



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO PARA LA CONVERSIÓN DE VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA
A MOTOR ELÉCTRICO SOLAR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN, ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**

Edgar Amilcar Morales Vásquez

Asesorado por el Ing. Jorge Iván Cifuentes Castillo

Guatemala, julio de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO PARA LA CONVERSIÓN DE VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA
A MOTOR ELÉCTRICO SOLAR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN, ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDGAR AMILCAR MORALES VÁSQUEZ

ASESORADO POR EL ING. JORGE IVÁN CIFUENTES CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JULIO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO PARA LA CONVERSIÓN DE VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA
A MOTOR ELÉCTRICO SOLAR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN, ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**

Tema que me fue asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 07 de febrero de 2019.

Edgar Amílcar Morales Vásquez

Guatemala, 24 de septiembre del 2019

Ingeniero

Roberto Guzmán Ortiz

Director Escuela de Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Guzmán:

Por este medio hago constar que he revisado y aprobado el trabajo de gradación del estudiante **Edgar Amílcar Morales Vásquez**, con registro académico **201504011** y número de carné **3301 50030 1201**, el cual lleva como título: **"DISEÑO PARA LA CONVERSIÓN DE VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A MOTOR ELÉCTRICO SOLAR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN, ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**.

Con base a lo anterior, hago de su conocimiento esta información a efecto de continuar con el trámite respectivo para su aprobación, sin otro en particular que agregar,

Atentamente:



Jorge Ivan Cifuentes Castillo

Ingeniero Mecánico

Colegiado 3413

ASESOR

Jorge Ivan Cifuentes Castillo
Máster en Ciencias Ingeniero Mecánico
Colegiado No. 3413



Guatemala, 05 de noviembre de 2019
REF.EPS.DOC.778.11.19.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

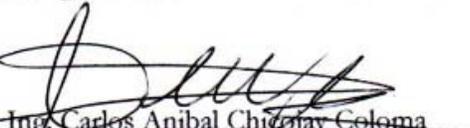
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Edgar Amilcar Morales Vásquez** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201504011, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO PARA LA CONVERSIÓN DE VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A MOTOR ELÉCTRICO SOLAR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN, ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Carlos Anibal Chucojay Coloma
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica



c.c. Archivo
CACC/ra



Guatemala, 05 de noviembre de 2019
REF.EPS.D.405.11.19

Ing. Roberto Guzmán Ortíz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Guzmán Ortíz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **DISEÑO PARA LA CONVERSIÓN DE VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A MOTOR ELÉCTRICO SOLAR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN, ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Edgar Amilcar Morales Vásquez** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra



Guatemala 10 de enero de 2020

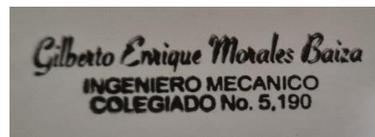
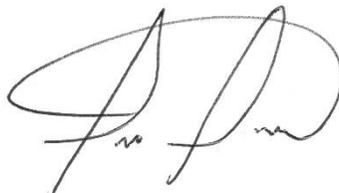
Ing. Roberto Guzmán Ortiz

Director Escuela de Ingeniería Mecánica

Presente

La presente es para hacerle saber que he hecho la revisión por parte del área Térmica del trabajo de graduación **DISEÑO PARA LA CONVERSIÓN DE VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A MOTOR ELÉCTRICO SOLAR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**, realizado por el estudiante **AMILCAR MORALES VÁSQUEZ** y después de realizar los cambios sugeridos, doy por aprobado dicho trabajo, para que el estudiante pueda continuar con el trámite de aprobación.

Atentamente,



Ing Gilberto Enrique Morales Baiza

Área Térmica Escuela de Ingeniería Mecánica



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.EIM.103.2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO PARA LA CONVERSIÓN DE VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A MOTOR ELÉCTRICO SOLAR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN, ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA** del estudiante **Edgar Amilcar Morales Vásquez**, DPI **3301500301201**, Reg. Académico **201504011** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Vo.Bo. Ing.



Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, julio de 2020

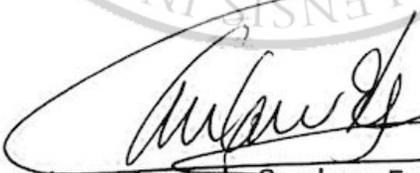
/aej



DTG. 154.2020

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO PARA LA CONVERSIÓN DE VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A MOTOR ELÉCTRICO SOLAR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN, ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Edgar Amilcar Morales Vásquez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, julio de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por regalarme la salud y vida, agradeciéndole por la familia y seres amados que me ha dado, regalándome la oportunidad de ser feliz.
- Mis padres** Amílcar Morales e Ylema Vásquez de Morales, por todo el apoyo incondicional e incalculable durante toda mi vida, ayudándome a cumplir mis metas. Esperando que este logro sea un motivo de felicidad y satisfacción para ellos.
- Mis hermanas** Alejandra y Alba Morales, por todo su apoyo que me han dado durante toda mi vida, exhortándolas a terminar con sus carreras universitarias.
- Mi novia** Leticia Gaitán, por estar conmigo en los momentos más difíciles durante mi carrera, motivándome a continuar hasta el final.
- Mis abuelos** Pantaleón Vásquez, Romelia Mendoza y Alba Orozco, por todo su cariño y apoyo a lo largo de mi vida.

Mis tíos

Julio Vásquez, Maricela Vásquez y Dulis Vásquez, por todo su apoyo a mi persona ayudándome a cumplir esta meta en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de educación superior con alta calidad en Guatemala.
Facultad de Ingeniería	Por todos los conocimientos de ingeniería transmitidos a mi persona, permitiéndome estudiar la carrera que me apasiona.
Escuela de Ingeniería Mecánica	Por su dedicación y empeño en la formación de nuevos ingenieros mecánicos.
Ing. Jorge Iván Cifuentes Castillo	Por ser mi catedrático y asesor del presente proyecto, ayudándome a cumplir una de mis metas y por toda la experiencia profesional transmitida a mi persona.
Mis amigos	Por toda la ayuda para estudiar, apoyándonos entre nosotros durante nuestro aprendizaje profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Descripción de la institución.....	1
1.1.1. Ubicación.....	1
1.1.2. Descripción de la institución.....	1
1.2. Descripción del funcionamiento de un vehículo eléctrico.....	2
1.2.1. Especificaciones técnicas del vehículo a utilizar.....	4
1.2.1.1. Datos técnicos del vehículo, información general.....	4
1.2.1.2. Datos técnicos de la transmisión automática del vehículo.....	5
1.3. Descripción de componentes.....	6
1.3.1. Motor eléctrico.....	7
1.3.1.1. Definición de motor eléctrico AC.....	7
1.3.1.2. Tipos de motor.....	8
1.3.1.3. Potencia.....	9
1.3.1.4. Fuente de alimentación.....	10
1.3.2. Sistema de inversión de corriente DC a AC.....	10
1.3.2.1. Definición de inversor de corriente.....	11

1.3.2.2.	Clasificación de inversores de corriente.....	11
1.3.2.3.	Sistema de protección de sobrecorriente.....	12
1.3.2.3.1.	Sobrecorriente	12
1.3.2.3.2.	Dispositivos de protección contra sobre corriente.....	12
1.3.3.	Sistema de almacenamiento de energía.....	13
1.3.3.1.	Definición de banco de baterías.....	14
1.3.3.2.	Definición de baterías de ciclo profundo	14
1.3.3.3.	Sistema de conexiones en paralelo	14
1.3.3.4.	Sistema de conexiones en serie	15
1.3.4.	Sistema de carga solar fotovoltaico	16
1.3.4.1.	Definición de panel solar.....	16
1.3.4.2.	Tipos de paneles solares	17
1.3.4.3.	Regulador de corriente eléctrica	18
1.3.5.	Sistema de variación de velocidad	18
1.3.5.1.	Definición de variador de frecuencia	18
1.3.5.2.	Tipos de variadores de frecuencia	19
1.3.5.2.1.	Voltaje de entrada variable (VVI)	19
1.3.5.2.2.	Inversor fuente de corriente (CSI)	20
1.3.5.2.3.	Modulación por ancho de pulso (PWM).....	20
1.3.6.	Ahorro de energía obtenida al no utilizar combustibles	21

1.3.6.1.	Tipo de ahorro energético generado con el proyecto.....	22
1.3.6.2.	Sistema de carga eléctrica autosostenible	22
2.	SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	23
2.1.	Características técnicas de los componentes	23
2.1.1.	Peso del vehículo a convertir	23
2.1.2.	Dimensionamiento del motor eléctrico	24
2.1.2.1.	Tipo de motor AC	24
2.1.2.2.	Torque o par torsor	25
2.1.2.2.1.	Cálculo de par torsor necesario para el vehículo eléctrico	25
2.1.2.2.2.	Cálculo de par torsor máximo	26
2.1.2.3.	Potencia.....	26
2.1.3.	Velocidad teórica alcanzada por el vehículo	27
2.1.3.1.	Cálculo de la velocidad máxima	28
2.1.3.2.	Corriente eléctrica	28
2.1.3.2.1.	Cálculo de la corriente de consumo del motor eléctrico.....	28
2.1.3.3.	Voltaje del motor eléctrico	29
2.1.4.	Dimensionamiento del sistema de inversión de corriente.....	30
2.1.4.1.	Capacidad de potencia de inversor de corriente	30
2.1.4.2.	Capacidad de salida de voltaje AC	30

	2.1.4.3.	Capacidad de salida de voltaje AC	30
2.1.5.		Dimensionamiento de acumulación de voltaje	31
	2.1.5.1.	Capacidad de baterías de ciclo profundo	31
	2.1.5.2.	Cantidad de acumuladores necesarios	31
	2.1.5.3.	Conexiones en serie y paralelo	31
	2.1.5.4.	Capacidad neta de banco de baterías	32
	2.1.5.5.	Autonomía teórica del vehículo	32
		2.1.5.5.1. Cálculo de la autonomía en horas	32
		2.1.5.5.2. Cálculo de la autonomía en kilómetros	33
2.1.6.		Dimensionamiento de sistema de carga solar	33
	2.1.6.1.	Capacidad de panel solar	34
	2.1.6.2.	Capacidad de sistema de regulación de voltaje	34
	2.1.6.3.	Tiempo de aprovechamiento de energía solar	35
	2.1.6.4.	Potencial de radiación solar en Guatemala	37
	2.1.6.5.	Tiempo de carga del banco de baterías con energía solar	38
	2.1.6.6.	Tiempo de carga del banco de baterías con energía eléctrica domiciliar	39
2.1.7.		Sistema de variación de velocidad	39

2.1.7.1.	Dimensionamiento de variador de frecuencia	39
2.1.7.2.	Diseño de adaptación de variador de frecuencia con el acelerador mecánico.....	41
2.1.8.	Diseño de componentes necesarios para la conversión del vehículo.....	44
2.1.9.	Diseño de circuito eléctrico	44
2.1.9.1.	Diagrama eléctrico	45
2.1.10.	Diseño de prototipo	46
2.1.10.1.	Diseño gráfico general de vehículo eléctrico.....	47
2.1.10.2.	Diseño gráfico de adaptaciones al chasis.....	49
2.1.10.3.	Diseño gráfico de adaptaciones a la carrocería.....	51
2.1.11.	Sistema de acoplamiento entre motor eléctrico y transmisión mecánica	51
2.1.11.1.	Diseño gráfico del acople entre ejes.....	52
2.1.11.2.	Materiales a utilizar	52
2.1.12.	Sistema de lubricación de caja automática	53
2.1.13.	Sistema de frenos del vehículo eléctrico	54
2.1.14.	Sistemas eléctricos adicionales del automóvil.....	55
2.1.14.1.	Cálculo de la autonomía en horas de los circuitos eléctricos auxiliares	57
2.1.15.	Presupuesto preliminar del proyecto	57
3.	FASE DE DOCENCIA	59
3.1.	Importancia del dimensionamiento de los componentes.....	60

3.2.	Importancia de la utilización de vehículos eléctricos	60
3.3.	Plan de fabricación.....	62
3.4.	Presentación final del diseño gráfico del vehículo	63
CONCLUSIONES		65
RECOMENDACIONES		67
BIBLIOGRAFÍA		69
APÉNDICES		73
ANEXOS		77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Partes de un vehículo eléctrico comercial	3
2.	Datos técnicos de la caja de cambios automática F3A21	6
3.	Sistema de conexiones en paralelo.....	15
4.	Sistema de conexiones en serie.....	16
5.	Diagramas onda por cada tipo de variador de frecuencia.....	21
6.	Diagrama de potencia para regulador MPPT	35
7.	Duración de luz solar más corta del año 2018.....	36
8.	Duración de luz solar más larga del año 2018.....	36
9.	Radiación solar directa en Guatemala.....	37
10.	Diagrama de relación voltaje y frecuencia	40
11.	Variador de frecuencia con potenciómetro central.....	41
12.	Acople adaptador para acelerador mecánico vista perfil	42
13.	Acople adaptador para acelerador mecánico vista alzado.....	42
14.	Acople adaptador para acelerador mecánico vista isométrico	43
15.	Planos de acople adaptador para acelerador mecánico	43
16.	Diagrama del circuito eléctrico para conversión a vehículo eléctrico	45
17.	Diagrama eléctrico equipos y componentes en 3D.....	46
18.	Planos del diseño gráfico general del automóvil.....	47
19.	Diseño gráfico del automóvil en 3D vista planta	48
20.	Diseño gráfico del automóvil en 3D vista perfil	48
21.	Diseño gráfico de adaptaciones al chasis del en 3D etapa 1	49
22.	Diseño gráfico de adaptaciones al chasis del en 3D etapa 2.....	50
23.	Diseño gráfico de adaptaciones al chasis del en 3D isométrico	50

24.	Diseño gráfico del automóvil con la parrilla adaptada en la carrocería en 3D	51
25.	Diseño gráfico del acople entre el motor eléctrico y la transmisión automática vista isométrica.....	52
26.	Bomba de vacío eléctrica SSBC	55
27.	Integrantes del equipo de trabajo para la conversión del vehículo Mitsubishi Mirage 1992, de la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Mecánica	59
28.	Expo InfoUsac 2019, presentación del primer prototipo de vehículo eléctrico al ingeniero Murphy Paiz, Rector Universitario	61
29.	Diseño gráfico final de automóvil en 3D vista planta	63
30.	Diseño gráfico final de automóvil en 3D vista isométrico	63
31.	Diseño gráfico de componentes del vehículo eléctrico vista planta	64
32.	Diseño gráfico de componentes del vehículo eléctrico isométrico.....	64

TABLAS

I.	Información general de automóvil Mitsubishi Mirage 1992.....	4
II.	Información general del motor de combustión interna original de Mitsubishi Mirage 1992.....	5
III.	Información general de la carrocería de Mitsubishi Mirage 1992	5
IV.	Cálculos de relación de transmisión	27
V.	Características del acero 1045	53
VI.	Circuitos eléctricos auxiliares de mayor consumo de corriente	56
VII.	Presupuesto de equipos, materiales y suministros	58
VIII.	Cronograma de actividades	62

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AC	Abreviatura de corriente alterna
DC	Abreviatura de corriente directa
A	Amperios
Ah	Amperios por hora
HP	Caballos de fuerza
Cm	Centímetros
CC	Centímetros Cúbicos
C.P	Ciclo profundo
lb*ft	Fuerza de torsión libras por pie
Nm	Fuerza de torsión newtons por metro
Gal	Galones
°	Grados angulares
Hz	Hertz
Kg	Kilogramos
KW	Kilowatts
p.h	Número de fases de un motor
%	Porcentaje
rpm	Revoluciones por minuto
VMA	Voltaje máximo de carga
VMI	Voltaje mínimo de carga
V	Volteos
W	Watts

GLOSARIO

ACAAI	Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura e Ingeniería.
Acreditación	Proceso mediante el cual se evalúa la competencia y eficacia de una entidad que realiza actividades en algún rubro de servicios.
Amperaje	Es la unidad internacional de medida de la intensidad eléctrica.
Automóvil	Es un vehículo que es capaz de moverse por sí mismo.
Combustible fósil	Es aquel que procede de la biomasa producida en eras pasadas, que al combinarse con oxígeno es capaz de reaccionar desprendiendo calor.
Corriente alterna	La corriente eléctrica en la que la magnitud y el sentido varían cíclicamente.
Corriente directa	Se refiere al flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor entre dos puntos.
Dispositivo	Pieza o conjunto de piezas o elementos preparados para realizar una función determinada.

Eficiencia	Es la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir lo que queremos determinadamente aprovechando al máximo los recursos.
EIM	Escuela de Ingeniería Mecánica.
Equipo eléctrico	Es un conjunto de dispositivos eléctricos que cumplen una tarea determinada.
Fotovoltaico	Dispositivo que genera energía eléctrica bajo la acción de un flujo luminoso.
Intensidad eléctrica	Es el flujo de carga eléctrica que recorre un material.
Monofásico	Es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por una única corriente.
Selenoide	Es cualquier dispositivo físico capaz de crear un campo magnético sumamente uniforme e intenso en su interior.
Trifásico	Es un sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por tres corrientes desplazadas 120° entre sí.
Vehículo	Aparato con o sin motor que se mueve sobre el suelo, en el agua o el aire y sirve para transportar cosas o personas.

RESUMEN

El presente proyecto se realizó con el fin de tener una guía para realizar la conversión de un vehículo que originalmente utiliza un motor de combustión interna, para su funcionamiento y remplazar por un motor eléctrico de corriente alterna AC, esto con el fin de tener un automóvil que funcione con electricidad a un costo relativamente bajo en comparación a los vehículos eléctricos que se encuentran actualmente en el mercado, los cuales en Guatemala aún no son de uso popular. Otra ventaja que representa este automóvil es la innovación en la ingeniería en Guatemala, debido a que no existe ninguna otra institución en el país que intente desarrollar vehículos eléctricos que sean abastecidos por energía eléctrica renovable, y en este caso es con la utilización de paneles solares fotovoltaicos. Este proyecto marca la inclusión de Guatemala en la industria automovilista debido a que el futuro apunta a la utilización de automóviles eléctricos.

Para el diseño de la conversión se utilizó un automóvil Mitsubishi Mirage 1992, se inició con un análisis y estudio sobre el funcionamiento de los automóviles eléctricos que se comercializan, analizando los componentes y equipos que son necesarios para lograr el funcionamiento de motor eléctrico, debido a que todos estos componentes están relacionados entre sí, se dimensionaron de manera adecuada con esto se logra el correcto funcionamiento del motor principal, sistema de inversión de corriente, sistema de variación de velocidad y sistema de carga solar. Parte de la elaboración del diseño incluye el diseño gráfico en 3D de los equipos, componentes, circuitos eléctricos, adaptaciones a la carrocería y chasis del automóvil, proporcionando así una idea más clara sobre cómo se verá el automóvil al estar terminado.

Se determinó que se utilizará un motor de corriente alterna AC de cinco caballos de fuerza capaz de proporcionar la potencia y par torsor necesario al automóvil, también se utilizará un inversor de corriente para alimentar el motor eléctrico, un variador de frecuencia para cambiar la velocidad de giro del motor, cuatro baterías de ciclo profundo, un regulador de corriente DC para el sistema de carga solar y un panel solar capaz de colocarse en el techo, encargado de cargar el banco de baterías.

OBJETIVOS

General

Diseñar una propuesta para la conversión de un vehículo con motor de combustión interna, a un vehículo eléctrico que sea recargado utilizando energía solar.

Específicos

1. Definir las características básicas del automóvil, para realizar la conversión a vehículo eléctrico.
2. Dimensionar la capacidad correcta del motor eléctrico, como sus características de funcionamiento.
3. Calibrar el sistema de carga solar fotovoltaica, capaz de abastecer el banco de baterías del vehículo.
4. Cuantificar la cantidad de componentes y equipos necesarios, para el funcionamiento del vehículo eléctrico.
5. Diseñar el sistema de acoplamiento, para adaptar el motor eléctrico con la transmisión automática del vehículo.
6. Incursionar en el uso de energías renovables aplicadas a vehículos eléctricos.

7. Apalancar en el diseño de vehículos eléctricos en Guatemala.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la industria del automovilismo, a nivel mundial, evoluciona de manera constante y los automóviles que funcionan con energía eléctrica, se convierten en la alternativa viable para evitar el deterioro del planeta tierra ante la creciente contaminación generada por los automóviles con motores de combustión interna, que emanan gases de efecto invernadero a la atmósfera del planeta, afectado directamente en el cambio climático y calentamiento global a nivel mundial.

En consideración con lo anterior, la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala USAC, busca desarrollar un proyecto de ingeniería innovador en Guatemala. El proyecto consiste en realizar la conversión de un automóvil Mitsubishi Mirage modelo 1992, que originalmente cuenta con un motor de combustión interna de 1 500 cc, dicho motor será sustituido por un motor eléctrico de corriente alterna AC que sea abastecido de energía eléctrica, esta energía sea recolectada por medio de paneles solares. Este proyecto se realiza con el fin de crear un vehículo que sea menos contaminante que los vehículos comunes que se utilizan actualmente en Guatemala, y desde el punto de vista económico sería un vehículo que podría abastecerse con una fuente de energía inagotable y gratis en todo el mundo como lo es la energía solar.

Diseñar el automóvil es la etapa básica que debe cumplirse en el proyecto, debido a que el diseño da una guía sobre cuáles son los equipos, materiales, piezas y procedimientos necesarios para lograr el funcionamiento adecuado del automóvil eléctrico. Debe tomarse en consideración las características que el

automóvil debe cumplir para el correcto funcionamiento durante su conducción, estas son: potencia, par torsor, autonomía y velocidad máxima.

Se necesita determinar la manera correcta de adaptar el motor eléctrico con la transmisión automática del automóvil, para lograr el funcionamiento del mismo. Otro factor de importancia es el dimensionamiento correcto del sistema de alimentación de energía eléctrica, que puede ser desde una fuente solar o domiciliar, esta energía es almacenada en acumuladores de corriente conectados en paralelo, capaces de suplir la demanda de energía generada por el motor eléctrico principal y los demás equipos. En condiciones de operación se necesita variar las velocidades de manejo en el automóvil, y se debe utilizar un sistema complejo de variación de frecuencia, que determina la corriente suministrada al motor principal variando así su velocidad de rotación, haciendo que el vehículo pueda cambiar la velocidad de desplazamiento.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la institución

La Unidad de Investigación es una institución dependiente de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Esta Unidad se dedica a la investigación, desarrollo de proyectos concernientes a la Ingeniería Mecánica en todas sus ramas en Guatemala, desarrollando proyectos de índole multidisciplinarios en la Facultad de Ingeniería, ayudando al desarrollo y modernización de la ingeniería en el país. Dichos proyectos también incluyen colaboración con otras Universidades tanto nacionales como internacionales.

1.1.1. Ubicación

La Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Mecánica se encuentra ubicada en el Salón 302, Edificio T-7, Ciudad Universitaria, Zona 12, Ciudad de Guatemala.

1.1.2. Descripción de la institución

La Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Mecánica, fue establecida en el año 2011 por la junta directiva de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC en turno, consolidada en el acta No. 20-2011 iniciando como: "Proyecto de investigaciones metalúrgicas", con una posterior reforma en el año 2013. En el año 2016, como parte del mejoramiento de la calidad educativa de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, la Escuela de Ingeniería Mecánica, fue acreditada por la Agencia Centroamericana de Acreditación de Arquitectura y de Ingeniería "ACAAI".

Una de las condiciones para recibir la acreditación, es que la Escuela de Ingeniería Mecánica realice investigación en temas concernientes a la ingeniería

mecánica. De esta manera se pueden reforzar los conocimientos de ingeniería e investigación en Guatemala¹.

1.2. Descripción del funcionamiento de un vehículo eléctrico

El automóvil eléctrico es un vehículo, con el fin del transportar personas y objetos desde un lugar a otro, cumpliendo así la misma tarea de un automóvil normal. La diferencia entre un automóvil normal de combustión interna y un automóvil eléctrico radica en el tipo de motor y alimentación energética que necesitan para su funcionamiento.

El automóvil con motor de combustión interna realiza su funcionamiento a través de un motor conformado con pistones, con ellos se lleva a cabo la combustión de gasolina o diésel con los cilindros adentro del motor. De esta manera, el movimiento reciprocante de los pistones se convierte en movimiento de rotación con la ayuda del cigüeñal del motor, que está unido al volante de inercia, esta pieza es la encargada de transmitir la potencia del motor a la transmisión automática del automóvil. Debido a que el motor de combustión interna cuenta con un gran número de piezas móviles, mucha de la energía obtenida de la quema del combustible es desperdiciada en el movimiento de las cargas dinámicas, la mayoría de esta energía se desperdicia en forma de calor, haciendo que un automóvil con motor de combustión interna alcance un máximo del 30 % de eficiencia energética.

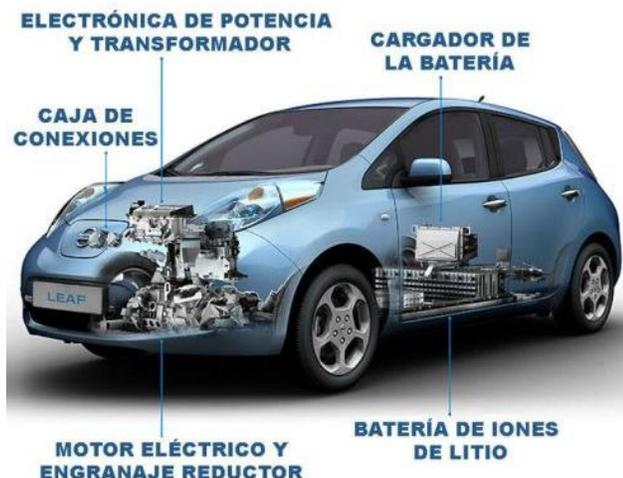
El automóvil eléctrico es impulsado por un motor eléctrico que puede ser monofásico o trifásico, con una potencia específica acorde a las necesidades del vehículo. El motor eléctrico, al tener menos partes móviles que un motor de combustión interna, aprovecha de mejor manera la energía suministrada a este, logrando transmitir de forma más eficiente el movimiento rotacional hacia la

¹ Facultad de Ingeniería. *Historia*. http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sito/?page_id=24.

transmisión automática del automóvil. El motor eléctrico puede ser suministrado de corriente alterna o corriente directa, dependiendo de las características del motor del vehículo.

Por lo general, los vehículos eléctricos son construidos con motores de corriente alterna, y es necesaria la incorporación de un sistema de inversión de corriente, este sistema es el encargado de convertir la corriente directa suministrada por los acumuladores de energía, y convertirla en corriente alterna con las características que se necesitan para suministrar el motor. Un automóvil eléctrico cuenta con dispositivos de control de manejo muy diferentes a un vehículo de combustión interna, debido a la naturaleza de cada motor y las necesidades que deben ser cumplidas para su funcionamiento, como lo son los controladores de velocidad con el fin de acelerar y frenar el automóvil eléctrico.

Figura 1. **Partes de un vehículo eléctrico comercial**



Fuente: Smartlife.

https://cincodias.elpais.com/cincodias/2016/01/22/motor/1453453025_865094.html. Consulta:

13 de diciembre de 2019.

1.2.1. Especificaciones técnicas del vehículo a utilizar

El automóvil que se utilizará para la construcción y desarrollo del proyecto es un Mitsubishi Mirage del año 1992. Este es un automóvil sedán de cuatro puertas, con un motor de combustión interna de fábrica de 1 500 CC, y una transmisión automática de 5 velocidades incluyendo la reversa.

1.2.1.1. Datos técnicos del vehículo, información general

El automóvil que se utilizará es de marca Mitsubishi, modelo Mirage. El automóvil fue fabricado desde el año 1991 hasta 1995, con un motor de 1 500 CC, capaz de entregar una potencia máxima de 91 HP. Es un vehículo con cuerpo tipo sedán, con cuatro puertas y capacidad para cinco personas en su interior.

Tabla I. Información general de automóvil Mitsubishi Mirage 1992

Información general	
Año de producción	1991 – 1995
Marca	Mitsubishi
Modelo	Mirage Sedán IV
Motor	1,5i (91HP)
Tipo de cuerpo	Sedán
Puertas	4
Asientos	5
Peso	1 020 kg

Fuente: AUTOMOBILIO.INFO. <http://automobilio.info/es/Mitsubishi/Mirage/Mirage-Sedan-IV/1.5i-91AG/12047>. Consulta: 27 de abril de 2019.

Tabla II. **Información general del motor de combustión interna original de Mitsubishi Mirage 1992**

Características del motor de combustión interna	
Motor	1468 cm ³
Potencia del motor en KW	67 KW
Potencia del motor en HP	91HP
Esfuerzo de torsión	122 Nm a 3000 rpm
Sistema de suministro de combustible	Gasolina
Número de cilindros	4
Diámetro del cilindro	75,5 mm
Número de válvulas por cilindro	3
Número de marchas	5
Combustible	A-95
Capacidad del depósito de combustible	50 litros/ 13 galones

Fuente: *AUTOMOBILIO.INFO*. <http://automobilio.info/es/Mitsubishi/Mirage/Mirage-Sedan-IV/1.5i-91AG/12047>. Consulta: 27 de abril de 2019.

Tabla III. **Información general de la carrocería de Mitsubishi Mirage 1992**

Características del cuerpo	
Longitud	4 290 mm
Ancho	1 680 mm
Altura	1 365 mm
Distancia entre ejes	2 500 mm

Fuente: *AUTOMOBILIO.INFO*. <http://automobilio.info/es/Mitsubishi/Mirage/Mirage-Sedan-IV/1.5i-91AG/12047>. Consulta: 27 de abril de 2019.

1.2.1.2. Datos técnicos de la transmisión automática del vehículo

El automóvil Mitsubishi Mirage del año 1992, trae de fábrica una transmisión automática modelo: F3A21-2-ER1, está conformada con dos juegos de engranajes planetarios y huecos como la mayoría de cajas de cambios del

mercado, contando con las marchas: parquin, reversa, neutro, tercera, segunda y primera.

Figura 2. **Datos técnicos de la caja de cambios automática F3A21**

23A-1-2b AUTOMATIC TRANSMISSION – Specifications						
1992 MODEL						
	Transmission model	Gear ratio	Speedometer gear ratio	Final gear ratio	Vehicle model	Engine model
EC 4-speed	F4A21-2-MQD	A	30/36	4.062	E31A	4G32
	F4A21-2-MPD1	A	29/36	4.062	E32A	4G37
	F4A21-2-UPN	B	29/36	4.367	E34A	4D65
	F4A22-2-UPD3	A	29/36	4.350	E32A	4G37
	F4A22-2-UQD2	A	30/36	4.350	E32A	4G37
	F4A22-2-UPD4	A	29/36	4.350	E33A	4G63
	F4A22-2-UQD3	A	30/36	4.350	E33A	4G63
	F4A22-2-UPD6	A	29/36	4.350	N11W, N31W	4G93
	F4A22-2-MRD3	A	31/36	4.007	CA4A, CB4A	4G92
	EXP 3-speed	F3A21-2-MR15	A	31/36	4.062	CB1A,
F3A21-2-ER17		A	31/36	3.600	CA2A, CB2A	4G15
GEAR RATIO TABLE						
				A	B	
	1st			2.846	2.551	
	2nd			1.581	1.488	
	3rd			1.000	1.000	
	4th			0.685	0.685	
	Reverse			2.176	2.176	

Fuente: MIRAGE. *Automatic transmission F3A21.*

<http://www.lilevo.com/mirage/Manuals/FWD%20Auto%20Transmission%20F3A2-F4A2%20PWEE8908-ABCDEF%2023A.pdf>. Consulta: 27 de abril de 2019.

1.3. Descripción de componentes

Para realizar la construcción del automóvil eléctrico abastecido con energía solar, se necesitan determinados componentes con características

especiales, que son utilizados para variar las condiciones de funcionamiento del automóvil, como el sistema de carga solar.

1.3.1. Motor eléctrico

El motor eléctrico es una máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica utilizable, por medio de la acción de los campos magnéticos generados por la interacción entre los imanes y embobinados que están en las partes principales del motor eléctrico son el rotor y estator. Existen motores eléctricos que son reversibles, este tipo de motores son capaces de convertir energía mecánica en energía eléctrica, funcionando como generadores eléctricos. Los motores eléctricos tienen una gran variedad de aplicaciones en aparatos electrónicos como en instalaciones domiciliarias e industriales.

1.3.1.1. Definición de motor eléctrico AC

Los motores de corriente alterna son máquinas motrices rotacionales, estas máquinas convierten la energía eléctrica en energía mecánica, estos motores se caracterizan en que su fuente de alimentación es algún tipo de corriente alterna, estos motores tienen una gran variedad de aplicaciones debido a la fuerza de rotación y de par torsor que son capaces de suministrar. Los motores eléctricos de corriente alterna pueden ser monofásicos o trifásicos, esto depende del número de fases que tenga la corriente eléctrica con la que funcionen.

1.3.1.2. Tipos de motor

Existe una gran variedad de motores de AC, entre ellos tres tipos básicos: el universal, el síncrono y asíncrono. Esto depende de la aplicación que se le dé al motor eléctrico.

- Motor asíncrono o de inducción (AC)

Los motores asíncronos se caracterizan en que la velocidad de rotación del rotor no es igual que a la velocidad de giro del campo magnético producida por el estator. El motor asíncrono tiene un rotor de jaula de ardilla o de bobinas de cobre, mientras que el estator está conformado de imanes posicionados en su periferia interior. Estos motores pueden ser monofásicos o trifásicos.

Entre las ventajas que tiene este tipo de motores AC es la alta eficiencia, tienen un costo relativamente bajo, son silenciosos, bajo nivel de vibraciones y fuerza de torsión constante. Las desventajas que tienen estos motores eléctricos son su baja potencia, bajo par de arranque y el riesgo de sobrecarga eléctrica.

- Motor síncrono de imanes permanentes (AC)

Estos motores se caracterizan en que la velocidad de giro del motor es igual que la velocidad de giro del campo magnético. Se llama motor síncrono de imanes debido a que el estator está integrado de imanes, los cuales pueden dirigir el campo magnético de inducción de forma radial o forma axial.

Los motores síncronos de tipo radial se llaman así debido al movimiento del rotor es en el mismo sentido del campo magnético de inducción, mientras el

motor síncrono axial el movimiento del rotor y la dirección del campo magnético están desplazados 90° o 180° en dirección perpendicular, estos tienen la ventaja de optimizar el espacio y la transmisión de potencia entre ejes paralelos, simplificando los acoplamientos mecánicos. Las ventajas de los motores síncronos AC es el alto rendimiento, bajo nivel de revoluciones por minuto, son silenciosos, tienen bajo nivel de vibraciones mecánicas y dimensiones relativamente pequeñas.

- Motores universales

Los motores universales son los que funcionan con corriente continua o corriente alterna. Este motor está conformado por: estator, rotor, escobillas y las tapaderas del motor.

El circuito es unidireccional, esto significa que la corriente eléctrica solo puede viajar en un solo sentido lo que corresponde a utilizar únicamente, conexión en serie para los componentes del motor.

Es un motor de alta potencia capaz de vencer la inercia inicial al estar detenido el motor y ponerlo en marcha (alta potencia de arranque), comúnmente utilizado como motores de arranque.

1.3.1.3. Potencia

La potencia eléctrica es la energía eléctrica que consume un equipo o aparato para su funcionamiento, pero también puede ser entregada la energía eléctrica dada por un dispositivo como, por ejemplo, un inversor de energía o generador eléctrico. Básicamente la potencia eléctrica es la que permite que los aparatos, equipos, dispositivos entre otros funcionen y puedan cumplir con una

tarea determinada. Cabe mencionar que entre más grande sea el dispositivo o el trabajo mecánico que haga mayor será su consumo de potencia eléctrica. Su unidad de medida en el Sistema Internacional (SI) es el Watt (W), pero en Guatemala en el caso de los motores eléctricos es más conocido el caballo de fuerza (HP).

1.3.1.4. Fuente de alimentación

La fuente de alimentación es la energía eléctrica que utiliza un dispositivo, equipo o motor para su funcionamiento. Esta tiene características especiales como es un voltaje determinado, que en Guatemala comúnmente en instalaciones domiciliarias monofásicas se trabaja con 120 V, con frecuencia de 60 Hz, corriente alterna.

Esto es lo que se utiliza de forma común, pero en instalaciones industriales se pueden utilizar 240 V o 360 V con un desfase de 120° entre cada fase esto permite la operación de sistemas eléctricos más complejos con mayor consumo de potencia eléctrica, y utilizando menos corriente que utilizando instalaciones monofásicas.

1.3.2. Sistema de inversión de corriente DC a AC

Un sistema de inversión de corriente es utilizado para convertir la corriente directa obtenida en este caso por acumuladores (baterías) de 12 V DC, en corriente alterna 110 o 220 V a 60 Hz AC, la corriente alterna es comúnmente utilizada en instalaciones domiciliarias o industriales en Guatemala, la transformación de la corriente se realiza por medio de un equipo llamado inversor de corriente.

1.3.2.1. Definición de inversor de corriente

Un inversor de corriente eléctrica es un dispositivo eléctrico que se utiliza para transformar una corriente directa de entrada, a una corriente eléctrica alterna AC de salida, que presenta un comportamiento senoidal que se puede representar para su estudio por una gráfica de onda senoidal cuadrada o triangular, dependiendo de la naturaleza y función del inversor a utilizar.

Los inversores de corriente pueden entregar una corriente alterna con cierta característica dependiendo cuál será su utilización como lo es: voltaje, número de fases, frecuencia y potencia eléctrica determinada.

1.3.2.2. Clasificación de inversores de corriente

Los inversores de corriente se clasifican dependiendo del número de fases que pueda proporcionar el inversor, y están desfasadas 120° entre sí, por lo general se clasifican en dos tipos:

- Inversores monofásicos
- Inversores trifásicos

Los inversores también deben clasificarse con base en la potencia que son capaces de proporcionar a los equipos, porque la potencia eléctrica es la que limita que tipo de usos le podrían dar al inversor, y determina si podrían utilizarlo en el automóvil que se quiere construir.

1.3.2.3. Sistema de protección de sobrecorriente

Son sistemas electromecánicos utilizados para la conservación de los equipos eléctricos y electrónicos para evitar que se quemen por un exceso de corriente eléctrica anormal en instalaciones AC.

1.3.2.3.1. Sobrecorriente

Es cualquier corriente eléctrica que supere el valor nominal indicado en el equipo, electrodoméstico, motor o dispositivo de protección. La sobre corriente puede ser causada por una sobrecarga eléctrica, un cortocircuito, mal aislamiento de juntas o falla de tierra, estas deficiencias pueden producir la quema de los devanados de cobre del motor, como los dispositivos electrónicos del equipo, por ejemplo: resistencias, transistores, reguladores de corriente, diodos, capacitores, entre otros. Para evitar que una sobre corriente arruine los equipos se utilizan los dispositivos de protección contra sobre corriente.

1.3.2.3.2. Dispositivos de protección contra sobre corriente

- Fusible

Es el elemento de protección eléctrico más utilizado, está conformado por placas metálicas de contacto, una carcasa dieléctrica y filamento que puede estar hecho de plata, aluminio, plomo o estaño. El fusible funciona conectando en serie, las placas de contacto entre un cable dejando fluir la corriente del circuito, la corriente pasa en el filamento metálico que tiene una capacidad nominal de corriente.

Si la corriente es mayor al valor nominal, el filamento se fundirá, cortando el flujo de corriente. El tiempo de respuesta depende de la cantidad de sobre corriente que circula por el fusible.

- Interruptor termomagnético

Este es conocido comúnmente en Guatemala como *flip-on*. Es un dispositivo de protección de circuitos eléctricos. Este dispositivo funciona con una corriente nominal, en caso de ser excedida la corriente que alimenta el solenoide, un electro magneto se acciona moviendo la palanca que abre el circuito eléctrico. Estos dispositivos son utilizados comúnmente en circuitos eléctricos domiciliarios y deben ser remplazados, al accionarse automáticamente por sobre corriente, un máximo de dos veces.

- Relevadores de protección

Es un dispositivo de protección de circuitos eléctricos, comúnmente utilizado en la industria debido a que es el dispositivo de protección que resiste mayor amperaje. Está conformado por electromagnetos encargados de accionar los contactos móviles que interrumpen el flujo de corriente, cumpliendo una función similar a los contactores, con la diferencia que estos son accionados únicamente al ocurrir una sobre carga de corriente, mayor a la corriente nominal del dispositivo de protección.

1.3.3. Sistema de almacenamiento de energía

El sistema de almacenamiento de energía es muy importante en el funcionamiento de un vehículo eléctrico, porque es el encargado de abastecer a todos los sistemas eléctricos del vehículo, incluyendo el motor principal para el

funcionamiento del mismo. Básicamente, este cumple como tanque de combustible en un vehículo con motor de combustión interna, la capacidad del sistema de almacenamiento de energía eléctrica es el que establece la autonomía del automóvil eléctrico.

1.3.3.1. Definición de banco de baterías

Banco de baterías es un conjunto de baterías de 12V DC, capaz de suplir la demanda de energía eléctrica del motor principal del automóvil, como de toda la instrumentación y equipos del vehículo. Básicamente es un conjunto de baterías que se unen para formar una sola batería de mayor capacidad.

El banco de baterías se debe dimensionar con base en la demanda de energía que tenga el automóvil, de este modo se determina la cantidad de baterías, cantidad de voltaje y el amperaje que tendrá cada batería, se debe considerar que el banco de baterías está conformado de baterías de ciclo profundo y determinan el tiempo de funcionamiento del vehículo eléctrico.

1.3.3.2. Definición de baterías de ciclo profundo

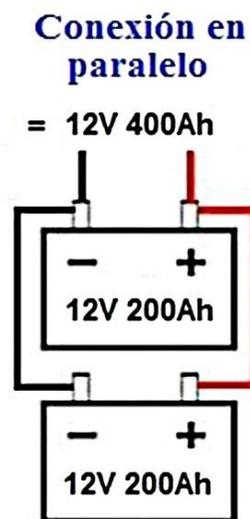
Es un tipo de batería especial que capaz de mantener un amperaje continuo durante horas, y puede proporcionar varias descargas de energía de manera constante, utilizadas en sistemas solares, fabricadas principalmente de gel.

1.3.3.3. Sistema de conexiones en paralelo

Es una manera para conectar las baterías. Consiste en conectar los polos de cada batería en el mismo sentido, esto indica positivo con positivo y negativo

con negativo. Lo que se logra con esta conexión es mantener un voltaje constante igual al de ambas baterías, pero la corriente de cada batería se suma básicamente con la conexión en paralelo, se conserva el voltaje y se aumenta la corriente eléctrica.

Figura 3. Sistema de conexiones en paralelo

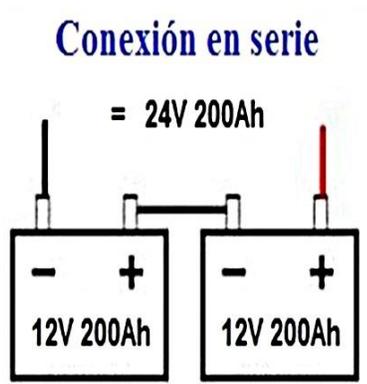


Fuente: Conexiones en Serie. *Baterías y amperios*. <https://bateriasyamperios.com/guia-e-instalacion/baterias-en-serie-y-paralelo-como-debo-conectar/>. Consulta: 4 de mayo 2019.

1.3.3.4. Sistema de conexiones en serie

El sistema de conexiones en serie, se utiliza en los bancos de baterías para aumentar el voltaje y mantener una corriente eléctrica constante, consiste en conectar los polos opuestos de las baterías, de positivo a negativo, dejando un polo negativo, y uno positivo como entrada y salida de corriente. De esta manera, se consigue hacer una batería de mayor voltaje capaz de alimentar dispositivos de mayor demanda de voltaje DC.

Figura 4. **Sistema de conexiones en serie**



Fuente: Conexiones en Serie. *Baterías y amperios*. <https://bateriasyamperios.com/guia-e-instalacion/baterias-en-serie-y-paralelo-como-debo-conectar/>. Consulta: 4 de mayo 2019.

1.3.4. Sistema de carga solar fotovoltaico

Es un conjunto de equipos y dispositivos de control, capaces de cargar el banco DC de baterías de ciclo profundo que alimentan al automóvil. Este sistema está conformado principalmente por un panel solar eléctrico fotovoltaico, que transforma la radiación solar que llega a la tierra en energía eléctrica. Este sistema es utilizado como una fuente energética completamente renovable y ecológica, cada día se populariza debido a las problemáticas ambientales que se viven hoy en día.

1.3.4.1. Definición de panel solar

Panel solar es un dispositivo utilizado para el aprovechamiento de la radiación solar. El término es aplicable a los calentadores de agua solares conocidos como colectores solares, y también a los paneles fotovoltaicos que convierten la radiación solar en una corriente eléctrica directa DC, los cuales

pueden proporcionar una potencia eléctrica dependiendo las características y capacidades del panel a utilizar. Estos están fabricados de bloques de silicio conocidos como *Ingots*, con una vida útil aproximada de 25 a 30 años presentado una eficiencia promedio del 80 % del valor nominal del panel.

1.3.4.2. Tipos de paneles solares

Los paneles solares o módulos solares que producen energía eléctrica se dividen en dos tipos que son: monocristalinos y policristalinos ambos son construidos de *ingots*. La diferencia radica en la calidad de su fabricación y la eficiencia que estos entregan.

Los paneles solares monocristalinos son utilizados en instalaciones de poco espacio, debido a que su eficiencia es mayor que la de un panel policristalino, esto se debe a que en su proceso de fabricación las celdas de silicio son cortadas de láminas de silicio de gran pureza, y se desperdicia gran cantidad de material para lograr su pureza, como consecuencia el precio de estos paneles es alto y se caracterizan por sus colores oscuros, se pueden encontrar en color negro o gris oscuro.

Mientras que los paneles solares policristalinos también están conformados de celdas de silicio. La diferencia radica en que estas láminas son fundidas, como consecuencia las celdas contienen una mayor cantidad de impurezas haciendo que la eficiencia de panel disminuya, sin embargo, la ventaja es el precio de adquisición que es menor que la de un panel monocristalino.

1.3.4.3. Regulador de corriente eléctrica

El sistema de carga eléctrico fotovoltaico necesita un regulador de corriente o carga eléctrica, que es el encargado de estabilizar la corriente obtenida por medio del panel solar. Esto se debe a que las baterías necesitan un amperaje y voltaje de carga constante. Otra función importante del regulador es programar los rangos de carga y descarga del banco de baterías, esto se refiere el voltaje mínimo VMI que puede tener el banco de batería, al llegar a este valor el regulador deja fluir la corriente eléctrica con el fin de cargar el banco de baterías. De la misma manera se tiene un voltaje máximo VMA que indica el máximo voltaje que puede tener el banco de baterías, al llegar a este valor el regulador debe abrir el circuito cortando así el flujo de corriente eléctrica, de esta manera se evita sobrecarga en las baterías y en los dispositivos eléctricos del automóvil con el fin de conservar su integridad y funcionamiento óptimo.

1.3.5. Sistema de variación de velocidad

Todos los automóviles tienen un sistema de variación de velocidad debido a que las condiciones de manejo cambian de manera constante mientras se conduce. En el caso de un automóvil eléctrico su sistema de aceleración es diferente a un automóvil de combustión interna, porque para variar la velocidad de un motor eléctrico se necesita un variador de frecuencia, que permite cambiar la velocidad de rotación del motor a conveniencia de la persona.

1.3.5.1. Definición de variador de frecuencia

Un variador de frecuencia es un regulador de uso común industrial que se encuentra entre la fuente de alimentación eléctrica y el motor del automóvil. La

corriente suministrada por el inversor de corriente AC pasa por el variador, que regula la energía ajustando la frecuencia y voltaje antes de que ésta llegue al motor, con el fin de tener el motor en la condición de operación deseada.

Los variadores de frecuencia reducen la potencia y el par de un motor eléctrico, en este caso el motor principal del automóvil. Esto se realiza controlando la velocidad de rotación del motor logrando que funcione a la velocidad necesaria para su manejo.

El uso del variador de frecuencia para controlar la velocidad del automóvil tiene muchas ventajas operativas porque el variador permitirá controlar la velocidad del automóvil de una forma directa, produciendo menores pérdidas de carga eléctrica en el circuito, también aumenta la vida útil del motor haciendo que no todo el tiempo funcione a su máxima capacidad. En operación el automóvil debe detenerse y el variador en esta situación se encarga de apagar por completo el motor principal y de ponerlo en marcha de nuevo cuando se necesite, de esta manera se aumenta la autonomía del vehículo porque el motor no consumirá energía mientras este parado.

1.3.5.2. Tipos de variadores de frecuencia

Existen varios tipos de variadores de frecuencia los cuales se utilizan dependiendo sus características físicas de aplicación, resistencia y potencia eléctrica.

1.3.5.2.1. Voltaje de entrada variable (VVI)

Los variadores de frecuencia de voltaje de entrada son los tipos más simples de variadores de frecuencia, la salida de voltaje desde una unidad VVI es

frecuentemente llamada “onda de seis pulsos”. El VVI fue uno de los primeros variadores AC de estado sólido que tuvo aceptación general. En este tipo, los dispositivos de conmutación de salida crean una nueva onda senoidal de corriente del motor mediante la introducción de una serie de onda cuadrada a diferentes voltajes. Esto puede ser realizado por transistores de potencia o SCRs².

1.3.5.2.2. Inversor fuente de corriente (CSI)

Estos variadores se utilizan cuando se trabajan con altas potencias mayores a 50 HP. Los variadores de frecuencia de fuentes de entrada (CSI) son muy similares a los VVI. La diferencia entre los dos diseños es que los equipos de variación de frecuencia de entrada de la fuente de corriente, se las arreglan para forzar una onda cuadrada de corriente en oposición al voltaje.³

1.3.5.2.3. Modulación por ancho de pulso (PWM)

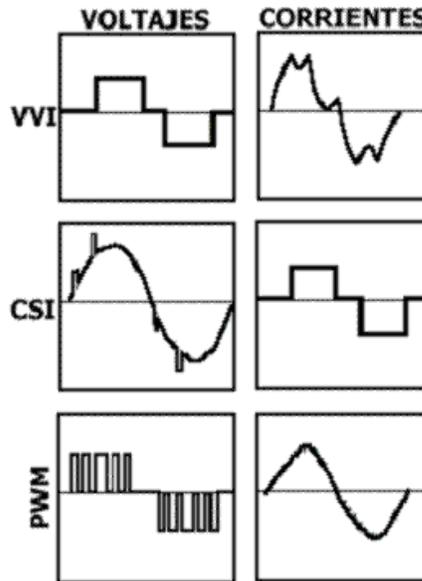
El variador de ancho de pulso modulado (PWM) es el tipo más complejo de variador de frecuencia. Este tipo de variador permite que el motor funcione de manera más eficiente. Los PWM logran esto a través de la utilización de transistores. Los transistores conmutan la corriente directa a diferentes frecuencias y por lo tanto ofrecen una serie de pulsos de voltaje al motor. Cada uno de estos pulsos está en porciones para reaccionar con el motor y crear la corriente adecuada en el motor⁴.

² MITCHEL, Justin. *Tipos de variadores de frecuencia*. https://techlandia.com/tipos-variadores-frecuencia-lista_392995/.

³ Ibíd.

⁴ Ibíd.

Figura 5. Diagramas onda por cada tipo de variador de frecuencia



Fuente: Voltajes. *Instrumentación y control*. <https://instrumentacionycontrol.net/tipos-de-variadores-de-velocidad-en-motores-ac/>. Consulta: 15 de mayo de 2019.

1.3.6. Ahorro de energía obtenida al no utilizar combustibles

El ahorro energético es un tema que cada día toma más auge debido a que las fuentes de energías no renovables con el paso del tiempo se agotan. A principios del siglo XX, el uso de combustibles fósiles presentaba un ahorro significativo sobre otras fuentes energéticas, debido a que la cantidad de petróleo en el mundo era abundante y no había sido explotado anteriormente, esto dio origen a la evolución de los motores de combustión que utilizan los derivados del petróleo para funcionar.

En la actualidad se sabe que petróleo se agota día con día, y el precio de los combustibles aumenta de manera constante a nivel mundial, haciendo que

poco a poco el uso de automóviles con motor de combustión interna debe ser remplazados con el paso de los años. Otra desventaja de los motores de combustión es la contaminación atmosférica que producen al utilizarlos, que con los años se vuelve más grave y como medida de respuesta a esta problemática, muchos países están prohibiendo el uso de los motores de combustión, forzando así a los fabricantes de vehículos a migrar a otros tipos de motores que sean alimentados con fuentes energéticas renovables y que no contaminen. La solución más viable ha sido la fabricación de automóviles con motores eléctricos y que hoy en día pueden ser abastecidos por energía renovables obtenidas por ejemplo en: parques eólicos, hidroeléctricas, plantas geotérmicas y plantas solares.

1.3.6.1. Tipo de ahorro energético generado con el proyecto

El desarrollo de este automóvil tiene un aspecto innovador en Guatemala, porque al utilizar un vehículo con electricidad es novedoso, este prototipo también podrá ser recargado con energía solar, que es una de las fuentes de energía más eco amigables con el planeta y con los años toma más auge en Guatemala.

1.3.6.2. Sistema de carga eléctrica autosostenible

El sistema de carga autosostenible que se incorporará al automóvil es un sistema de carga solar fotovoltaico, y es capaz de recargar el automóvil de manera constante en cualquier parte del mundo, siendo esto una ventaja de utilización para un vehículo, como la gran ventaja del aspecto económico al tener un vehículo capaz de suplir las necesidades sin gastar nada para su funcionamiento.

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Características técnicas de los componentes

Cada componente que se utilizará para la conversión del vehículo requiere una capacidad específica, dimensionada con base en las demandas que deban suplirse en el motor principal, que debe ser el encargado del funcionamiento del automóvil eléctrico.

2.1.1. Peso del vehículo a convertir

- Peso original del automóvil de fábrica: 1 020 kg
- Cálculo del peso del tanque de combustible

Densidad de la gasolina: 850 g/l

Capacidad del tanque de combustible: 50 litros

$$P_{\text{Tanque}} = 50 \text{ l} \times 850 \frac{\text{g}}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 42,5 \text{ kg}$$

- Peso de componentes innecesarios para un automóvil eléctrico
 - Peso del motor de combustión interna: 110 kg
 - Peso del tanque de combustible: 42,5 kg
 - Peso de sistema de refrigeración: 11,34 kg
 - Peso de sistema escape: 23 kg

- Cálculo de peso total de componentes innecesarios para un vehículo eléctrico.

$$P_{\text{innecesarios}} = (110 + 42,5 + 11,34 + 23) \text{ kg} = 186,84 \text{ kg}$$

- Peso total de componentes innecesarios para un vehículo eléctrico 187 kg.
- Cálculo del peso del automóvil sin los componentes innecesarios.

$$P_{\text{nuevo}} = 1\,020 \text{ kg} - 187 \text{ kg} = 833 \text{ kg}$$

- Peso nuevo del automóvil sin los componentes innecesarios. (Peso nuevo): 833 kg.

2.1.2. Dimensionamiento del motor eléctrico

El motor eléctrico es el corazón de un vehículo eléctrico, porque de este depende directamente el funcionamiento del automóvil, un correcto dimensionamiento del motor garantiza la correcta operación y utilización del automóvil en cualquier momento, bajo cualquier situación.

2.1.2.1. Tipo de motor AC

El motor eléctrico que se utilizará como motor principal en el proyecto es un motor eléctrico cerrado de corriente alterna asíncrono de 1 p.h, con una velocidad de rotación de 3 600 rpm, con voltaje de alimentación necesario de 110/220 V, de potencia nominal de 5 HP y frecuencia de 60 Hz.

2.1.2.2. Torque o par torsor

El torque o par torsor en un automóvil es la fuerza de torsión que es entregada por el motor eléctrico en el caso de los vehículos eléctricos a la transmisión automática, para mover las ruedas del vehículo. El par torsor es el encargado de proveer la fuerza necesaria en un vehículo, para romper la inercia al estar parado, superar las pendientes en el camino o terrenos irregulares en la carretera.

El par torsor es el parámetro inicial para el dimensionamiento del motor eléctrico, debido a que este puede ser comparado entre un motor de combustión interna y un motor eléctrico.

2.1.2.2.1. Cálculo de par torsor necesario para el vehículo eléctrico

El motor de combustión interna original del motor tiene un par torsor máximo de 122 Nm aproximadamente 90 lb*ft a 3 000 rpm según los datos del fabricante, básicamente esto es la máxima fuerza que puede dar este motor suponiendo las condiciones idóneas del funcionamiento del motor. Un automóvil con motor de combustión interna generalmente utiliza el 60 % de su torque máximo en condiciones de manejo reales y se calcula que el par torsor necesario para el funcionamiento del vehículo es:

$$T = 90 \text{ lb*ft} \times 60 \%$$

$$T_{\text{motor}} = 54 \text{ lb*ft}$$

2.1.2.2. Cálculo de par torsor máximo

$$T_{\max} = \frac{T_{\text{motor}}}{rT1ra}$$

Dónde:

T_{motor} : torque del motor eléctrico

$rT1ra$: relación de transmisión 1era velocidad = 0,0724 (tabla núm. IV)

$$T_{\max} = \frac{54 \text{ lb}\cdot\text{ft}}{0,0724}$$

$T_{\text{máximo}} = 745,86 \text{ lb}\cdot\text{ft}$

2.1.2.3. Potencia

La potencia de un motor eléctrico es la encargada de realizar el trabajo, en este caso el movimiento rotacional trasferido a la transmisión mecánica para el avance del automóvil. Para calcular la potencia se usará el par torsor analizado anteriormente. La potencia de un motor eléctrico se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$HP = \frac{T \times \text{rpm}}{5252}$$

Donde:

HP: potencia del motor en caballos de fuerza

T: torque en $\text{lb}\cdot\text{ft}$

rpm: número revoluciones por minuto del motor

Para romper la inercia de un automóvil eléctrico son necesarias de 500 a 1 000 rpm.

$$HP_{min} = \frac{54 \text{ lb*ft} \times 500 \text{ rpm}}{5\,252} = 5,14 \text{ HP}$$

$$HP_{max} = \frac{54 \text{ lb*ft} \times 1\,000 \text{ rpm}}{5\,252} = 10,28 \text{ HP}$$

Básicamente este análisis indica que se puede utilizar un motor de 5 o 10 HP, debido a que ambos son capaces de entregar la misma fuerza de torsión, con la diferencia que el motor de 10 HP rompe la inercia en aproximadamente la mitad del tiempo que el motor de 5 HP.

2.1.3. Velocidad teórica alcanzada por el vehículo

De acuerdo a las fórmulas utilizadas, en la tabla IV se detallan las velocidades que se espera alcance el vehículo en condiciones controladas.

Tabla IV. Cálculos de relación de transmisión

Marcha	Gear Ratio A (GRA)	Gear Ratio (GR)	rtc GRA/GR	rtd(diferencial) (31/36) / 3,6 = 0,239	rtc * rtd = rT	n _c a (3 600 rpm)
1ª velocidad	31/36	2,846	0,303	0,239	0,0724	260,64
2ª velocidad	31/36	1,581	0,545	0,239	0,130	468,0
3ª velocidad	31/36	1,000	0,861	0,239	0,206	741,6
(Marcha atrás)	31/36	2,176	0,396	0,239	0,094	338,4

Fuente: elaboración propia.

2.1.3.1. Cálculo de la velocidad máxima

$$V = \frac{\pi \times \phi \times 60 \times n_c}{1\,000}$$

Donde:

V: velocidad en km/h

Φ : diámetro de la rueda del carro en metros = 0,575 m

Ruedas del carro medida 175/70R13

n_c : relación de transmisión total a 3 600 rpm de tercera velocidad = 741,6

$$V_{\max} = \frac{\pi \times 0,575\text{m} \times 60 \times 741,6}{1\,000}$$

Velocidad máxima = 80,4 km/h o 22,33 m/s

2.1.3.2. Corriente eléctrica

La corriente que consume el motor eléctrico es necesario conocerla, debido a que esta es la demanda de energía que debe de suplir el banco de baterías y delimita la autonomía del automóvil.

2.1.3.2.1. Cálculo de la corriente de consumo del motor eléctrico

La corriente que consume un motor eléctrico se puede calcular por medio de la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

I: corriente eléctrica que necesita el motor en amperios.

P: potencia nominal del motor en Watts. Para el proyecto se utilizará un motor de 5HP por ahorro económico equivalente a 3,73 Kw.

V: voltaje de funcionamiento del motor en voltes.

$$I_{110} = \frac{3\,730 \text{ Watts}}{110 \text{ Volts}} = 33,91 \text{ Amp}$$

$$I_{220} = \frac{3\,730 \text{ Watts}}{220 \text{ Volts}} = 16,95 \text{ Amp}$$

2.1.3.3. Voltaje del motor eléctrico

El voltaje recomendable con el que debe funcionar el motor eléctrico principal es de 220 V, debido a que permite consumir menos corriente para su funcionamiento. Esto permite que el banco de baterías conserve más energía y aumenta de manera directa la autonomía del vehículo eléctrico. Sin embargo, se recomienda adquirir un motor que pueda trabajar con ambos voltajes 110 o 220 V, permitiendo utilizar cualquier tipo de inversor de corriente a conveniencia y economía.

2.1.4. Dimensionamiento del sistema de inversión de corriente

Debido a que ya se dimensionó la potencia eléctrica que necesitará el motor eléctrico, se puede proceder al dimensionamiento del equipo que se encargará de su alimentación de energía, en este caso el inversor de corriente correcto para este proyecto.

2.1.4.1. Capacidad de potencia de inversor de corriente

La potencia eléctrica mínima que debe cumplir el inversor de corriente es la potencia pico que puede alcanzar el motor eléctrico en el arranque, se estima que es un 40 % más de la corriente nominal del motor. En este caso sí se utilizará un motor de 5 HP su potencia pico es de 7 HP o 5,22 KW, comercialmente el inversor de corriente que se puede adquirir es un inversor de 6 KW de potencia nominal. Esta potencia es suficientemente grande para alimentar el motor eléctrico principal en todas sus fases de funcionamiento.

2.1.4.2. Capacidad de salida de voltaje AC

Comercialmente estos inversores trabajan con un voltaje de entrada nominal de 12 voltios DC.

2.1.4.3. Capacidad de salida de voltaje AC

La capacidad de voltaje de salida del inversor de corriente pueden ser dos opciones, debido a que en la selección del motor se determinó que lo más viable es utilizar un motor que pueda trabajar 110/220 V, considerando el

análisis anterior se recomienda utilizar un inversor de corriente que cumpla con las mismas características del motor, capaz de suministrar 110/220 V AC con una frecuencia de 60 Hz de 1 p.h.

2.1.5. Dimensionamiento de acumulación de voltaje

El dimensionamiento de un banco de baterías que sea capaz de alimentar el motor principal y la instrumentación eléctrica del automóvil. El correcto dimensionamiento de un banco de baterías ayuda a tener mayor autonomía en el funcionamiento del automóvil.

2.1.5.1. Capacidad de baterías de ciclo profundo

Las baterías que se utilizarán para este proyecto son baterías, marca Trojan de ciclo profundo serie 30 XHS de 12 V DC con capacidad individual de 105 Ah durante 5 horas, cada batería tiene las siguientes dimensiones 35,4 cm x 17,1 cm x 25,6 cm con un peso de cada batería de 30 kg.

2.1.5.2. Cantidad de acumuladores necesarios

La cantidad de baterías que se utilizarán son: 4 baterías de C.P para el motor eléctrico principal y 1 batería C.P para los circuitos eléctricos e instrumentación, tipo de baterías presentadas anteriormente.

2.1.5.3. Conexiones en serie y paralelo

Las conexiones que se deben realizar en el banco de baterías son solamente conexiones en paralelo, debido a que el voltaje de entrada el inversor es de 12 V DC igual que el voltaje de salida de las baterías. Con esta

conexión se logrará conservar el mismo voltaje y aumentar la corriente que puede dar el banco de baterías.

2.1.5.4. Capacidad neta de banco de baterías

El banco de baterías que se usará estará conformado por cuatro baterías de ciclo profundo, colocadas en conexiones paralelo capaces de suministrar 420 AH durante 5 horas y 12V DC, suficiente para suplir la demanda de energía eléctrica del automóvil.

2.1.5.5. Autonomía teórica del vehículo

Se utiliza el consumo de corriente del motor eléctrico a 110 V, de 33,91 Amp/h, se deben considerar las pérdidas de corriente del motor eléctrico principal y de los instrumentos eléctricos que al sumarse equivalen aproximadamente al 40 % de la corriente nominal del motor. La potencia total consumida se calcula:

$$P_{total} = 33,91 \text{ Amp/h} \times 110 \text{ V} \times 1,5$$
$$P_{total} = 5\,595,2 \text{ W/h}$$

2.1.5.5.1. Cálculo de la autonomía en horas

- La potencia eléctrica total del banco de baterías del motor principal se calcula

$$\text{Potencia banco de baterías del motor} = 420 \frac{\text{Amp}}{\text{h}} \times 5 \text{ h} \times 12 \text{ V} = 25\,200 \text{ Watts}$$

Potencia total banco de baterías del motor principal = 25 200 watts. Sin necesidad de considerar los circuitos eléctricos auxiliares que son alimentados por una batería de ciclo profundo independiente.

- La autonomía en horas de funcionamiento del vehículo se calcula

$$\text{Autonomía (h)} = \frac{25\,200\text{ W}}{5\,595,2\ \frac{\text{W}}{\text{h}}}$$

Autonomía en horas del vehículo = 4,5 horas = 270 minutos

2.1.5.5.2. Cálculo de la autonomía en kilómetros

La capacidad teórica del recorrido en kilómetros del vehículo se calcula con una velocidad promedio de 60 km/h con una eficiencia del 85 % de la autonomía del vehículo, esto se debe a las condiciones irregulares durante el manejo de un automóvil. La autonomía de recorrido se calcula:

$$\text{Autonomía (km)} = 60\ \frac{\text{km}}{\text{h}} \times 4,5\ \text{h} \times 0,85$$

Autonomía teórica en kilómetros (km) = 229,5

2.1.6. Dimensionamiento de sistema de carga solar

El dimensionamiento correcto del sistema de carga solar es de gran importancia, porque ayuda a determinar el equilibrio entre el espacio para

colocar el panel solar en el techo y el aprovechamiento de la energía solar de una forma eficiente, para cargar el banco de baterías.

2.1.6.1. Capacidad de panel solar

La capacidad del panel solar se debe dimensionar en base a la capacidad del banco de baterías, tomando en cuenta las dimensiones del techo del automóvil en este caso el Mitsubishi Mirage 1992, tiene un techo de dimensiones de 1,30 m largo por 1,10 m de ancho. Este espacio limita el área para colocar el panel.

El panel solar que se utilizará es un panel monocristalino debido a su alta eficiencia con potencia máxima de 350 W y dimensiones de 1,48 m de largo, 0,992 m de ancho y grosor de 3,5 cm. suficiente para adaptar el panel solar con una parrilla en el techo del automóvil.

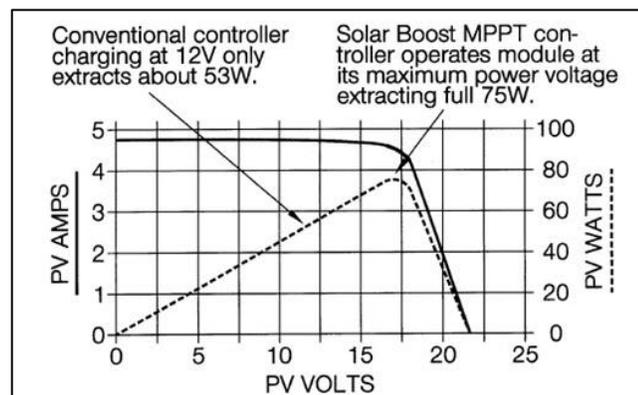
2.1.6.2. Capacidad de sistema de regulación de voltaje

Un controlador de carga es un dispositivo necesario en cualquier sistema de energía alternativa que utilice un banco de baterías. El propósito del controlador de carga es evitar la sobrecarga de la batería, lo que alarga la vida útil de las baterías.

Para este proyecto se utilizará un controlador de carga de seguimiento de potencia máxima MPPT, básicamente es un conversor DC a DC con el fin de estabilizar el voltaje entregado al banco de baterías, y mantiene la corriente eléctrica que entrega el panel a su máxima capacidad durante todas sus horas de carga, aumentando la eficiencia del panel solar en un 80 % permitiendo

disminuir el tiempo de carga del banco de baterías. Este regulador solo debe programar el voltaje al que debe funcionar, y es 12 V DC igual que el banco de baterías.

Figura 6. **Diagrama de potencia para regulador MPPT**



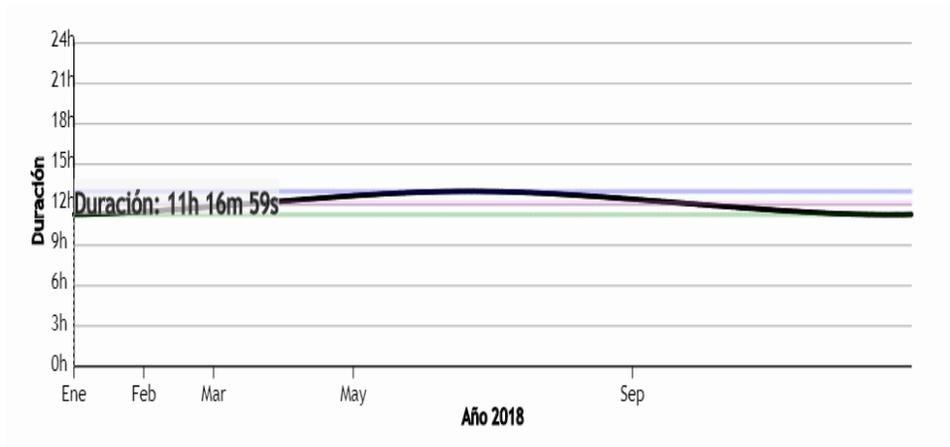
Fuente: Potencia. *eNGineering*. <http://renewablengineering.blogspot.com/2010/04/seguimiento-del-punto-de-maxima.html>. Consulta: 24 de mayo de 2019.

2.1.6.3. **Tiempo de aprovechamiento de energía solar**

Como en todas partes del mundo el horario de luz solar no es constante debido a los fenómenos naturales como: solsticio y equinoccio, que hacen que la percepción de luz solar en Guatemala varíe, dependiendo la época del año. En el año 2018 Guatemala tuvo como valor mínimo de horas de luz solar de 11 horas, 16 minutos y 59 segundos. Mientras que el máximo de luz solar que fueron percibidos en dicho año fue: 12 horas, 59 minutos y 37 segundos.

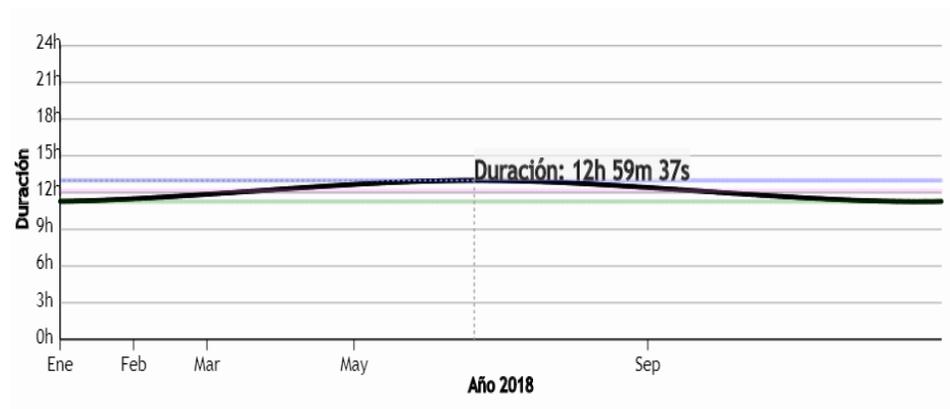
Basados en estos datos, se determinó que en promedio Guatemala se reciben 12 horas con 7 minutos de luz al día.

Figura 7. Duración de luz solar más corta del año 2018



Fuente: Calendario Solar. [vercalendario.info](https://www.vercalendario.info/es/sol/guatemala-año-calendario-2018.html). <https://www.vercalendario.info/es/sol/guatemala-año-calendario-2018.html>. Consulta: 01 de junio de 2019.

Figura 8. Duración de luz solar más larga del año 2018

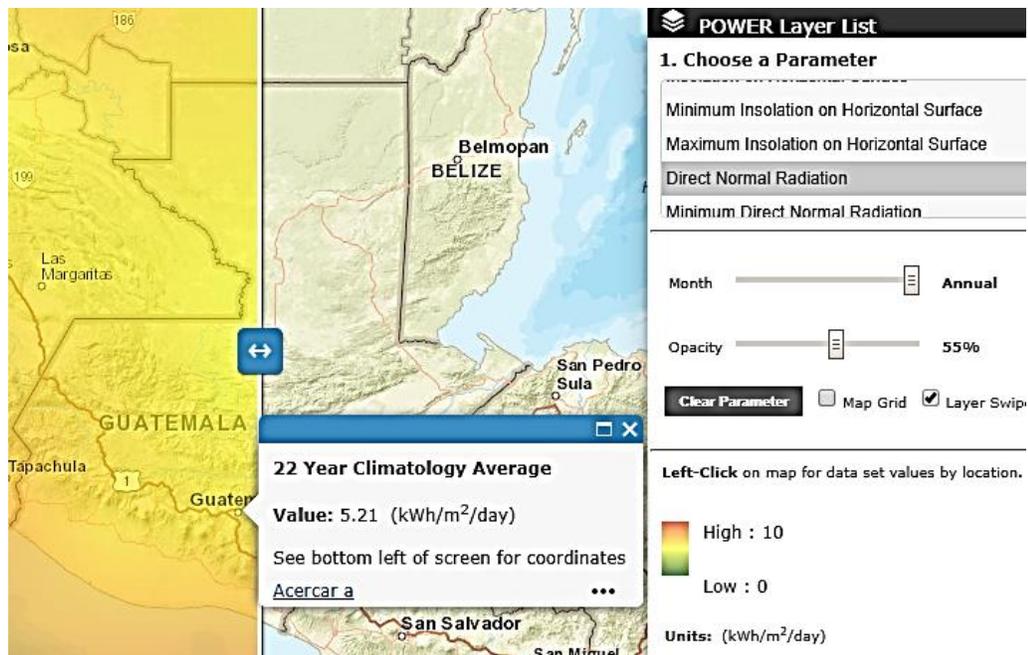


Fuente: Calendario Solar. [vercalendario.info](https://www.vercalendario.info/es/sol/guatemala-año-calendario-2018.html). <https://www.vercalendario.info/es/sol/guatemala-año-calendario-2018.html>. Consulta: 01 de junio de 2019.

2.1.6.4. Potencial de radiación solar en Guatemala

El proyecto *POWER* es un conjunto de datos solares y meteorológicos de la investigación de la NASA para respaldar las energías renovables, la eficiencia energética de los edificios y las necesidades agrícolas realizadas a nivel mundial, Guatemala tiene un valor de radiación solar de 5,21 KW/m²/día esto lo hace un país con gran potencial para la utilización de sistemas de energía solar.

Figura 9. Radiación solar directa en Guatemala



Fuente: NASA.POWER. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. Consulta: 07 de junio de 2019.

2.1.6.5. Tiempo de carga del banco de baterías con energía solar

El banco de baterías que suministra de corriente eléctrica al motor principal, está conformado por 4 baterías de ciclo profundo y tiene la capacidad de 12 V DC proporcionando 420 Amperios hora, sin embargo, también debe considerarse el tiempo de carga de la batería de ciclo profundo de 12 V DC y 105 Amperios hora, que se encarga de suministrar la energía a los circuitos auxiliares. Considerando lo anterior, se puede asumir que se debe cargar un solo conjunto de baterías de 12 VDC y 525 Amperios hora, con estos datos se puede calcular la potencia eléctrica unificada de todo el automóvil.

$$P_{unificada} = 525 \text{ AH} \times 12 \text{ V} = 6\,300 \text{ Watts hora}$$

Potencia del panel solar: 350 Watts con 80 % de eficiencia

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{6\,300 \text{ WH}}{350 \text{ W} \times 0,8} = 22,5 \text{ horas}$$

Aproximadamente, el tiempo de carga de todo el automóvil incluyendo el banco de baterías del motor principal, y la batería de los circuitos auxiliares con energía solar es de 22 horas y 30 minutos.

2.1.6.6. Tiempo de carga del banco de baterías con energía eléctrica domiciliar

La carga de banco de baterías de motor y la batería de los circuitos auxiliares se debe hacer utilizando un cargador de baterías de corriente directa con salida de carga de 12 VDC, 50 Amperios carga rápida, potencia de 600 Watts con 90 % de eficiencia. Considerando que se carga el mismo conjunto de baterías de 6 300 watts hora de potencia, el tiempo de carga se calcula:

$$\text{Tiempo de carga} = \frac{6\,300\text{ WH}}{600\text{ W} \times 0,9} = 11,7\text{ horas}$$

Aproximadamente el tiempo de carga de todo el automóvil incluyendo el banco de baterías del motor principal, y la batería de los circuitos auxiliares con energía domiciliar es de 22 horas y 30 minutos.

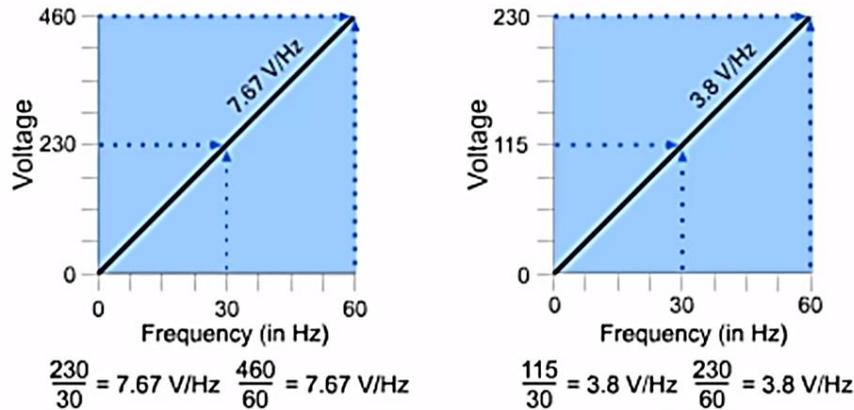
2.1.7. Sistema de variación de velocidad

El sistema de variación de velocidad es muy importante para el funcionamiento del automóvil porque este es el que regulará la velocidad de rotación del motor principal, y limita la velocidad de avance del automóvil.

2.1.7.1. Dimensionamiento de variador de frecuencia

El variador de frecuencia se dimensiona utilizando el grafico de voltaje en relación con la frecuencia:

Figura 10. Diagrama de relación voltaje y frecuencia



Fuente: Voltaje. *electro club*. <https://www.electroclub.com.mx/search/label/Variadores%20de%20Velocidad>. Consulta: 15 de junio de 2019.

La relación obtenida es de 3,8 V/Hz esta relación indica que el variador de frecuencia que se puede utilizar debe ser 230/115 V AC, trabajando a máxima frecuencia máxima de 60 HZ.

Con el valor determinado anteriormente, utilizando un motor a 110 V AC se sabe que se necesita un variador de frecuencia tipo PWM de 34 A de corriente, y comercialmente se puede encontrar con una potencia nominal de 10 HP de entrada y salida monofásicas. Por cuestiones de ahorro de energía, se recomienda utilizar el variador de frecuencia a 220 V lo que disminuye la corriente que necesita, haciendo que se necesite un variador de menos capacidad, esto siempre y cuando se utilice un inversor de salida 220 V AC.

Figura 11. **Variador de frecuencia con potenciómetro central**

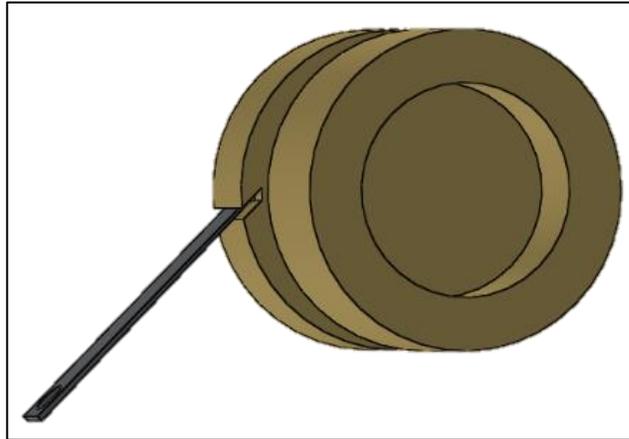


Fuente: *Sein*. http://seincorporation.com/th_s111.htm. Consulta: 17 de junio de 2019.

2.1.7.2. Diseño de adaptación de variador de frecuencia con el acelerador mecánico

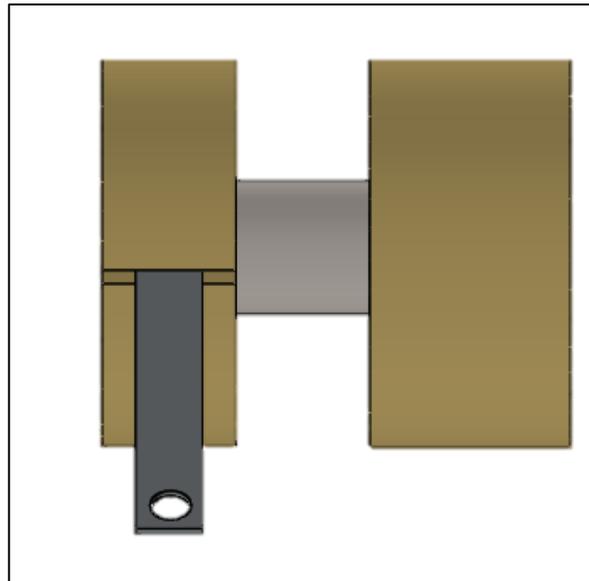
El variador de frecuencia que se utilizará tiene una perilla de 2 cm diámetro con ella se regula la velocidad de rotación del motor, si se utiliza un rodete con retorno con muelle, se puede hacer girar la rueda de manera automática conservando la velocidad en 0 rpm mientras se desenrolle la cinta jalada por el cable de acelerador, este moverá la perilla en sentido opuesto aumentando las rpm del motor de manera gradual. Básicamente es el mismo principio de enrollamiento con el que funciona una cinta métrica.

Figura 12. **Acople adaptador para acelerador mecánico vista perfil**



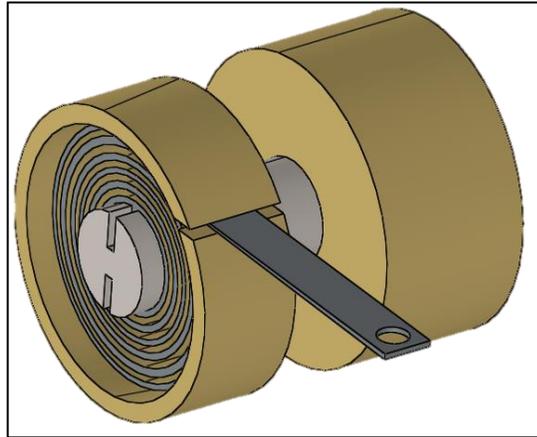
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Figura 13. **Acople adaptador para acelerador mecánico vista alzado**



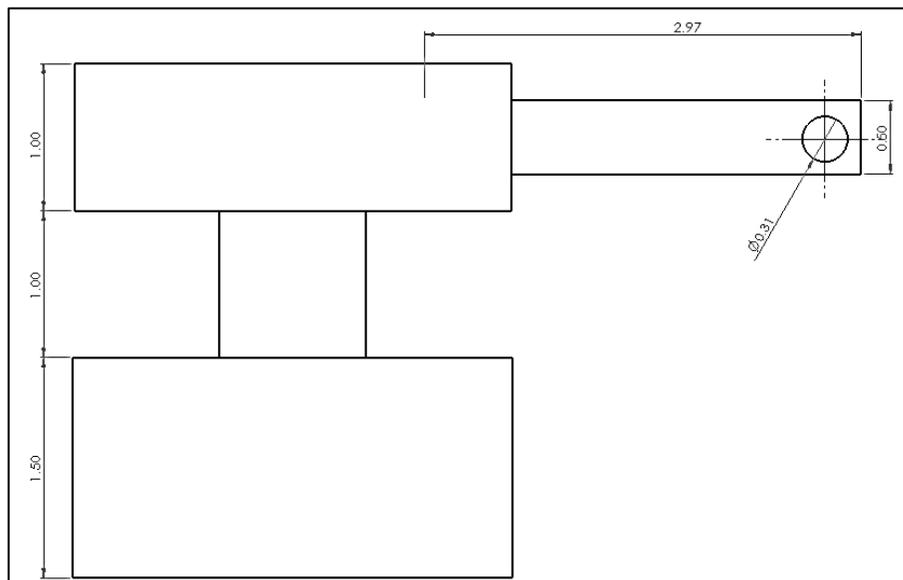
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Figura 14. **Acople adaptador para acelerador mecánico vista isométrico**

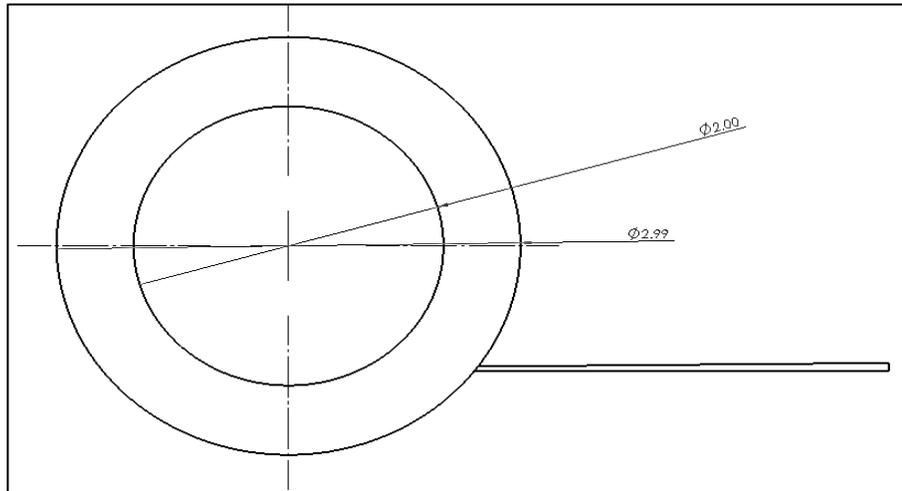


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Figura 15. **Planos de acople adaptador para acelerador mecánico**



Continuación de la figura 15.



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

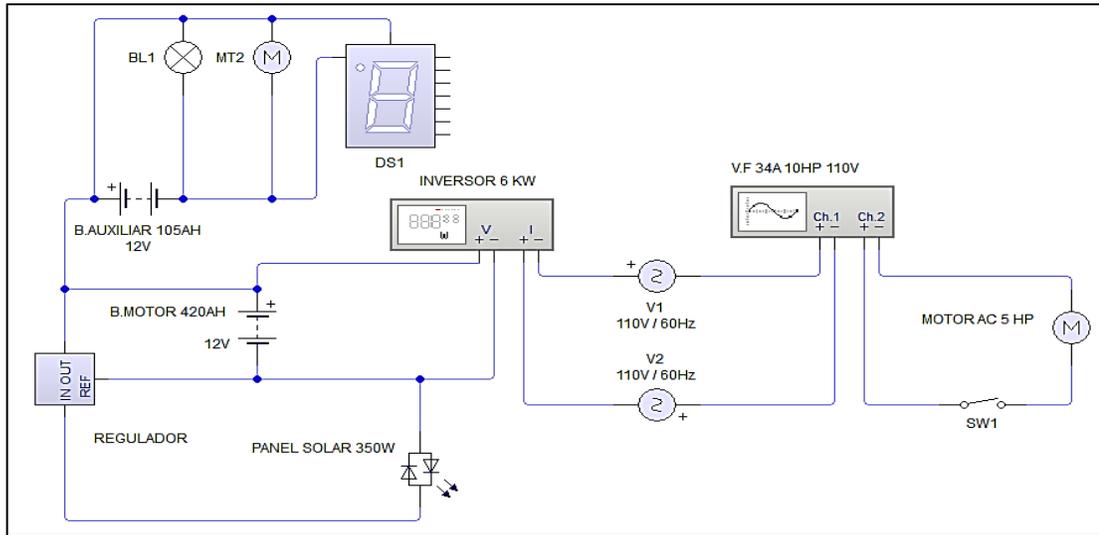
2.1.8. Diseño de componentes necesarios para la conversión del vehículo

Debido a que la conversión del vehículo necesita modificaciones a su carrocería como la implementación de ciertos equipos, es necesario hacer planos y representaciones gráficas del vehículo con el fin de tomar ideas de los equipos y como se vería el vehículo al estar terminado.

2.1.9. Diseño de circuito eléctrico

El circuito eléctrico del vehículo está representado por la simbología correspondiente a cada dispositivo que será utilizado para el funcionamiento del motor eléctrico como su sistema de carga solar.

Figura 16. Diagrama del circuito eléctrico para conversión a vehículo eléctrico

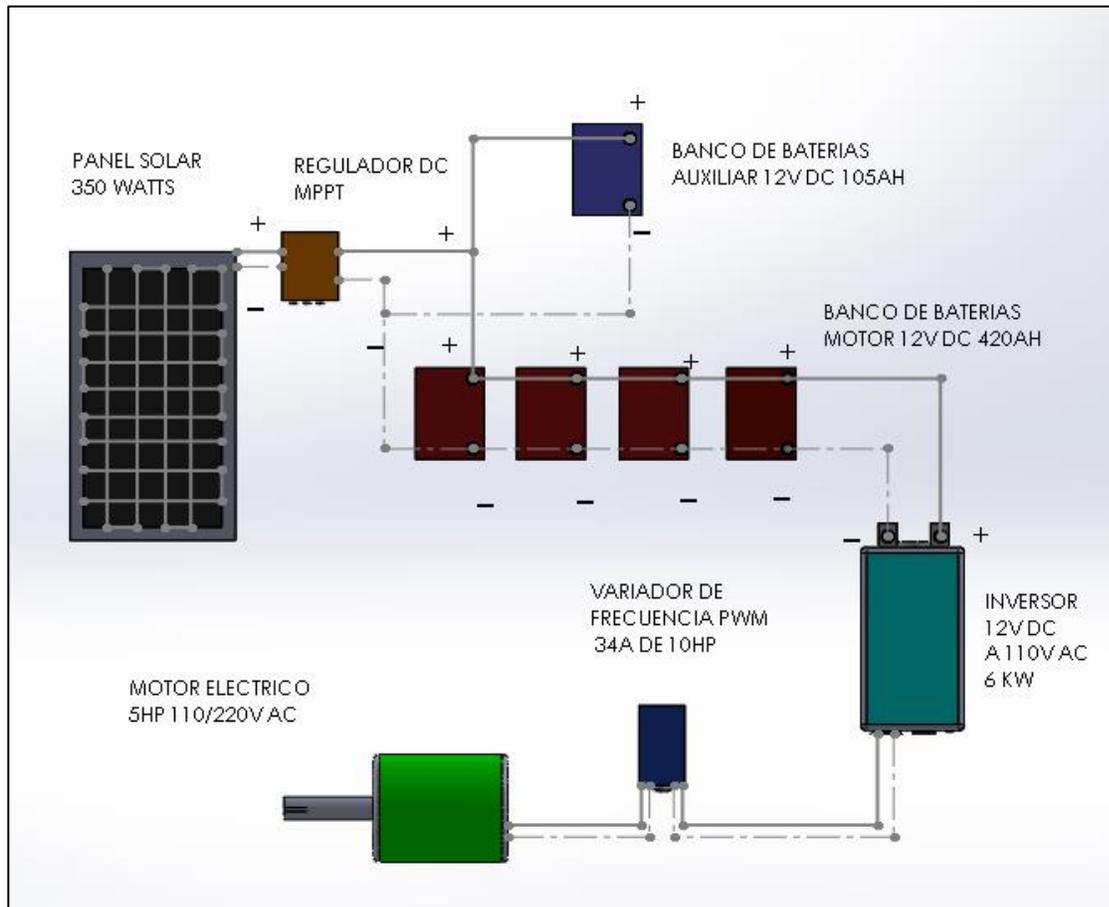


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

2.1.9.1. Diagrama eléctrico

El diagrama eléctrico es una representación del circuito eléctrico, ejemplificando de forma gráfica los dispositivos que se utilizarán y la forma en la que deben ir conectados.

Figura 17. Diagrama eléctrico equipos y componentes en 3D



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

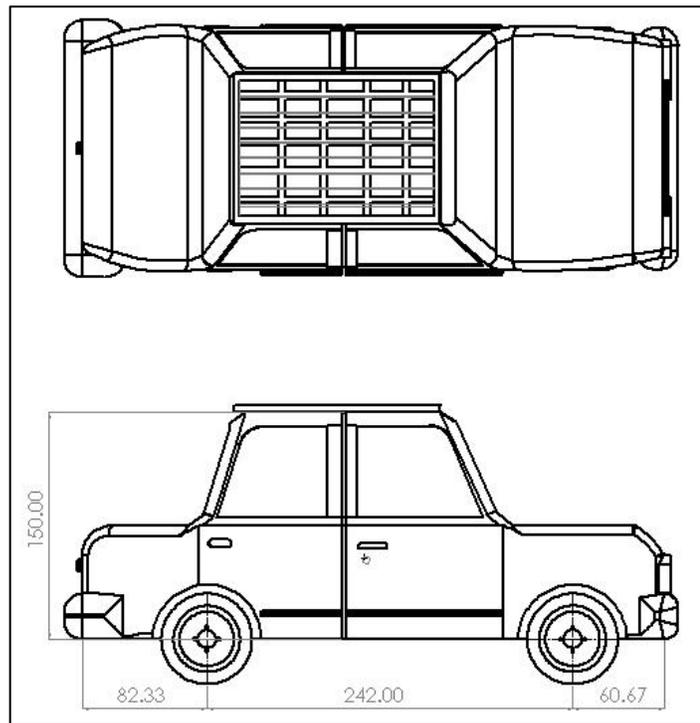
2.1.10. Diseño de prototipo

A continuación, se ilustran el diseño del prototipo del vehículo en las figuras 18 a la 20.

2.1.10.1. Diseño gráfico general de vehículo eléctrico

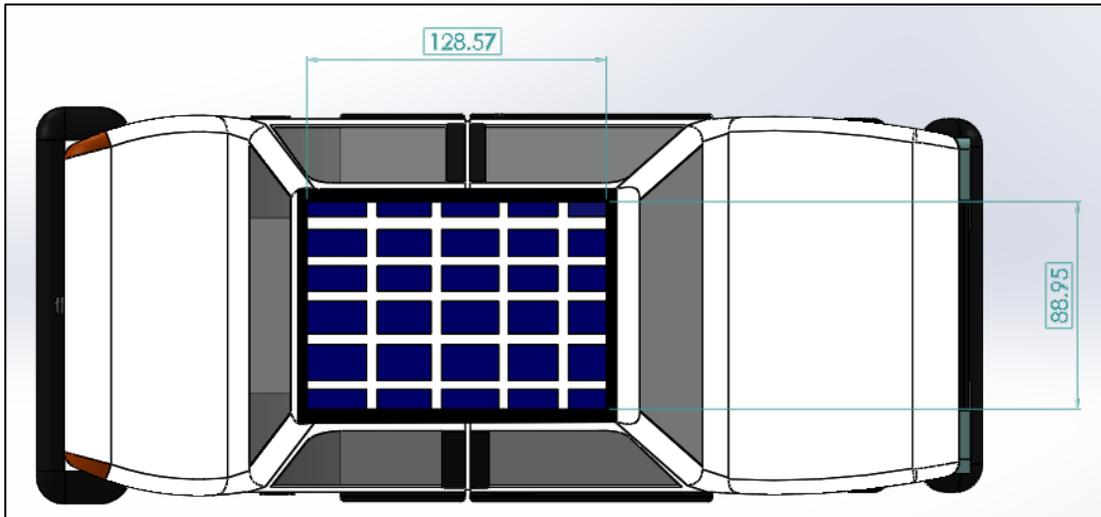
El diseño gráfico del vehículo es necesario para tomar ideas de cómo se vería el automóvil eléctrico al estar terminado, incluyendo la posición del panel solar.

Figura 18. Planos del diseño gráfico general del automóvil



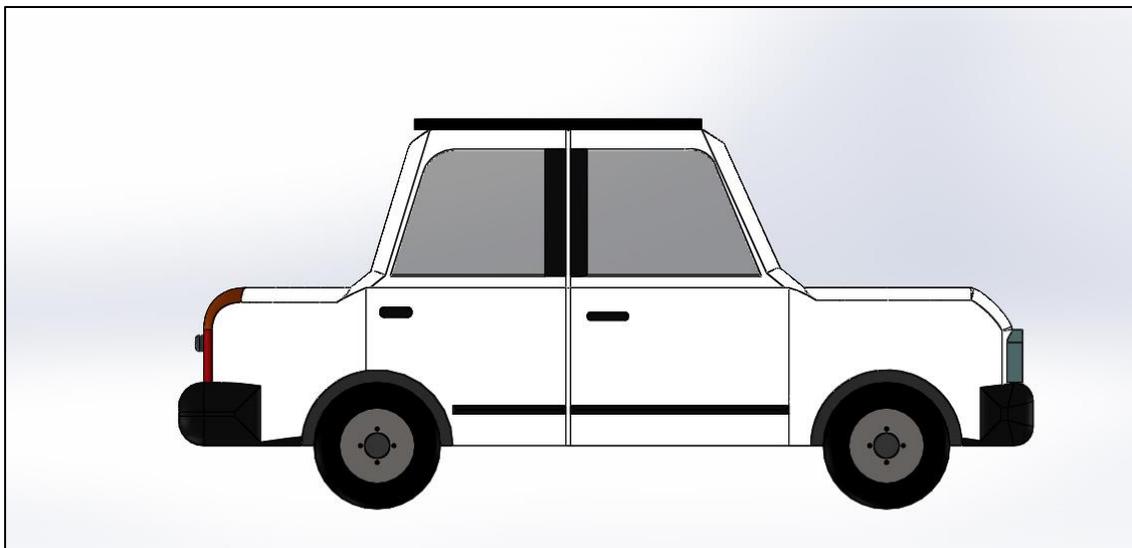
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Figura 19. **Diseño gráfico del automóvil en 3D vista planta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Figura 20. **Diseño gráfico del automóvil en 3D vista perfil**

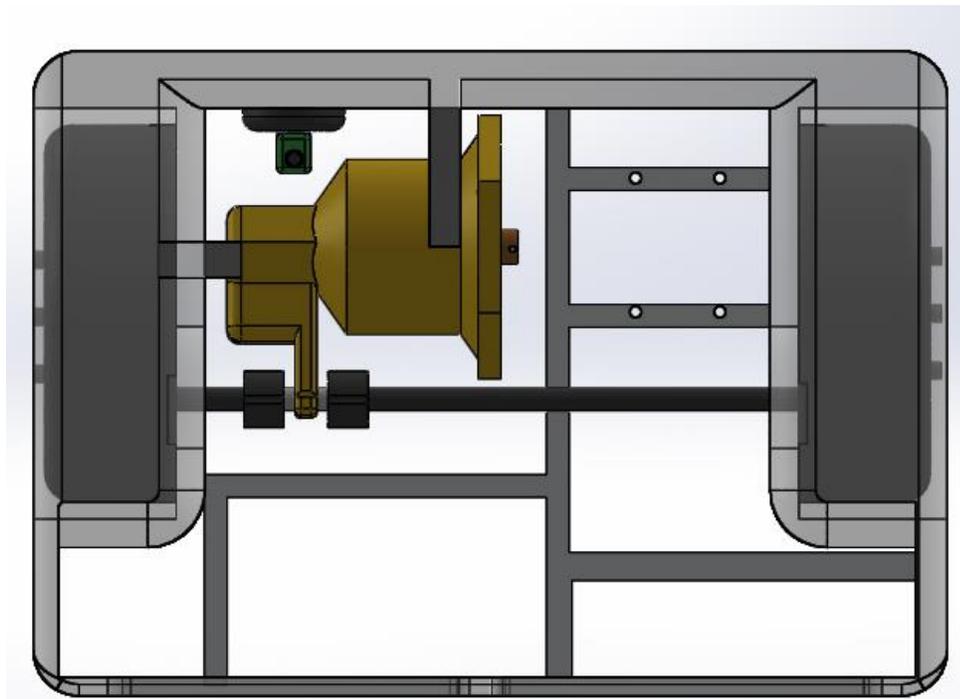


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

2.1.10.2. Diseño gráfico de adaptaciones al chasis

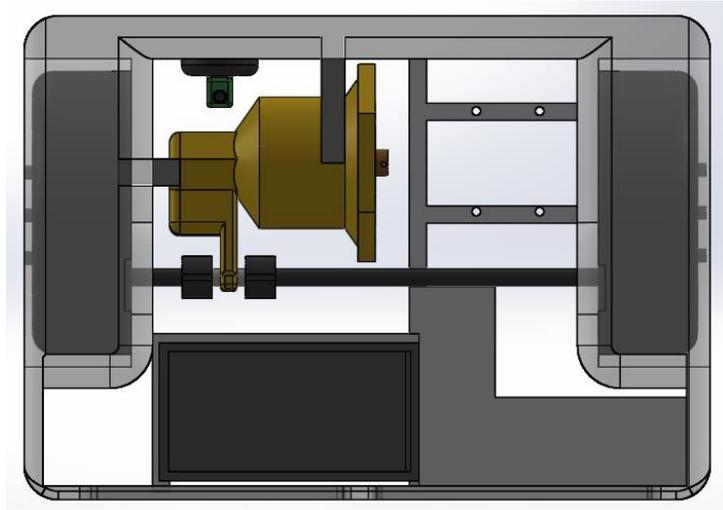
El chasis del automóvil debe modificarse con estructuras metálicas en las cuales se deben posicionar los equipos que conformarán el sistema eléctrico, como el motor principal alineado y balanceado con la transmisión automática del vehículo.

Figura 21. **Diseño gráfico de adaptaciones al chasis del en 3D etapa 1**



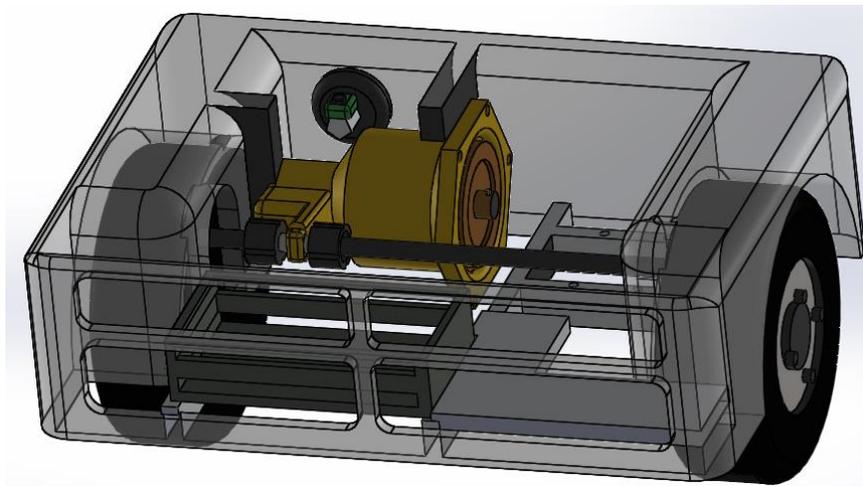
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Figura 22. **Diseño gráfico de adaptaciones al chasis del en 3D etapa 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Figura 23. **Diseño gráfico de adaptaciones al chasis del en 3D isométrico**

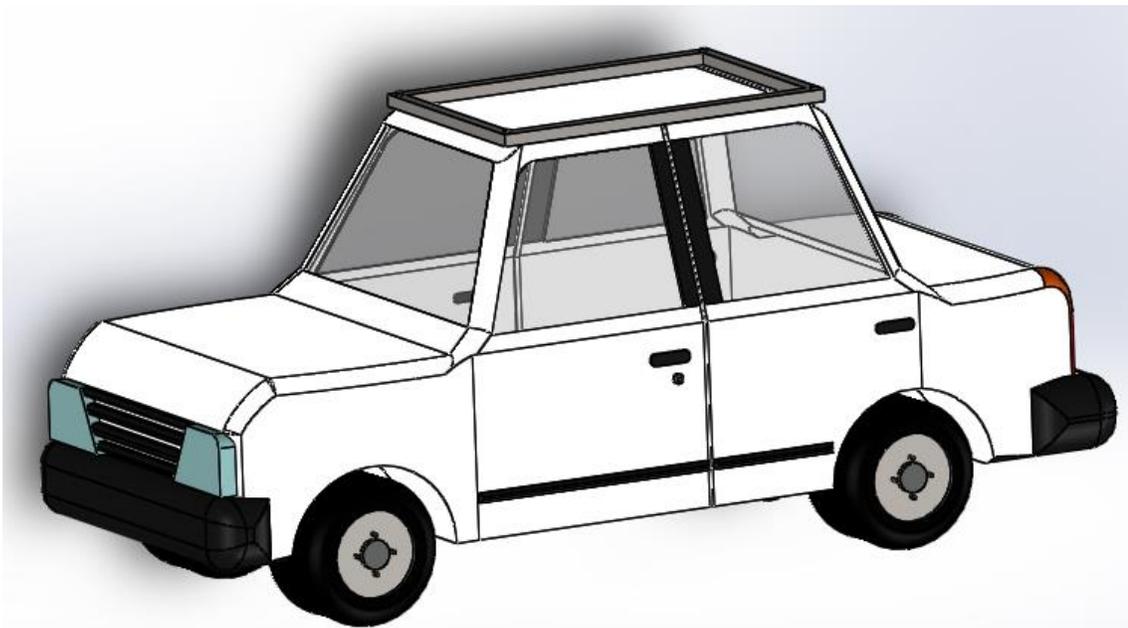


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

2.1.10.3. Diseño gráfico de adaptaciones a la carrocería

La principal adaptación a la carrocería del vehículo es el panel solar que va colocado en la parte superior del techo del automóvil, porque es el mejor lugar para recibir la radiación solar.

Figura 24. **Diseño gráfico del automóvil con la parrilla adaptada en la carrocería en 3D**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

2.1.11. Sistema de acoplamiento entre motor eléctrico y transmisión mecánica

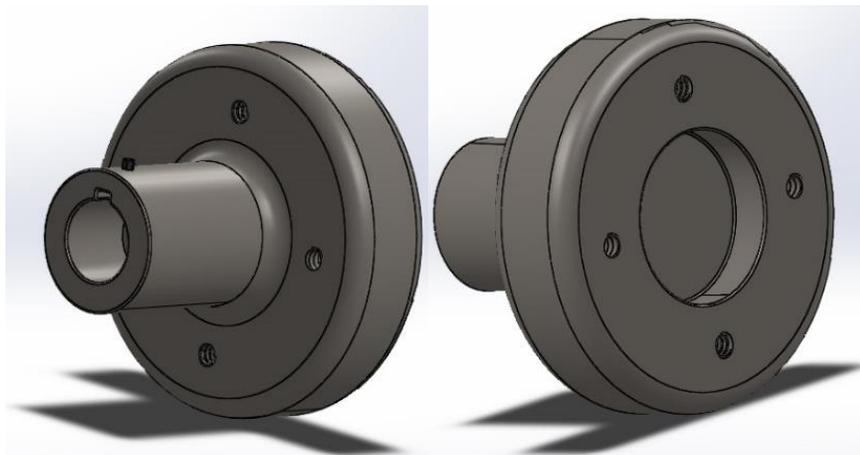
El sistema de acople entre el motor eléctrico y la caja de transmisión automática es una pieza fundamental a fabricarse, la pieza estará sometida

grandes esfuerzos mecánicos, y debe seleccionarse el material adecuado capaz de soportar los esfuerzos y cargas generados por el motor y la transmisión.

2.1.11.1. Diseño gráfico del acople entre ejes

Para que el prototipo tenga una óptima funcionalidad es de suma importancia hacer modificaciones en los acoples entre cada ejes como se ilustra en la figura 25.

Figura 25. **Diseño gráfico del acople entre el motor eléctrico y la transmisión automática vista isométrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

2.1.11.2. Materiales a utilizar

La pieza de adaptación entre la caja de transmisión automática y el motor eléctrico principal será fabricada con acero 1 045, debido a su alta resistencia

mecánica este acero es utilizado comúnmente para la fabricación de ejes y acoples mecánicos.

Tabla V. **Características del acero 1045**

Acero AISI SAE 1045	
Dureza	163 HB (84 HRb)
Esfuerzo de Fluencia	310 MPa (45000 PSI)
Esfuerzo Máximo	565 MPa (81900 PSI)
Elongación	16% en 50 mm
Reducción de Área	40%
Modulo de Elasticidad	200 GPa (29000 KSI)
Maquinabilidad	57%
Calor Especifico	460 J/(Kg °K)
Densidad	7,87 g/cm ³ (0,284/in ³)
Conductividad Térmica	52 W/(m °C)
Coefficiente de Poisson	0,3

Fuente: *Ingeniería de los materiales*. <http://ingenieriadelosmaterialessblogspot.com/2015/11/acero-1045-ficha-tecnica.html>

Consulta: 05 de julio de 2019.

2.1.12. Sistema de lubricación de caja automática

Una caja de cambios automática es básicamente un conjunto de engranajes y embragues que permiten aumentar la velocidad o par torsor del motor a conveniencia del piloto.

Una caja automática de cambios trabaja por medio de fluido hidráulico a presiones variables, el aumento de la presión del fluido hidráulico es realizado por medio del convertidor de par, esta pieza es un conjunto de turbinas que cumple dos funciones de gran importancia para el proyecto.

- El convertidor de par es la pieza de conexión entre el motor eléctrico del vehículo y la caja de cambios, en este caso el acople propuesto está diseñado para ensamblarse directamente sobre el convertidor de par de la transmisión automática del vehículo Mitsubishi Mirage 1992, esto ayuda a mantener el funcionamiento correcto de la transmisión del vehículo tanto en presión como lubricación de la caja.
- Aumento de presión del fluido hidráulico, el aumento de presión es necesario para accionar las marchas del automóvil y para lubricar los trenes de engranajes, este aumento de presión se realiza en este caso a medida que el motor eléctrico gira hasta una máxima velocidad de rotación 3 600 rpm, suficiente para conseguir la lubricación y el funcionamiento correcto de la transmisión automática. El aceite que utiliza la transmisión automática es un ATF Dexron 3.

2.1.13. Sistema de frenos del vehículo eléctrico

Uno de los factores más importantes durante el uso del vehículo es como frenar el automóvil, los automóviles convencionales frenan con un sistema hidráulico que se encarga de accionar las mordazas o zapatas de freno. Como el líquido se desplaza a alta presión es necesario utilizar un *booster* de freno, que básicamente es una bomba de diafragma que trabaja en vacío o presiones negativas, ayudando a accionar la bomba hidráulica de frenos con gran suavidad.

Para lograr este vacío que es necesario para el accionamiento correcto de los frenos luego de realizar la conversión del automóvil, se debe utilizar una bomba de vacío eléctrica SSBC, que trabaja con 12 V DC, 7 Amp a un a presión de vacío de 18'' Hg o 7,8 PSI.

Figura 26. **Bomba de vacío eléctrica SSBC**



Fuente: *elektuncars*. <http://elektron.com/la-bomba-de-vacio-y-los-frenos/>. Consulta: 07 de agosto de 2019.

2.1.14. Sistemas eléctricos adicionales del automóvil

Los automóviles para su correcto funcionamiento y utilidad tienen sistemas eléctricos que se encargan de controlar todos los accesorios eléctricos y electrónicos. Los más importantes son:

- Sistema de luces, direccionales y luces de retroceso
- Sistema de instrumentación mecánica (indicadores)
- Sistema de parabrisas
- Motor del aire acondicionado
- Sistema de sensores
- Sistema de radio y luces internas

- Sistema de bomba de vacío

En este caso se debe considerar el consumo de corriente de la bomba de vacío del *booster* de freno. Para determinar el consumo de corriente que tiene un automóvil se deben conocer el amperaje que es capaz de suministrar el alternador de fábrica, debido a que los alternadores son diseñados para suministrar la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de todos los sistemas eléctricos del automóvil, mientras se encuentra encendido el motor de combustión interna.

Los alternadores están diseñados para suministrar aproximadamente 50 amperios de corriente mínima, para el funcionamiento de los circuitos eléctricos del automóvil con voltaje de 14 VDC. En total se deben considerar 3 sistemas que son los que más corriente consumen:

Tabla VI. **Circuitos eléctricos auxiliares de mayor consumo de corriente**

Sistema	Consumo (Amp/h)
Circuito eléctrico general o total	50
Luces del automóvil encendidas	10
Bomba de vacío	7
Total	67

Fuente: elaboración propia.

Para solucionar esta demanda de corriente se debe reemplazar la batería de fábrica del automóvil por una batería de ciclo profundo de 12 VDC, 804 Watts de potencia neta y 105 AH con duración de 5 horas.

2.1.14.1. Cálculo de la autonomía en horas de los circuitos eléctricos auxiliares

- La potencia eléctrica de una batería de ciclo profundo: 6 300 watts
- Potencia eléctrica consumida por los circuitos eléctricos auxiliares, 804 W/h.
- Autonomía en horas de funcionamiento de los circuitos eléctricos auxiliares.

$$\text{AutonomíaCA (h)} = \frac{6\,300\text{ W}}{804\frac{\text{W}}{\text{h}}} = 7,8\text{ h}$$

La autonomía en horas de los circuitos eléctricos auxiliares a máximo consumo de corriente es de aproximadamente 7 horas y 48 minutos.

2.1.15. Presupuesto preliminar del proyecto

El presupuesto de un proyecto es una de las partes más importantes para su realización, porque ayuda a conocer el costo de inversión monetaria que se necesita, para llevar a cabo la conversión del automóvil Mitsubishi Mirage a un vehículo eléctrico solar.

Tabla VII. **Presupuesto de equipos, materiales y suministros**

Cantidad	Descripción de materiales, suministros y equipos	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
1	Motor eléctrico AC de 5HP 3600 rpm 110/220V 1ph	6,000	6 000
1	Inversor de corriente de 6KW salida 110/220V AC de 60Hz	7 500	7 500
1	Variador de frecuencia de 35Amp de 10HP 110/220V AC de 60Hz	5 200	5 200
5	Baterías de Ciclo profundo de 105AH Trojan	7 500	7 500
1	Panel solar monocristalino de 350W	2 900	2 900
1	Regulador de voltaje MPPT salida de 12V DC	1 200	1 200
1	Kit de bomba de vacío SSBC	2 500	2 500
-	De más accesorios: Cables, fusibles, Switch	-	1 200
Total			<u>34 000</u>

Fuente: elaboración propia.

3. FASE DE DOCENCIA

La fase de docencia está dirigida a todos los estudiantes que forman parte del equipo de trabajo que realiza la conversión del vehículo Mitsubishi Mirage 1992 con motor de combustión interna a motor eléctrico. Este equipo de trabajo se formó el 14 de mayo de 2019, con el fin de conformar un grupo de estudiantes de ingeniería mecánica con conocimientos de mecánica automotriz, electricidad y electrónica básica. De esta manera se cuenta con un equipo capaz de realizar la conversión del vehículo como se les indique.

Figura 27. **Integrantes del equipo de trabajo para la conversión del vehículo Mitsubishi Mirage 1992, de la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Mecánica**



Fuente: elaboración propia.

3.1. Importancia del dimensionamiento de los componentes

La primera parte de la capacitación a los estudiantes del equipo de trabajo para la conversión de vehículos eléctricos consiste en la información general del proyecto y sobre los equipos necesarios para lograr el funcionamiento del vehículo con motor eléctrico abastecido de energía solar. Debido a que son equipos de grandes capacidades eléctricas y mecánicas se necesita realizar un dimensionamiento adecuado para cada componente y equipo a utilizar, con el fin de que el automóvil cumpla con las condiciones de funcionamiento demandadas por el usuario. Debido a esto, es necesario explicarles a los participantes como fueron dimensionados cada uno de los equipos y la función que cada uno de ellos debe cumplir.

3.2. Importancia de la utilización de vehículos eléctricos

En Guatemala es necesario hacer conciencia a la población sobre la importancia de utilizar automóviles eléctricos y la ventaja económica, ambiental y energética que presentan el uso de estos vehículos. Como primera etapa de concientización sobre el uso de vehículos eléctricos se realizó la presentación del mototaxi eléctrico (TUC TUC), realizado en la Unidad de Investigación de la Escuela de Ingeniería Mecánica, dicha presentación fue llevada a cabo durante la semana de Expo InfoUsac 2019, en ella aspirantes universitarios, docentes de distintas facultades, personal administrativo y miembros del CSU demostraron su interés en el proyecto y la importancia que este tipo de vehículos representa a nivel nacional.

La segunda etapa consistió en la formación de un grupo de estudiantes universitario pertenecientes a la Facultad de Ingeniería de la USAC, los cuales demostraron interés en los vehículos eléctricos y la forma en la que pueden llevarse a cabo las conversiones de vehículos normales, a vehículos eléctricos abastecidos por energías renovables, debido a esto se les explicó a profundidad la ventaja del uso de estos vehículos y la innovación que representan en la ingeniería en el país. En consideración con lo anterior, se decidió conformar un grupo de estudiantes con el fin de convertir el automóvil Mitsubishi Mirage donado a la Escuela de Ingeniería Mecánica, en un vehículo eléctrico capaz de ser recargado con energía solar, basándose en este informe.

Figura 28. Expo InfoUsac 2019, presentación del primer prototipo de vehículo eléctrico al ingeniero Murphy Paiz, Rector Universitario



Fuente: elaboración propia.

3.3. Plan de fabricación

El plan para la conversión del vehículo a eléctrico solar se compone de las actividades necesarias que deben realizarse de forma ordenada para que el vehículo funcione. Para eso es necesario elaborar un cronograma de actividades.

Tabla VIII. **Cronograma de actividades**

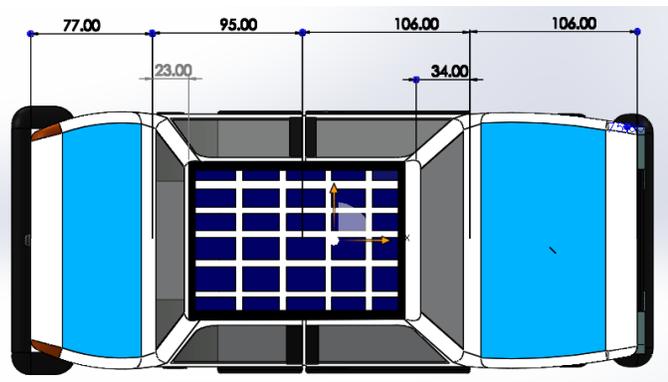
Actividades	Descripción	Fecha (Semana)
Información general	Informar a los estudiantes del grupo sobre los objetivos y la descripción del proyecto.	1 – 2
Extracción de componentes innecesarios	Retirar los sistemas: motor de combustión interna, tanque de gasolina, sistema de refrigeración y sistema de escape.	3 – 4
Fabricación de acople entre motor	Toma de medidas y fabricación del acople mecánico entre el motor eléctrico y la transmisión automática.	5 – 6
Sistema de motor eléctrico principal AC	Construcción de soportes para motor eléctrico, alineación fijación y acoplamiento del motor principal.	7 – 9
Sistema de banco de baterías	Construcción del rack para colocar las baterías y realizar las conexiones del banco de baterías.	10 - 11
Sistema de inversión de corriente DC a AC	Colocación del inversor de corriente en el área correspondiente.	12 – 13
Sistema de aceleración	Construcción del sistema de retorno con muelle, colocación del variador de frecuencia.	14 – 16
Sistema de carga solar	Construcción de la base para la colocación del panel solar, fijación del panel en la parte superior del automóvil y conexión del regulador de corriente hacia el banco de baterías.	17 - 19
Acabados finales	Enderezado y pintura general del automóvil y colocación de accesorios finales.	20 - 22
Presentación	Presentación final a los docentes y estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.	23 - 24

Fuente: elaboración propia.

3.4. Presentación final del diseño gráfico del vehículo

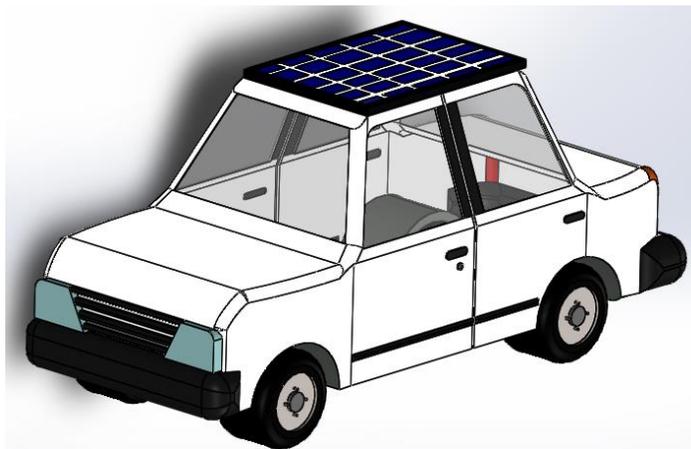
A continuación, en las figuras 29 a la 32 se ilustra el diseño final del prototipo propuesto.

Figura 29. **Diseño gráfico final de automóvil en 3D vista planta**



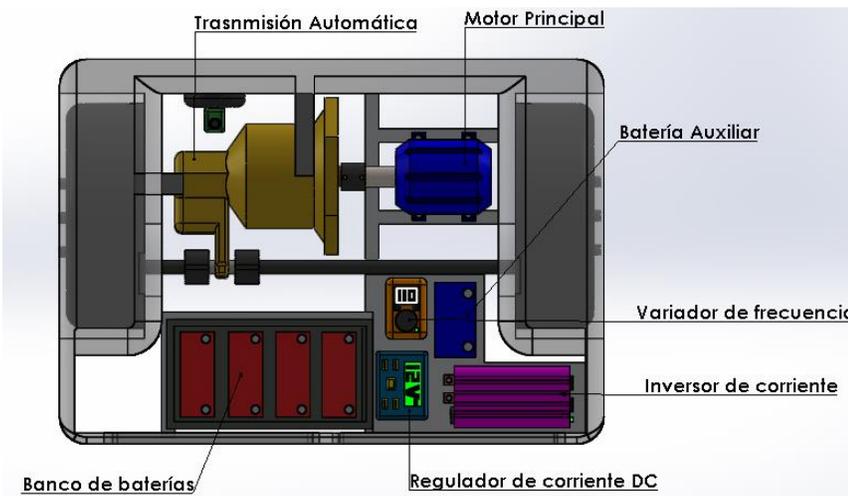
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Figura 30. **Diseño gráfico final de automóvil en 3D vista isométrico**



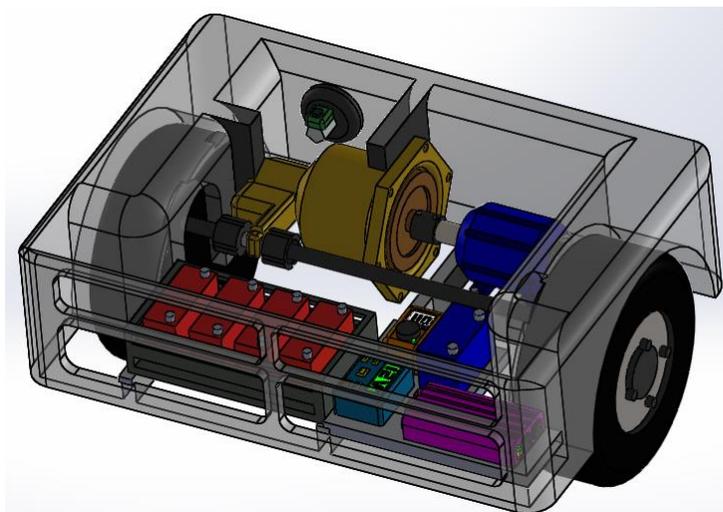
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Figura 31. **Diseño gráfico de componentes del vehículo eléctrico vista planta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Figura 32. **Diseño gráfico de componentes del vehículo eléctrico isométrico**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

CONCLUSIONES

1. Se determinaron las características generales de fábrica del automóvil con el fin de realizar los cálculos de dimensiones y peso del automóvil, sin los accesorios innecesarios para la conversión como lo son: el motor de combustión interna, sistema de refrigeración, tanque de gasolina, y sistema de escape.
2. Se dimensionó el motor eléctrico de corriente alterna capaz de cumplir con las demandas de potencia y torsión, necesarias para lograr el funcionamiento de la transmisión automática del automóvil. La potencia del motor se calculó con base a las demandas de par torsor que debe cumplir este automóvil.
3. Se determinó que se utilizará un panel solar de 350 W de potencia, tipo monocristalino debido a sus dimensiones similares al techo del automóvil como también por su alta eficiencia de carga, este será controlado con un regulador de corriente MPPT capaz de alimentar a los 5 acumuladores totales del automóvil, 4 conectados en paralelo que conforman el banco de baterías y 1 acumulador de circuitos eléctricos e instrumentación.
4. Se demostró que los equipos más necesarios para llevar a cabo la conversión del automóvil son: motor eléctrico AC, inversor de corriente, variador de frecuencia, banco de baterías, regulador de corriente DC, panel solar, interruptores cables, y fusibles.

5. Se diseñó de manera gráfica en 3D el acoplamiento mecánico a fabricarse, el cual está ubicado entre el motor y la caja de transmisión del automóvil, determinando que el material idóneo para soportar las cargas y esfuerzos mecánicos es el acero al carbono 1045.

6. Se diseñó el vehículo eléctrico Mitsubishi Mirage 1992, con la finalidad de ser recargado con energía solar, haciendo que la fuente de alimentación energética de este proyecto sea un aspecto innovador y sumamente útil, para la utilización de los vehículos eléctricos que se realicen con este diseño, debido a que la mayoría de vehículos eléctricos actuales son recargados con energía eléctrica comercial de paga, por la alta potencia de carga requerida, mientras que el presente diseño puede recargarse de forma autónoma y gratuita en cualquier parte del mundo durante el día.

7. Actualmente, en Guatemala no es popular la utilización de los vehículos eléctricos, y con el presente proyecto se pretende crear una incursión en la utilización y construcción de automóviles eléctricos en el país a un precio relativamente bajo, debido a que presenta una opción viable de convertir automóviles comunes y corrientes en vehículos eléctricos abastecidos con energías renovables, obteniendo vehículos que sean utilizables y confiables para todo público en general.

RECOMENDACIONES

1. Comprar los equipos indicados en el presente documento sobre todo los equipos que funcionen con un voltaje de 220 V AC, por la disminución en el consumo del amperaje de los equipos eléctricos, prologando así la utilización del equipo.
2. Realizar la medición del peso del vehículo de una manera real con una balanza de tamaño industrial, con el fin de conocer la similitud entre los datos calculados y los reales.
3. Utilizar el motor de 5 HP, debido al peso y consumo de energía extra que representa utilizar un motor de 10 HP, esto se recomienda debido a que se utilizará la caja de cambios del automóvil, porque ayuda a aumentar la torsión y la velocidad del automóvil de manera significativa, haciendo que el motor de 5 HP, sea capaz de suplir las demandas de funcionamiento del automóvil.
4. Utilizar el controlador de carga de seguimiento de potencia máxima MPPT, debido a que este permite tener más horas de aprovechamiento de luz solar con una alta eficiencia.
5. Adaptar más paneles solares al sistema de carga, estos pueden ser ubicados en la capota del baúl o mediante el uso de paneles flexibles en el capo del automóvil. De esta manera, la carga aprovechada por el automóvil será mayor.

6. Comprar los equipos especificados en el presente documento, debido a que si se utilizan equipos de menor capacidad estos no resistirán la potencia eléctrica del circuito propuesto, provocando que se quemen los equipos, componentes y dispositivos de seguridad de sobrecorrientes eléctricas.
7. Construir el acople mecánico con el material indicado debido a que el acero al carbono 1045 es de alta resistencia mecánica, utilizado comúnmente para este tipo de aplicaciones, porque si se utiliza un hacer de extremada dureza este romperá debido a los esfuerzos de torsión, en caso contrario si es un acero muy dúctil este se deformará en forma de espira con el uso del vehículo.
8. Continuar perfeccionando este método de construcción de automóviles eléctricos, debido a que los diseños disponibles actualmente en el mercado no son recargados con energías renovables, debido a la alta demanda de potencia eléctrica necesaria para recargar la batería de gran capacidad que utilizan.
9. Que la Universidad de San Carlos de Guatemala apoye este tipo de proyectos de investigación y desarrollo con el fin de desarrollar conocimientos en el futuro de la industria automovilística en Guatemala, haciendo así inclusión nacional en las nuevas tecnologías mundiales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Auto Solar. *Reguladores de carga*. [en línea]. <<https://autosolar.es/reguladores-de-carga>>. [Consulta: 17 de julio de 2019].
2. Automobilio.info. *Mitsubishi Mirage 1.5i*. [en línea]. <<http://automobilio.info/es/Mitsubishi/Mirage/Mirage-Sedan-IV/1.5i-91AG/12047>>. [Consulta: 2 de julio de 2019].
3. Baterías y amperios . *Baterías en serie y paralelo ¿Como debo conectar?* [en línea]. <<https://bateriasyamperios.com/guia-e-instalacion/baterias-en-serie-y-paralelo-como-debo-conectar/>>. [Consulta: 17 de julio de 2019].
4. BRANT, Bob, y LEITMAN, Seth. *Build your own electric vehicle*. New York, United States of America: McGraw-Hill Education, 2013. 354 p.
5. Delta Volt SAC. *Paneles solares, tipos y eficiencias*. [en línea]. <<https://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares>>. [Consulta: 20 de julio de 2019].
6. Electricaplicada. *Eficiencia de un motor eléctrico y los valores más comunes*. [en línea]. <<https://www.electricaplicada.com/eficiencia-de-un-motor-electrico-y-los-valores-mas-comunes/>>. [Consulta: 22 de julio de 2019].

7. ElectroClub Didactic. [en línea]. *Tamaño correcto de motores y convertidores*. <<https://www.electroclub.com.mx/2018/09/dimensionamiento-de-motores-y.html>>. [Consulta: 2 de julio de 2019].
8. Electromovilidad. *Tipos de motores eléctricos*. [en línea]. <<http://electromovilidad.net/tipos-de-motores-electricos/>>. [Consulta: 13 de julio de 2019].
9. GONZÁLES, Carlos. *¿Cómo funciona un coche eléctrico?* [en línea]. <https://cincodias.elpais.com/cincodias/2016/01/22/motor/1453453025_865094.html>. [Consulta: 10 de agosto de 2019].
10. GONZÁLEZ BARRIOS, Gerardo. *Te explicamos como funciona el motor de tu próximo auto eléctrico*. [en línea]. <<http://autolibre.blogspot.com/2014/04/cual-es-el-mejor-motor-para-un-vehiculo.html>>. [Consulta: 8 de septiembre de 2019].
11. International Cooper Association Mexico. *Dispositivos de protección contra sobrecorriente*. [en línea]. <<http://programacasa segura.org/mx/dispositivos-de-proteccion-contrasobrecorriente/>>. [Consulta: 20 de julio de 2019].
12. JUSTO, Ernesto. *Estos son los motivos por los que un motor eléctrico supera a uno de combustión*. [en línea]. <<https://ecoinventos.com/motor-electrico-vs-motor-combustion/>>. [Consulta: 2 de julio de 2019].

13. MITCHELL, Justin. *Tipos de variadores de frecuencia*. [en línea]. <https://techlandia.com/tipos-variadores-frecuencia-lista_392995/>. [Consulta: 10 de julio de 2019].
14. NASA - Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio. *Conjunto de datos del proyecto POWER*. [en línea]. <<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>>. [Consulta: 2 de julio de 2019].
15. RODRIGUEZ, Daison, BENITEZ, Laura, CASTRO, Nelson. *Acero 1045*. [en línea]. <<http://ingenieriadelosmaterialess.blogspot.com/2015/11/acero-1045-ficha-tecnica.html>>. [Consulta: 13 de julio de 2019].
16. Tecnología del automóvil. *Tipos de desarrollos y relación en caja de cambios*. [en línea]. <<http://autastec.com/blog/tecnologias-limpias/desarrollos-caja-cambios/>>. [Consulta: 2 de julio de 2019].
17. Trojan Battery Company. *Batería de Trojan 30XHS*. [en línea]. <<https://www.nationwide-battery.com/trojan/30xhs.php>>. [Consulta: 17 de julio de 2019].
18. Vercalegario.info. *Calendario solar año 2018 Guatemala*. [en línea]. <<https://www.vercalegario.info/es/sol/guatemala-ano-calendario-2018.html>>. [Consulta: 2 de julio de 2019].
19. VILLAJULCA, José Carlos. *Tipos de variadores de velocidad en motores AC*. [en línea]. <<https://instrumentacionycontrol.net/tipos-de-variadores-de-velocidad-en-motores-ac/>>. [Consulta: 2 de julio de 2019].

APÉNDICES

Apéndice 1. Inversor de corriente para el vehículo eléctrico



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Mitsubishi Mirage 1992, utilizado para el proyecto frente a la Escuela de Ingeniería Mecánica no. 1**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Mitsubishi Mirage 1992, utilizado para el proyecto frente a la Escuela de Ingeniería Mecánica no. 2**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Trabajo realizados en el proyecto**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Trabajos realizados en el vehículo no. 1**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Trabajos realizados en el vehículo no. 2**



Fuente: elaboración propia

ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica de batería de ciclo profundo Trojan

			
	30XHS	Performance:	Capacity:
	TROJAN BATTERIES	Voltage: 12V	@5 hrs: 105 AH
	Type: Flooded	CCA: N/A	@20 hrs: 130 AH
SKU: 0	CA: N/A	@100 hrs: 144 AH	Applications: 
BCI: 30H	Reserve Capacity:	AH	
Dimensions:	@25 amps: 225 min		
	Lenght: 13.94 in (354 mm)	@56 amps: N/A	
	Width: 6.75 in (171 mm)	@75 amps: 57 min	
	Height: 10.09 in (256 mm)		
	Weight: 66 lb (30 Kg)		

TROJAN BATTERY 30XHS

Fuente: National Wide Battery. <https://www.nationwide-battery.com/trojan/30xhs.php>. Consulta:

19 de julio 2019.

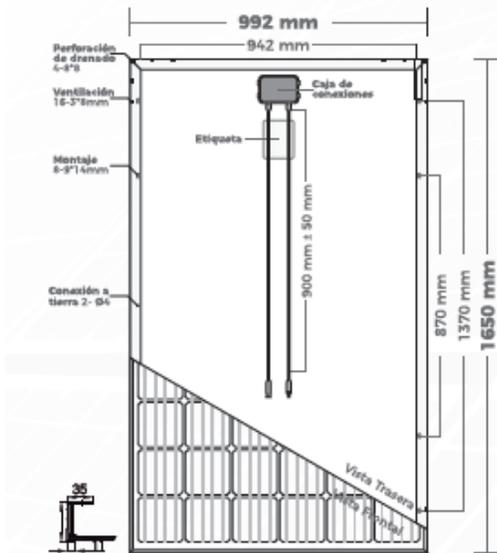
Anexo 2. Ficha técnica de panel solar 350W



FICHA TÉCNICA



Las especificaciones aplican a en condiciones estándar (STC). El nivel de irradiación de 1,000W/m² con espectro AM 1.5 y temperatura de 25°C.



Características Eléctricas	SAYA-M350-60
Potencia Máxima (Pmax)	350W
Voltaje Potencia Máxima (Vm)	35.42V
Corriente Potencia Máxima (Im)	9.88A
Voltaje Circuito Abierto (Voc)	42.50V
Corriente Corto Circuito	10.35A

Célula Solar	Mono cristalino 156*156mm
Tolerancia (Pmax)	0 ~ +3%
Número de Células	60 células por serie
Dimensiones	1650*992*45mm
Peso	19.5kg
Voltaje Máximo	1500V(TUV)/1500V(UL)
Corriente Máxima	30A
Cable	PV 4mm ²
Longitud del cable	90cm±5
Número de diodos	3
Temperatura de operación	(-40 ~ 85°C)
NOCT	47°C ±2°C
Coficiente de temp. de Isc	+(0.053±0.01)%/K
Coficiente de temp. de Voc	-(0.35±0.001)%/K
Coficiente de temp. de Pmax	-(0.40±0.05)%/K

Fuente: SAYA. <https://panelsolarmx.com/contenido/productos.html>. Consulta: 24 de julio de 2019.