor: Teniendo en cuenta los factores para la selección del número de ranuras para el rotor, suponiendo que el número de ranuras del rotor por polo y por fase es de $3\frac{1}{2}$

Número total de ranuras del rotor:

$$\text{Número total de ranuras para el rotor} = 3.5 * P * 3$$
$$\text{Número total de ranuras para el rotor} = 3.5 * 8 * 3 = 84$$

$$\text{Paso de ranura del rotor} = \frac{\pi D_r}{S_r}$$

$$\text{Paso de ranura del rotor} = \frac{\pi 0.667}{84} = 0.024m$$

(iii) Corriente del rotor



Ya que el motor es de 270 kW, se considera de eficiencia alta, asumiendo una eficiencia de 92% y $\cos\phi=0.91$

$$\text{Entrada del motor} = \frac{270}{0.92} = 293.4 \text{ kW}$$

$$E_s = \frac{V_s}{\sqrt{3}} = \frac{3600}{\sqrt{3}} = 2078.4 \text{ V}$$

Carga completa del estator por fase

$$I_s = \frac{293.4 * 10^3}{3 * 2078.4 * 0.91} = 51.7 \text{ A}$$

Corriente equivalente del rotor

$$I_r = 0.85, I_s = 51.7 * 0.85 = 43.9 \text{ A}$$

$$I_r = \frac{(K_{ws} * S_s * Z'_s) * I'_r}{K_{wr} * S_r * Z'_r} = \frac{96 * 12 * 43.9}{84 * 1} = 602.05 \text{ A}$$

(iv) Tamaño de los magnetos del rotor

Asumiendo una corriente de 5 A/mm^2 para los magnetos del rotor.

$$\text{Área transversal de la sección del magneto del rotor} = \frac{602.5}{5} = 120.5 \text{ mm}^2$$

Ya que esta área es demasiado grande, el rotor no serviría de esta forma, así que se procede a dividir en 4 tiras rectangulares de área 30.1 mm^2

$$\text{Tamaño estándar de la tira rectangular seleccionada} = 11 \text{ mm} * 4 \text{ mm}$$

$$\text{Área seccional del conductor rectangular} = 30.1 * 4 = 120.4 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tamaño del conductor rectangular con asilamiento} = 11.5 \text{ mm} * 4.5 \text{ mm}$$

(v) Tamaño de la ranura del rotor



Las cuatro tiras del conductor rectangular están dispuestas como 2 tiras a lo ancho y 2 tiras en profundidad, con esta disposición, el tamaño de la ranura se puede estimar de la siguiente manera:

(a) Ancho de la ranura

Espacio ocupado por el magneto $2 * 4.5$	9.0mm
Línea de la ranura $2 * 1.5$	3.0mm
<u>Espacio</u>	<u>1.0mm</u>
Ancho total de la ranura	13.0mm

(b) Profundidad de la ranura

Espacio ocupado por el magneto $2 * 11.5$	23.0mm
Línea de la ranura $3 * 1.5$	4.5mm
Cuña	3.5mm
Borde	1.0mm
<u>Espacio</u>	<u>1.0mm</u>
Profundidad total de la ranura	34.0mm

El tamaño de la ranura del rotor es de 13 mm * 34 mm

Evaluación del desempeño

Mientras se diseña el estator de 3 fases, 270 kW, 3600 V, 50Hz, 8 polos, rotor magnético para el motor magnético, se obtienen los siguientes datos

Diámetro interno del estator	=0.67m
Longitud neta	=0.38m
Número de ranuras del estator	=96
Número de conductores por ranura	=12
Dimensión de la ranura del estator	=12.0 mm * 35.0 mm
Profundidad del núcleo del estator	=0.06m
Número de ranuras del rotor	=84
Dimensiones de la ranura del rotor	=13 mm * 34 mm
Profundidad del núcleo del rotor	=0.06m
Coefficiente de Carter para el espacio de aire	=1.009m

(i) Flujo por polo

Número total de conductores del estator = $96 * 12 = 1152$

Vueltas del estator por fase



$$T_{ph} = \frac{1152}{6} = 192$$

Asumiendo la conexión delta-estrella del motor

$$V_{ph} = 3600 V, \text{ factor de enrollamiento} = 0.955$$

Flujo de aire por polo

$$\phi = \frac{E_{ph}}{4.44fT_{ph}K_w} = \frac{3600}{4.44 * 50 * 192 * 0.955} = 0.0884 \text{ wb}$$

(ii) Pérdidas por hierro

Pérdida total de hierro = pérdida de hierro en los dientes del estator + pérdida de hierro en el núcleo del estator

Pérdida de hierro en los dientes del estator:

Para la longitud del estator dada suponiendo un conducto de ventilación de 1 cm de ancho y factor de espacio de hierro de 0.95,

$$L_i = (L - n_d * w_d)K_i$$

$$L_i = (0.38 - 1 * 0.01) * 0.95 = 0.351 \text{ m}$$

Diámetro a $\frac{1}{3}$ de altura

$$D' = D + \frac{1}{3} * h_{ts} * 2$$

$$D' = 0.67 + \frac{1}{3} * 0.035 * 2 = 0.693 \text{ m}$$

Paso de la ranura a $\frac{1}{3}$ de altura

$$\tau_s = \pi * \frac{D}{S_s} = \pi * \frac{0.693}{96} = 0.022 \text{ m}$$

$$\text{Ancho del diente en esta sección} = b_t = \tau_s - b_s = 0.022 - 0.012 = 0.01 \text{ m}$$

Área del diente del estator por polo

$$A_t = b_t * l_i * \text{número de dientes por polo}$$

$$A_t = b_t * l_i * \frac{S_s}{p} = 0.01 * 0.351 * \frac{96}{8} = 0.042 \text{ m}^2$$

Densidad media del flujo en los dientes del estator

$$B'_t = \frac{\phi}{A_t} = \frac{0.0884}{0.04261} = 2.074 \text{ Tesla}$$

$$\text{Densidad máxima del flujo en los dientes del estator} = 1.5 * 2.074 = 3.111 \text{ Tesla}$$

Volumen de los dientes del estator

$$= b_t * l_i * \text{Altura de los dientes} * \text{número de los dientes}$$

$$vol_{ts} = 0.01 * 0.351 * 0.035 * 96 = 0.0117 \text{ m}^3$$

Peso de todos los dientes = volumen * densidad

$$\text{Asumiendo una densidad de } 7.8 * 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso de todos los dientes} = 0.0117 * 7.8 * 10^3 = 91.26 \text{ kg}$$



Pérdida total de hierro en los dientes del estator = $44 * 91.26 = 4013.6 \text{ Watts}$

Pérdidas de hierro en el núcleo del estator:

$$\text{Área seccional del núcleo del estator} = l_i * d_c = 0.351 * 0.01995 = 0.0070 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro mediod el núcleo del estator dbajo de las ranuras} = d_{is} + 2 * d_{rs} + d_{rr}$$

$$\begin{aligned} \text{Diámetro mediod el núcleo del estator dbajo de las ranuras} \\ = 0.67 + 2 * 0.035 + 0.03 = 0.77 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Volumen del núcleo del estator} = \pi * D * A_{cs} = \pi * 0.77 * 0.0070 = 0.0169 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del núcleo del estator} = 0.0169 * 7.8 \times 10^3 = 131.8 \text{ kg}$$

$$\text{Densidad de flujo en el núcleo del estator} = \frac{\phi_c}{A_{cs}} = \frac{0.0884}{0.0070} = 6.31 \text{ Tesla}$$

La pérdida de hierro por kilogramo es de 17 watts/kg

$$\text{Pérdidas de hierro en el núcleo del estator} = 17 * 131.8 = 2240.6 \text{ Watts}$$

$$\text{Pérdida total de hierro en el núcleo del estator} = 4014.6 + 2240.6 = 6255.2 \text{ Watts}$$

(iii) Componente activo de corriente sin carga

Suponiendo que las pérdidas por fricción y por viento son el 1%.

Pérdidas de fricción y viento = 100 W

$$\text{Pérdida total sin carga} = 6255.2 + 100 = 6355.2 \text{ Watts}$$

Componente activo de corriente sin carga = Componente de pérdida de hierro de corriente.

$$I_w = \frac{\text{Pérdida total de hierro en el núcleo del estator}}{3 * \text{fase de voltaje}} = \frac{6355.2}{3 * 3600} = 0.588 \text{ Amperios}$$

(iv) Corriente de magnetización: Para calcular la corriente de magnetización se requieren vueltas de amperio para las diversas partes de los circuitos magnéticos, se deben calcular.

(a) Vueltas de amperio para el núcleo del estator

$$\text{Paso polar en el diámetro medio del núcleo del estator} = \frac{\pi * D}{P} = \frac{\pi * 0.77}{8} = 0.30 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de la ruta de flujo en el núcleo del estator} = \frac{1}{3} * 0.30 = 0.1 \text{ m}$$

$$\text{Giros totales del amperaje del núcleo del estator} = V * L_{fps} = 3600 * 0.1 = 360$$



*Giros totales de amperio requeridos para el núcleo del estator = $400 * t_{acs}$*

$$= 400 * 360 = 144000$$

(b) Giros de amperio para los dientes del estator

Longitud de la ruta de flujo en los dientes del estator = 0.035 m

*Densidad de flujo en los dientes del estator a 30° del núcleo del estator = $1.36 B_t$
= $1.36 * 3.111 = 4.23 \text{ Tesla}$*

*giros de amperes totales para los dientes del estator = $1000 * L_{rfe} = 1000 * 0.035 = 35$*

(c) Giros de amperio para el espacio de aire

*Longitud del espacio de aire = $0.2 * 2\sqrt{DL} = 0.2 * 2\sqrt{0.67 * 0.38} = 0.201 \text{ mm}$*

*Densidad de flujo promedio en el espacio de aire = $\frac{\phi}{\pi * \frac{DL}{P}} = \frac{0.0884}{\pi * \frac{0.67 * 0.38}{8}}$
= 0.884 Tesla*

Coefficiente de carter para el espacio de aire = 1.33

*Densidad del flujo de aire a 30° desde el centro del polo
 $B_g = 1.36 * B_{AV} = 1.36 * 0.884 = 1.202 \text{ Tesla}$*

*Giros de amperio para el espacio de aire = $796000 B_g K_g L_g$
= $796000 * 1.202 * 1.33 * 0.201 * 10^{-3} = 255.7 \text{ AT}$*

(d) Vueltas de amperio para los dientes del rotor

*Diámetro del rotor = $D - 2l_g = 0.19 - 2 * 0.000201 = 0.189 \text{ m}$*

Diámetro a $\frac{1}{3}$ de altura del extremo angosto de los dientes

$$D_t = D - 2 * \frac{2}{3} * h_{rs} = 0.189 * \frac{4}{3} * 0.03 = 0.00756 \text{ m}$$



$$\text{Paso de la ranura a } \frac{1}{3} \text{ de altura} = \tau_r = \pi * \frac{D_r}{S_r} = \pi * \frac{0.00756}{84} = 0.00028m$$

$$\text{Ancho del diente en esta sección} = b_{tr} = b_r - \tau_r = 0.007 - 0.00028 = 0.0067m$$

Área del diente del estator por polo

$$A_{tr} = b_{tr} * l_i * \text{número de dientes por polo}$$

$$A_{tr} = 0.0067 * 0.351 * \frac{84}{8} = 0.024m^2$$

$$\begin{aligned} \text{Densidad de flujo en los dientes del rotor a } 30^\circ \text{ del centro del polo} &= 1.36 * \frac{\phi}{A_{tr}} \\ &= 1.36 * \frac{0.0884}{0.024} = 5.009 \text{ Tesla} \end{aligned}$$

$$\text{Giros de amperio para los dientes del rotor} = 2800 * L_{ptr} = 2800 * 0.03 = 84$$

(e) Vueltas de amperio para el núcleo del rotor

Profundidad del núcleo del rotor

$$d_{cr} = 3.0 \text{ cm}$$

Área del núcleo del rotor

$$A_{cr} = d_{cr} * l_i = 0.03 * 0.351 = 0.0105m^2$$

$$\text{Flujo del rotor} = \frac{1}{2} * \phi = \frac{1}{2} * 0.0884 = 0.0442 \text{ wb}$$

$$\text{Densidad de flujo en el núcleo del rotor} = \frac{F_r}{A_r} = \frac{0.0442}{0.0105} = 4.209 \text{ Tesla}$$

$$\begin{aligned} \text{Diámetro medio del núcleo del rotor} &= D_r - 2 * hr_s - d_{cr} = 0.189 - 2 * 0.03 - 0.03 \\ &= 0.099m \end{aligned}$$

$$\text{Paso del polo en esta sección} = \pi * \frac{d_{mcr}}{P}$$

$$\text{Paso del polo en esta sección} = \pi * \frac{0.099}{8} = 0.038m$$

$$\text{Longitud de la ruta de flujo en el núcleo del rotor} = \frac{1}{3} * P_p = \frac{1}{3} * 0.038 = 0.012m$$



Total de giros de amperio para el núcleo del rotor = $380 * L_{pcr} = 380 * 0.012 = 4.81$

$$\begin{aligned} \text{Giros totales de amperio para el circuito magnético} \\ = 144000 + 35 + 255.7 + 84 + 4.81 = 144379.51AT \end{aligned}$$

$$\text{Corriente de magnetización } I_m = \frac{p(AT)}{1.17 * K_w * T_{ph}} = \frac{2 * 144379.51}{1.17 * 0.955 * 192} = 1346 A$$

(v) Sin corriente de carga

$$\text{Sin corriente de carga por fase, } I_0 = \sqrt{I_w^2 + I_m^2} = \sqrt{0.588^2 + 1346^2} = 1346.0001$$

(vi) Factor de potencia sin carga

$$\cos \phi_0 = \frac{I_w}{I_0} = \frac{0.588}{1346.0001} = 0.00043$$

Los motores construidos podrán generar una potencia de 270 kW con un torque máximo de 200 Nm, alcanzando así unos 750 r.p.m. Este motor también llevará una batería de 240 V a 400 V para asegurar el funcionamiento del motor en el vehículo.

El motor puede ser operado de dos maneras, una es en el modo de par constante, aumenta la velocidad del accionamiento, elevando la frecuencia y el voltaje del estator hasta alcanzar la velocidad nominal. Para que se logre aumentar aún más la velocidad, hay que mantener la potencia y la tensión constantes, mientras aumenta el ángulo entre la corriente y el estator con un eje superior a 90° mediante la aplicación adicional de un estator directo negativo.

La corriente requerida se minimiza y esto reduce la posibilidad de desmagnetizar irreversiblemente los imanes. Algo significativo del motor es que mediante la construcción de un rotor con imanes de superficie se está generando un par de reluctancia.

En la realización de los motores se necesita una alta densidad de flujo remanente, mientras que una alta coercitividad es de menor importancia, ya que no se producen sobrecargas. Los imanes permanentes de NdFeB (neodimio) ofrecen una alta densidad de energía así como una alta densidad de flujo de remanencia.

Así que para ello se usarán piezas magnéticas montadas en superficie, pegadas al rotor, en lugar de una pieza magnética para un poste, esto reduce las pérdidas de corrientes de Foucault y con esto el calentamiento de los imanes.

Las dimensiones de las partes que componen el motor son las siguientes:

- Diámetro externo del rotor: 667 mm
- Diámetro externo del estator: 860 mm



- Diámetro interno del estator: 670 mm
- Cantidad de ranuras del estator: 96
- Cantidad de ranuras del rotor: 84
- Dimensiones de la ranura del estator: 12 mm * 35 mm
- Aislamiento de la ranura: 2 mm * 4 mm

La nueva generación de imanes de neodimio es capaz de trabajar hasta a 120 °C sin perder propiedades magnéticas.

Estos motores trabajarán a temperaturas menores a 300 °C para evitar pérdidas de propiedades magnéticas, ya que al superar los 300 °C empezará a perder propiedades magnéticas o sea que se convertirá en un material diamagnético, y con ello perderá también la fuerza (tomado de supermagnete), para conservar la temperatura baja se usará un sistema de enfriamiento por ventiladores o air-cooled. Así evitará el calentamiento de los imanes por fricción magnética y mejorará su rendimiento.

Este motor también lleva un sistema de control, el algoritmo de control de la unidad tiene que determinar en cualquier instante el torque óptimo por trayectoria de ampere, con respecto al par de retencia. Esto significa que también en la región del par constante la corriente es variada. En este sistema de control también va ubicado un inversor, ya que el motor genera corriente continua, este hará que la salida del motor sea corriente alterna, para el funcionamiento del vehículo. (S. Van Haute)

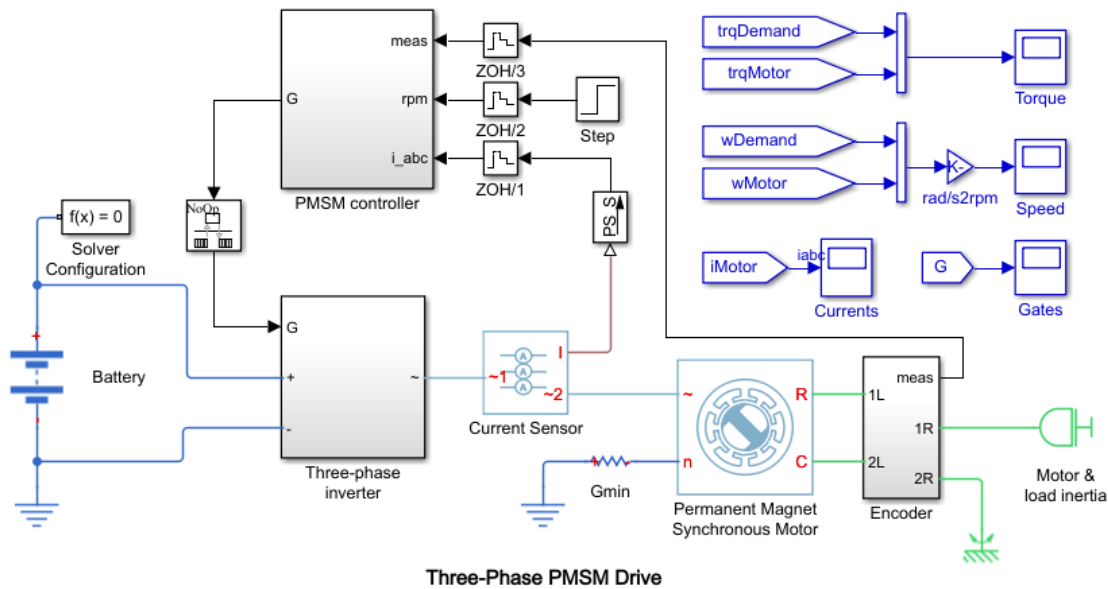
Se usarán aceros inoxidable y sin propiedades magnéticas para dejar las cargas magnéticas solo dentro del motor. (Roschin, 13/19)

6.2. Validación del modelo

El motor llevará una norma IP 67 para soportar derramamiento de líquidos y hasta inmersiones. Esto evitará que se dañe cualquiera de sus componentes electrónicos. (Siemens, 2020)

Ahora se mostrará el diagrama del control del motor

Fig. 13

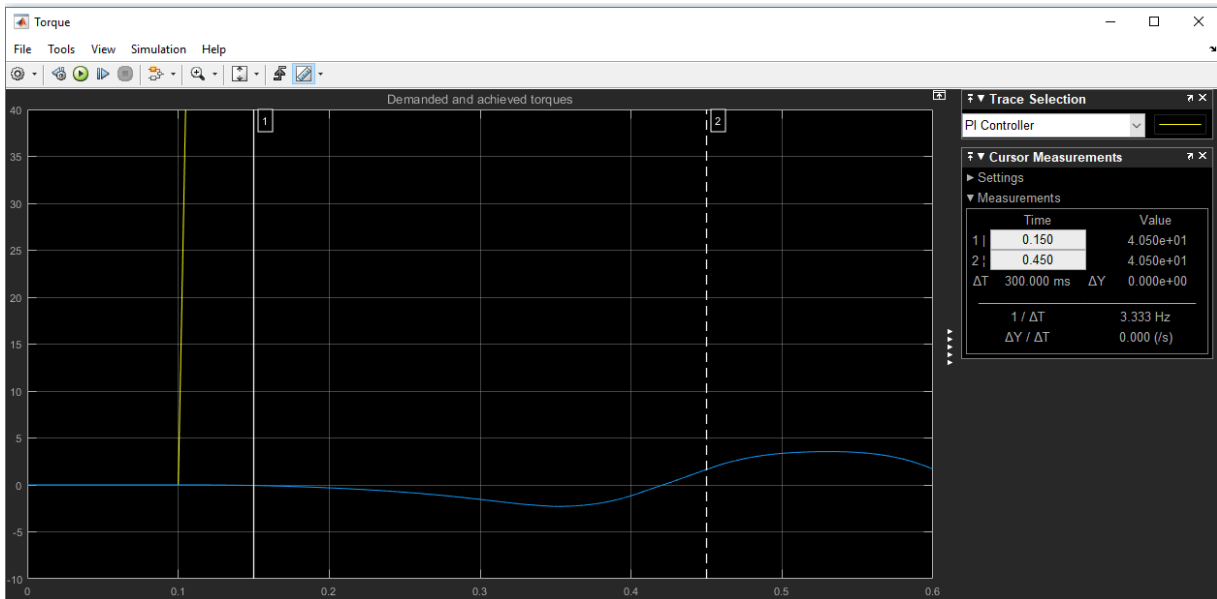


Tomada de Matlab.

Este está formado por una batería como se mencionó antes, encargada de alimentar el circuito y las bobinas del estator, tiene un inversor trifásico DC-DC que es un dispositivo que transforma corriente continua de una tensión a otra. Suelen ser reguladores de conmutación, dando a su salida una tensión regulada y, la mayoría de las veces con limitación de corriente. Simplifican la alimentación de un sistema, porque permiten generar las tensiones donde se necesitan, reduciendo la cantidad de líneas de potencia necesarias. Además permiten un mejor manejo de la potencia, control de tensiones de entrada (Tomado de Rubén Sánchez). Además cuenta también con un controlador PMSM, que está compuesto por un controlador de retroalimentación y un PWM; otro de los componentes es un sensor de corriente que se encarga de medir la corriente entre dos nodos eléctricos trifásicos, y genera un vector de señal física de tres elementos; luego va conectado el motor magnético y este va seguido de un Encoder, el encoder se encargará de convertir el movimiento del motor en una señal eléctrica.

A continuación se mostrará la gráfica generada en Matlab, representando el torque generado.

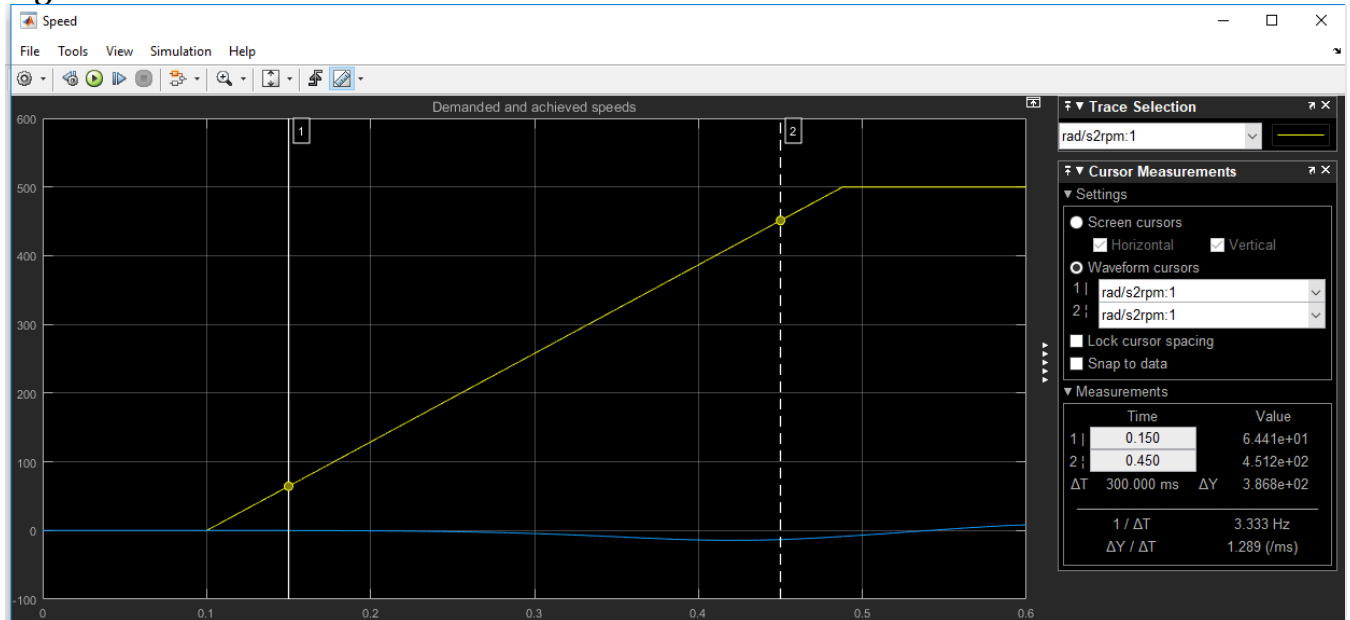
Fig. 14



Tomado de Matlab, realizado por el autor.

Ahora se mostrará la gráfica de la velocidad del motor

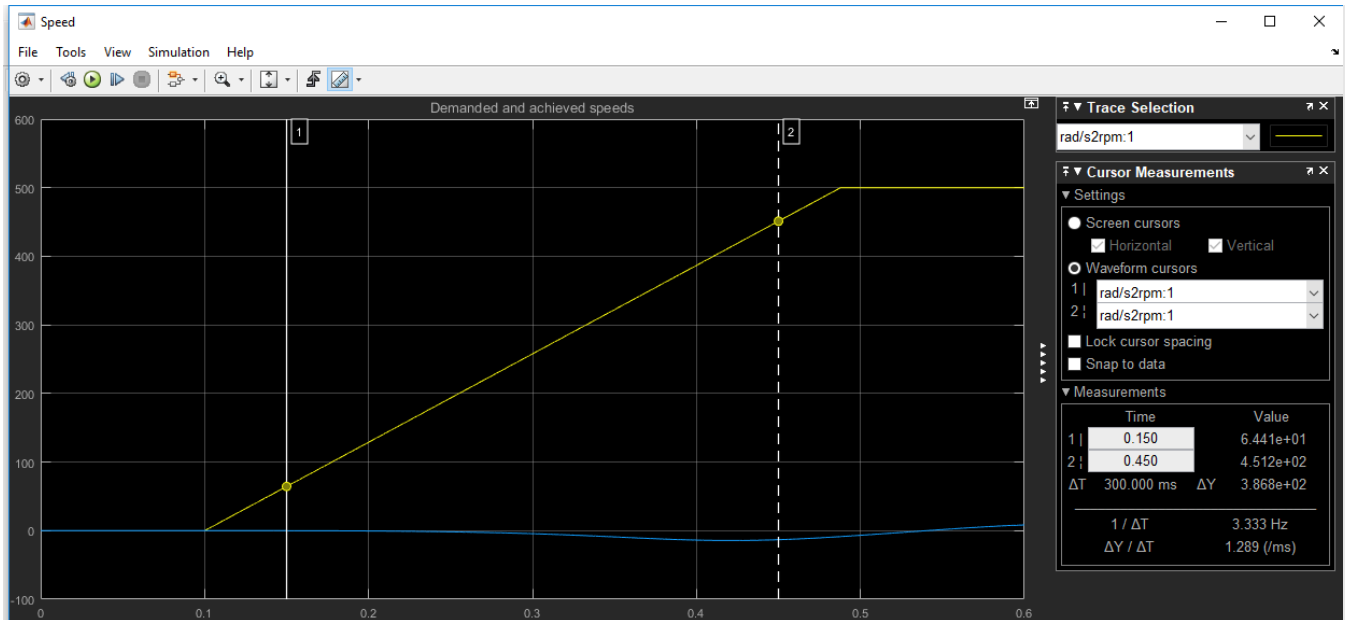
Fig. 15



Tomado de Matlab. Realizado por el autor.

Aquí se mostrará la gráfica de los Gates

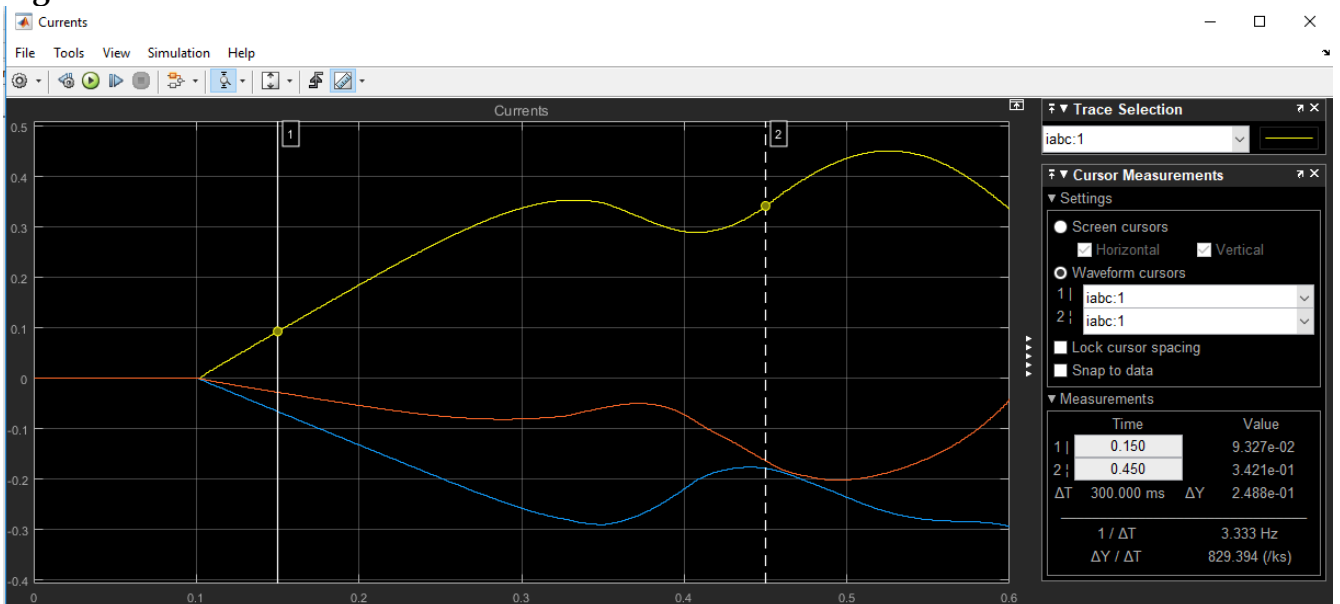
Fig. 16



Tomado de Matlab. Realizado por el autor.

Y por último se mostrará la gráfica de la corriente en el motor

Fig. 17.



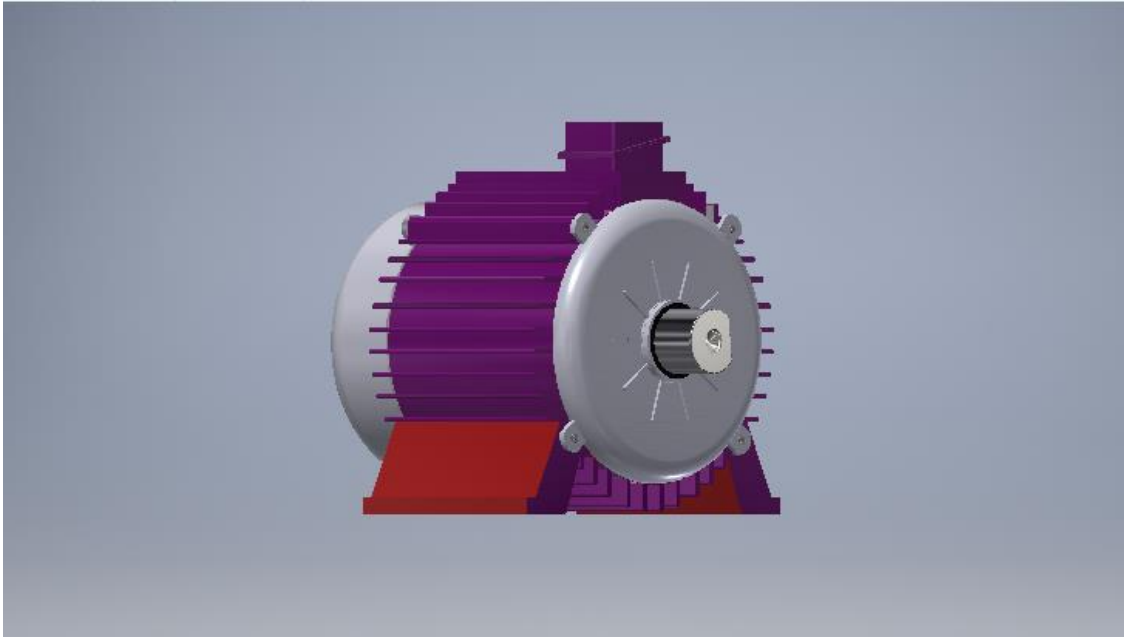
Tomado de Matlab. Realizado por el autor.

6.3. Simulación en inventor del prototipo



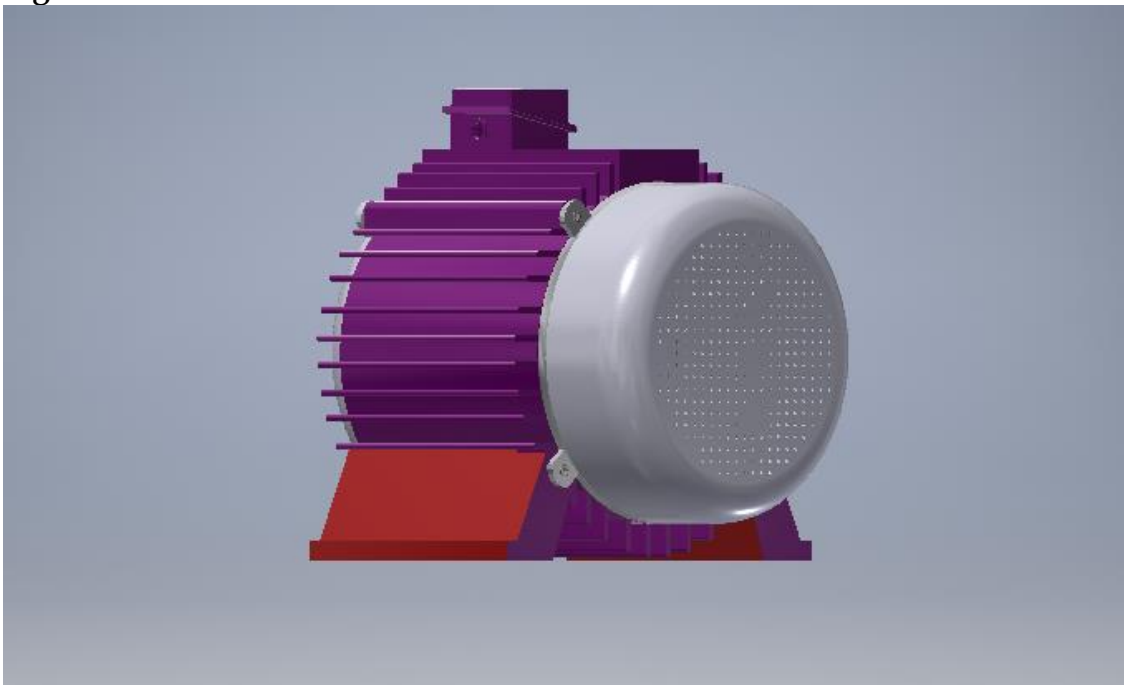
A continuación, se presentará el diseño en inventor, de cómo se verá el motor físicamente.

Fig. 18



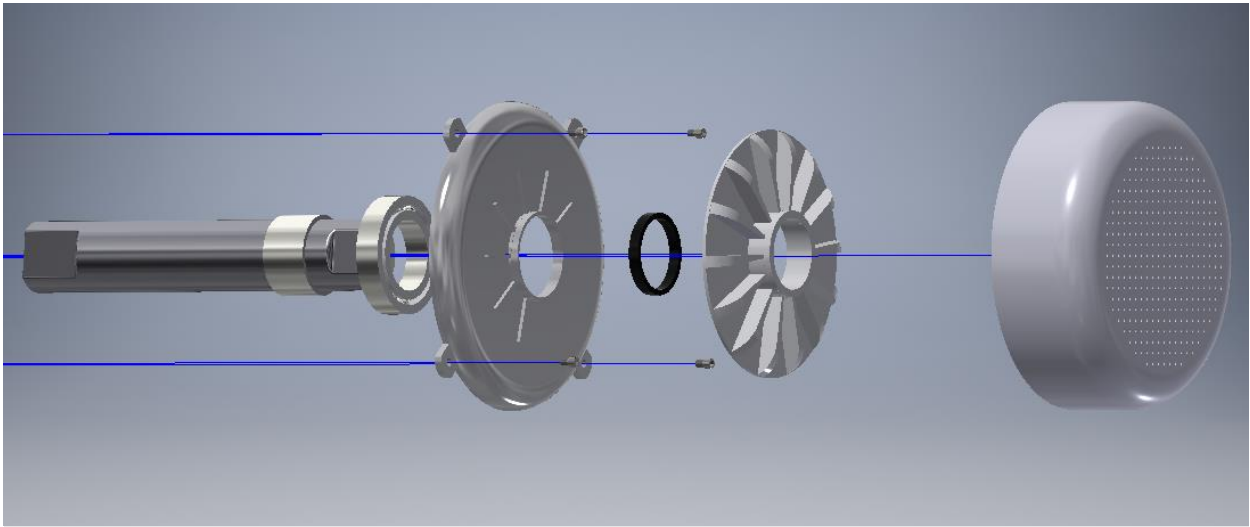
Realizado por el autor.

Fig. 19



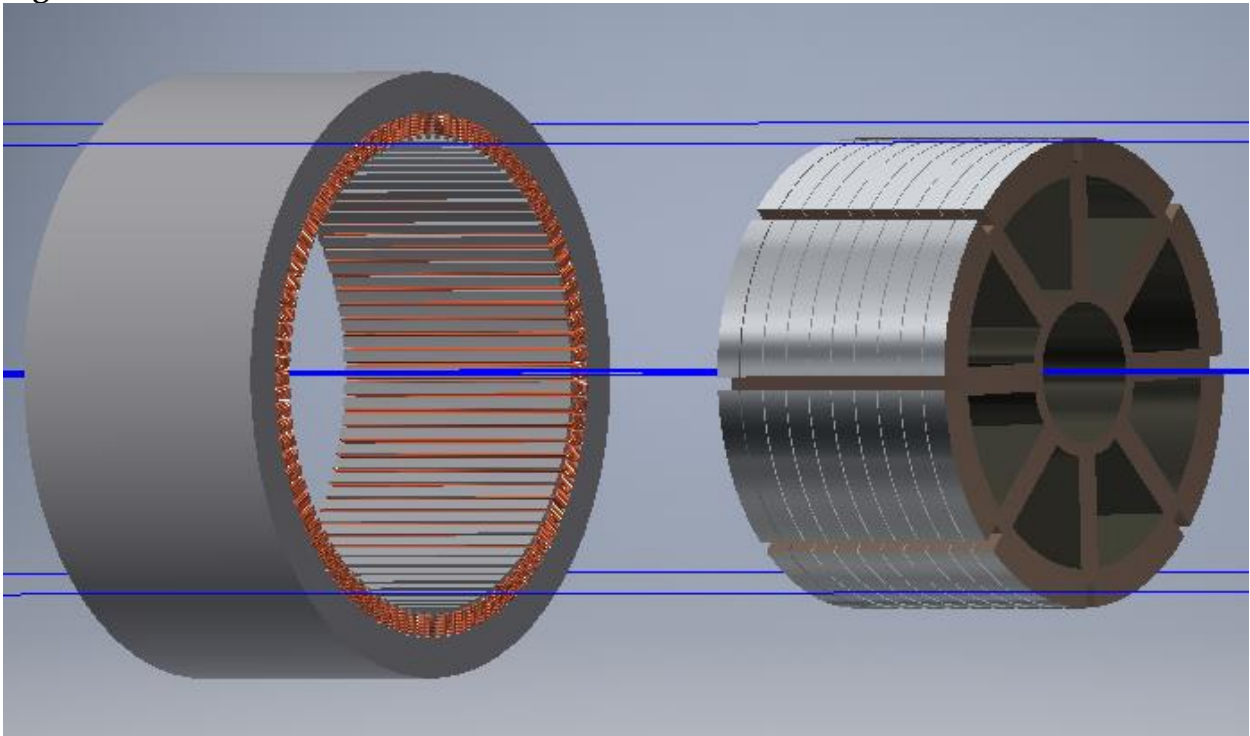
Realizado por el autor.

Fig. 20



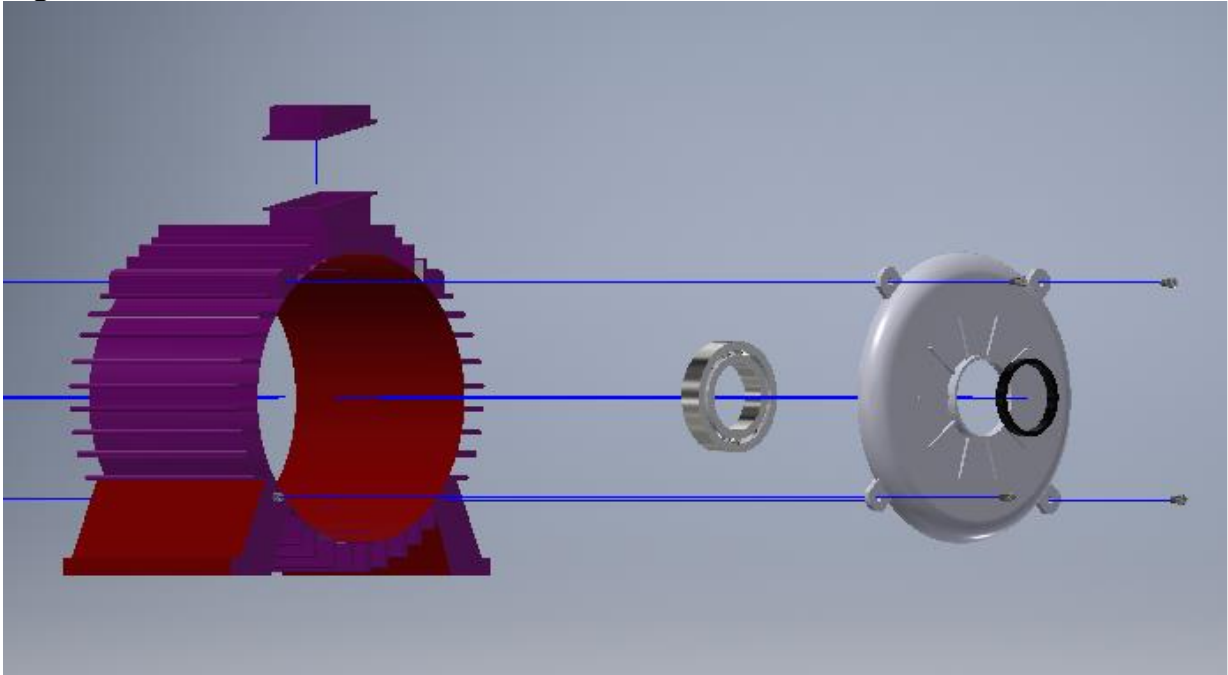
Realizado por el autor.

Fig. 21



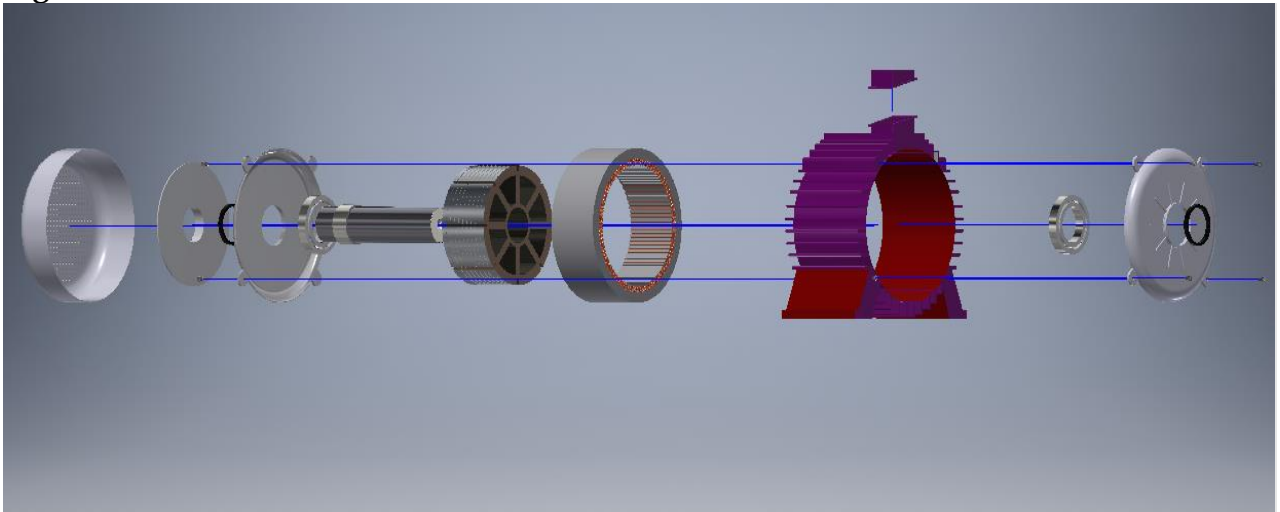
Realizado por el autor.

Fig. 22



Realizado por el autor.

Fig. 23



Realizado por el autor.



7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1. Estado actual de desarrollo

Ya existe un prototipo de motor realizado por ingenieros electrónicos, que se explicará en los siguientes párrafos.

“El motor de inducción está formado por dos sistemas de devanados, uno se coloca en el estator y el otro en el rotor. Entre el estator y rotor se tiene un entrehierro, cuya longitud se trata de, en lo posible, hacerlo pequeño (0.1 - 0.9 mm), con lo que se logra mejorar el acople magnético entre los devanados.

El devanado del estator puede ser monofásico o trifásico (en caso general polifásico). En lo sucesivo se analiza el motor trifásico, cuyas bobinas se colocan en las ranuras interiores del estator. Las fases del devanado del estator AX, BY, CZ se conectan en tipo estrella Y o triángulo, cuyos bornes son conectados a la red. El devanado del rotor también es trifásico (o polifásico) y se coloca en la superficie del cilindro. En el caso simple se une en corto circuito. Cuando el devanado del estator es alimentado por una corriente trifásica, se induce un campo magnético giratorio, cuya velocidad (síncrona) es:

$$n_1 = \frac{60f_1}{P}$$

Si el rotor está en reposo o su velocidad $n < n_{sinc}$, entonces el campo magnético giratorio traspasa los conductores del devanado rotórico e inducen en ellos una Fem. Por la regla de la mano derecha se puede deducir la dirección de la Fem., Inducida en los conductores del rotor cuando el flujo magnético gira en sentido contrario. La componente activa de la corriente I_{rot} se encuentra en fase con la Fem., inducida.

Sobre los conductores con corriente, empleados en el campo magnético, actúan fuerzas electromagnéticas cuya dirección se determina por la regla de la mano izquierda; estas fuerzas crean un Momento electromagnético, M_{Elmagn} que arrastra al rotor tras el campo magnético. Si este M_{Elmagn} es lo suficientemente grande entonces el rotor va a girar y su velocidad n_2 va a corresponder a la igualdad.

$$M_{Elmagn} = M_{Freno\ rot.}$$

Este es el funcionamiento de la máquina en régimen de motor y es evidente en este caso.

$$0 \leq n_2 \leq n_1$$



A la diferencia de velocidades entre el campo magnético y el rotor se le llama deslizamiento y se representa por el símbolo s .

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

De donde se deduce que en el régimen de motor $0 \leq s \leq 1$

- En generador: $s > 0$
- En frenado electromagnético: $s > 1$

La principal característica de los motores de inducción es la presencia del deslizamiento s , o sea la desigualdad de velocidades entre el campo del estator y la velocidad del rotor $n_2 \neq n_1$. (Campos)

Y por último el tema a tratar es ya específicamente el motor magnético, la manera cómo se puede hacer ya un posible diseño existente. Los elementos del sistema magnético se montaron en un diseño uniforme sobre una plataforma de aluminio. Esta plataforma se suministra con muelles y amortiguadores con capacidad limitada para moverse verticalmente en tres soportes. El sistema tiene un valor máximo de desplazamiento de alrededor de 10 mm y se midió por el medidor de desplazamiento de inducción. Por lo tanto, se definió el cambio instantáneo de la plataforma de peso durante el experimento en tiempo real. El peso bruto de la plataforma con el sistema magnético en la condición inicial fue de 350 kg. El estator fue montado inmóvil, y los rodillos se montaron en un separador común móvil, también considerado como el rotor, conectado con el eje de base del dispositivo. El momento de giro se transfirió a través de este eje. La base del eje se conecta a través de un embrague de fricción a un motor de arranque que aceleró el convertidor hasta un modo de rotación de auto-sostenido.

El generador de la electrodinámica, fue conectado al eje básico como una carga principal del convertidor. Adyacente al rotor, inductores electromagnéticos, con núcleos abiertos fueron localizados. Los rodillos magnéticos, cruzaron los núcleos abiertos de inductores y cerrado el circuito de flujo magnético a través de inductores electromagnéticos, que induce una fem electromotriz fuerza en ellos, que actuaba directamente sobre una carga activa, (un conjunto de bobinas de inducción y las lámparas incandescentes con una carga de potencia total de 1 kW). Las bobinas inductoras electromagnéticas estaban equipadas con un accionamiento eléctrico sobre soportes. Se utilizaron bobinas accionadas para la estabilización suave de rpm del rotor, pero la velocidad del rotor se podría ajustar cambiando la carga principal.



Para estudiar la influencia de la alta tensión en las características del convertidor, se montó un sistema de polarización eléctrica radial. En la periferia del anillo de rotor, los electrodos se fijaron entre los inductores electromagnéticos, con un espacio de aire de 10 mm con los rodillos. Los electrodos están conectados a una fuente de alta tensión; el potencial positivo se conecta al estator, y el negativo a los electrodos de polarización. La tensión de polarización se ajustó en un rango de 0 a 20 kV. En los experimentos, se utilizó un valor constante de 20 kV.

En caso de frenado de emergencia, un disco de fricción del sistema de frenado auto común fue montado en un eje básico del rotor. El generador de la electrodinámica estaba conectado a una carga resistiva ordinaria pasiva a través de un conjunto de interruptores, lo que garantiza la conexión de paso de la carga desde 1 kW hasta 10 kW a través de un conjunto de diez calentadores de agua eléctricos ordinarios.

La prueba del experimento del convertidor tenía en su núcleo interno del generador de fricción de aceite de la energía térmica destinada a tocar una potencia superflua (más de 10 kW) en el contorno de intercambio térmico. Pero puesto que la potencia de salida real del convertidor en el experimento no ha superado el 7 kW, no se utilizó el generador térmico fricción aceite. Los inductores electromagnéticos estaban conectados a una carga adicional, que fue un conjunto de lámparas incandescentes con potencia total de 1 kW y facilitó la estabilización completa de las revoluciones del rotor. (Roschin, 13/19).

Los motores eléctricos son principalmente conocidos como complicados sistemas de alambres embobinados e imanes. El imán, gracias a su fuerza magnética, junto con el tornillo forma un rotor, y el tornillo que a su vez se ha magnetizado, está suspendido de un borne de la batería. La punta del tornillo colgante que está conectada a la batería produce una fricción muy baja. (Joachim, 2004)

En los últimos años, investigadores de diferentes laboratorios y universidades han mostrado un interés creciente en el estudio del motor de reluctancia auto conmutado (SRM). Aunque sus aplicaciones industriales son escasas se presenta como una alternativa a los accionamientos convencionales debido a su construcción simple y robusta, a sus bajos costes de manufactura y a su elevado rendimiento, además de poder escoger entre diversas topologías de convertidor estático, prácticamente todas tolerantes a fallos." (Torrent, 2004).



7.2. Instrucciones de uso y mantenimiento del motor

Este manual proporciona información y recomendaciones para el uso y mantenimiento del motor de imanes permanentes de neodimio. El objetivo es maximizar el rendimiento y la vida útil del motor, así como garantizar la seguridad del usuario.

I. Uso del motor

- Antes de utilizar el motor, asegúrese de leer y comprender todas las instrucciones de seguridad y operación del fabricante.
- Asegúrese de que el motor se esté utilizando en un ambiente adecuado, con la temperatura y la humedad adecuadas.
- No sobrecargue el motor. Asegúrese de que la carga que se está moviendo sea la adecuada para el motor.
- No use el motor en ambientes peligrosos o explosivos.
- Asegúrese de que el motor se está utilizando con el voltaje y la corriente adecuados.

II. Mantenimiento del motor

- Antes de realizar cualquier mantenimiento en el motor, asegúrese de que el motor esté apagado y desconectado de la fuente de alimentación.
- Inspeccione regularmente el motor en busca de signos de desgaste, daño o sobrecalentamiento.
- Limpie el motor regularmente para mantenerlo libre de polvo y otros contaminantes.
- Reemplace las partes desgastadas o dañadas según lo recomendado por el fabricante.
- Realice el mantenimiento del motor según el programa de mantenimiento recomendado por el fabricante.

III. Solución de problemas

- Si el motor no arranca, verifique que esté conectado correctamente a la fuente de alimentación.
- Si el motor produce ruidos anormales, deténgalo inmediatamente y verifique si hay daños o desgaste en las partes del motor.
- Si el motor se sobrecalienta, deténgalo inmediatamente y permita que se enfríe antes de continuar usándolo.



- Si tiene algún problema con el motor que no puede solucionar, contacte al fabricante o a un técnico calificado.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante la caracterización se facilitó la gestión y el control de procesos de la identificación de elementos esenciales para el diseño del motor magnético, además se determinó que el uso de herramientas de gestión de proyectos, como el análisis DOFA, ayuda a identificar y a evaluar los riesgos, oportunidades y fortalezas del proyecto. Y así realizar estrategias para garantizar el éxito del diseño. Se pueden aprovechar las fortalezas, mejorar las debilidades, aprovechar las oportunidades y mitigar las amenazas para lograr una ventaja competitiva.

Se puede ultimar que realizar un estudio de mercado para determinar la demanda potencial de los motores magnéticos es crucial para garantizar el éxito del diseño y la rentabilidad a largo plazo. Teniendo en cuenta las necesidades y demandas del cliente, se puede desarrollar una estrategia para diferenciarse en un mercado competitivo.

Elaborar un presupuesto financiero para la realización de un motor magnético es un proceso esencial para garantizar que el proyecto sea viable y sostenible en términos económicos. Este presupuesto debe incluir una lista detallada de los costos asociados con el diseño, desarrollo y producción del motor, así como cualquier costo adicional relacionado con la adquisición de materiales, mano de obra, herramientas, equipo y cualquier otro gasto necesario para llevar a cabo el proyecto.

Gracias al proceso de creación del diseño del motor magnético se evidenció que cada una de las etapas, tanto el modelo matemático, como el diseño 3D y los controladores son esenciales para garantizar el correcto funcionamiento del motor. Adicionalmente se logró evidenciar cuales componentes y que disposición de los mismo entregarán un mejor rendimiento, mayor vida útil y menores costos a largo plazo para los usuarios que deseen hacer uso de este motor.



9. BIBLIOGRAFÍA.

MIR JULIÄ , JOAN. Planes de negocio. Ecoe Ediciones. 2020. Pags 5 - 14.

MOSQUERA A., Jose Daniel. Ing; FERNANDEZ HENAO, Sergio. Ing; MOSQUERA M., Julio Cesar. PhD. Análisis de emisiones de CO2 para diferentes combustibles en la población de taxis en Pereira. Scientia et Technica Año XVI, Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701. No 45. agosto de 2010.

PULZO. 19 cosas que quería saber sobre el carro eléctrico de Renault, pero le daba pena preguntar. {En línea}. {Consultado mayo 2019}. Disponible en: <http://www.pulzo.com/tecnologia/19-cosas-que-queria-saber-sobre-el-carro-electrico-de-renault-pero-le-daba-pena-preguntar/360201>. 2015

MOVILIDADELECTRICA. Ventas de vehículos eléctricos en febrero de 2017. {En línea}. {Consultado mayo 2017}. Disponible en: <http://movilidadelectrica.com/ventas-vehiculos-electricos-febrero-2017/>

ELECTROMAPS. Ventas 2016 de vehículos eléctricos e híbridos en Colombia. {En línea}. {Consultado mayo 2017}. Disponible en: <https://www.electromaps.com/articulo/ventas-2016-de-vehiculos-electricos-e-hibridos-en-colombia>

BELTRÁN GOMEZ, Jaime Alcides, Bogotá emprende. Plan de negocios.2011.

ELCOLOMBIANO, PÉREZ MONSALVE, José. Grupo Éxito afianza clúster motriz. 2012{En línea}. {Consultado febrero 2017}. Disponible en: http://www.elcolombiano.com/historico/grupo_exitto_afianza_cluster_motriz-CCEC_167498

CHAMARRA VIGUERRA, Oscar; SAAVEDRA CALIXTO, Germán. Evaluación del impacto ambiental generado por la emisión de gases en motores que utilizan complementos lubricantes en la ciudad de Bogotá DC. Universidad de Manizales. Centro de investigaciones en medio ambiente y desarrollo CIMAD. Tesis de maestría. Agosto. 2013.



VAN HAUTE S.; HENNEBERGER St.; HAMEYER K.; BELMANS R. DE TEMMERMAN J.; DE CLERQ J. Design and control of a permanent magnet synchronous motor drive for a hybrid electric vehicle. Katholieke universiteit Leuven. Inverto N.V. Tesis de grado.

PILOTO RODRÍGUEZ, R.; SIERENS, R.; VERHELST, S.; FERRER FRONTELA, R. Evaluación del funcionamiento de motores de combustión interna trabajando con biodiesel. Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables. Facultad de Ingeniería Mecánica Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Cuba. 2008 pags. 33-38.

Hybrid vehicle employing parallel hybrid system, using both internal combustion engine and electric motor for propulsion. Inventores: SHUNICHI, Aoyama; SHINICHIRO, Kitada; NOBORU, Hattori; ISAYA, Matsuo. Cesionario original: Nissan motor co ltd. Solicitud US 09/271,326. Patente. Fecha de publicación 22 de febrero de 2010.

ROSCHIN, V.V.; GODIN, S.M. Experimental Research of the Magnetic-Gravity Effects. Full Size SEG tests. Institute for High Temperatures, Russian Academy of Science, Izhorskaya 13/19, Moscow 127412, Russia

TORRENT BURGUÉS, Marcel. Aportaciones al diseño y a la caracterización del motor de reluctancia autoconmutado. Trabajo de grado. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria Elèctrica. España. 2004.

VARELA, Rodrigo. Ing; BEDOYA ARTURO, Olga Lucía. Ing; Modelo conceptual de desarrollo empresarial basado en competencias, estud.gerenc. vol.22 no.100 Cali July/Sept. 2006

GALINDO RUIZ, Carlos Julio; Formulación y evaluación de planes de negocio: 1ª edición; pág. (71); Bogotá 2011.

SCHNARK, Alejandro; Emprendimiento exitoso: cómo mejorar su proceso y gestión; 1ª edición; pág. (15); Bogotá 2014.

SILVA DUARTE, Jorge Enrique; Emprendedor: Hacia un emprendimiento sostenible; 2ª edición; Bogotá 2013.



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. Boletín tecnológico, autopartes diseño de componentes [Archivo PDF]. Recuperado de www.sic.gov.co. Bogotá, Colombia. Septiembre 2019.

GERENCIE. Emprendimiento. {En línea}. {Consultado noviembre 2016}. Disponible en: <http://www.gerencie.com/emprendimiento.html>.

GESTIOPOLIS. Concepto de mercado y sus tipos. {En línea}. {Consultado noviembre 2016}. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/concepto-mercado-tipos/>.

KANTIS, Hugo; ISHIDA, Masahiko; KOMORI, Mashahiko. Empresarialidad en economías emergentes: Creación y desarrollo de nuevas empresas en América Latina y el Este de Asia. Banco interamericano de desarrollo. Abril 2002.

JOACHIM SCHLICHTING, H.; UCKE, Christian. Un motor eléctrico de construcción sencilla, bajos costes y alta tecnología. Physik in unserer Zeit 35. 2004. 272-273.

ELTIEMPO. En menos de 20 años no habrá cupo para más emisiones de gas. {En línea}. {Consultado octubre 2021}. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/emisiones-de-gas-en-la-tierra/16570328>

MINISTERIO DE EDUCACIÓN, República dominicana. Sector industrial. {En línea}. {Consultado febrero 2017}. Disponible en: <http://dgetp.edu.do/sector-industrial>

ELMUNDO. Los modelos híbridos de Porsche ganan la partida. {En línea}. {Consultado febrero 2017}. Disponible en: <http://www.elmundo.es/motor/2017/02/24/58af1491e2704eca2b8b45bc.html>

EXPANSIÓN. Tesla vende los eléctricos con más autonomía en España. {En línea}. {Consultado febrero 2017}. Disponible en: <http://www.expansion.com/directivos/2017/02/18/58a71429e5fdeabb058b45fc.html>

HIBRIDOSYELECTRICOS. Audi lanzará un coche eléctrico cada año a partir de 2018. {En línea}. {Consultado febrero 2017}. Disponible en: <http://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/audi-lanzara-coche-electrico-cada-ano-partir-2018/20160515220903012033.html>



MINCOMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. Programa de fomento a la industria automotriz - profia. {En línea}. {Consultado abril 2017}. Disponible en: http://www.mincit.gov.co/minindustria/publicaciones/36789/programa_de_fomento_a_la_industria_automotriz__profia

MINCOMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO. Programa de transformación productiva PTP, autopartes y vehículos. {En línea}. {Consultado abril 2017}. Disponible en: <https://www.ptp.com.co/documentos/Plan%20de%20Negocios%20Autopartes.pdf>

HIBRIDOS Y ELÉCTRICOS. Ecotecnología del vehículo. {En línea}. {Consultado mayo 2017}. Disponible en: <http://www.hibridosyelectricos.com/estaticas/catalogo-de-vehiculos-hibridos-y-electricos>

SUPERMAGNETE. Ficha técnica imán de neodimio. {En línea}. {Consultado mayo 2017}. Disponible en: https://www.supermagnete.es/data_sheet_Q-51-51-25-N.pdf

IMANES NEODIMIO. Historia del neodimio. {En línea}. {Consultado mayo 2017}. Disponible en: <http://www.imanesneodimio.com/paginas/historia>

ZULUAGA, Juan Fernando. La estacionalidad en los productos de conocimiento. {En línea}. {Consultado mayo 2017}. Disponible en: <http://jfzuluaga.com/la-estacionalidad-en-los-productos-de-conocimiento/>

CLUBPLANETA. Análisis e investigación de mercado. {En línea}. {Consultado mayo 2017}. Disponible en: http://www.trabajo.com.mx/analisis_e_investigacion_de_mercado.htm

CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Impuesto al valor agregado IVA. {En línea}. {Consultado mayo 2017}. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/11788/100000218.pdf?sequence=1>

GÓMEZ DAVID. Como sobrevivir a una guerra de precios. {En línea}. {Consultado Junio 2021}. Disponible en: <http://bienpensado.com/como-sobrevivir-a-una-guerra-de-precios/>

CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ.

Constituya su empresa como persona natural, persona jurídica o establecimiento de comercio. {En línea}. {Consultado Junio 2021}. Disponible en: <http://www.ccb.org.co/Cree-su-empresa/Pasos-para-crear-empresa/Constituya-su-empresa-como-persona-natural-persona-juridica-o-establecimiento-de-comercio>



CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Impuesto renta. {En línea}. {Consultado Junio 2021}. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11520/11777>

CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Retención en la fuente. {En línea}. {Consultado Junio 2021}. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11520/11810>

CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Procedimiento expedición del NIT. {En línea}. {Consultado mayo 2021}. Disponible en: <http://www.ccb.org.co/Inscripciones-y-renovaciones/Matricula-Mercantil/Procedimiento-expedicion-del-NIT>

CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Acerca de la inscripción de actas, libros y documentos. {En línea}. {Consultado mayo 2017}. Disponible en: <http://www.ccb.org.co/Inscripciones-y-renovaciones/Matricula-Mercantil/Inscriba-su-empresa-libros-actas-y-documentos/Acerca-de-la-inscripcion-de-actas-libros-y-documentos>

MINTRABAJO. Trámites empresas. {En línea}. {Consultado mayo 2017}. Disponible en: <http://www.mintrabajo.gov.co/subsidio-familiar/tramites/empresas.html>

SUPER INTENDENCIA DE SOCIEDADES. Distribución de utilidades en las SAS. {En línea}. {Consultado mayo 2017}. Disponible en: <http://www.supersociedades.gov.co/superintendencia/normatividad/conceptos/conceptos-juridicos/Normatividad%20Conceptos%20Juridicos/OFICIO%20220-075200.pdf>

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan nacional de desarrollo. {En línea}. {Consultado junio 2017}. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/PND%202014-2018%20Tomo%201%20internet.pdf>

ALCALDÍA DE BOGOTÁ. Acuerdo 489 de 2012. {En línea}. {Consultado junio 2017}. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=47766>

SIEMENS. Motores eléctricos. {En línea}. {Consultado Julio 2017}. Disponible en: <http://industria.siemens.com.mx/motores/docs/catalogomotores2010.pdf>

EL CONFIDENCIAL. El creciente mercado de coches eléctricos espera un nuevo plan de ayudas. {En línea}. {Consultado Julio 2017}. Disponible en:



http://www.elconfidencial.com/motor/2017-02-04/ventas-coches-electricos-hibridos_1326350/

AUTOS DE PRIMERA. En Colombia en 2016 se vendieron 489 carros eléctricos y 376 híbridos. Hace falta subsidios y la mano del gobierno {En línea}. {Consultado agosto 2017}. Disponible en: <http://www.autosdeprimera.com/Nacional/ventas-carros-electricos-colombia-2016>

RUBÉN SÁNCHEZ. Conversor DC-DC buck-boost Ćuk. {En línea}. {Consultado Junio 2018}. Disponible en: <http://rubensm.com/tag/conversor-dc-dc/>

SUPERMAGNETE. ¿Qué temperatura máxima pueden soportar los imanes? {En línea}. {Consultado Junio 2018}. Disponible en: <https://www.supermagnete.es/faq/Que-temperatura-maxima-pueden-soportar-los-iman>

ELCOLOMBIANO. Empresas e individuos, obligados a medir la huella de carbono. {En línea}. {Consultado Junio 2018}. Disponible en: <http://www.elcolombiano.com/antioquia/mida-su-huella-de-carbono-y-asi-contamina-menos-DB5399612>

JHON SANCHEZ ARBAIZA. Diseño de un motor magnético para la generación de energía mecánica, con posterior transformación a energía eléctrica, conectado a las baterías del auto eléctrico i-miev de mitsubishi mejorando así su autonomía. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Tesis de grado.- 2020

Creswell, J. W. (2003). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill.

Wehrich, H., Koontz, H., & Cannice, M. (2012). *Administración, una perspectiva global y empresarial*. México: McGraw Hill.