

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Mecánico Automotriz

PROYECTO TÉCNICO:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA REGENERATIVO DE CARGA DE
BATERÍAS CON PANELES SOLARES PARA UN VEHÍCULO
ELÉCTRICO KIA SOUL”**

AUTOR:

REYES GUERRERO NILO JAVIER

TUTOR:

ING. ADRIÁN XAVIER SIGÜENZA REINOSO M. SC.

CUENCA - ECUADOR

2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Nilo Javier Reyes Guerrero, con documento de identificación N°110433818-9, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Trabajo de Titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA REGENERATIVO DE CARGA DE BATERÍAS CON PANELES SOLARES PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nilo Javier Reyes Guerrero

C.I. 110433818-9

CERTIFICACIÓN

Yo declaro que bajo mi tutoría fue desarrollada el Trabajo de Titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA REGENERATIVO DE CARGA DE BATERÍAS CON PANELES SOLARES PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL”**, realizado por Nilo Javier Reyes Guerrero, obteniendo el *Proyecto Técnico* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre del 2018



Ing. Adrián Xavier Sigüenza Reinoso, M. Sc.

C.I. 010382736-6

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Nilo Javier Reyes Guerreo, con documento de identificación N°110433818-9, autor del trabajo de titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA REGENERATIVO DE CARGA DE BATERÍAS CON PANELES SOLARES PARA UN VEHÍCULO ELÉCTRICO KIA SOUL”** certifico que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, noviembre del 2018



Nilo Javier Reyes Guerreo

C.I. 110433818-9

AGRADECIMIENTO

Con un profundo agradecimiento a Nilo y Alicia mis padres que me acompañaron a lo largo del camino, brindándome la fuerza necesaria para continuar con mis sueños propuestos.

A mi hermano, por haberme dado su total apoyo y confianza, deseo expresar mi más grande gratitud.

A mis tíos Paola y Mario por ser mi pilar y parte de la motivación que llevo en esta vida.

A mi tutor, profesores y amigos, por contribuir en la ayuda de esta meta impuesta.

Nilo Javier Reyes Guerrero

DEDICATORIA

No hay éxito sin esfuerzo, ni perseverancia.

Dedico este proyecto a mis padres, que han sido mi piedra de toque en esta pequeña e incesante meta profesional cumplida, que representa el comienzo de un nuevo mañana en mi vida.

A toda mi familia por haberme brindado su apoyo y a la vez guiado por el sendero correcto a cosechar los frutos de mi esfuerzo y del suyo, gracias.

Nilo Javier Reyes Guerrero



RESUMEN

El constante desarrollo tecnológico en el campo automotriz ha generado nuevos proyectos innovadores, para este caso de estudio referente al vehículo eléctrico la implementación de celdas solares en la generación de energía eléctrica para alimentar sistemas y elementos eléctricos del propio vehículo.

El presente proyecto tiene como objeto generar el diseño de un sistema regenerativo de carga de batería de 12V, para el vehículo eléctrico Kia Soul mediante el uso de paneles solares con el que se pretende incrementar la autonomía y rendimiento del propio VE.

Como introducción se procede a realizar una revisión bibliográfica del aprovechamiento de energía fotovoltaica en vehículos eléctricos, con el fin de generar un aprendizaje específico con respecto al tema.

Seguidamente se procede a realizar un estudio de los diferentes módulos solares centrando su interés en características eléctricas y dimensiones, que sean acoplen a las necesidades a resolver como también el análisis del material de fabricación de las celdas solares.

Posterior al proceso de revisión de bibliografía, se comienza el desarrollo de la simulación del sistema regenerativo de carga, procediendo a simular el comportamiento de cada diferente elemento que conforma el mismo sistema regenerativo de carga; empezando por la generación de energía eléctrica que ofrecen los paneles en base a valores de radiación solar global, seguido de la simulación del regulador de carga enfocándose a niveles de voltaje y corriente de carga que será suministrada a la batería de 12V. Con la determinación de consumo de corriente de la batería auxiliar del vehículo, se dará un enfoque más específico a la cantidad de energía eléctrica necesaria para la recarga de la misma.

Finalmente realizado el diseño del sistema de regeneración de carga de batería, se tiene como objetivo el minimizar los recursos y brindar mayor eficiencia a todo el sistema mediante el análisis comparativo de características de funcionamiento de cada elemento adaptables al vehículo.



SUMMARY

The constant technological development in the automotive field has generated new innovative projects, for this case study, referring to the electric vehicle, the implementation of solar cells in the generation of electric power to power systems and electrical elements of the vehicle itself.

The objective of this project is to generate the design of a regenerative 12V battery charge system for the Kia Soul electric vehicle through the use of solar panels, with which the autonomy and performance of the VE, itself can be used.

The introduction of a bibliographic review of the use of photovoltaic energy in electric vehicles, in order to generate a specific learning with respect to the subject.

Next, we proceed to carry out a study of the different solar modules that focus on their interest in electrical characteristics and dimensions, which are the answers to the analyst's needs and also the analysis of the manufacturing material of the solar cells.

The subsequent process of revision of the bibliography, the development of the simulation of the regenerative load system, the behavior of an element similar to each element that makes up the same regenerative load system; The electrical power generation offered by the panels based on global solar radiation values, followed by the simulation of the load control, focuses on the voltage and charge current levels that are supplied to the 12V battery. With the determination of the current consumption of the auxiliary battery of the vehicle, a more specific approach was given to the amount of electrical energy necessary to recharge it.

Eventually, the design of the battery charge regeneration system has the objective of minimizing the resources and the capacity of greater efficiency to the whole system through the comparative analysis of the performance characteristics of each element adaptable to the vehicle.



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VI
SUMMARY	VII
ÍNDICE GENERAL	VIIIVIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
1. PROBLEMA	1
2. OBJETIVOS	1
2.1. Objetivo General.....	1
2.2. Objetivos Específicos	1
CAPÍTULO 1: REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO DEL VEHÍCULO KIA SOUL EV.....	2
1.1. INTRODUCCIÓN.	2
1.2. VEHÍCULO ELÉCTRICO (VE).	2
1.3. PRINCIPALES COMPONENTES ELÉCTRICOS DEL VEHÍCULO KIA SOUL EV.....	3
1.3.1. Bloque de conexiones de alto voltaje:	4
1.3.2. Cargador a bordo (OBC):	4
1.3.3. Inversor:.....	4
1.3.4. Ldc:.....	4
1.3.5. Motor Eléctrico:.....	4
1.3.6. Engranaje Reductor:	5
1.3.7. Batería de Alto Voltaje:.....	5
1.4. BATERÍAS.	6
1.4.1. Batería de Alto Voltaje Kia Soul Ev.	6
1.4.2. Batería de alto voltaje de Polímero de Ion de Litio.....	7
1.4.3. Batería Auxiliar de 12v.....	9
1.4.4. Carga de batería de alto voltaje del vehículo eléctrico.....	10
1.4.5. Carga de Batería de 12v.....	12
CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DE MÓDULOS SOLARES.....	13
2.1. ESTADO DEL ARTE.....	13
2.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.	18
2.2.1. Radiación Solar.	18



2.2.2.	Tipos de Radiación Solar.....	20
2.2.3.	Radiación Solar en la Ciudad de Cuenca.	22
2.3.	CÉLULA FOTOVOLTAICA.	27
2.3.1.	Tipos de células fotovoltaicas en base a su estructura interna.	28
2.3.2.	Dimensionado de célula fotovoltaica.	28
2.4.	MODULO SOLAR	28
2.4.1.	Componentes del Panel Solar.....	29
2.4.2.	Tipos de Módulos Solares.	30
2.5.	CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UNA CELDA SOLAR.....	31
2.5.1.	Corriente de cortocircuito (Isc).....	31
2.5.2.	Voltaje de circuito abierto (Voc).....	32
2.5.3.	Punto de potencia máxima (PM).	32
2.5.4.	Factor de Forma (FF).....	32
2.5.5.	Eficiencia.	32
2.6.	POTENCIA DE CELDA SOLAR.	32
2.7.	MODELO MATEMÁTICO DE CELDA Y MÓDULO SOLAR.	33
2.7.1.	Corriente de resistencia.	34
2.7.2.	Corriente salida.....	34
2.7.3.	Corriente de saturación inversa.	35
2.7.4.	Corriente de saturación.....	35
2.7.5.	Corriente foto celda.	36
CAPÍTULO 3: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMA REGENERATIVO DE CARGA DE BATERÍA DE 12V.		37
3.1.	SISTEMA REGENERATIVO DE CARGA DE BATERÍA DE 12V CON PANELES SOLARES.....	37
3.2.	Batería de 12v.....	37
3.2.1.	Consumo de corriente de batería de 12v.	38
3.2.2.	Análisis matemático de comportamiento de la curva de descarga de corriente de la batería de 12V.	40
3.3.	DEFINICIÓN DE COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.	42
3.3.1.	Conjunto de Subsistemas que conforman el Módulo Solar.....	43
3.3.2.	Conexión en Serie y Paralelo de Módulos Solares.....	45
3.3.3.	Generación de energía eléctrica en función de radiación solar global.	48
3.3.4.	Entrega de corriente y voltaje promedio mensual del sistema fotovoltaico.	51



3.4.	DEFINICIÓN DE COMPORTAMIENTO DE REGULADOR DE CARGA.	55
3.4.1.	Simulación de bloque de regulador de carga.	55
3.4.2.	Curvas de corriente y voltaje reguladas.	56
3.4.3.	Carga de batería de 12V.	57
3.4.4.	Bloques de modelado de Sistema Regenerativo de Carga.	58
3.4.5.	Sistema Regenerativo de carga de batería de 12V para vehículo Kia Soul EV.	59
CAPÍTULO 4: OPTIMIZACIÓN DE DISEÑO DE SISTEMA DE CARGA DE BATERÍA.		60
4.1.	ADUCCIÓN DE SELECCIÓN DE MODULO SOLAR.	60
4.1.1.	Análisis de variable peso de módulos solares.	61
4.2.	EMPLAZAMIENTO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.	65
4.3.	ANÁLISIS DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE CARGA.	66
4.3.1.	Regulador DC/DC.	66
4.3.2.	Regulador de Carga Solar.	68
4.3.3.	Disposición Eléctrica de Reguladores.	69
CONCLUSIONES.		70
RECOMENDACIONES.		72
BIBLIOGRAFÍA.		73
ANEXOS.		76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Kia Soul Ev.....	3
Figura 2: Componentes principales del vehículo eléctrico.	3
Figura 3: Motor eléctrico síncrono Soul EV.	4
Figura 4: Engranaje Reductor.	5
Figura 5: Batería de alto voltaje.	6
Figura 6: Disposición de batería de alto voltaje.....	6
Figura 7: Batería de alto voltaje Kia Soul EV.....	7
Figura 8: Habitáculo de componentes eléctricos del VE.	9
Figura 9: Entrada de Carga de Vehículo Kia Soul EV.....	10
Figura 10: Toma tipo 1(SAE J1772).....	10
Figura 11: Toma tipo CHAdEMO	11
Figura 12: Componentes y conexión de la EPCU del Vehículo KIA SOUL EV	12
Figura 13: Vehículo Solar TOKAI.....	13
Figura 14: Diseño CAD de Vehículo.	14
Figura 15: Comportamiento de carga y descarga de la batería.	14
Figura 16: Vehículo Solar de 3 ruedas.	15
Figura 17: Recarga eléctrica de las baterías.	15
Figura 18: Ford C-Max Solar Energi.	16
Figura 19: Vehículo Eléctrico Sono Sion.....	17
Figura 20: Vehículo Eléctrico Lightyear One.	17
Figura 21: Altitud y longitud.....	19
Figura 22: Tipos de radiación solar.....	22
Figura 23: Radiación solar Cantón Cuenca, estación el vecino-ups.	23
Figura 24: Temperatura en el Cantón Cuenca, Estación el Vecino-UPS.....	23
Figura 25: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Baños.	24
Figura 26: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Chaucha.	24
Figura 27: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Yanuncay-cts.	24
Figura 28: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Cumbe.	25
Figura 29: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Irquis.....	25
Figura 30: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Llacao.	25
Figura 31: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Molleturo.	26
Figura 32: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Nulti.....	26
Figura 33: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Nulti.....	26
Figura 34: Funcionamiento de Célula Fotovoltaica.	27
Figura 35: Célula fotovoltaica.....	27
Figura 36: Celda fotovoltaica de silicio.	28
Figura 37: Componentes de Panel Solar.	29
Figura 38: Curva de tensión, corriente y potencia de una celda solar.....	31
Figura 39: Conexión en Serie.....	33
Figura 40: Conexión en Paralelo.	33
Figura 41: Celda Solar.	34
Figura 42: Disposición de componentes de sistema regenerativo.....	37

Figura 43: Consumo de corriente en función del tiempo.	38
Figura 44: Fluctuación de corriente en función del tiempo.	39
Figura 45: Comparación de descarga de corriente.	39
Figura 46: Recta de descarga de corriente de 10.13 amperios.	40
Figura 47: Pendientes de la rectas de descarga.	41
Figura 48: Modelo esquematizado de un panel solar en Matlab/Simulink.	42
Figura 49: Constitución de diagramas de bloque para la simulación del panel solar ...	43
Figura 50 : Curva voltaje-corriente de modulo solar en Matlab/Simulink.	44
Figura 51: Curva voltaje-potencia de modulo solar en Matlab/Simulink.	44
Figura 52: Conexión de serie de módulos solares en Matlab/Simulink.	45
Figura 53: Curvas características de módulos solares con conexión en serie.	46
Figura 54: Conexión paralelo de módulos solares en Matlab/Simulink.	46
Figura 55: Curvas características de módulos solares con conexión en paralelo.	47
Figura 56: Sistema fotovoltaico.	48
Figura 57: Comportamiento de corriente en relación al tiempo.	49
Figura 58: Comportamiento del voltaje en función del tiempo.	49
Figura 59: Curva corriente – voltaje en función de la radiación solar.	50
Figura 60: Curva potencia – voltaje en función de la radiación solar.	50
Figura 61: Sistema fotovoltaico con ingreso de señal de radiación solar.	51
Figura 62: Generación de corriente y voltaje mes de enero.	51
Figura 63: Generación de corriente y voltaje mes de marzo.	52
Figura 64: Generación de corriente y voltaje mes de junio.	52
Figura 65: Generación de corriente y voltaje mes de septiembre.	53
Figura 66: Generación de corriente y voltaje mes de noviembre.	53
Figura 67: Curvas de corriente y voltaje promedio.	54
Figura 68: Señales de corriente y voltaje promedio de los cinco meses de análisis.	55
Figura 69: Regulador de carga.	56
Figura 70: Corriente y voltaje regulado.	56
Figura 71: Modelamiento de carga de la batería.	57
Figura 72: Modelo general del sistema de carga de batería de 12v.	58
Figura 73: Sistema regenerativo de carga de batería de 12v.	59
Figura 74: Modulo Solar 100W.	64
Figura 75: Diseño CAD de Módulos Solares en Inventor.	65
Figura 76: Ubicación de módulos solares.	66
Figura 77: Regulador DC/DC.	67
Figura 78: Regulador de carga solar	68
Figura 79: Disposición y conexión de sistema regulador de carga.	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos técnicos de motor eléctrico KIA SOUL EV.	5
Tabla 2: Característica de Batería Alto Voltaje KIA SOUL EV	7
Tabla 3: Características de la batería Auxiliar.	9
Tabla 4: Tipo de Recargas de Baterías.	11
Tabla 5: Valores de consumo de corriente en función del tiempo.	38
Tabla 6: Datos Característicos de panel solar.....	42
Tabla 7: Datos de conexión en Serie y Paralelo.	47
Tabla 8: Datos de irradiación solar en función del tiempo.....	48
Tabla 9: Promedio de corriente y voltaje.	54
Tabla 10: Datos característicos de regulador de carga.	55
Tabla 11: Datos característicos de paneles solares.....	60
Tabla 12: Valores para cálculo de autonomía del vehículo Kia Soul EV.	62
Tabla 13: Análisis de la autonomía del vehículo Kia Soul EV, al implementar el sistema fotovoltaico.	63
Tabla 14: Tabla de ponderación de característica de módulos solares.....	63
Tabla 15: Resultado de Ponderación de paneles solares.	63
Tabla 16: Costo de paneles solares.....	64
Tabla 17: Disponibilidad de superficie para el sistema fotovoltaico.....	65
Tabla 18: Convertidores DC/DC	67
Tabla 19: Rangos de operación de convertidor DC/DC.....	67
Tabla 20: Reguladores de Carga Solar.	68
Tabla 21: Datos funcionamiento Victron Blue Solar 10A 12/24V.	69

INTRODUCCIÓN

El incremento de vehículos de combustión interna y los gases contaminantes que estos emiten, han generado la presencia del vehículo eléctrico como un medio de movilidad amigable al entorno ambiental y accesible de carácter económico. Si bien el vehículo eléctrico brinda una potencia considerable y varias ventajas ambientales como también económicas en consideración al ahorro de dinero para su funcionamiento. La autonomía en términos de kilómetros de recorrido que brindan los vehículos eléctricos es reducida, generando una pequeña barrera al uso de los mismos.

El proyecto de titulación se ha enfocado a diseñar un sistema estructurado, facultado para el proceso de regenerar carga a la batería 12V del VE, escatimando el consumo de energía eléctrica de la batería de alto voltaje por parte de la segunda batería auxiliar de 12 voltios del EV, por medio de la incorporación de módulos solares; con el objetivo de incrementar su autonomía, este diseño aprovechará los beneficios de la energía fotovoltaica a través de módulos solares en base a variables eléctricas de los mismos módulos solares.

Posteriormente se realiza un estudio de características de sistemas solares fotovoltaicos adecuándose a necesidades planteadas por el VE detallando potencia, voltaje, corriente y el dimensionamiento para definir su adaptabilidad como sistema propio en el vehículo KIA SOUL EV, lo cual para ello se concreta una área específica del techo destinada a la implementación de paneles solares, con el propósito de recaudar la incidencia de luz solar para ser transformada en energía eléctrica y a su vez esta sea aprovechada en la recarga de esta batería de bajo voltaje.

Aplicando la metodología de inducción-deducción en base a las características de funcionamiento y demanda de energía, se establecerá el diseño del sistema de regeneración de carga de baterías mediante software de ingeniería (Matlab/Simulink), considerando el comportamiento de los módulos solares y el regulador de carga frente a las características ya mencionadas de potencia, voltaje y corriente.

Finalmente se precisará el comportamiento de carga de la batería de 12V, con la cantidad de corriente y voltaje generados por los módulos solares, basándose en el consumo de los sistemas eléctricos dependientes de la batería auxiliar.

1. PROBLEMA

El rendimiento del vehículo eléctrico se ve disminuido por diferentes factores como los son: posición geográfica, porcentaje de inclinación, congestión vehicular, entre otros, que afectan la autonomía del vehículo eléctrico reduciéndola notablemente, lo cual representa una gran limitación para su uso. (Bueno & Quizhpe, 2017); según la KIA el vehículo eléctrico KIA SOUL tiene una autonomía de 165 km lo cual representa un limitante al emprender trayectos como Cuenca-Quito cuyo recorrido es de aproximadamente 500km, para que el vehículo eléctrico tenga una eficiencia similar a un vehículo de combustión interna se debe mejorar su autonomía. Ya que estos vehículos poseen como fuente de energía sus baterías para poner en marcha los motores, pero estas baterías necesitan ser recargadas por el consumo de energía que representa el desplazamiento del mismo vehículo, razón por la cual se requiere focalizar estudios en el incremento de su autonomía, dando así por sentado que el problema se origina en la necesidad de cargar las baterías del vehículo eléctrico.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema de regeneración de carga de baterías mediante la implementación de paneles solares al vehículo eléctrico KIA SOUL, para el incremento de su autonomía.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar los requisitos de funcionamiento del vehículo eléctrico a través de información bibliográfica, para el conocimiento de consumo de energía.
- Investigar las características de sistemas solares fotovoltaicos mediante fuentes de información, para orientar el diseño
- Diseñar el sistema de recarga de baterías por fuentes solares mediante software de ingeniería, para generar el incremento de su autonomía.
- Optimizar el diseño del sistema de carga de baterías mediante un análisis para la reducción de recursos.



Capítulo 1

REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO DEL VEHÍCULO KIA SOUL EV.

1.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se detallan los diferentes componentes y sistemas eléctricos que conforman al propio vehículo eléctrico, resaltando sus características de funcionamiento. Siendo los primordiales el motor eléctrico, transformadores, convertidores y la batería de alto voltaje, con respecto a elementos eléctricos; además de poseer un sistema de transmisión. De igual forma se precisara de un apartado, con un desarrollo minucioso en consideración al proceso de carga de las baterías de alto y bajo voltaje del vehículo Kia Soul Ev.

1.2. VEHÍCULO ELÉCTRICO (VE).

Los vehículos eléctricos poseen la capacidad de movimiento por medio de la energía eléctrica liberada de las baterías de alto voltaje, las mismas que brindan energía a los motores eléctricos para poner en marcha el vehículo, con características peculiares tales como: el ruido y las vibraciones se reducen al máximo.

La principal característica distintiva de los vehículos eléctricos, es que estos se encuentran conformados por motores eléctricos que necesitan de energía eléctrica para su movimiento. Su particularidad es que son amigables al medio ambiente por no emitir gases contaminantes, dado que no necesitan de combustible.

Los automóviles eléctricos disponen de motores eléctricos para su propulsión. Se pueden encontrar tres arquetipos de vehículos eléctricos, se tienen los que se cargan de energía eléctrica en una estación de alimentación externa, los que se recargan por medio de un generador a bordo, un ejemplo conciso son los vehículos híbridos y por último los que almacenan energía en acumuladores eléctricos.(Roás, 2010)



Figura 1: Kia Soul Ev.

Fuente: (KIA, 2018)

El sistema de acumulación y generativo de electricidad constituye un principio fundamental para poder mover un vehículo eléctrico, siendo su punto focal el necesitar de energía externa para brindar sustento a las baterías de alto voltaje y sistemas internos del vehículo que contribuyan al correcto funcionamiento del mismo.

1.3. PRINCIPALES COMPONENTES ELÉCTRICOS DEL VEHÍCULO KIA SOUL EV.

Las características primordiales del vehículo eléctrico son la constitución de baterías de alto voltaje, batería auxiliar, motor eléctrico, inversor y otros elementos eléctricos que diferencian a un vehículo eléctrico de uno a combustión interna. Uno de los particulares beneficios que ofrece el vehículo eléctrico es la recaudación de energía eléctrica por parte de la batería de alto voltaje, disminuyendo de esta manera niveles de contaminación en perspectiva generalizada del vehículo como lo son gases y ruido.

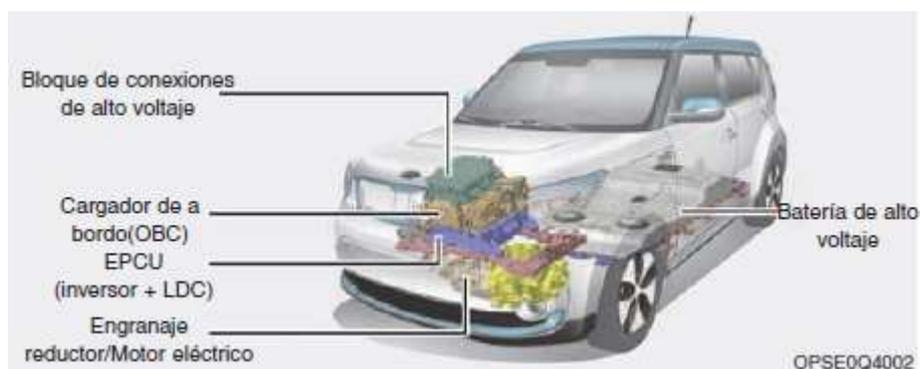


Figura 2: Componentes principales del vehículo eléctrico.

Fuente: (Manual del Usuario KIA SOUL)



1.3.1. Bloque de conexiones de alto voltaje:

Abastece de energía eléctrica diferentes elementos como: inversor, ldc, compresor del aire acondicionado y calefactor PTC; energía eléctrica proveniente de la batería de alto voltaje.

1.3.2. Cargador a bordo (OBC):

Dispositivo externo incorporado al vehículo eléctrico con el propósito de realizar la carga de la batería de alto voltaje de forma lenta con una tensión de 110V y 220V; con un tiempo de carga de aproximadamente 8 horas.

1.3.3. Inversor:

Componente interno del vehículo eléctrico que permite la transformación de la corriente continua en corriente alterna para ser suministrada al motor eléctrico. A más de ello transforma la corriente alterna en corriente continua para realizar la carga de la batería de alto voltaje.

1.3.4. Ldc:

Dispositivo encargado de realizar una transformación de tensión de la batería de alto voltaje (360V) a una tensión de bajo voltaje de 12V, con el propósito de suministrar electricidad a sistemas del vehículo.

1.3.5. Motor Eléctrico:

El vehículo KIA SOUL EV, logra su desplazamiento por medio del motor eléctrico síncrono de imán permanente, que aprovecha la energía eléctrica y la transforma en energía mecánica con un determinado par y potencia, indicadas en la tabla 1.



Figura 3: Motor eléctrico síncrono Soul EV.

Fuente: (Kia, s. f.)



Tabla 1: Datos técnicos de motor eléctrico KIA SOUL EV.

Descripción	Valor
Potencia	81,4KW
Par Máximo	285 Nm

Fuente: Autor.

La tracción delantera y las prestaciones del motor permiten un incremento de velocidad por unidad de tiempo de 0 a 100 Km/h en un lapso de tiempo aproximado de 11,2 s. con una velocidad máxima de 145 Km/h. (Motorpasion, 2010)

1.3.6. Engranaje Reductor:

El motor eléctrico al momento de transmitir potencia y par, para la transmisión del movimiento se espera que sea lo más eficiente posible, para ello se presenta el engranaje reductor que brinda una adaptación de velocidad y par determinado que serán transmitidas a las ruedas.

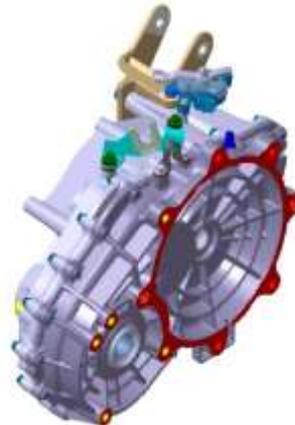


Figura 4: Engranaje Reductor.

Fuente: (Kia, s. f.)

1.3.7. Batería de Alto Voltaje:

La batería de Alto voltaje, es principal componente del vehículo eléctrico, que tiene la función de almacenar y suministrar la energía eléctrica a diferentes componentes y sistemas eléctricos, para poner en marcha el vehículo eléctrico.



Figura 5: Batería de alto voltaje.

Fuente: (Kia, s. f.)

1.4. BATERÍAS.

Dispositivo eléctrico, que tiene como función de almacenar y proveer energía eléctrica a todos los circuitos y sistemas del vehículo. Constituida por celdas electroquímicas que convierten energía química en energía eléctrica.

1.4.1. Batería de Alto Voltaje Kia Soul Ev.

La batería de alto voltaje, que posee el vehículo eléctrico Kia Soul, es un acumulador con celdas de Polímeros de Iones de litio, encarga del almacenamiento y suministrar energía eléctrica al motor del vehículo eléctrico poniéndolo en operación, esta batería presenta características superiores con respecto a otras baterías de generaciones anteriores.



Figura 6: Disposición de batería de alto voltaje.

Fuente: (Kia, 2018)

La batería de polímero de iones de litio del Kia Soul EV se encuentra diseñada para maximizar el rango de conducción y minimizar la intrusión en la cabina, ofreciendo una excelente potencia de 27 KWh, mayor que la de los modelos i3, Leaf S, 500e, Focus, Spark e e-Golf. (KIA, 2018).



Tabla 2: Característica de Batería Alto Voltaje KIA SOUL EV

TIPO		POLÍMERO DE LITIO
VOLTAJE		360 voltios
CAPACIDAD	Ah	75
	KWh	27

Fuente: Autor.

Esta batería de alto voltaje tiene un peso completo, incluido su encapsulado, 274,5 kg. A más de ello en el ciclo de homologación europeo NEDC homologa una autonomía de 212 km.

La carga de la batería de alto voltaje se puede ver reducida por la ausencia uso del vehículo, aceleraciones repetidas del vehículo y conducir cuesta arriba, accionar el aire acondicionado/la calefacción.

1.4.2. Batería de alto voltaje de Polímero de Ion de Litio.

Su electrolito en gel en vez del líquido, para mayor seguridad e incluye un mayor flujo de iones de litio lo que se traduce como mayor eficiencia en la transferencia de energía desde y hacia la batería.

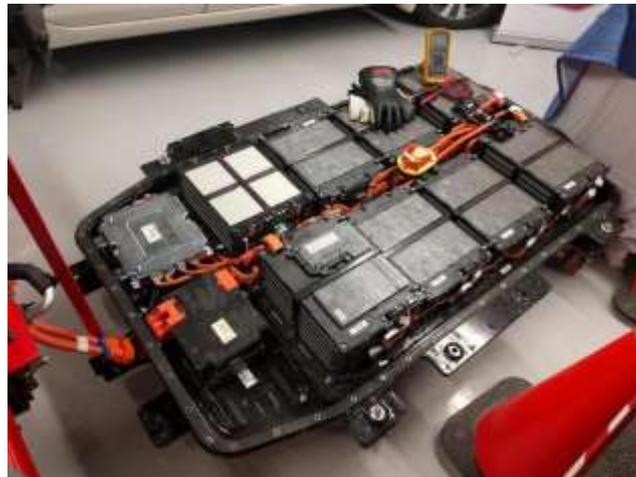


Figura 7: Batería de alto voltaje Kia Soul EV.

Fuente: (My Kia Soul Ev, s. f.)

La batería de alto voltaje del Kia Soul EV, utiliza como material del cátodo (níquel, cobalto, manganeso) para aumentar su capacidad, en cambio que el ánodo se encuentra construido de grafito, el cual aumenta la durabilidad y contribuye a la reducción de peso.



- Un factor clave para determinar la autonomía de un vehículo eléctrico es la densidad de energía, misma que depende de la capacidad de almacenaje de la batería.
- El electrolito de gel usado en el Kia Soul EV evita una degradación acelerada del rendimiento de la batería tanto a baja como alta temperatura.

1.4.2.1. Celda de batería.

- ❖ Presenta 192 celdas de polímero de iones de litio.
- ❖ Cada celda posee un voltaje de 3,75 voltios nominales.

1.4.2.2. Módulo de batería.

- ❖ Constituida por 10 o 14 celdas (3.75 voltios) conectadas en serie.
- ❖ Posee un sensor de temperatura, para el control de temperatura de la batería.

1.4.2.3. Conjunto de baterías.

- ❖ Se disponen de 8 módulos, cada módulo consta 96 celdas de polímero de iones de litio cada conectado en serie. Dicho conjunto cuenta con un control térmico de alta tecnología, que permite mantener las celdas individuales a una temperatura adecuada.
- ❖ El peso total es de 274 kg.
- ❖ Cuenta con una densidad de 200Wh/kg.

Todas estas características mencionadas, vuelven a la batería de alto voltaje (polímero de iones de litio), sea la más demandada en el mercado por autos eléctricos, consiguiendo altas prestaciones de energía, reducción del mantenimiento y más viable a la momento de trabajar en su reciclaje.



1.4.3. Batería Auxiliar de 12v.

El vehículo eléctrico KIA SOUL a más de poseer la batería de alto voltaje, cuenta con una batería auxiliar de 12 voltios sellada modelo CMF45L-BCI a base de fibra de vidrio absorbente, libre de mantenimiento.

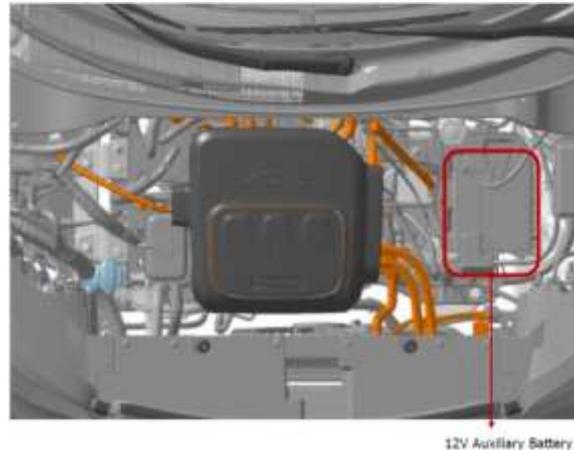


Figura 8: *Habitáculo de componentes eléctricos del VE.*

Fuente: *(Kia, s.f.)*

Tabla 3: *Características de la batería Auxiliar.*

BATERÍA	CMF45L-BCI
Tensión	12V
Amperios Hora	45AH
Peso	12.Kg
Reserva de Capacidad (min)	80
Poder de arranque.	410CCA(SAE)
Corriente de encendido	328A(EN)
Alto	202 mm
Largo	221 mm
Ancho	162 mm

Fuente: *Autor.*

Una de las funciones principales de la batería auxiliar de 12 voltios es accionar las luces, limpiaparabrisas y el sistema de audio del vehículo.



1.4.4. Carga de batería de alto voltaje del vehículo eléctrico.

El vehículo Kia Soul EV posee dos entradas de carga, diseñadas para la recarga de la batería de alto voltaje, que operan en tensiones de alimentación específicas para cada tipo de cargas.



Figura 9: Entrada de Carga de Vehículo Kia Soul EV

Fuente: (Kia, 2018)

El Vehículo Kia Soul EV posee dos tomas para realizar la carga de la batería de alto voltaje.

❖ Conector de Carga “Toma tipo 1 (SAE J1772)”

Gestiona una carga de corriente alterna, a máxima potencia de 6.6 KW para carga lenta, al disponer de este toma se cargara el vehículo en casa, al igual que en lugares de recarga establecidos en la ciudad.



Figura 10: Toma tipo 1(SAE J1772)

Fuente: (Manual del Usuario KIA SOUL)



❖ Toma CHAdeMO

El Toma CHAdeMO permite, la recargar de manera instantánea de corriente continua, con la característica de máxima potencia a 50 kW. Con el presente conector de carga se conseguirá una recargar de hasta un 80% , en un periodo de 20 minutos.

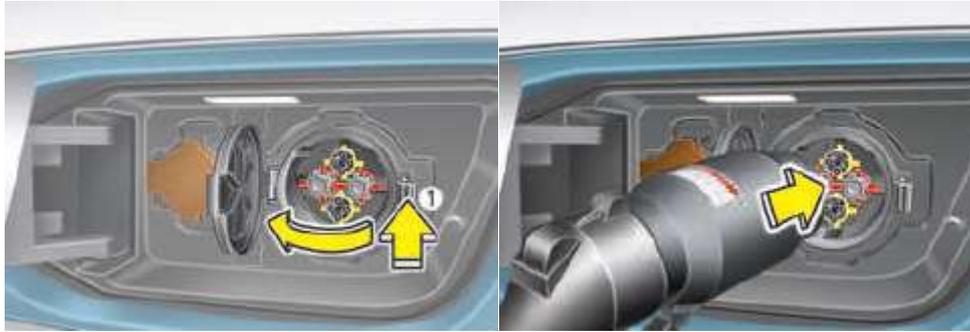


Figura 11: Toma tipo CHAdeMO

Fuente: (Manual del Usuario KIA SOUL)

Existe una diversa tipología de cargas para el vehículo eléctrico, las cuales dependen del tiempo que le tome en cargar la batería de alto voltaje del vehículo. Entre las más comunes se tienen:

Tabla 4: Tipo de Recargas de Baterías.

CARGA NORMAL	Requiere alrededor de 5 horas a temperatura ambiente. Realiza una carga del 100%.
CARGA SEMI-RÁPIDA	Se realiza entre 1 a 2 horas, se puede usar una conexión monofásica o trifásica de hasta 50KW.
CARGA RÁPIDA	Su tiempo de carga es de alrededor de 20 minutos, se puede usar una conexión monofásica o trifásica con 80% a 90% de carga de la batería.
CARGA DE MANTENIMIENTO	Requiere alrededor de 14 horas a temperatura ambiente. Realiza una carga del 100%.

Fuente: (Kia, 2018)

El Vehículo Eléctrico KIA SOUL, presenta un sistema de freno regenerativo destinado a cargar la batería de alto voltaje, el cual utiliza un motor eléctrico que al desacelerar o frenar, transforma la energía cinética en energía eléctrica.



1.4.5. Carga de Batería de 12v.

Para la carga de la batería auxiliar de 12V del VE, se puede realizar de dos formas:

- ❖ Se carga, mientras se carga la batería de alto voltaje del VE.
- ❖ Se carga automáticamente cuando el vehículo se encuentra en modo listo.

Observación: El modo listo hace referencia a que el vehículo está preparado para ser conducido.

1.4.5.1. EPCU (Unidad de control de la potencia eléctrica).

El EPCU es la unidad que controla la corriente de alta tensión que llega a los principales sistemas electrónicos, como el motor eléctrico y la caja de conexiones de alto voltaje, además esta unidad está conformada por una unidad de control del vehículo (VCU), un inversor (MCU) y un LDC. (Maurad, J. & Armijos, E. 2018)

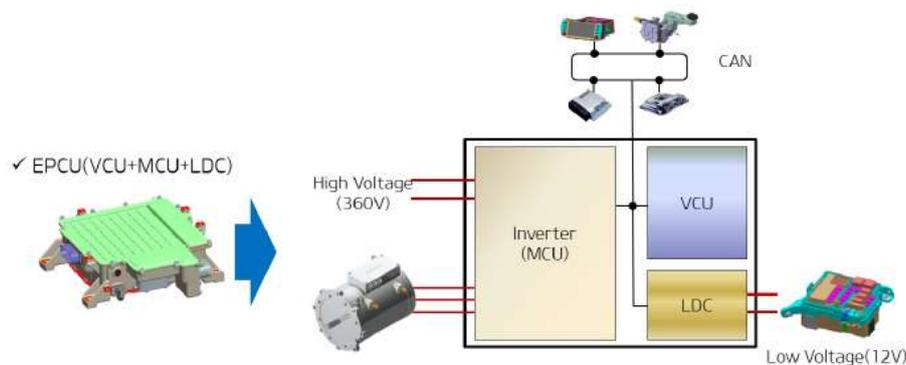


Figura 12: Componentes y conexión de la EPCU del Vehículo KIA SOUL EV

Fuente: (Maurad, J. & Armijos, E. 2018)

El **LDC** es el encargado de convertir la tensión de alto voltaje a una de bajo voltaje (12 V), para cargar la batería auxiliar de 12 voltios o batería auxiliar.



Capítulo 2

CARACTERÍSTICAS DE MÓDULOS SOLARES.

Esté capítulo se focaliza en la investigación de módulos solares, basados en los fundamentos de la energía solar fotovoltaica. Seguidamente, se tiene el determinar tipos de módulos o paneles solares para la producción de energía eléctrica tomando en deliberación las necesidades de funcionamiento tales como: potencia, voltaje, corriente y el dimensionamiento, para definir la adaptabilidad de un sistema en el propio vehículo eléctrico.

2.1. ESTADO DEL ARTE

Una breve reseña histórica del aprovechamiento de la energía fotovoltaica, se remonta a competencias del World Solar Challenge del 2009 y 2011, evento llevado a cabo en Australia. El cual ha generado proyectos de recaudación de energía eléctrica para vehículos híbridos/eléctricos, a partir de la aplicación celdas solares implementadas en los mismos vehículos.



Figura 13: Vehículo Solar TOKAI.

Fuente: (Huarapil, 2012)

Pese a toda la publicidad del Vehículo Solar no se ha podido aplicar este concepto a vehículos convencionales, porque no se ha cubierto con las demandas de potencia, carga y costos. Hoy en día varias empresas de vehículos incursionan en esta nueva forma de obtención de energía limpia.



En el año 2013, la Universidad Militar de Nueva Granada presenta una tesis de sistema de sustentación externa de energía renovable para la movilidad de un vehículo, energías como son la eólica y la solar. Este vehículo compuesto por un módulo solar como fuente de alimentación y una batería 12 voltios plomo acido que almacena la energía proveniente del módulo solar.



Figura 14: Diseño CAD de Vehículo.

Fuente: (Arévalo & Ortiz, 2013)

El proceso de recarga de baterías de plomo acido mediante el uso de energía fotovoltaica no ofrece ningún problema al ciclo de carga, para ello se presenta la figura 15, la cual muestra el comportamiento de descarga y recarga de energía eléctrica de la batería, en relación al tiempo considerando dos casos de estudio, con y sin influencia de energía fotovoltaica.

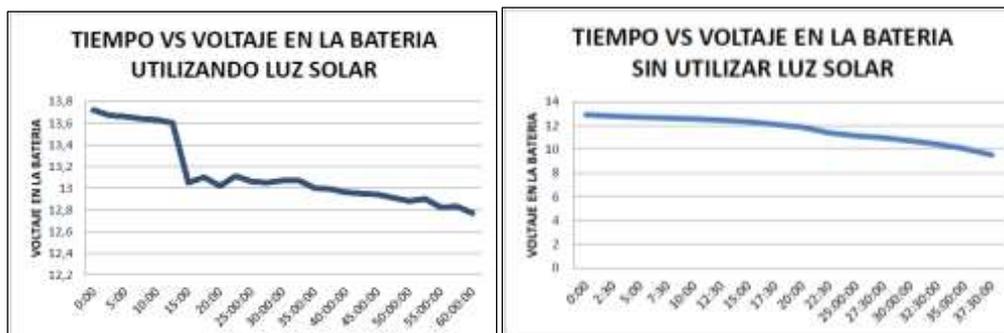


Figura 15: Comportamiento de carga y descarga de la batería.

Fuente: (Arévalo & Ortiz, 2013)

Simplemente observando las figuras 3, se Para el 2015 una tesis realizada en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, muestra un desarrollo un vehículo eléctrico con sistema solar fotovoltaico autónomo. Este trabajo consistió en la implementación de 3 módulos fotovoltaicos en el techo del vehículo, que cargan 3 baterías plomo acido de 130 Amperios/hora cada una de ellas y un motor eléctrico de 800W para la tracción del vehículo.



Figura 16: Vehículo Solar de 3 ruedas.

Fuente: (Espinoza J., 2012)

En donde la disposición de la conexión de los módulos solares se realiza en serie debido que se necesita alto voltaje para estabilizar la conexión con el banco de baterías, el voltaje obtenido de los módulos solares en serie es de 53.49 voltios, satisfaciendo los 48 voltios de alimentación del motor, en la cual los módulos solares cubren una área de 2.79 m² con respecto al techo del vehículo.

En la figura 17, se aprecia 3 etapas de recarga de las baterías, los primeros 40 min. se da el modo de carga principal; de 40 a 150 min. el modo de carga de absorción y de 150 min. hasta los 200 min. el modo de flote o almacenamiento. La eficiencia del vehículo se ve refleja en la velocidad que alcanza, que es de 60km/h.

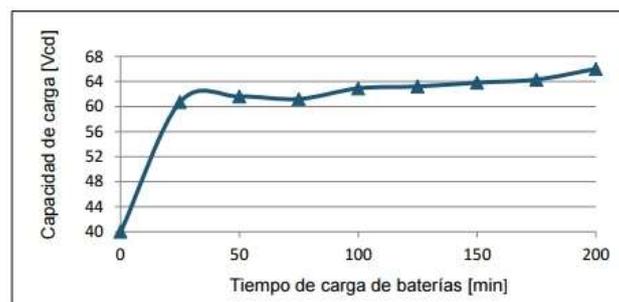


Figura 17: Recarga eléctrica de las baterías.

Fuente: (Espinoza J., 2015)

En la actualidad la incorporación de paneles solares a vehículos híbridos/eléctricos está adquiriendo un posicionamiento en el campo automotriz, ya que la energía eléctrica generada por los módulos solares a través del principio fotovoltaico, ofrece una considerable cantidad de energía eléctrica capaz de ser aprovechada por acumuladores



eléctricos de bajo voltaje, con el objeto de poner en funcionamiento circuitos auxiliares del vehículo.

Un claro ejemplo es el prototipo Ford C-Max Solar Energi, que muestra una innovación de paneles solares ubicados en el techo, que permiten recargar las baterías.



Figura 18: Ford C-Max Solar Energi.

Fuente: (REVE, 2014)

El prototipo de vehículo híbrido solar, usufructúa energía solar mediante celdas solares encapsuladas de un lente que focaliza el haz de luz, ampliando su rango de impacto a un óctuple de intensidad. La característica de utilización del lente Fresnel, se basa en el concepto práctico de una lupa, el cual escolta el desplazamiento del sol en dirección de este a oeste, pudiendo segregar de un día soleado, una cantidad de energía dispuesta para una recarga de cuatro horas de batería, con una potencia de 8kW. (REVE, 2014).

En el 2017, se presentó el Sono Sion, un vehículo eléctrico y económico, capaz de recargar sus baterías con energía solar, que a más de ello también se podrá cargar con un punto de recarga. La característica de este vehículo son los paneles fotovoltaicos que recubren una buena parte del cuerpo del Sion. En total 7.5 metros cuadrados y 330 celdas, que según el fabricante alcanzan una eficiencia del 24% y que le proporcionan en un día soleado hasta 30 kilómetros de autonomía. Estos paneles solares se encuentran ubicados en todo el contorno exterior del vehículo en gran proporción siendo el techo del mismo dado su área superficial destinada a la captación de la energía solar, el diseño incluye paneles en los costados laterales del vehículo en consideración de la inclinación del haz de luz.

También se ha confirmado la presencia de un cargador de 6.6 kW en monofásica, y 50 kW en trifásica, que además tendrá la peculiaridad de poder trabajar de forma bidireccional. De esa forma el coche podrá recargar sus baterías, o usar las mismas para



alimentar una vivienda. Algo que gana interés gracias a la presencia de los paneles solares. Incluso añade el fabricante que con este cargador podrá recargar las baterías de otro coche eléctrico. (Noya, 2017)



Figura 19: Vehículo Eléctrico Sono Sion.

Fuente: (Noya, 2017)

Durante la feria CES (Consumer Technology Association) en el 2018 realizado en las Vegas, el vehículo eléctrico Lightyear One propulsado por energía solar recibió el premio Climate Change Innovator Awards, en donde su fabricante menciona que el automóvil se carga así mismo, un coche eléctrico que se autorecarga con energía que capta del sol, pudiendo conducir durante meses bajo el sol y, supuestamente, tiene una autonomía que oscila entre los 400 y 800 kilómetros dependiendo de las circunstancias y la forma en que se conduce.

De hecho, en función de las condiciones climáticas de cada país, este modelo podría circular sin necesidad de cargar la batería durante 21.000 kilómetros. (Híbridos y Eléctricos, 2018)



Figura 20: Vehículo Eléctrico Lightyear One.

Fuente: (Híbridos y Eléctricos, 2018)

El vehículo eléctrico y las energías renovables actualmente más difundidas representan un gran apoyo en el desarrollo de fuente generadoras de energía limpia, esto se debe a que algunas de las energías renovables que actualmente están más desarrolladas y



posicionadas, son en concreto el sol y sobretodo la eólica. Son fuentes que no se pueden controlar en función de la demanda, contrario a que se puede hacer con las fuentes de origen fósil o con otras renovables como la biomasa, hidráulica, termosolar). Pero se espera que dentro de pocos años la energía solar fotovoltaica se posicione en el mercado automotriz brindando satisfacción ecológica en la reducción de emisiones contaminantes y reducción económica en servicios de alimentación y cambio de las baterías de alto voltaje, como también una mejora en su electromovilidad incrementando la autonomía del vehículo eléctrico.

2.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.

La energía solar fotovoltaica, se presenta como la tecnología capaz de generar corriente continua a base de una transformación de energía que proviene del sol en energía eléctrica, por medio de incidencia de irradiación solar a un material semiconductor, originando un diferencial de potencial eléctrico entre las caras de la célula haciendo que salten los electrones de un extremo a otro y así generando la corriente eléctrica.

Como característica principal de los generadores o módulos fotovoltaicos, son la producción de energía eléctrica, al recibir o incurrir luz solar sobre estos, a más de ello la proporción de energía generada está directamente relacionada con la radiación solar que incide sobre las células o celdas solares.

2.2.1. Radiación Solar.

El cambio que sufre el sol o fenómeno físico de radiación solar, se encuentra asociado a la energía emanada por el sol al planeta tierra, en forma de grupo radiaciones electromagnéticas, este proceso consiste en la transmisión de energía por medio de ondas electromagnéticas (radiación ultravioleta e infrarroja), provenientes del sol que viajan a través del espacio.

Entre los principales factores que influyen la radiación solar son: altitud, latitud terrestre, oblicuidad y superficie. A más de ello agentes como emplazamiento del Sol y ubicación del Planeta Tierra que en conjunto se desplazan siguiendo leyes físicas, además la atmósfera terrestre desempeña un rol importante para determinar el comportamiento de la radiación solar en la superficie terrestre.



ALTITUD: Resulta la magnitud de longitud vertical, con respecto a un origen o plano determinado, el cual resulta como referencia tomar el nivel medio del mar.

LATITUD: Se comprende como una distancia angular que existente entre cualquier punto periférico del planeta tierra con respecto al paralelo del Ecuador.

LONGITUD: Es la distancia angular referente a cualquier punto del Planeta Tierra con respecto al Meridiano de Greenwich. El polo norte y polo sur no posee longitud alguna.

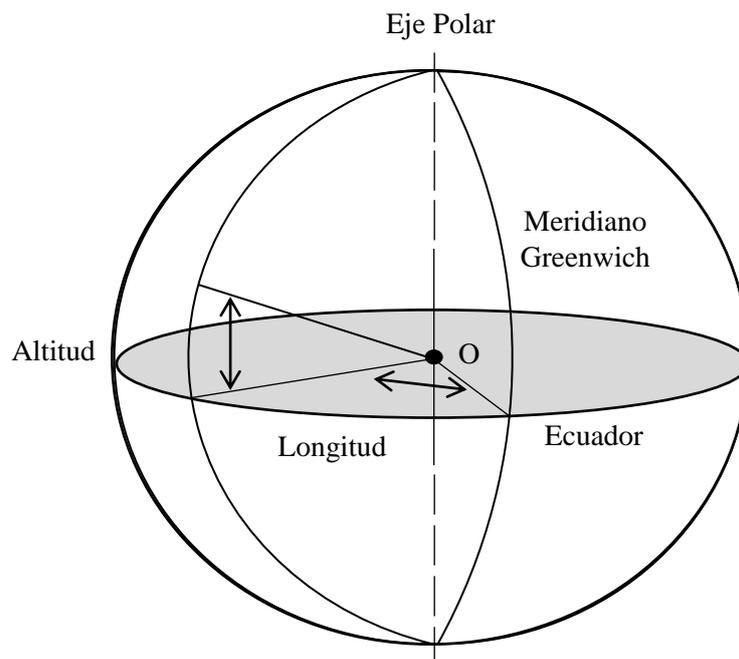


Figura 21: Altitud y longitud

Fuente: Autor.

LA IRRADIACIÓN: Es una magnitud que mide la energía solar por unidad de superficie de radiación solar incidente en una área determinada y rango de tiempo (KWh/m^2).

LA IRRADIANCIA: Se presenta como la incidencia de magnitud de potencia por unidad de tiempo y su unidad se mide en W/m^2 .

La superficie del sol emite una irradiancia de $63.500 \frac{\text{kw}}{\text{m}^2}$ de magnitud, mientras que la parte externa de la atmosfera terrestre recibe $1,37 \frac{\text{kw}}{\text{m}^2}$, (El estudio del sol, s. f.).



Mientras que en la superficie terrestre el valor es siempre inferior, dado que parte de la energía se pierde al atravesar la atmósfera, el valor de la irradiancia en buenas condiciones suele llegar a ser superior a los 1000 W/m² en la superficie. (Jaén Gonzales, Carreras Planells & Montserrat Ribas, 2009)

2.2.2. Tipos de Radiación Solar.

Existen radiaciones de diversos tipos, asociadas en cómo se genera la admisión de radiación en objetos ubicados en la superficie terrestre, para ello se pueden apreciar los siguientes de radiación:

2.2.2.1. Radiación Directa.

Esta radiación arriba directamente del Sol sin haber sufrido algún cambio en su trayectoria o dirección. (ArcMap, 2016), determina que la radiación solar directa R_D , para un plano superficial (lugar u objeto), resulta la suma de todas las radiaciones directas en todos los sectores del mismo plano.

$$R_D = \Sigma R_{D\theta,\alpha}$$

En donde:

(2.1)

- $\Sigma R_{D\theta,\alpha}$ es la suma de toda la radiación directa.

La ecuación de $R_{D\theta,\alpha}$, está dada en función del sector del mapa solar, misma que depende del centroide de los ángulos θ (cenit) y acimut (α).

$$R_{D\theta,\alpha} = S_{constante} * \beta^{m(\theta)} * SunDur_{\theta,\alpha} * SunGap_{\theta,\alpha} * \cos(AngIn_{\theta,\alpha})$$

En donde:

(2.2)

- $S_{constante}$ es la radiación solar, recibida en la atmosfera externa terrestre.
- $\beta^{m(\theta)}$ representa la media de las longitudes de ondas, al camino más corto con dirección al θ .
- $SunDur_{\theta,\alpha}$ indica el tiempo de duración por el sector del cielo.
- $SunGap_{\theta,\alpha}$ indica la fracción del espacio, a través del mapa solar.



- $AngIn_{\theta,\alpha}$ es la incidencia angular solar, con respecto al centro geométrico de la zona del cielo frente al eje normal al plano superficial.

2.2.2.2. Radiación Difusa.

La atmósfera en su mayor cantidad es penetrada por la radiación solar, fruto de ello esta es reflejada por las nubes, que en consecuencia a ello va en diversos rumbos, pero no sólo las nubes causan una reflexión de haz de luz solar, sino también las partículas de polvo atmosférico, edificios, árboles y el propio suelo en derivación de la reflexión.

El cálculo de la radiación solar difusa $R_{F\theta,\alpha}$, es la resultante del estudio al comportamiento de fracciones de espacio para cada sector del cielo y ángulos de incidencia.

$$R_{F\theta,\alpha} = R_{glb} * P_{dif} * Dur * SkyGap_{\theta,\alpha} * Peso_{\theta,\alpha} * AngIn_{\theta,\alpha}$$

En donde:

(2.3)

- R_{glb} es la radiación global normal.
- P_{dif} se presenta como el flujo de radiación global normal valor considerado entre 0,2 y 0,7 depende condiciones atmosféricas.
- Dur es la duración de tiempo de análisis.
- $Peso_{\theta,\alpha}$ indica la cantidad de radiación difusa, en cierta zona del cielo.
- $AngIn_{\theta,\alpha}$ representa el valor angular que inciden entre el centroide del cielo y el lugar u objeto interceptor.

2.2.2.3. Radiación Reflejada.

La radiación refleja, resultado de la radiación difusa; es aquella que ha sido reflejada por la superficie terrestre, en donde su magnitud está asociada con el coeficiente de reflexión de la superficie en la cual incide. De manera adyacentemente al efecto de reflexión, las superficies horizontales no admiten radiación solar reflejada, mientras que las superficies verticales reciben más radiación reflejada.



2.2.2.4. Radiación Global.

Resulta la adición de la radiación difusa y directa. De igual forma se presenta como la radiación ambiental que usualmente se registra en las estaciones meteorológicas.

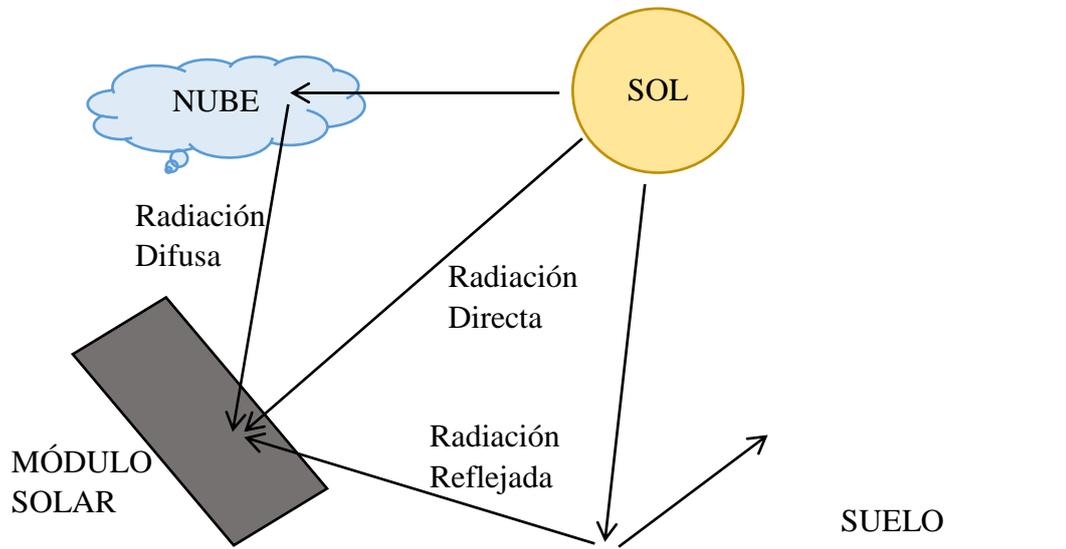


Figura 22: Tipos de radiación solar.

Fuente: Autor.

2.2.3. Radiación Solar en la Ciudad de Cuenca.

La Ciudad de Cuenca, ubica al centro sur de la República del Ecuador entre las latitudes $2^{\circ}52'60''$ S y las longitudes $78^{\circ}58'60''$ W.

Los diversos factores topográficos y atmosféricos en su totalidad con respecto al suelo nacional, genera que se posea un rango amplio de estimaciones de radiación solar, lo cual se debe focalizar, la radiación en la zona austral del país en específico Cuenca. La ciudad de Cuenca cuenta con una superficie de $67,72 \text{ km}^2$ y posee una altitud máxima de 2550 msnm , lo cual para ello se valdrá de datos meteorológicos de radiación solar de la ciudad por medio de estaciones meteorológicas.

La Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, en conjunto con el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), pone en disposición datos meteorológicos integrados por 16 estaciones totales, mismas que se encuentran ubicadas en diferentes lugares del Cantón Cuenca.



Con los presentes datos de radiación global obtenidos de las diferentes estaciones meteorológicas, se pudo estimar el comportamiento general de la incidencia de energía solar en la Ciudad de Cuenca.

Se toma las estaciones en forma periférica al Cantón Cuenca, indicando su radiación solar global anual en cada una de ellas.

RADIACIÓN SOLAR - ESTACIÓN EL VECINO-UPS

Periodo (01/01/2017) al (16/12/2017)

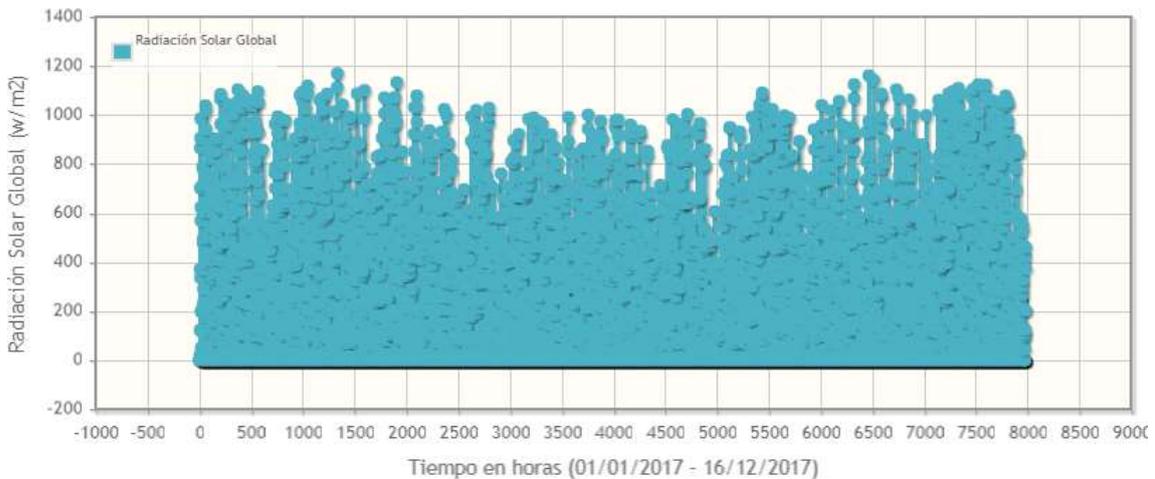


Figura 23: Radiación solar Cantón Cuenca, estación el vecino-ups.

Fuente: (UPS-INNER, 2018)

TEMPERATURA - ESTACIÓN EL VECINO-UPS

Periodo (01/01/2017) al (16/12/2017)

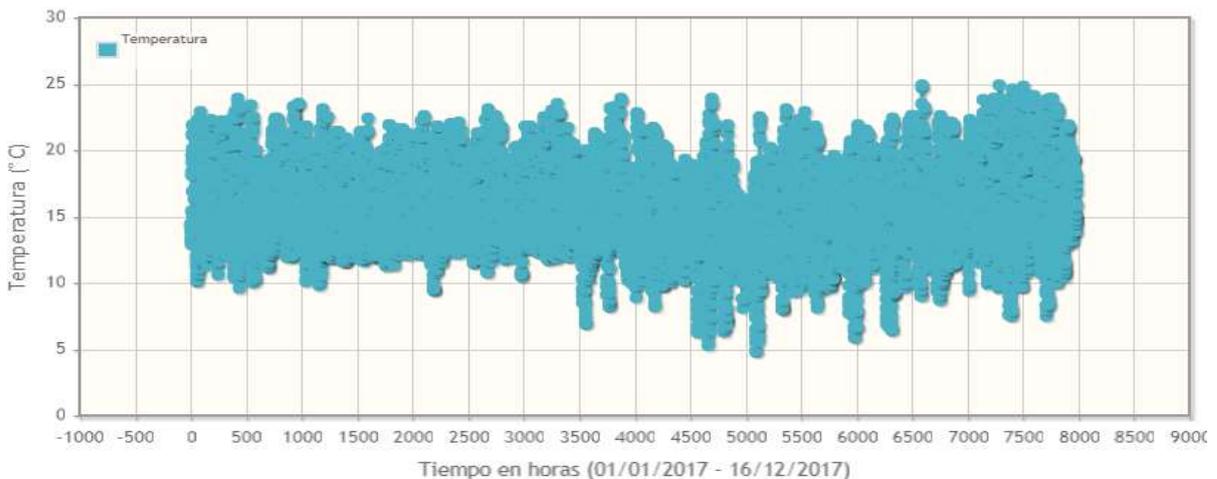


Figura 24: Temperatura en el Cantón Cuenca, Estación el Vecino-UPS.

Fuente: (UPS-INNER, 2018)



RADIACIÓN SOLAR - ESTACIÓN BAÑOS

Periodo (01/01/2017) al (16/12/2017)

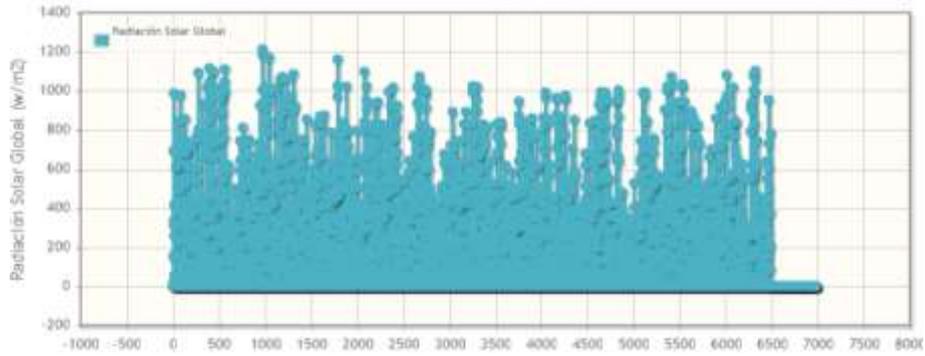


Figura 25: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Baños.

Fuente: (UPS-INNER, 2018)

RADIACIÓN SOLAR - ESTACIÓN CHAUCHA

Periodo (04/01/2015) al (11/12/2015)

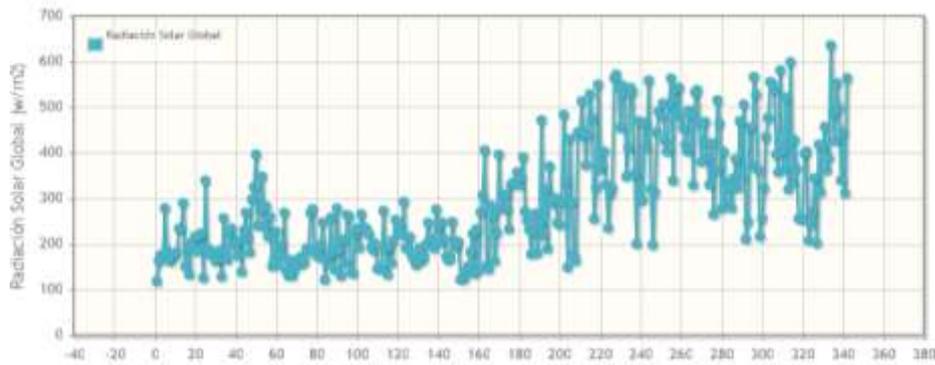


Figura 26: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Chaucha.

Fuente: (UPS-INNER, 2018)

RADIACIÓN SOLAR – ESTACIÓN YANUNCAY-CTS

Periodo (01/01/2017) al (16/12/2017)

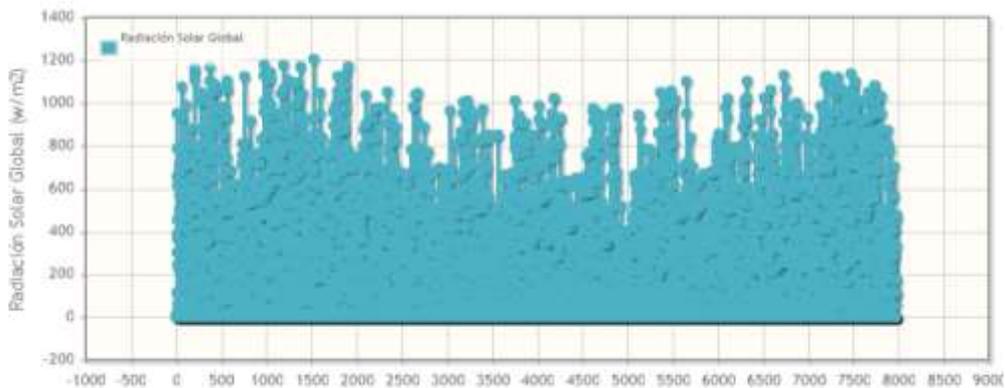


Figura 27: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Yanuncay-cts.

Fuente: (UPS-INNER, 2018)



RADIACIÓN SOLAR – ESTACIÓN CUMBE

Periodo (01/01/2017) al (16/12/2017)

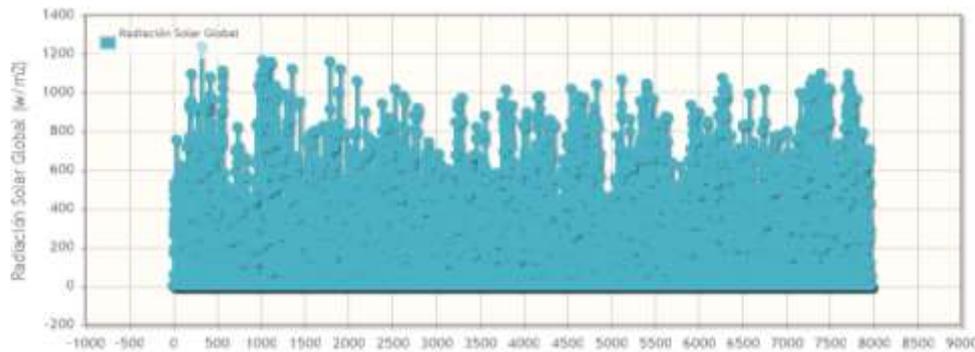


Figura 28: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Cumbe.

Fuente: (UPS-INNER, 2018)

RADIACIÓN SOLAR – ESTACIÓN IRQUIS

Periodo (01/01/2017) al (16/12/2017)

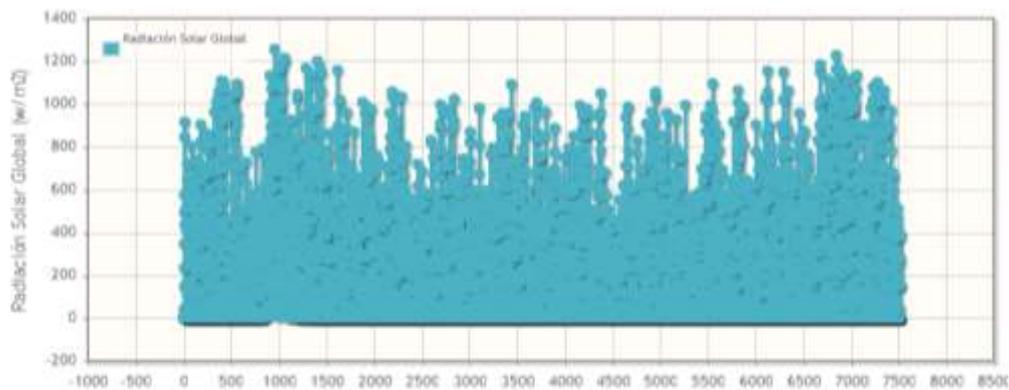


Figura 29: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Irquis.

Fuente: (UPS-INNER, 2018)

RADIACIÓN SOLAR – ESTACIÓN LLACAO

Periodo (01/01/2017) al (16/12/2017)

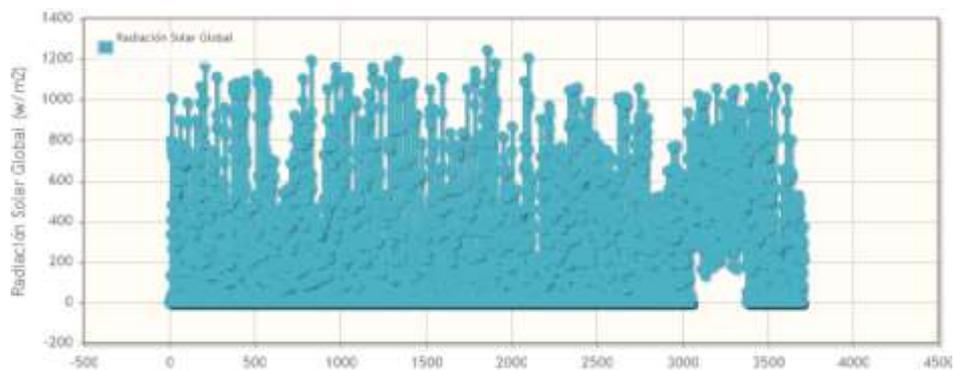


Figura 30: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Llaqueo.

Fuente: (UPS-INNER, 2018)



RADIACIÓN SOLAR – ESTACIÓN MOLLETURO

Periodo (01/01/2017) al (16/12/2017)

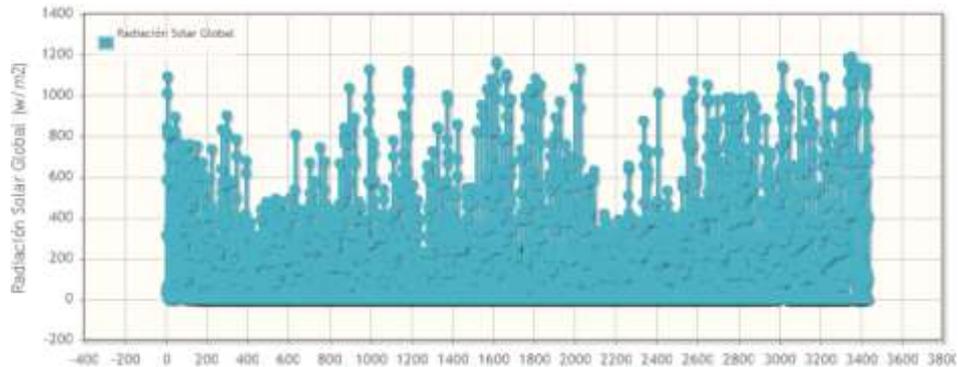


Figura 31: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Molleturo.

Fuente: (UPS-INER, 2018)

RADIACIÓN SOLAR – ESTACIÓN NULTI

Periodo (01/01/2017) al (16/12/2017)

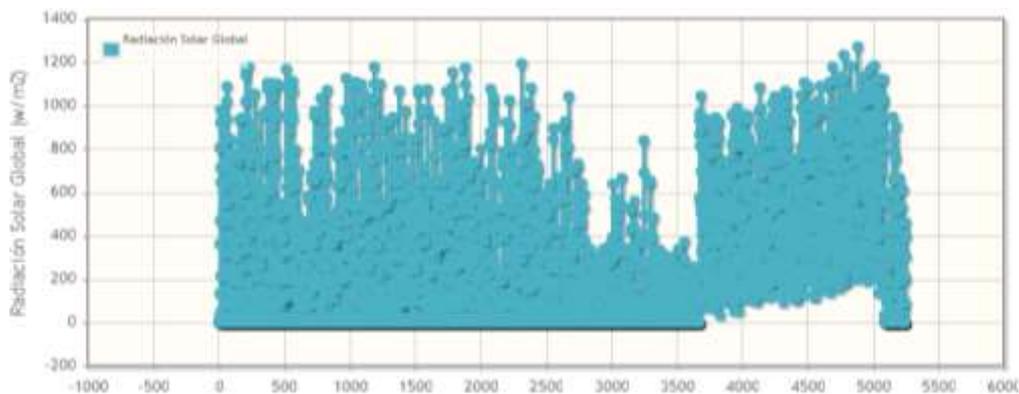


Figura 32: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Nulti.

Fuente: (UPS-INER, 2018)

RADIACIÓN SOLAR – ESTACIÓN QUINGUEO

Periodo (01/01/2017) al (16/12/2017)

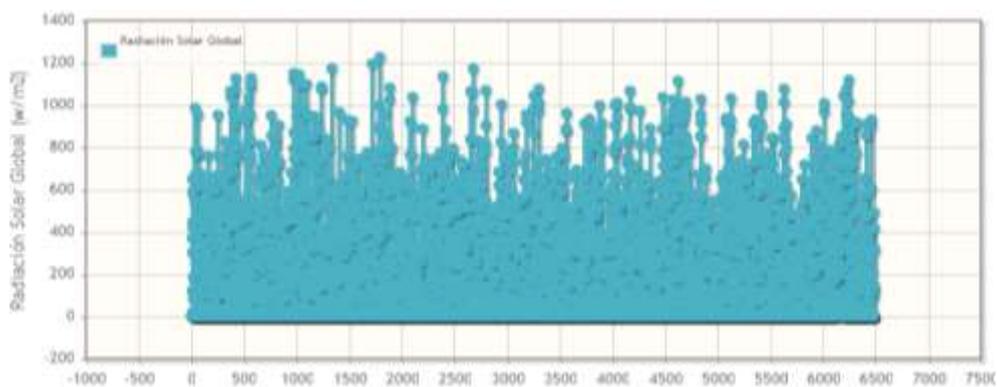


Figura 33: Radiación solar Cantón Cuenca, Estación Nulti.

Fuente: (UPS-INER, 2018)



2.3. CÉLULA FOTOVOLTAICA.

También conocida como celda solar, es un instrumento que realiza la conversión de energía solar a energía eléctrica, generando un voltaje alrededor de 0.5V a 0.8V, dependiendo del semiconductor con el que este fabricada. La célula solar constituida por un material que concede la absorción de radiación solar en su mayoría de silicio como material base en la actualidad, dotado con fósforo y boro subdividido en dos capas que poseen diferentes características eléctricas (n-p).

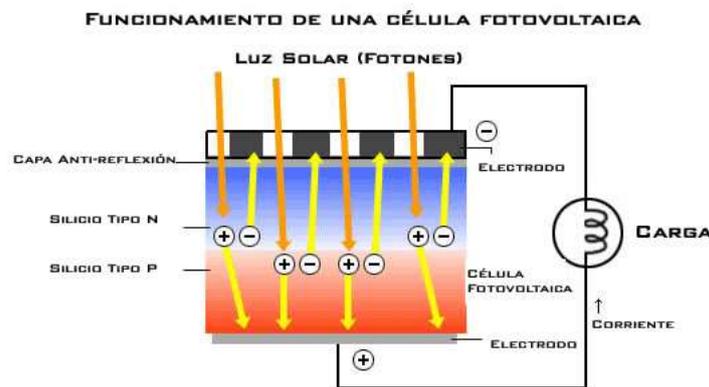


Figura 34: Funcionamiento de Célula Fotovoltaica.

Fuente: (Conelsol, 2018)

Las celdas solares, compuestas por una fina capa de material semiconductor tipo n conocido como electrón libre y otra de mayor espesor de material tipo p designado como hueco disponible, la cual al encastrar estas capas crean un campo eléctrico. Se empalma un conductor eléctrico, que conecta la capa negativa a la positiva, permitiendo circulación de corriente desde la zona p a la n. La zona n es la de la cara que se ilumina, por la incidencia de la luz del sol habrá corriente eléctrica y su intensidad será proporcional a la cantidad de luz que reciba

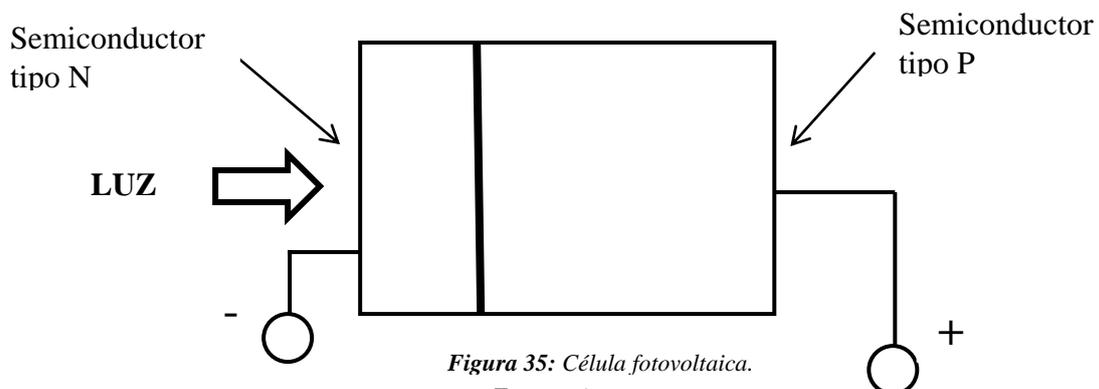


Figura 35: Célula fotovoltaica.

Fuente: Autor.



2.3.1. Tipos de células fotovoltaicas en base a su estructura interna.

La célula fotovoltaica se encuentra conformada por una delgada lámina de material semiconductor, que comúnmente resulta de silicio dependiendo de su fabricante y de su uso. Según su estructura cristalina interna en que estos materiales se pueden fabricar se tiene la siguiente clasificación:

- **Monocristalinos:** Rentabilidad de producción de energía hasta 15-17%
- **Policristalinos:** Rentabilidad de producción de energía hasta 12-14%
- **Amorfos:** Rentabilidad de producción de energía menor al 10%

2.3.2. Dimensionado de célula fotovoltaica.

Normalmente presenta forma cuadrada, con una área superficial de 100cm² de 10 cm por cada lado y un espesor que varía entre los 0.25 a 0.35 mm.



Figura 36: Celda fotovoltaica de silicio.

Fuente: (EcuRed, 2018)

2.4. MODULO SOLAR

Alrededor de los años 50 aproximadamente, se construyó el primer módulo fotovoltaico y desde entonces, la demanda de la industria y la expansión del mercado han permitido la reducción drástica de los costes de producción de estos módulos.

Las células o celdas fotovoltaicas generalmente se encuentran hechas con silicio, material semiconductor muy utilizado también en electrónica.

El panel o modulo solar, es un elemento que resulta del conjunto de celdas solares dispuestas en serie-paralelo y colocadas sobre una placa metaliza encapsulada por un aislante térmico, dispuestas para la obtención de potencias y voltajes necesarios.



Generalmente dispone entre 40 a 80 celdas fotovoltaicas, con una dimensión que varía entre 0.80m² y los 2m², pero los paneles más utilizados son de 36 y 72 células fotovoltaicas.

2.4.1. Componentes del Panel Solar.

Los paneles solares se encuentran conformados de células, empalmadas eléctricamente y cubiertas de un material que las encapsula y montadas sobre un marco de sujeción.



Figura 37: Componentes de Panel Solar.

Fuente: (Conelsol, 2018)

Cristal.- De vidrio templado con propiedad mecánica y física de resistencia y transparencia respectivamente, facilitando el paso de radiación solar; además de cumplir el objetivo de proteger las celdas solares de fenómenos atmosféricos.

Encapsulado.- De forma generalizada son de material de silicona, o de ciertos materiales que posean una transmisión de radiación solar, además que no sufra envejecimiento prematuro ante rayos ultravioletas, con la misión de adherir las cubiertas es el atenuador de impactos vibraciones.

Marco metálico de soporte.- Se emplean materiales livianos como el aluminio o el acero inoxidable resistente para soporte a todo el conjunto de celdas solares y adherir más módulos, si el caso lo amerita.

Contactos eléctricos.- Únicamente son cables de material conductor de cobre, para juntar la energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico, ubicados en la parte posterior de cada modulo



2.4.2. Tipos de Módulos Solares.

La diversificación de paneles solares se base en el empleo del material para la fabricación y la forma final de celdas solares según (San Miguel, 2011). A continuación, se presentan los materiales:

- **Monocrystalino de Silicio puro:** Presenta una constitución uniforme de material de silicio en las celdas solares. Su rendimiento en laboratorio es de 24.7% y con módulos comerciales se encuentra alrededor de 16%.
- **Policristalino de Silicio puro:** Disposición de diversas secciones de una barra de silicio estructurada en desorden de pequeños cristales. Su rendimiento es más bajo que los monocrystalinos, su rentabilidad energética es de 19,8% y en paneles solares comerciales de un 14%.
- **Silicio amorfo:** Las células también se encuentran formadas por silicio, pero se constituyen sin estructura cristalina alguna, su rendimiento alcanza el 5%.
- **Teluro de cadmio:** Su rendimiento es de 8%.
- **Arseniuro de galio:** Representa un material mucho más eficiente, con un rendimiento de 25,7% y en módulos comerciales como máximo un 8%.
- **Diseleniuro de cobre e indio:** Rendimiento de módulos comerciales del 9%.
- **Triple unión:** Resulta de la unión de tres semiconductores GaAs, Ge y GaInP₂, con un rendimiento del 39%.
- **Paneles Tándem:** Combinan dos materiales semiconductores distintos, con este tipo de paneles solares se está consiguiendo rendimientos por encima del 35%, pudiéndose alcanzar de forma teórica hasta un 50% con uniones de 3 materiales. Estos semiconductores son capaces de sacar el máximo rendimiento en un parte del espectro electromagnético de la radiación luminosa.



2.5. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UNA CELDA SOLAR.

La generación de energía eléctrica de las celdas solares se encuentra asociada directamente por la variación de radiación y temperatura que incide sobre las celdas solares. De forma general el voltaje de una celda solar oscila entre (0.5 a 0.8) voltios, dependiendo el material semiconductor del que se encuentre conformado y de la tecnología de fabricación.

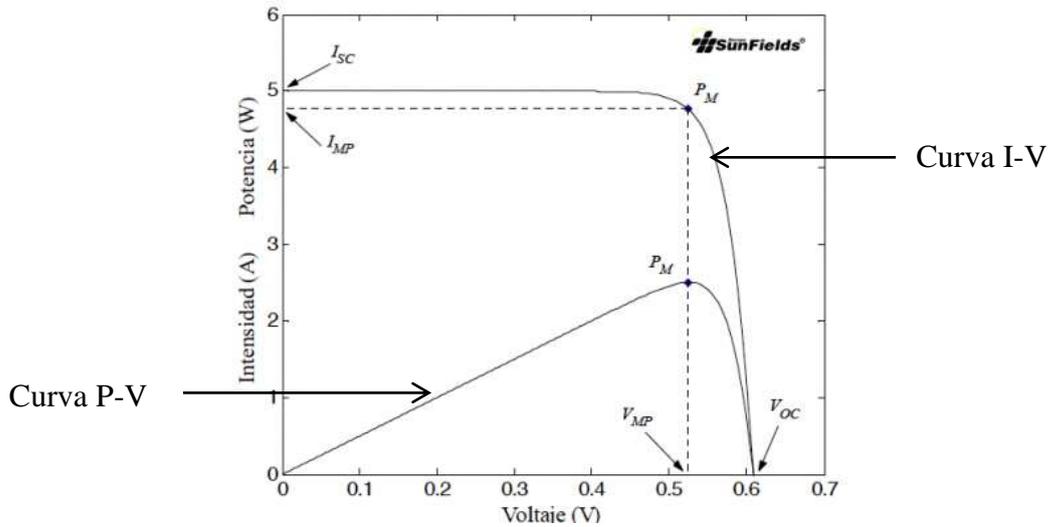


Figura 38: Curva de tensión, corriente y potencia de una celda solar.

Fuente: (SunFiled, 2018)

La Curva I-V es una gráfica representativa de valores de voltaje y corriente que una celda solar o un módulo solar (conjunto de celdas solares) pueda otorgar al depender de variables externas como la irradiación solar y temperatura que reciben las células solares. Esta misma curva, varía en base a magnitudes de carga en los bornes del módulo solar, dando como resultado voltajes (V) y corrientes (I), por consiguiente el valor de potencia puede ser calculada mediante el producto $V \times I$.

2.5.1. Corriente de cortocircuito (I_{sc}).

La corriente I_{sc} , parámetro primordial en el análisis de módulos solares, que representa la intensidad de corriente que circula por el módulo solar cuando el voltaje en sus terminales es cero ($V = 0$); y es la corriente máxima a obtener en un caso ideal, en que el módulo trabaje como un generador.



2.5.2. Voltaje de circuito abierto (Voc).

Un parámetro de suma importancia en el funcionamiento y generación de energía fotovoltaica de una célula solar, es el diferencial de potencial a circuito abierto, mismo que representa la mayor magnitud de tensión disponible de una celda solar, el cual se mide con un voltímetro a corriente cero, en condiciones de circuito abierto.

2.5.3. Punto de potencia máxima (PM).

Representa el trabajo en un punto de potencia máxima que puede otorgar el panel solar. El punto PM corresponde a (VM, IM), el cual establece los valores nominales de corriente y voltaje en el punto de máxima potencia.

2.5.4. Factor de Forma (FF).

Se define como el nexo de la potencia del panel solar que puede otorgar y el producto de I_{sc} con V_{oc} . Su relación otorga resultado de su calidad, por cuanto su valor se mas alto mejor será la celda solar. Un valor bajo de factor de forma indica valores de pérdidas energéticas en el dispositivo, a diferencia que una celda solar de buena calidad expresa sus resultados con (FF) mayor a 0.70.

2.5.5. Eficiencia.

Esta se expresa habitualmente como un porcentaje, dando por sentado que la eficiencia de los paneles solares varia función al material de fabricación y a condiciones externas, dando como promedio general un valor de eficiencia de 16% y 14% para paneles solares monocristalinos y policristalino respectivamente. La determinación de la eficacia de un módulo, resulta de la relación entre la potencia entregada por el modulo y la potencia de la radiación que incide sobre su superficie constituida de celdas solares..

2.6. POTENCIA DE CELDA SOLAR.

La potencia que proporciona una celda solar es pequeña, en función de su tamaño y la capacidad de absorber luz y generar energía eléctrica, por lo que para ello será necesario tener que asociar varias celdas solares con el propósito de proporcionar la potencia necesaria, en base a este concepto se origina el modulo solar. El arreglo fotovoltaico de los paneles solares permitirá un incremento ya se en el voltaje o corriente, dependiendo de su configuración sea esta en serie o paralelo.



El arreglo eléctrico en serie de las celdas solares, permite incrementar la tensión final de salida del panel solar.

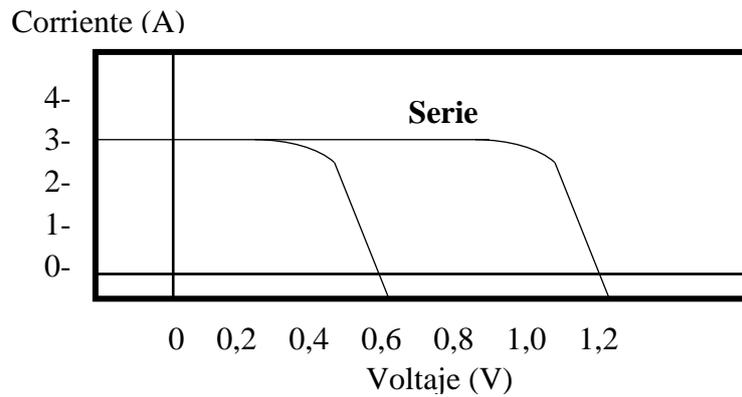


Figura 39: Conexión en Serie.

Fuente: Autor

Conexión en paralelo de las celdas solares, permite aumentar la intensidad de corriente de todo el conjunto.

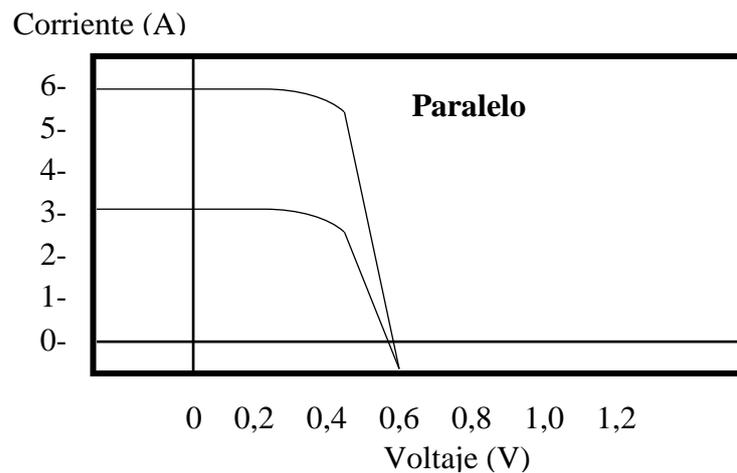


Figura 40: Conexión en Paralelo.

Fuente: Autor.

2.7. MODELO MATEMÁTICO DE CELDA Y MÓDULO SOLAR.

Un modelo matemático pretende simular un comportamiento próximo a lo real, en base a características necesarias e irrevocables empleadas en ecuaciones matemáticas con variables establecidas de acuerdo al tema a contemplar, se presenta el modelo empleado para la simulación de una celda solar y por extensión de un módulo solar, tomando en consideración variables fundamentales como el efecto de la irradiación y la temperatura de celda, propicias para la determinación del comportamiento de características tales como voltaje, corriente y potencia.



(Granda, Orta, Díaz, Jiménez, Osorio & Gonzales, 2013) se refiere a que el circuito eléctrico equivalente a una celda solar, se encuentra conformado por una fuente de corriente foto generada por acción de radiación solar, un diodo y resistencias; una en paralelo y otra en serie que posee la resistencia interna del material al flujo de corriente como se presenta en la figura 41.

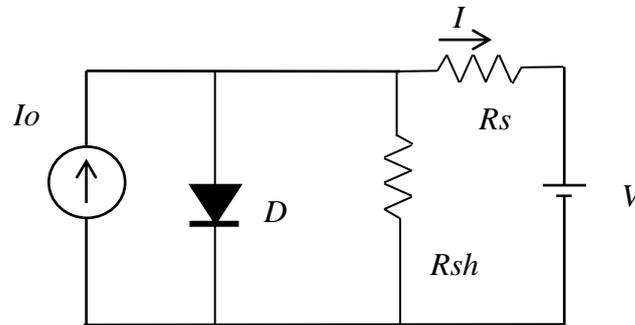


Figura 41: Celda Solar.

Fuente: Autor.

2.7.1. Corriente de resistencia.

Aplicando la Ley de tensión de Kichorff (LTK) en un lazo cerrado, se presenta la corriente de resistencia de la celda solar.

$$I_{sh} = \frac{(V + IR_s)}{R_{sh}}$$

En donde:

- R_s la resistencia en serie.
- R_{sh} la resistencia en paralelo.
- I la corriente de salida.
- V el voltaje de salida Voc.

(2.4)

2.7.2. Corriente salida.

El modelo matemático que detalla la curva de I -V de celda, por lo general se detalla por medio de la siguiente ecuación que representa la corriente de salida.

$$I = I_l - I_o \left[\exp \left(\frac{q(V + IR_s)}{(nkTNs)} \right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_{sh}}$$



En donde:

(2.5)

- I_l es la corriente foto generada.
- I_o es la corriente de saturación inversa.
- q es la carga del el electrón ($1,6 \times 10^{-19} C$)
- n es el factor ideal del diodo.
- k es la constante de Boltzman ($1,38 \times 10^{-23} J/K$)
- T es la temperatura de la celda.
- Ns es número de celdas conectadas en serie.

El factor ideal del diodo o factor de idealidad, permite realizar una distinción de comportamiento entre una célula solar de silicio y una de germanio, dependiendo de la tecnología de fabricación. El número de celdas conectadas en serie va a depender del tipo de modulo solar a modelar, siendo los de 72 y 36 celdas solares los más posicionados en el mercado.

La eficiencia de una célula solar no se ve afectada con la variación en la resistencia en paralelo, debido a impurezas en silicio; mientras que una variación en la resistencia en serie afecta de manera significativa el comportamiento de la célula solar.

2.7.3. Corriente de saturación inversa.

La corriente de saturación inversa, se encuentra dada por la siguiente expresión:

$$I_{rs} = \frac{I_{sc}}{\left[\exp\left(\frac{qV}{nNsTk}\right) - 1 \right]}$$

En donde:

(2.6)

- I_{sc} es la corriente de corto circuito.

2.7.4. Corriente de saturación.

Mientras que la corriente de saturación, se encuentra dada o expresada en relación de la corriente de saturación inversa:



$$I_0 = I_{rs} \left(\frac{T}{T_n} \right)^3 * \exp \left[\frac{q * E_{go} \left(\left(\frac{1}{T_n} \right) - \left(\frac{1}{T} \right) \right)}{nk} \right]$$

En donde:

(2.7)

- E_{go} banda de energía del semiconductor.
- T_n es la temperatura nominal.

2.7.5. Corriente foto celda.

Esta corriente va ir variando en correlación de la radiación solar y la temperatura de trabajo de la celda solar.

$$I_{ph} = [I_{sc} + \{k_i(T - 296)\}] * (G/1000)$$

En donde:

(2.8)

- G valor de irradiación.
- k_i es la corriente Isc de la célula a 25°C y 1000W/m².

La simulación del modelo matemático permite observar el comportamiento y realizar un análisis de una o más variable en función del tiempo. Para la ejecución de la simulación, se requieren parámetros tales que pueden ser obtenidos del “datasheet” del módulo solar a modelar, uno de los parámetros más importantes resulta ser el voltaje (Voc) a circuito abierto y la corriente (Isc) de corto circuito.



Capítulo 3

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE SISTEMA REGENERATIVO DE CARGA DE BATERÍA DE 12V.

3.1. SISTEMA REGENERATIVO DE CARGA DE BATERÍA DE 12V CON PANELES SOLARES.

El vehículo eléctrico Kia Soul, posee una batería de 12 voltios que dota de electricidad a diversos sistemas eléctricos del vehículo, misma que se encuentra asociada con la batería de alto voltaje para su recarga de energía eléctrica, generando una disminución de la autonomía del propio vehículo eléctrico, lo cual para ello se plantea una fuente externa de recaudación de energía destinada a la regeneración de carga eléctrica de la batería auxiliar, significando una reducción del consumo dependiente de energía de la batería de alto voltaje y traduciéndose en un aumento de autonomía.

Basándose en un sistema fotovoltaico asilado con batería se procede al desarrollo del sistema de carga de baterías mediante el uso de módulos solares. En donde el panel receipta la energía solar transformándola en eléctrica, que a su vez está es conducida al controlador de carga con afán de salvaguardar la batería del vehículo.



Figura 42: Disposición de componentes de sistema regenerativo.

Fuente: Autor.

3.2. Batería de 12v.

La batería eléctrica de 12 voltios del vehículo Kia Soul EV, previamente caracterizada tendrá la misión de entregar energía eléctrica a circuitos de confort y seguridad del vehículo.



3.2.1. Consumo de corriente de batería de 12v.

Para determinar el consumo de corriente de la batería de bajo voltaje del vehículo Kia Soul EV, se realiza una prueba de carretera, la cual consiste en la conducción del mismo vehículo, por un periodo de una hora accionando los siguientes sistemas y elementos eléctricos:

- Sistema de alumbrado “Luces altas”.
- Sistema de aire acondicionado.
- Sistema de audio.
- Luces internas del habitáculo del vehículo.

Bajo estas condiciones se analiza una curva de descarga de corriente de la batería de 12 voltios en función del tiempo, misma que es presentada en la figura 43, realizada en un periodo de 1 hora y 18 minutos activando los sistemas y elementos eléctricos ya mencionados. La curva de descarga cuenta con un total 9382 valores de consumo de corriente, con una frecuencia de 500 ms en cada toma de dato.

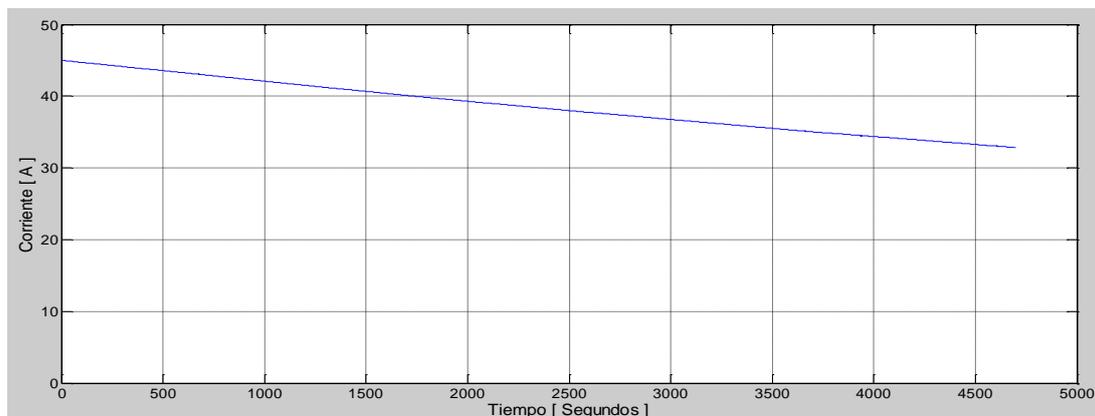


Figura 43: Consumo de corriente en función del tiempo.

Fuente: Autor.

Mediante la tabla 5, se indican las diferentes magnitudes de consumo de corriente en función del tiempo, obtenidas mediante la prueba de carretera.

Tabla 5: Valores de consumo de corriente en función del tiempo.

Tiempo de consumo de corriente	Descarga de corriente
30 minutos	5.17 A
1 Hora	9.73 A
1 Hora y 15 minutos	11.72 A

Fuente: Autor.



Dentro de los resultados adquiridos en la prueba de consumo de corriente se nota la presencia de múltiples valores con signo negativo de magnitud no constante, lo cual indica que la batería de 12 voltios está siendo carga por el LDC (convertidor DC-DC de bajo voltaje), en pequeños lapsos de tiempo, mismo que se puede observar en la figura 44.

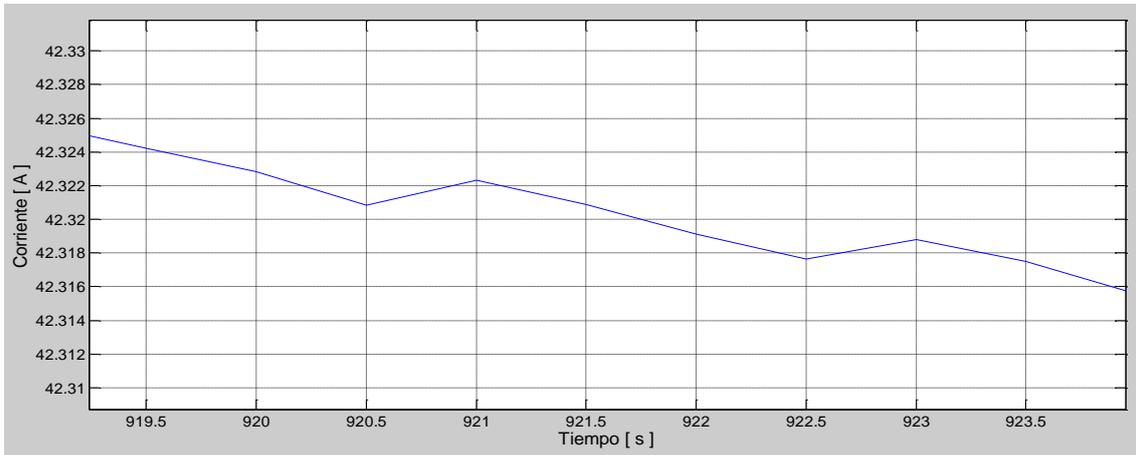


Figura 44: Fluctuación de corriente en función del tiempo.

Fuente: Autor.

Para determinar el valor exacto de consumo de corriente eléctrica en la batería de 12 voltios del vehículo Kia Soul EV, se deben separar los valores de carga y descarga obtenidos en la prueba de carretera, mismos que se presentan en la figura 45.

Siendo la línea segmentada de color azul, la curva que posee valores de carga y descarga eléctrica, que indica un consumo de 9.13 amperios. Mientras que la curva de color verde, representa únicamente valores de descarga, la cual da como resultado un consumo real de corriente de 10.13 amperios, durante el periodo de 1 hora.

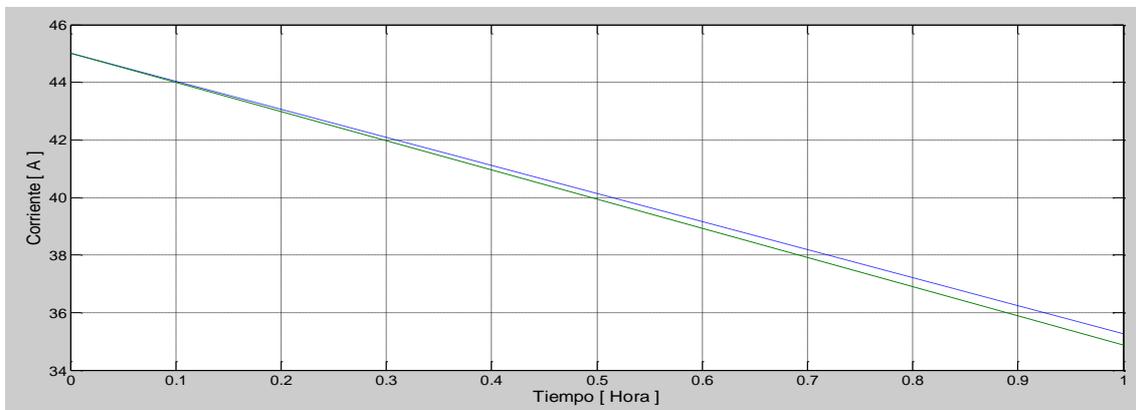


Figura 45: Comparación de descarga de corriente.

Fuente: Autor.



3.2.2. Análisis matemático de comportamiento de la curva de descarga de corriente de la batería de 12V.

Se desarrolla la función matemática de la curva de descarga, para determinar la intensidad nominal disponible de la batería de bajo voltaje, al definir como variable de entrada el tiempo de consumo eléctrico de elementos y circuitos de confort y seguridad del vehículo Kia Soul EV.

Se procede graficando la recta de descarga de corriente de 10.13 amperios, presentada en la figura 46, la misma que representa el consumo máximo de corriente de la batería de bajo voltaje, al accionar los distintos sistemas eléctricos que dependen de esta.

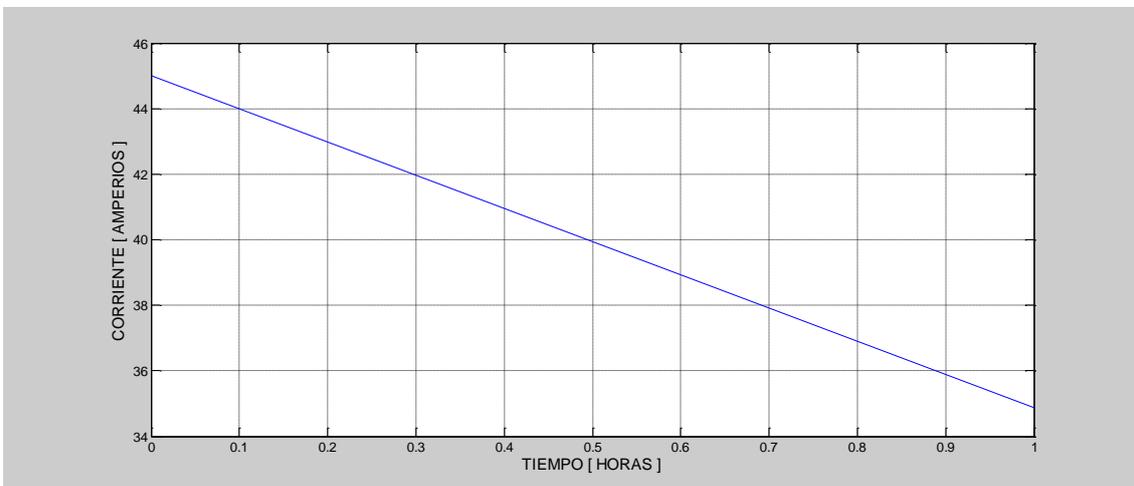


Figura 46: Recta de descarga de corriente de 10.13 amperios.

Fuente: Autor.

Calculo de pendiente de la recta de descarga:

El coeficiente “m”, denominado pendiente de la recta de descarga, será el encargado de determinar la inclinación o el valor de pendiente, en que se encuentre la recta respecto del eje x.

$$m = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$
$$m = \frac{(34.87 - 45)}{(1 - 0)}$$
$$m = -10.13$$

(3.1)



Las diferentes gráficas de descarga de corriente de la batería de bajo voltaje en función del tiempo, presentadas en la figura 47, exponen el valor de la pendiente de cada una de las rectas. Obteniendo un valor general de $m < 0$, lo cual describe comportamiento decreciente de la recta y proporcional a la magnitud de consumo de corriente que se genera en la batería de 12v.

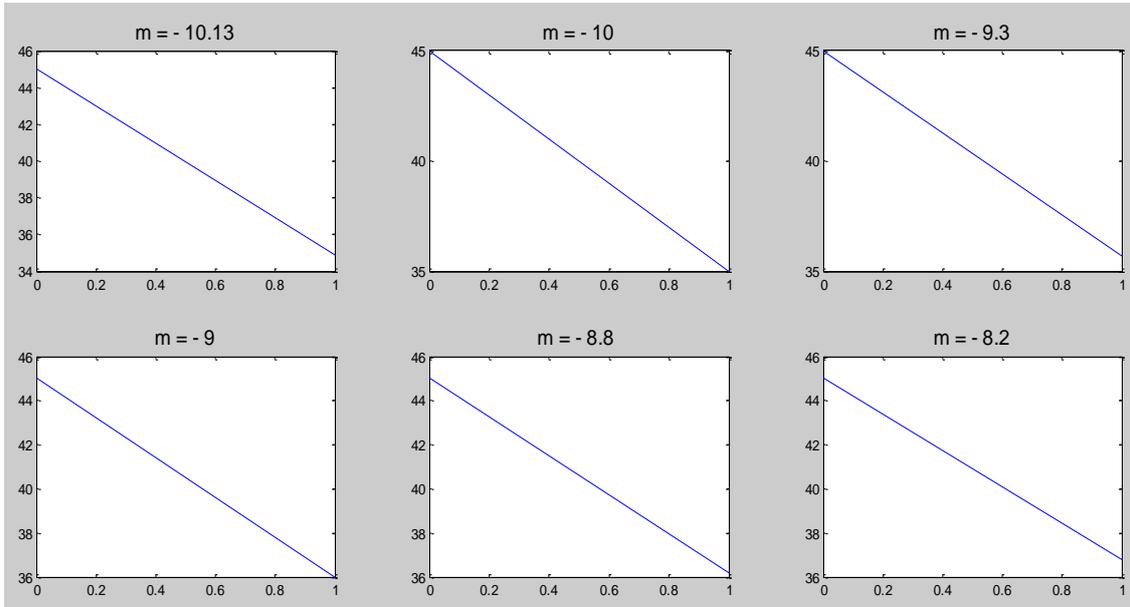


Figura 47: Pendientes de la rectas de descarga.

Fuente: Autor.

Cálculo de ecuación punto pendiente de la recta de descarga:

Mediante la ecuación punto pendiente, se podrá tabular el tiempo de funcionamiento de diversos sistemas eléctricos del vehículo Kia Soul EV, con el objetivo de calcular el valor de intensidad nominal de la batería de 12V, el mismo que ayudara a determinar el consumo específico de corriente eléctrica.

$$y - y_1 = m (x - x_1)$$

$$y - 45 = -10.13(x - 0)$$

$$y = 45 - 10.13x$$

(3.2)

La ecuación 3.2 describe el comportamiento de la recta de descarga de la batería, considerando un consumo máximo de energía eléctrica, al accionar los sistemas eléctricos de confort y seguridad del vehículo.



3.3. DEFINICIÓN DE COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Para definir el comportamiento del sistema fotovoltaico, se ha tomado en consideración datos técnicos del módulo solar SLP100-12, presentados en la tabla 6, en base a sus características eléctricas y al área específica disponible en el techo del vehículo, destinada a la implementación de los paneles solares que es de 1,957m². La selección de este módulo solar se base directamente en su dimensionamiento y la de potencia de generación de energía eléctrica.

Tabla 6: Datos Característicos de panel solar.

Características Eléctricas	Valores
Potencia Máxima	100W
Voltaje en punto de máxima potencia	18.3 Voltios
Voltaje de circuito abierto	22.10 Voltios
Corriente en punto de máxima potencia	5.46 Amperios
Corriente corto circuito	5.89 Amperios
Dimensión	(1062 x 675) mm.

Fuente: (Solarland, 2012-2013)

El sistema de este modelo de panel solar, para motivos de estudio, tiene una representación esquemática a través de Matlab/Simulink, herramienta para la simulación de modelos o sistemas, apreciados de forma gráfica en diagramas de bloque, como se indica en la figura 48, conformado de dos variables de entrada al bloque, que son la temperatura e irradiación solar, que presentan un valor de 25°C y 1000 W/m² respectivamente; se consideran estos valores como constantes promedio para motivos de estudio en la simulación de generación de energía eléctrica. Y como variables salidas del bloque, se tienen el voltaje Voc y la corriente Isc.

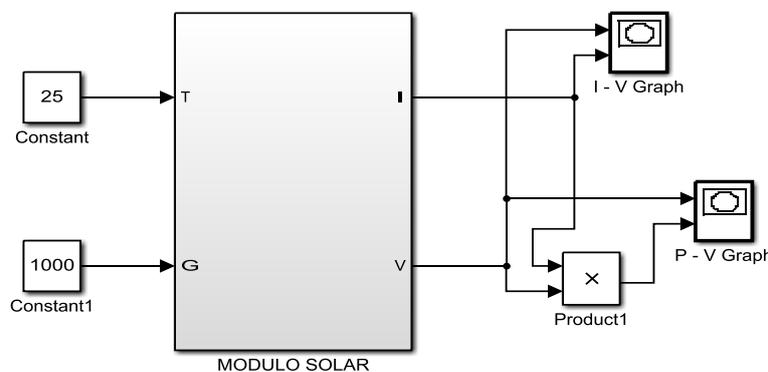


Figura 48: Modelo esquematizado de un panel solar en Matlab/Simulink.

Fuente: Autor.



3.3.1. Conjunto de Subsistemas que conforman el Módulo Solar.

Se representa mediante la figura 49, el conjunto de subsistemas que constituyen el bloque de la figura 48, en base a las ecuaciones (2.4), (2.5), (2.6), (2.7), (2.8), explicadas en el apartado del modelo matemático del capítulo 2. Donde los bloques corresponden a: la corriente generada por la foto célula, corriente de resistencia, corriente de salida, corriente de saturación y saturación inversa.

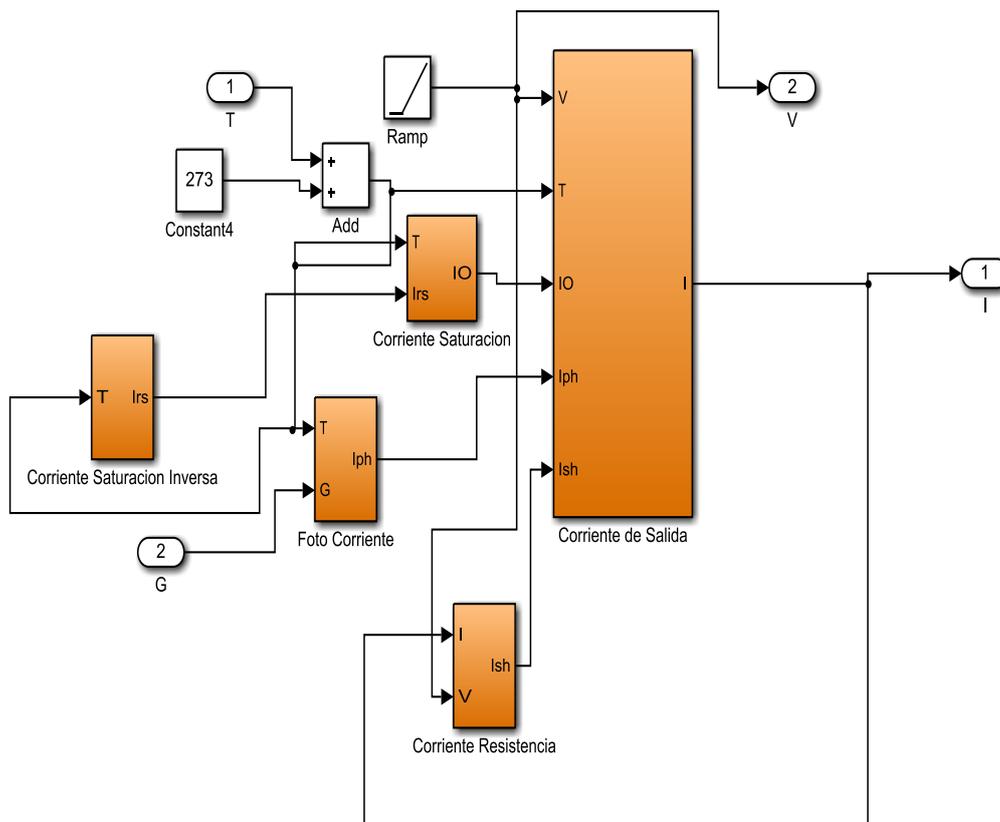


Figura 49: Constitución de diagramas de bloques para la simulación del panel solar

Fuente: Autor.

En donde el subsistema de foto corriente, es el encargado de gestionar el cálculo de la corriente foto generada, ya que se encuentra en correlación directa de la radiación solar y de la condición de temperatura de la célula fotovoltaica del módulo solar.

Los bloques de corriente de saturación y saturación inversa, relacionados con la corriente de corto circuito, dato característico del panel SLP100-12, son variables de entrada para el cálculo del bloque de la corriente de salida y en correlación a este se determina la tensión de salida.



Mediante simulaciones realizadas, se obtienen las curvas características del módulo solar representadas en las figuras 50 y 51, mismas que detallan su comportamiento eléctrico a una temperatura de 25° C y una irradiancia de 1000 W/m².

GRÁFICA DE CURVA CORRIENTE VS VOLTAJE.

Se desarrolla la simulación de la curva de I-V, para determinar la corriente y voltaje de salida máximo del módulo solar, presentado en la figura 50, la cual indica un magnitud máxima de flujo de carga y una tensión a circuito abierto de 5.89 amperios y 22.10 voltios respectivamente.

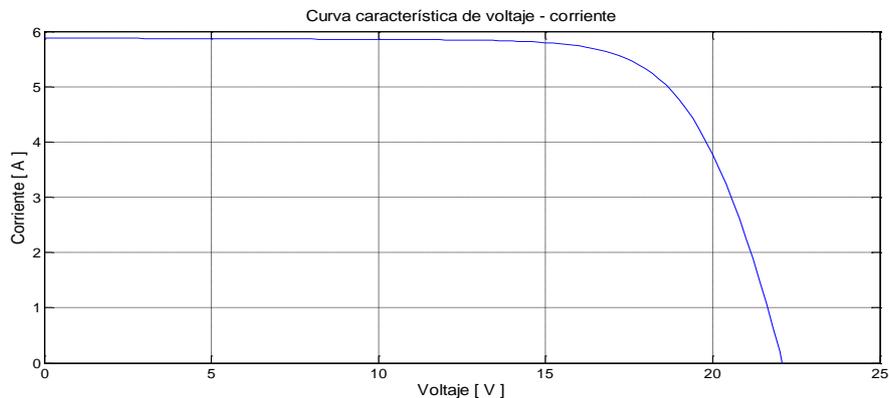


Figura 50 : Curva voltaje-corriente de modulo solar en Matlab/Simulink.

Fuente: Autor.

GRÁFICA DE CURVA POTENCIA VS VOLTAJE.

Se genera la curva P-V del módulo solar, para determinar la potencia máxima que genera el panel solar, presentada en la figura 51, dando como resultado una potencia máxima a aproximada de 100W en condiciones de una irradiancia de 1000W/m², con una corriente y voltaje a máxima potencia de 5 amperios y 18 voltios respectivamente.

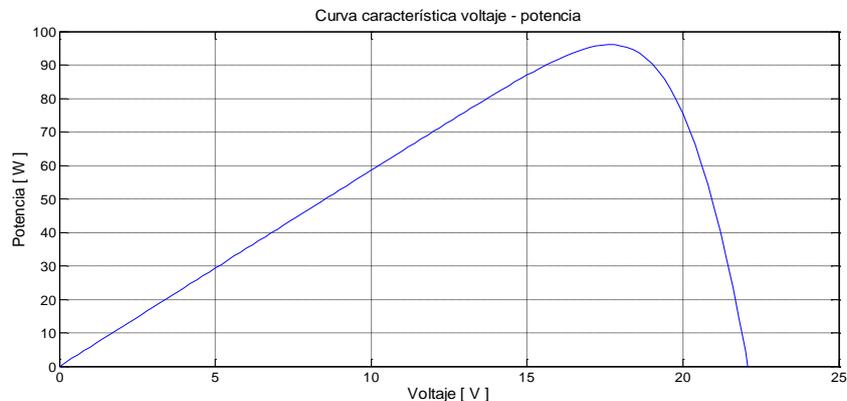


Figura 51: Curva voltaje-potencia de modulo solar en Matlab/Simulink.

Fuente: Autor.



3.3.2. Conexión en Serie y Paralelo de Módulos Solares.

Se dispone de arreglos eléctricos para dos módulos solares, ya que un solo módulo solar del modelo (SLP100-12), es incapaz de suplir la demanda corriente eléctrica de 10.13 amperios, necesario para la recarga de la batería de bajo voltaje.

Para ello se dispone de dos arreglos de conexión eléctrico que son: la conexión en serie y conexión en paralelo. Seguidamente se realizara simulaciones para cada una de las configuraciones, con el objeto de determinar cuál es más favorable para el proceso carga de batería de 12V.

3.3.2.1. Conexión en Serie de Módulos Solares.

Para la conexión en serie de los dos módulos solares, se dispone que se conecte un polo positivo de un panel con un polo negativo del otro panel; pero para el modelado de la conexión en serie de los módulos solares en la figura 52, únicamente se adicionan los valores de voltaje Voc, generando así un incremento en la tensión de salida de todo el sistema fotovoltaico.

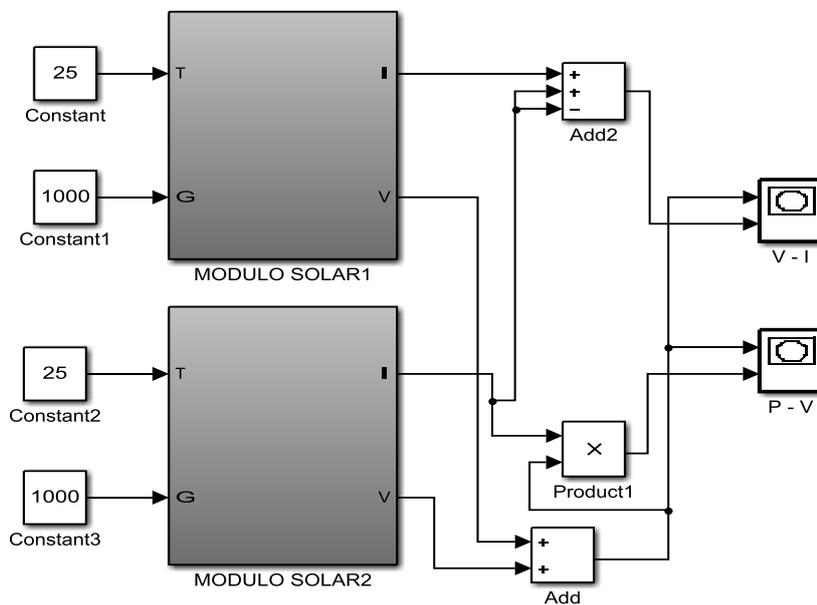


Figura 52: Conexión de serie de módulos solares en Matlab/Simulink.

Fuente: Autor.

Realizada la simulación de conexión en serie de los módulos solares, la figura 53, permite visualizar el incremento del voltaje de circuito abierto a 44.2 voltios, sin ningún cambio en la intensidad de salida del sistema fotovoltaico.

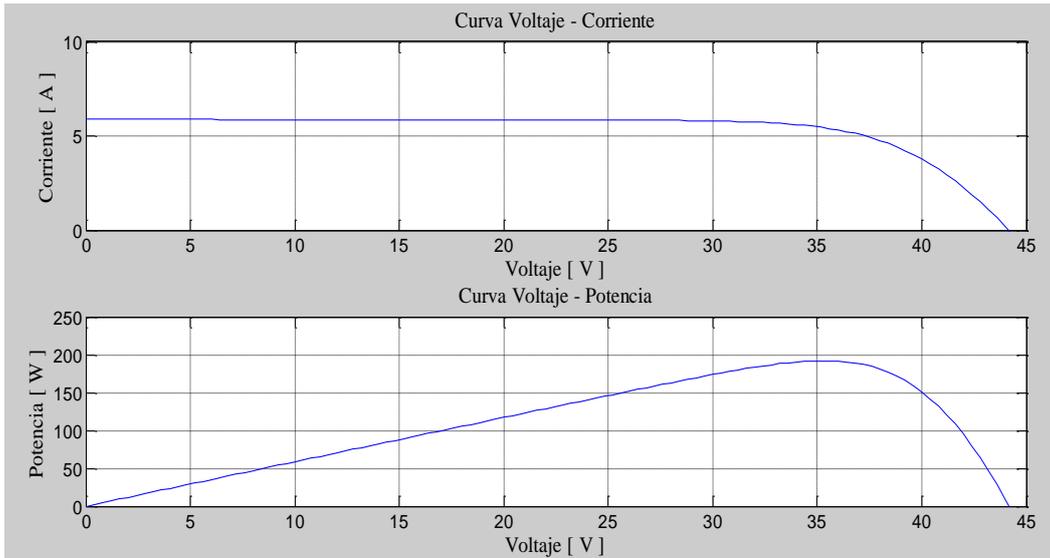


Figura 53: Curvas características de módulos solares con conexión en serie.

Fuente: Autor.

3.3.2.2. Conexión en Paralelo de Módulos Solares.

La disposición o arreglo de los módulos solares en conexión paralelo, presentada en la figura 54, indica la adición de las variables de salida de corriente de ambos módulos, generando un incremento de corriente eléctrica de todo el sistema fotovoltaico.

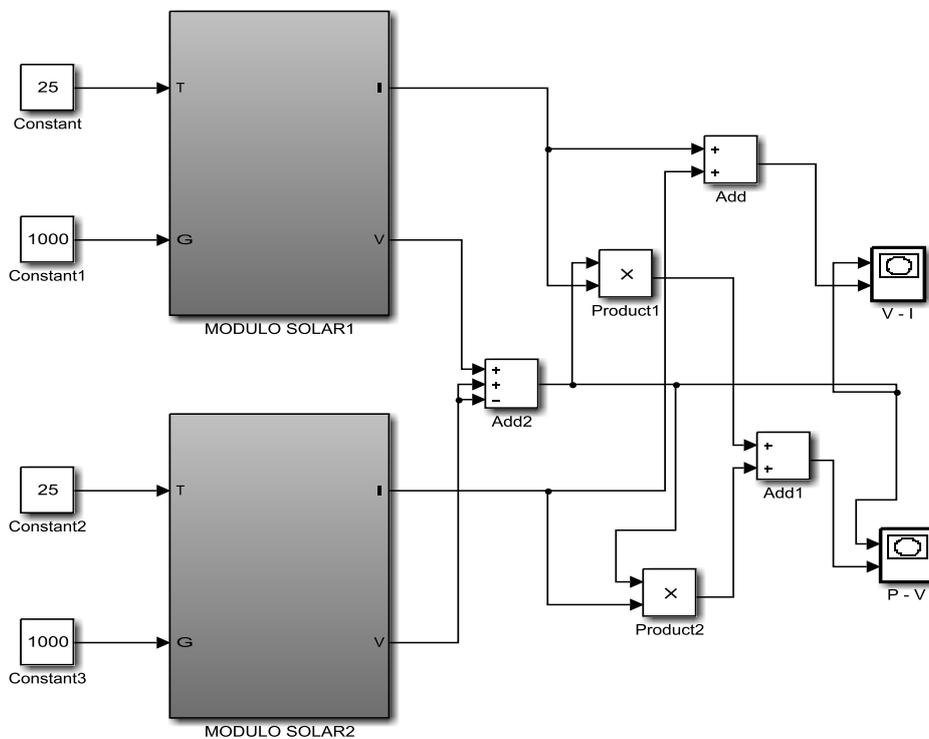


Figura 54: Conexión paralelo de módulos solares en Matlab/Simulink.

Fuente: Autor.



Como se observa en la figura 55, la conexión en paralelo de los módulos solares genera un incremento en la corriente de salida a 11,78 Amperios y de igual manera intensificando la potencia total del sistema fotovoltaico.

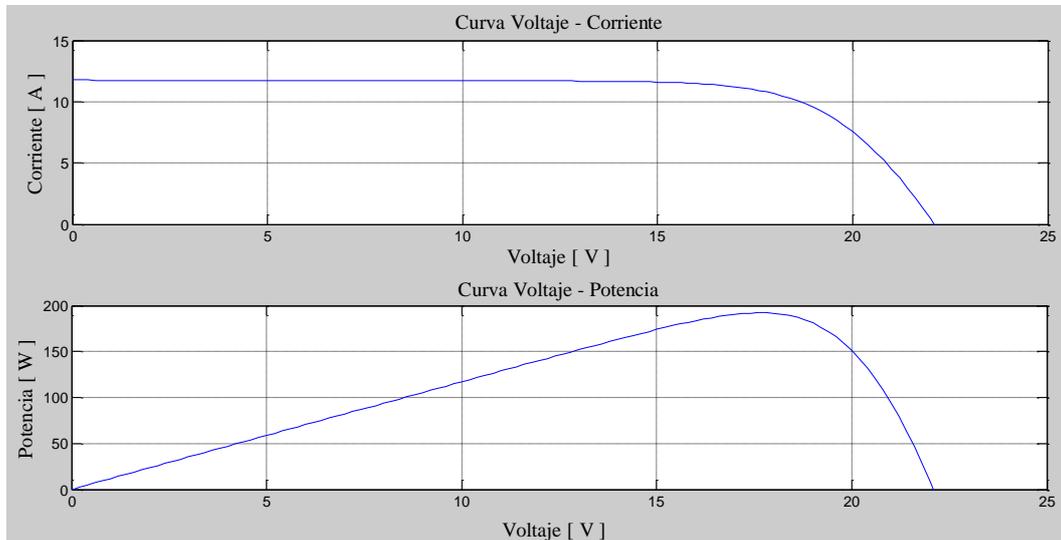


Figura 55: Curvas características de módulos solares con conexión en paralelo.

Fuente: Autor.

3.3.2.3. Conexión o arreglo eléctrico para Módulos Solares.

Realizadas las diferentes simulaciones de arreglos eléctricos para los módulos solares, se procede a definir cuál es la conexión más óptima para la recarga de la batería de bajo voltaje, mediante un análisis de valores de variables eléctricas presentadas en la tabla 7, como resultado de las simulaciones.

Tabla 7: Datos de conexión en Serie y Paralelo.

Conexión en Serie.	Valor
Voltaje	44.2 V
Corriente	5,88 A
Potencia	200 W
Conexión en Paralelo	Valor
Voltaje	22.10 V
Corriente	11.78 A
Potencia	200 W

Fuente: Autor

Para garantizar una carga efectiva a la batería de 12V, se escoge la conexión en paralelo, la cual brinda un aumento de intensidad de corriente, de 11.78 amperios compensado el consumo de 10.13 amperios y un voltaje de 22.10 voltios, considerando validez esta elección, dado que el voltaje necesario es de 15 voltios para la recarga.



3.3.3. Generación de energía eléctrica en función de radiación solar global.

La energía eléctrica producida por los módulos solares, está directamente asociado con la magnitud de irradiación solar global que incide sobre los mismos, para ello se dispone de la tabla 8, valores de radiación solar en función del tiempo concerniente al sector el Vecino UPS.

Tabla 8: Datos de irradiación solar en función del tiempo.

Tiempo [Horas]	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
Irradiancia[W/m ²]	20	122	371	702	866	337
Tiempo [Horas]	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Irradiancia[W/m ²]	906	985	569	623	198	50

Fuente: (UPS-INNER, 2018)

Los valores de radiación global de la tabla 8, obtenidos de la página de información meteorología del cantón Cuenca, demuestra que las horas en las que existe mayor cantidad de radiación solar se comprende entre las 10:00 am hasta las 16:00 pm, lo cual se traduce que el sistema fotovoltaico entrega valores de voltaje máximo y corriente máxima, en el punto de potencia máxima de los módulos solares.

El bloque del sistema fotovoltaico con formado por los dos paneles solares, indicado en la figura 56, permitirá tomar los valores máximos de corriente y voltaje de cada grafica que se genera, en función del cambio de la variable de radiación solar.

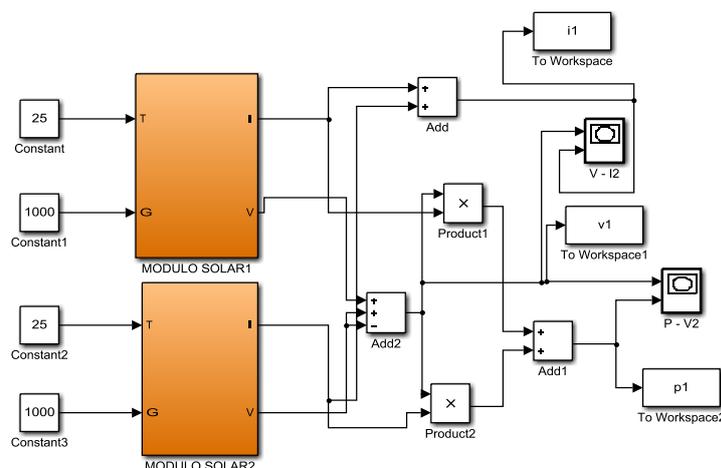


Figura 56: Sistema fotovoltaico.

Fuente: Autor.



3.3.3.1. Curvas de voltaje y corriente en función del tiempo.

La simulación de curva de corriente en la figura 57 y la curva de voltaje de la figura 58, representan el comportamiento de generación de energía eléctrica del sistema fotovoltaico de un día en que existe presencia de luz solar.

La curva de corriente presenta incrementos o decrementos, en base a la cantidad de irradiancia capta por el sistema fotovoltaico. El tiempo en que el sistema fotovoltaico se encuentra funcionando y generando energía eléctrica es de 12 horas, considerando una temperatura promedio de 25° C.

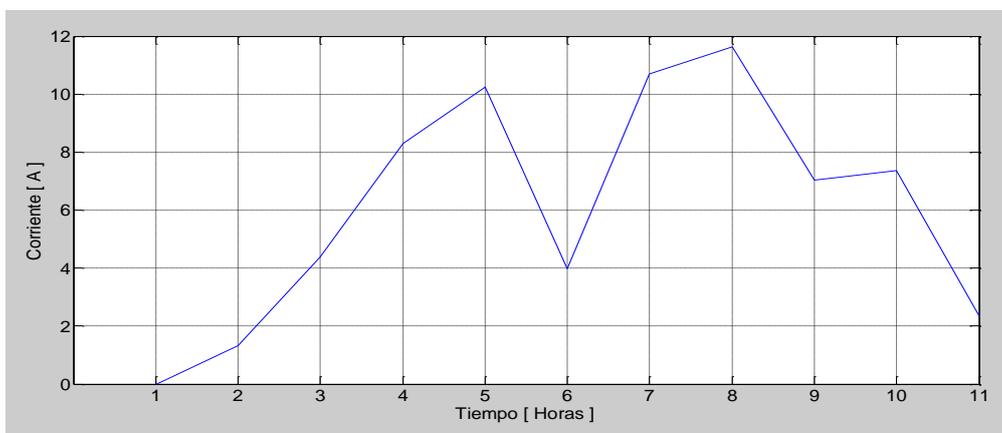


Figura 57: Comportamiento de corriente en relación al tiempo.

Fuente: Autor.

El conducta de voltaje de salida Voc del sistema fotovoltaico, durante la primera hora es ascendente, lo que indica un aumento progresivo de la radiación solar hasta llegar a un valor constante de entrega de voltaje entre 20 y 25 voltios. El valor de umbral entre un voltaje mayor a los 20 voltios o menor a este, en base a las simulaciones realizadas corresponde a un valor de radiación solar aproximado de 120 W/m².

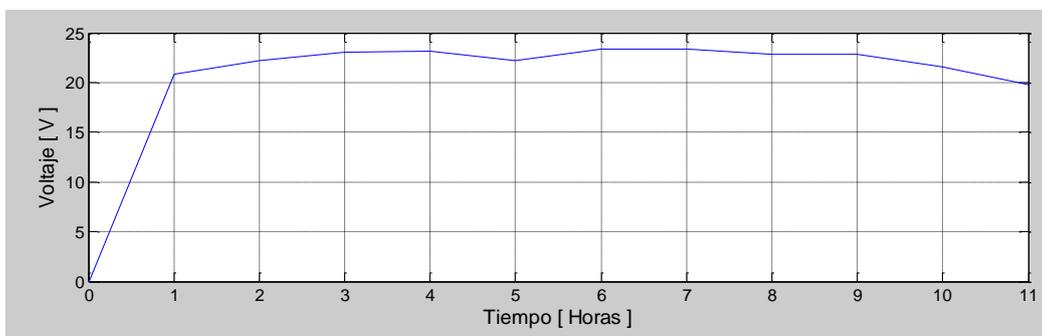


Figura 58: Comportamiento del voltaje en función del tiempo.

Fuente: Autor.



3.3.3.2. Curvas características I-V y P-V del sistema fotovoltaico.

Se realiza la simulación de las curvas I-V y P-V, en función del cambio de la variable de entrada que es la radiación solar global, existente durante el día.

Presentada la 59, se percibe las señales de salida de corriente y voltaje del sistema fotovoltaico, las mismas que experimentan cambios; siendo el más significativa la variable de corriente. La cual desciende de forma brusca a decrementos de la irradiancia, a diferencia del voltaje que se mantiene dentro de un rango muy corto de descenso.

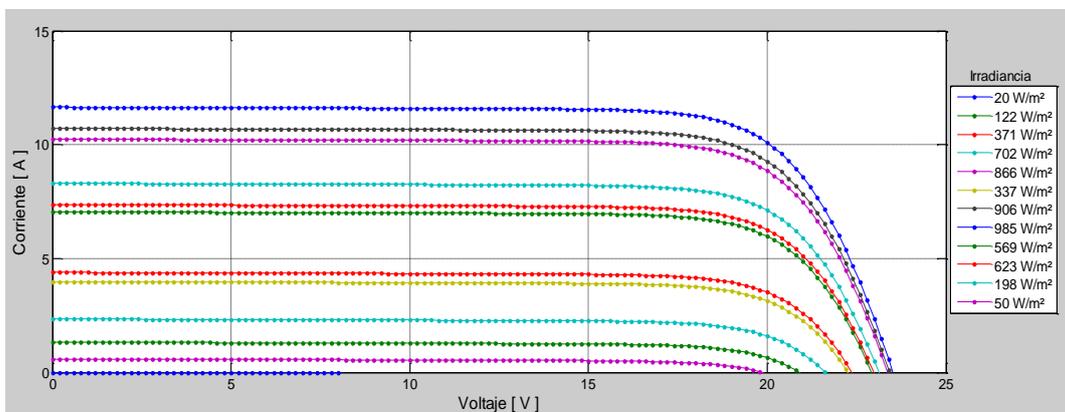


Figura 59: Curva corriente – voltaje en función de la radiación solar.

Fuente: Autor.

Se puede apreciar que el incremento o decremento de radiación solar en la figura 60, afecta a al punto de potencia máximo dispuesto en la curva P-V, el cual disminuye en consecuencia a una reducción del voltaje de salida del sistema fotovoltaico y viceversa. Sin lugar a duda este cambio repercute en las celdas solares y en general al desempeño de todo el sistema fotovoltaico.

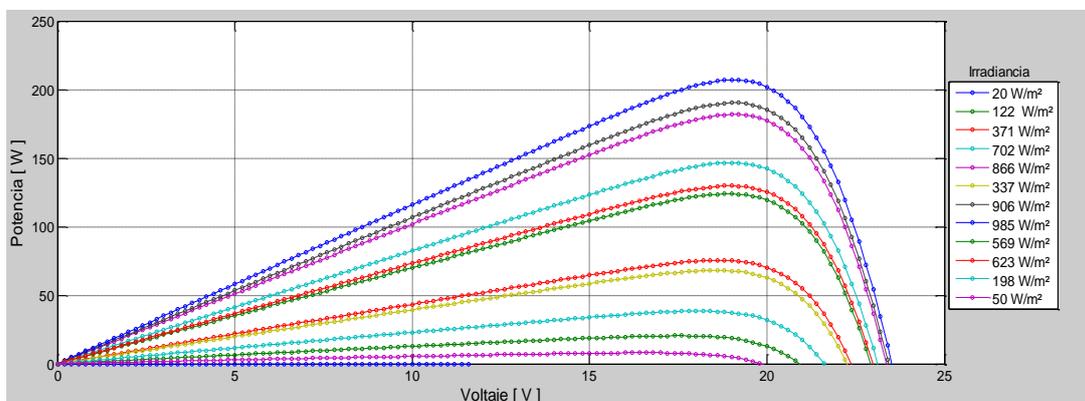


Figura 60: Curva potencia – voltaje en función de la radiación solar.

Fuente: Autor.



3.3.4. Entrega de corriente y voltaje promedio mensual del sistema fotovoltaico.

El siguiente modelo esquematizado de sistema fotovoltaico, presente en la figura 61, permitirá ingresar una señal de concerniente a la radiación solar global promedio del mes a estudiar, manteniendo una temperatura constante de 25° C.

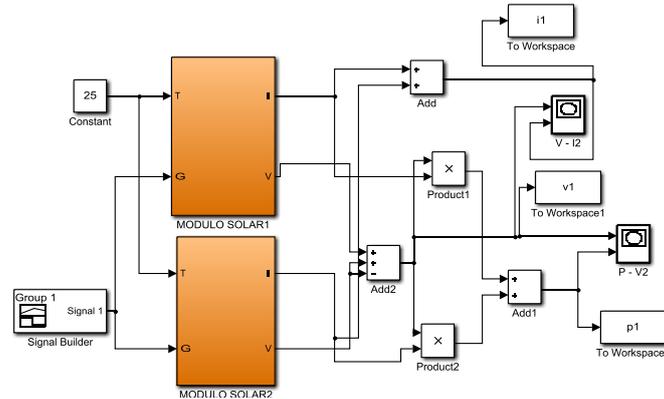


Figura 61: Sistema fotovoltaico con ingreso de señal de radiación solar.

Fuente: Autor.

En las siguientes figuras se presenta el comportamiento promedio de corriente y voltaje entregado por el sistema fotovoltaico en diversos meses del año, tomando como referencia las horas del día en las que existe radiación solar.

3.3.4.1. Mes de Enero.

Los valores máximos de corriente y voltaje a circuito abierto, corresponde a 8.67 amperios y 21.65 voltios respectivamente, como se indica en la figura 62, el crecimiento y decrecimiento de las curvas son progresivas en función de la radiación solar.

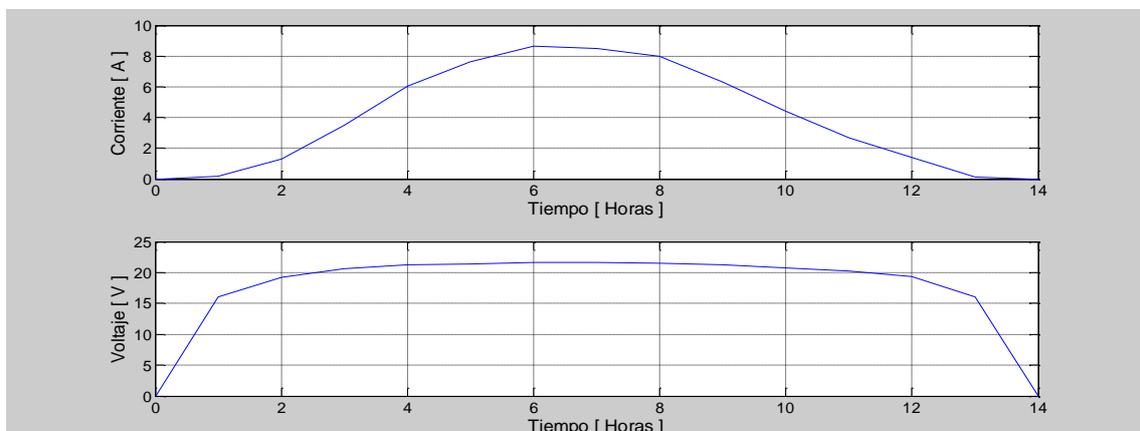


Figura 62: Generación de corriente y voltaje mes de enero.

Fuente: Autor.



3.3.4.2. Mes de Marzo.

El valor de corriente máxima promedio mensual, según la figura 63, corresponde a 7.74 amperios y un voltaje máximo de 21.49 voltios, con un ascenso y descenso de valores progresivos que conforman cada curva en función del tiempo.

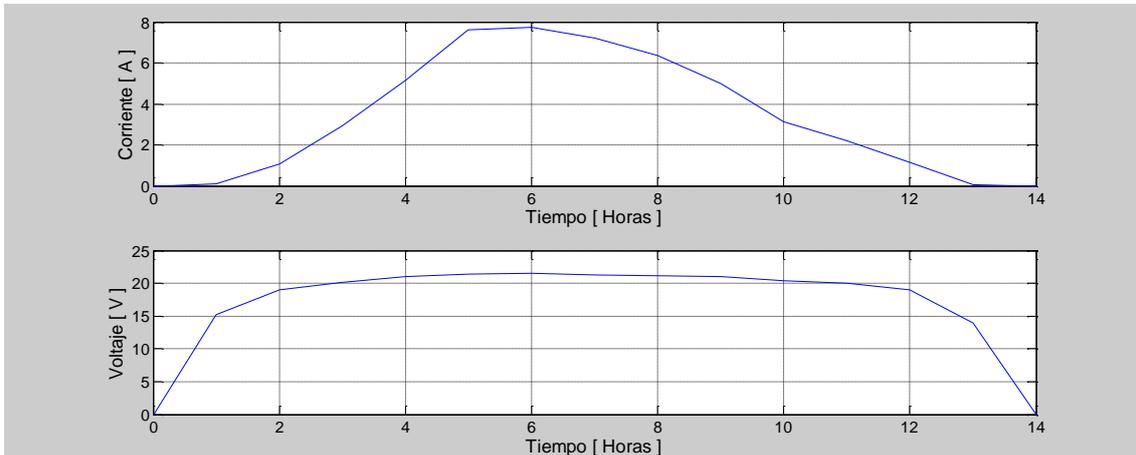


Figura 63: Generación de corriente y voltaje mes de marzo.

Fuente: Autor.

3.3.4.3. Mes de Junio.

Para este mes el valor promedio de corriente máxima es de 8.22 amperios, seguido de un descenso a 5.10 amperios y ascenso hasta 6.43 amperios en la curva de corriente promedio mensual, presentada en la figura 64. De igual forma, se indica el comportamiento del voltaje promedio mensual en función del tiempo, demostrando que el voltaje máximo es de 21.7 voltios.

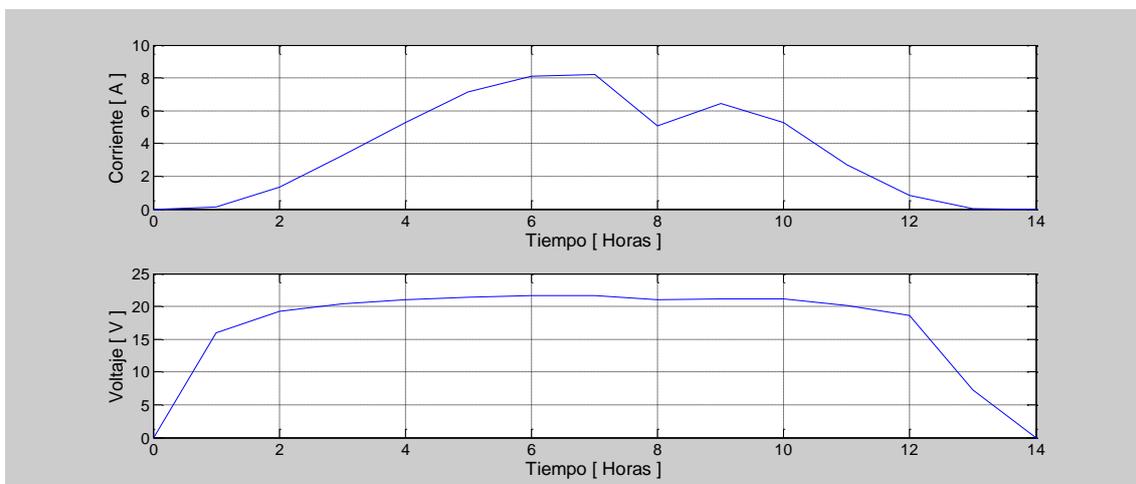


Figura 64: Generación de corriente y voltaje mes de junio.

Fuente: Autor.



3.3.4.4. Mes de Septiembre.

La simulación de generación de corriente promedio para el mes, enseñada en la figura 65, indica un crecimiento progresivo de la curva, manteniéndose con un valor constante aproximado de 8.22 amperios, luego de ello se da el decrecimiento de la curva. Seguidamente el valor máximo promedio del voltaje corresponde a 21.12 voltios, hasta la disminución de la variable de entrada de radiación solar, la cual genera un decremento de voltaje.

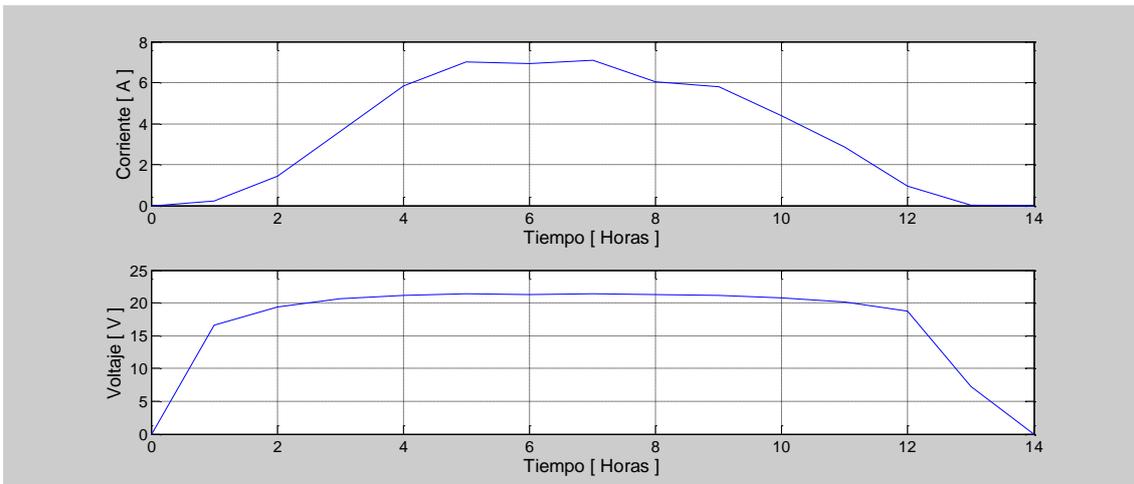


Figura 65: Generación de corriente y voltaje mes de septiembre.

Fuente: Autor.

3.3.4.5. Mes de Noviembre

Las curvas de corriente y voltaje promedio del mes de noviembre de la figura 66, indican un crecimiento y decrecimiento progresivo dando como resultado un valor de corriente máxima de 9.36 amperios y un voltaje máximo de 21.8 voltios.

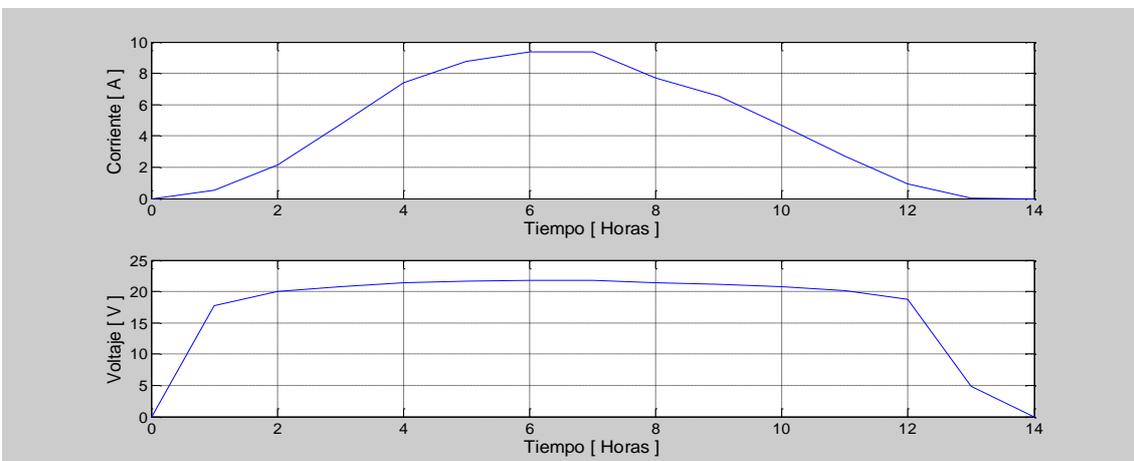


Figura 66: Generación de corriente y voltaje mes de noviembre.

Fuente: Autor.



3.3.4.6. Promedio de corriente y voltaje generado por los meses de estudio.

Se realiza un promedio general de las variables de salida de corriente y voltaje de los meses analizados, presentados en la tabla 9, con el propósito de observar la cuantía de energía producida por los módulos solares, es factible para suplir la demanda de los diversos circuitos eléctricos de confort y seguridad del vehículo Kia Soul Ev.

Tabla 9: Promedio de corriente y voltaje.

PROMEDIO 5 MESES		
Tiempo	Corriente	Voltaje
7:00	0,24	16,3
8:00	1,45	19,4
9:00	3,61	20,5
10:00	5,94	21,2
11:00	7,63	21,4
12:00	8,16	21,6
13:00	8,07	21,5
14:00	6,64	21,3
15:00	6,02	21,2
16:00	4,38	20,8
17:00	2,63	20,2
18:00	1,06	18,9
19:00	0,06	9,8

Fuente: Autor.

Las curvas de corriente y voltaje, en la figura 67, indican el comportamiento de la cantidad de energía eléctrica generada por los módulos solares, obteniendo una corriente y voltaje pico de 8.16 amperios y 21.6 voltios respectivamente.

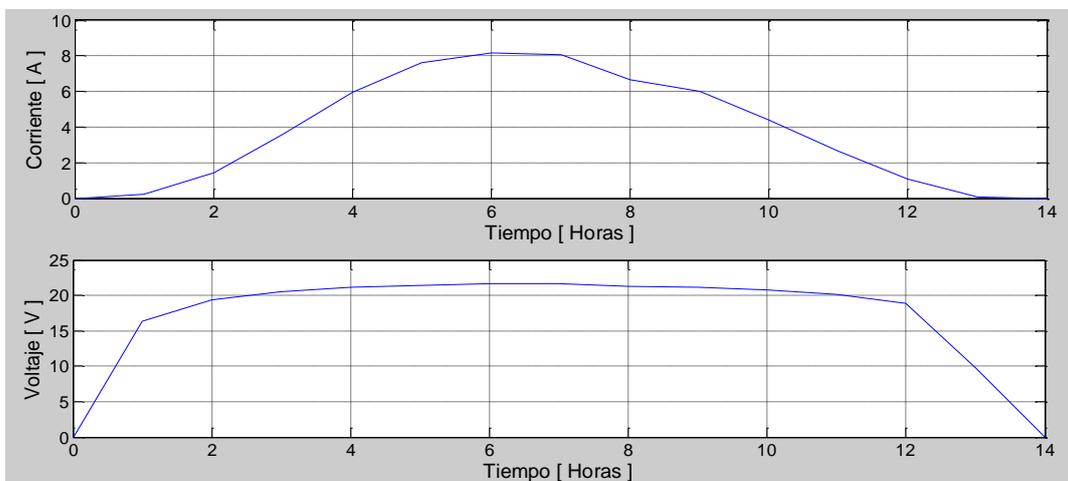


Figura 67: Curvas de corriente y voltaje promedio.

Fuente: Autor.



3.4. DEFINICIÓN DE COMPORTAMIENTO DE REGULADOR DE CARGA.

El regulador de carga conformado por un convertidor DC/DC 15V-10A y regulador de carga solar de 10 amperios y 12/24 voltios PWM, se presenta al igual que un dispositivo eléctrico que controla la cantidad de energía eléctrica que circula de los módulos solares hacia al acumulador eléctrico o batería, controlando y regulando el estado de carga; el mismo que posee las siguientes características eléctricas indicadas en la tabla 10.

Tabla 10: Datos característicos de regulador de carga.

CONVERTIDOR DC/DC	VALORES
Rango de voltaje de entrada	18V – 36V
Voltaje de salida	15 V
Corriente de salida	10 A
Temperatura de trabajo	-20° C a 80 ° C
REGULADOR DE CARGA SOLAR	VALORES
Rango de voltaje de entrada	12V – 24V
Voltaje de salida	14.4 V
Rango corriente de entrada	10 A

Fuente: Autor.

3.4.1. Simulación de bloque de regulador de carga.

Para realizar la simulación de la regulación de carga de energía eléctrica, se comienza generando dos señales de entrada que son corriente y voltaje promedio de los 5 meses analizados, las mismas que se presentan en la figura 68.

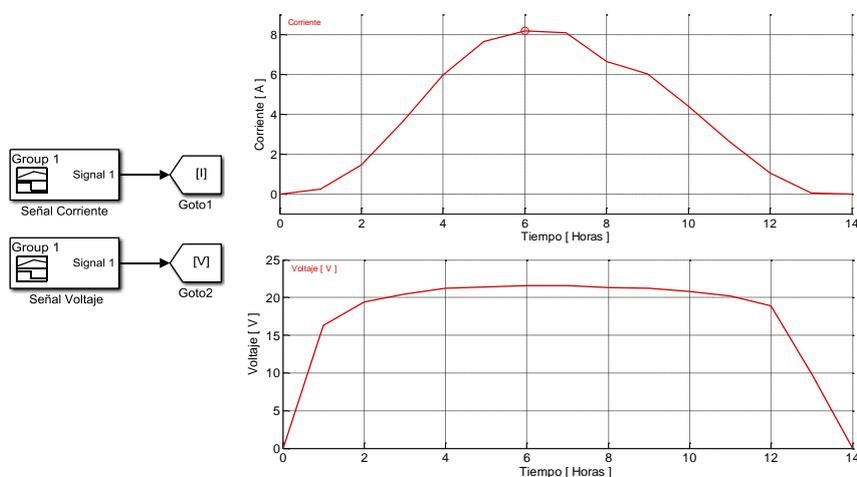


Figura 68: Señales de corriente y voltaje promedio de los cinco meses de análisis.

Fuente: Autor.



Para la simulación del modelo de regulador de carga se considera una variable más de entrada, que resulta ser el valor de tensión de la batería de 12 voltios, la cual es una característica de funcionamiento del regulador de carga solar, que permite monitorizar el proceso de recarga del acumulador eléctrico de 12V, previniendo un sobre carga de voltaje al interior de placas del acumulador eléctrico, presentado en la figura 69.

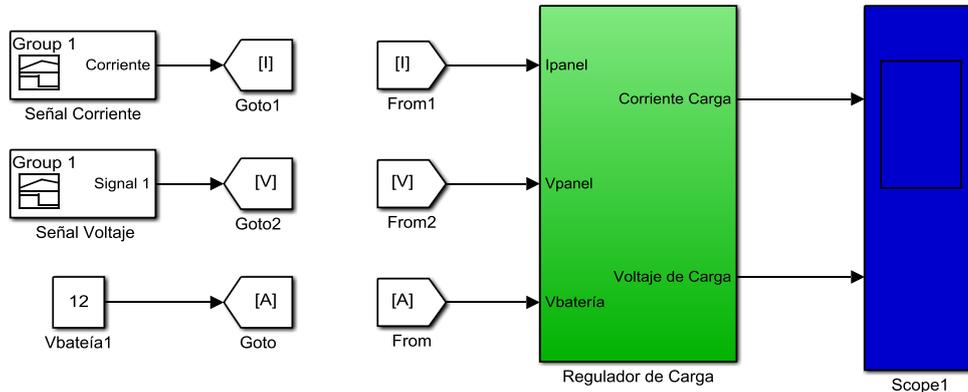


Figura 69: Regulador de carga.

Fuente: Autor.

3.4.2. Curvas de corriente y voltaje reguladas.

En la figura 70, se indican las variables de salida corriente y voltaje del bloque regulador de carga, donde se puede observar que la corriente carga es de 10 amperios constantes, con un voltaje de carga de 14.4 voltios constantes.



Figura 70: Corriente y voltaje regulado.

Fuente: Autor.



El valor de tensión límite de carga de la batería según diversos fabricantes ronda entre 13.8 voltios y 14.4 voltios a (15 y 25) ° C en baterías AGM, para este caso el voltaje máximo de entrega es de 14.4 voltios; dado que al sobrepasar este valor se genera una corrosión interna en la malla de la batería ocasionando un daño irreversible.

Para lo cual el regulador de carga solar garantiza un voltaje de salida constante de 14.4 voltios hacia la batería de 12v, en el caso que esta necesite se recargada por el sistema fotovoltaico.

3.4.3. Carga de batería de 12V.

Para el proceso de carga de batería de 12V, se considera únicamente 11 horas específicas que generan un valor constante de corriente y voltaje, suministrado por los módulos solares y controlados por el regulador de carga.

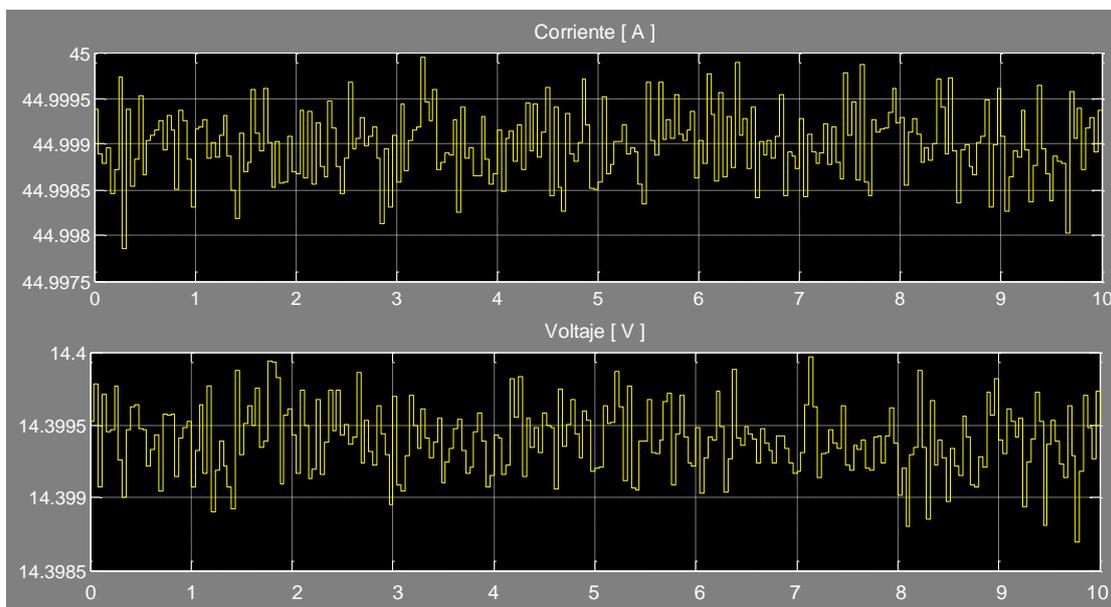
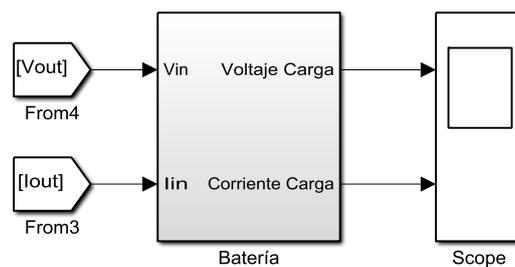


Figura 71: Modelamiento de carga de la batería.

Fuente: Autor.



Considerando el valor de 10.13 amperios de consumo que se da en la batería auxiliar y que el valor de entrega de corriente del sistema fotovoltaico es de 10 amperios de forma constante, se puede notar que en la figura 71, se da un abastecimiento factible para el funcionamiento a los diferentes sistemas del vehículo como: alumbrado, audio, limpia parabrisas, sin tener la necesidad de recurrir a la recarga convencional del LDC.

3.4.4. Bloques de modelado de Sistema Regenerativo de Carga.

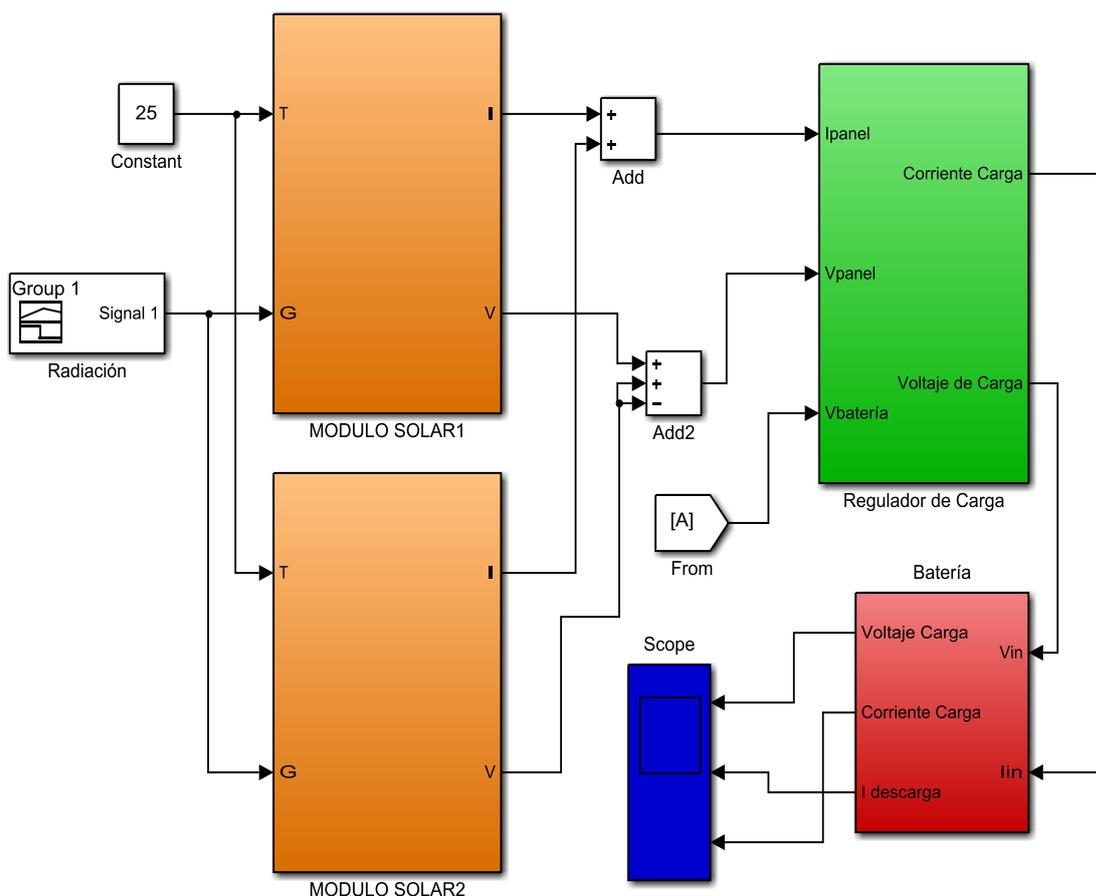


Figura 72: Modelo general del sistema de carga de batería de 12v.

Fuente: Autor.

En la figura 72, se muestra de forma sintetizada el arreglo de los diferentes bloques que conforman el sistema de regeneración de carga de la batería auxiliar del vehículo Kia Soul Ev, en donde la intensidad de corriente máxima generada por el sistema corresponde a 10 amperios constantes, capaz de cumplir con la demanda de consumo de corriente de la batería de bajo voltaje.



3.4.5. Sistema Regenerativo de carga de batería de 12V para vehículo Kia Soul EV.

Mediante la figura 73, se presenta el sistema regenerativo de carga de batería de 12V, el mismo que indica la disposición de cada uno de los componentes que armonizan este sistema, comenzando por los módulos solares encargados de generar energía eléctrica, misma que es dirigida al regulador DC-DC, para reducir la tensión a 15V constantes y entregar 10 amperios constantes, que son enviados al regulador de carga solar, el cual es el encargado de suministrar carga a la batería de 12V, salvaguardando su estado al evitar sobrecargas de corriente y voltaje.

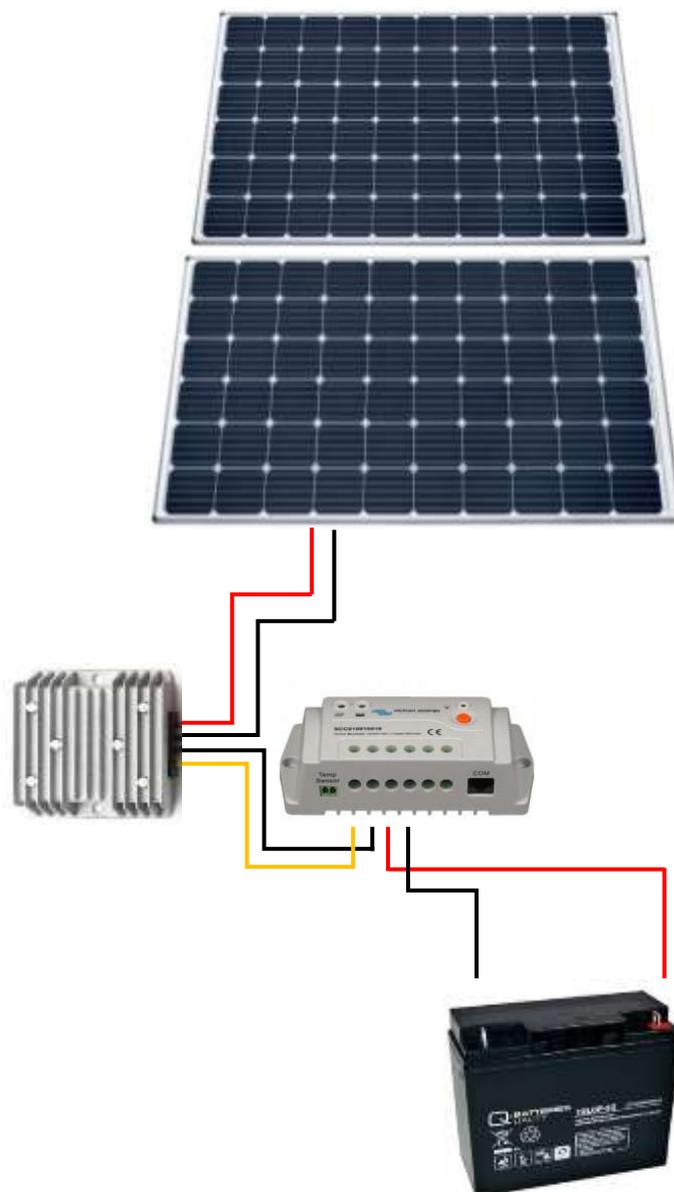


Figura 73: Sistema regenerativo de carga de batería de 12v.

Fuente: Autor.



Capítulo 4

OPTIMIZACIÓN DE DISEÑO DE SISTEMA DE CARGA DE BATERÍA.

4.1. ADUCCIÓN DE SELECCIÓN DE MODULO SOLAR.

En la etapa de la selección del módulo solar SLP100-12, se considera las siguientes variables tales como: potencia, voltaje, corriente, peso y dimensionamiento; siendo esta última la primordial característica para su elección y desarrollo del sistema fotovoltaico.

De manera continua se presentan las posibles opciones de paneles solares en la tabla 11, para el desarrollo del sistema regenerativo de carga de la batería de 12 voltios, detallando la cantidad células fotovoltaicas que conforman cada panel solar, como también el material de fabricación de las celdas solares. Siendo las variables de corriente y voltaje las más demandas en el caso de estudio de generación de energía eléctrica, mismas que indican su valor máximo de intensidad a circuito abierto, a una radiación solar de 1000W/m².

Tabla 11: Datos característicos de paneles solares.

Potencia [W]	Células #	Voltaje [V]	Amperaje [A]	Dimensión [mm]	Área [m ²]	Peso [kg]
50	36 Multicristalina	21.6	3.23	580x670x30	0.39	4.82
85	36 Multicristalina	22.36	4.86	905x688x35	0.62	7.2
100	36 Monocristalina	22.10	5.89	1060x675x35	0.71	8.9
150	36 Policristalina	22.60	8.7	1480x670x35	0.99	12
165	36 Monocristalina	22.71	9.85	1482x680x35	1.01	12
200	72 Policristalina	22.9	11.64	1330x990x35	1.32	17.5

Fuente: Autor.



4.1.1. Análisis de variable peso de módulos solares.

Se realiza un análisis de la variable de todo el sistema fotovoltaico, el mismo que será adicionado al Vehículo Kia Soul EV, con el propósito de puntualizar el comportamiento de autonomía real del vehículo, lo cual para ello se basará en una investigación realizada en la Universidad Politécnica Salesiana, la cual trata de un “Análisis de la influencia que tiene el grado de pendiente de las vías en la autonomía del vehículo eléctrico mediante análisis experimental”. Según (Lata y Quintuña, 2018), expresan la ecuación de autonomía del VE, en base al consumo real de la batería, porcentajes de carga y la autonomía en vacío del vehículo Kia Soul Ev, en base al recorrido realizado.

Ecuación de consumo real de la batería del vehículo Kia Soul EV, en un recorrido de 0.75 km.

$$C.B.R = 0.128 - 0.342x_1 + 0.000368x_2 + 0.000207x_1 * x_2$$

En donde:

(4.1)

- $C.B.R$ es el consumo de batería real.
- x_1 es el porcentaje de pendiente (5.21 % pendiente).
- x_2 representa la carga: vehículo, conductor y 1 pasajero (1641 Kg).

Se presenta el consumo de batería en un recorrido de 0.75 Km.

Para este caso de estudio, se considera un porcentaje de pendiente de 0%, con el objetivo de evitar ciclos de regeneración de carga a la batería de alto voltaje, y así de determinar la incidencia de carga de los paneles solares, en la autonomía del VE Kia Soul.

$$C.B.R = 0.128 - 0.342(0) + 0.000368(1641) + 0.000207(0) * (1641)$$

$$C.B.R = 0.128 - 0 + 0.000368(1641) + 0$$

$$C.B.R = 0.732$$

(4.2)



Ecuación de Autonomía Real.

$$Autonomia Real = \frac{SOC(\%) * Autonomia en vacio}{100 \%}$$

En donde:

(4.3)

- *SOC*(%) es el porcentaje de carga real al final de la prueba.
- *Autonomia en vacio* corresponde a 165 km

Se presenta en la tabla 12, los valores utilizados para el cálculo de la autonomía del VE, siendo el porcentaje de carga real al final de la prueba, la resta del porcentaje de carga de inicio y el valor calculado del consumo real de autonomía.

Tabla 12: Valores para cálculo de autonomía del vehículo Kia Soul EV.

Kilómetros de Recorrido	% de Carga al inicio de la prueba.	Consumo Real de la Autonomía.	% de Carga real al fin de la prueba
0.75	64.5	0.732	63.77

Fuente: Autor.

Se presenta la autonomía real del vehículo en un recorrido de 0.75 km.

$$Autonomia Real = \frac{63.77(\%) * 165 km}{100 \%}$$

$$Autonomia Real = 105.22 km de autonomia$$

A continuación se realiza una tabulación de los diversos pesos de los módulos solares, presentados en la tabla 11, los cuales son sujetos de estudio de la evaluación de autonomía del vehículo Eléctrico Kia Soul, presentados en la tabla 13, considerando el dimensionamiento de los mismos, considerando la capacidad de área específica disponible en el techo del vehículo para su implementación, al igual que la especificación de la cantidad de disposición de módulos solares posibles, para su correcta adecuación en el techo del vehículo.



Tabla 13: Análisis de la autonomía del vehículo Kia Soul EV, al implementar el sistema fotovoltaico.

Cant.	Área Total [m²]	Modulo solar [W]	Peso Total [kg]	Consumo real de la Autonomía.	% de Carga real al fin de la prueba.	Autonomía real. Km
5	1,95	50	1665,1	0,741	63,7592	105,203
3	1,86	85	1662,6	0,740	63,7602	105,204
2	1,42	100	1658,8	0,738	63,7616	105,207
1	0,99	150	1653	0,736	63,7637	105,210
1	1,01	165	1653	0,736	63,7637	105,210
1	1,32	200	1658,5	0,738	63,7617	105,207

Fuente: Autor.

Obtenidos los valores de autonomía, al incorporar el peso de los módulos solares a la carga total del vehículo, se dispone de la tabla 14, la cual asigna valores de ponderación a las diferentes módulos solares en base a sus características eléctricas y físicas, como también el desempeño la autonomía en km del vehículo eléctrico al disponer de cada módulo. Asignando un valor de ponderación de 5 como valor más alto y 1 como el más bajo.

Tabla 14: Tabla de ponderación de característica de módulos solares.

Cant	Panel solar [W]	Variables					Ponderación				
		Amp. [A]	Volt. [V]	Área [m²]	Peso [Kg]	Autonomía a VE [Km]	[A]	[V]	[m²]	[Kg]	VE [Km]
5	50	16.15	21.6	1,95	24,1	105,203	4	5	2	2	3
3	85	14.58	22.36	1,86	21,6	105,204	4	5	3	2	3
2	100	11.78	22.10	1,42	17,8	105,207	4	5	4	3	3
1	150	8.7	22.60	0,99	12	105,210	2	5	4	4	2
1	165	9.85	22.71	1,01	12	105,210	3	5	4	4	2
1	200	11.64	22.90	1,32	17,5	105,207	3	5	4	4	2

Fuente: Autor.

Realizada la ponderación de las características, que presentan cada uno de los paneles solares, se alcanzó un valor de porcentaje máximo de 76%, al módulo solar de 100 W; convirtiéndolo en el más apto para el diseño del sistema regenerativo de carga de batería de 12V, indicado en la tabla 15.

Tabla 15: Resultado de Ponderación de paneles solares.

Módulos solares	50[W]	85 [W]	100 [W]	150 [W]	165 [W]	200 [W]
Total de puntos	16	17	19	17	18	18
Porcentaje	64%	68%	76%	68%	72%	72%

Fuente: Autor.



Mediante la tabla 16, se presenten los diferentes costos económicos de módulos solares, en función de la característica eléctrica de generación potencia eléctrica.

Tabla 16: Costo de paneles solares.

Panel Solar Potencia [W]	Costo
50	\$ 70,00
85	\$ 120,00
100	\$ 137,00
150	\$ 160,00
165	\$ 170,00
200	\$ 182,76

Fuente: Autor.

Siendo el modulo solar de 100 Watts el más factible, en base a su tamaño dado que se acopla de manera satisfactoria al techo del vehículo eléctrico Kia Soul y para compensar la demanda de corriente eléctrica se dispone de los 2 módulos conectados en paralelo incrementando el amperaje de salida del sistema fotovoltaico.



Figura 74: Modulo Solar 100W.

Fuente: (Merkasol, 2018)

Se explica de compensar el amperaje implementando un panel más, dado que el análisis de radiación global solar promedio realizada a los meses estudio, indica que el valor de radiación no sobrepasa los 800 W/m², dando como resultado una pérdida de generación de corriente para cada panel presentado en la tabla 11. De esa forma al implementar un panel más y con la conexión realizada en paralelo se garantiza un abastecimiento continuo de corriente.



4.2. EMPLAZAMIENTO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

Con la determinación del módulo solar y establecidas sus características eléctricas, lo siguiente es destinar un área específica de fijación en el techo del vehículo, con el objeto de captar una gran proporción de radiación solar, en base al área de los módulos solares presentada en la figura 75.

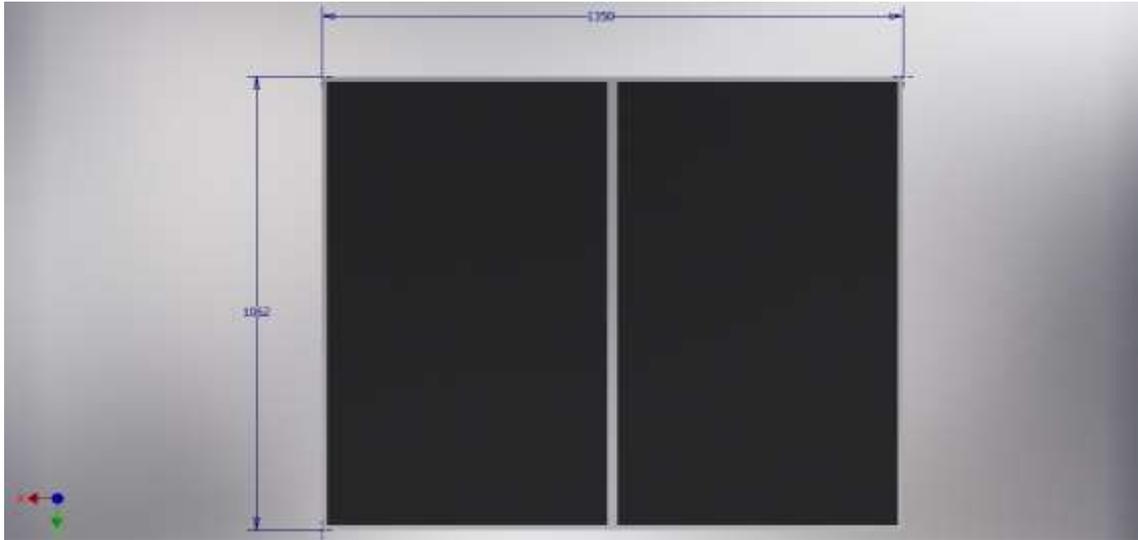


Figura 75: Diseño CAD de Módulos Solares en Inventor.

Fuente: Autor.

El dimensionado total de los módulos solares de 100W es de (1062 x 1350) mm, los mismos que encajan de forma correcta en el parámetro de área específica disponible en el techo del vehículo.

Tabla 17: Disponibilidad de superficie para el sistema fotovoltaico.

Área de disposición para módulos solares.	
Área específica, Kia Soul Ev.	1,957 m ²
Área total de los módulos solares	1,434 m ²

Fuente: Autor.

Como se presenta en la tabla 17, el área total de los módulos solares se encuentra dentro del límite establecido por el techo del vehículo, donde el área de 1,434 m² de los dos módulos incluye el marco de aluminio para su sujeción con el mismo techo, no generando obstáculos al momento de apertura o cierre de las puertas del vehículo.



En la figura 76, se indica la disposición adyacente de los módulos al techo del vehículo, obteniendo una posición horizontal; en donde se dará la incidencia de radiación solar global en las celdas solares, para la generación de energía eléctrica.

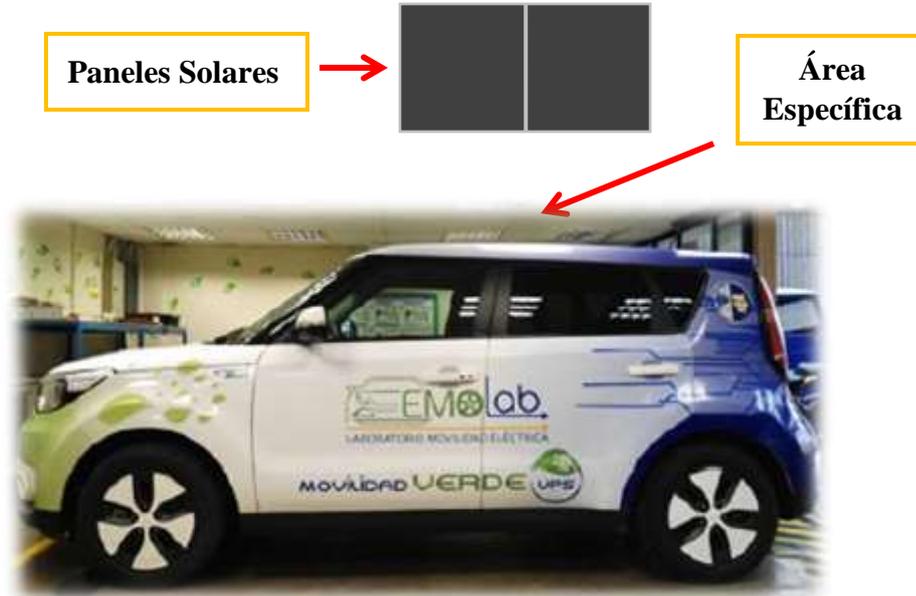


Figura 76: Ubicación de módulos solares.

Fuente: Autor.

4.3. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE REGULACIÓN DE CARGA.

Durante el desarrollo de regulación de energía eléctrica entregada por los módulos solares, se considera la reducción del nivel de voltaje y la regulación de salida de corriente a 10 amperios de manera constante hacia la batería, lo cual para ello se hace uso de un power converter regulator DC/DC y un regulador de carga para sistemas fotovoltaicos.

4.3.1. Regulador DC/DC.

Mediante el Regulador DC/DC se procede con la regulación de la salida de voltaje y corriente constante de 15 voltios y 10 amperios respectivamente. La capacidad de operación y los rangos voltaje de entrada lo convierte en ideal para su aplicación. Dado que el proceso de recarga de energía de la batería se debe realizar con valores de corriente y voltaje constante.



Se detalla en la tabla 18, las posibles opciones de Reguladores DC/DC, para la implementación al sistema de regulación de carga considerando las necesidades eléctricas a cubrir y la capacidad de los mismos Reguladores.

Tabla 18: Convertidores DC/DC

Nº	Power converter	Rango de voltaje de entrada	Voltaje de salida	Corriente de salida	Costo
1	SMAKN DC-DC	9V- 13V	15V	10A	\$20.00
2	SMAKN DC-DC	9V- 14V	15V	10A	\$15.00
3	SMAKN DC-DC	18V- 36V	15V	10A	23.00
4	SMAKN DC-DC	24V - 36V	19V	10A	\$25.60

Fuente: Autor.

Una vez especificados las opciones, el regulador que mejores características eléctricas de funcionamiento ofrece y que se adapta a las necesidades del sistema fotovoltaico es la opción número tres, presentado en la tabla 19.

Tabla 19: Rangos de operación de convertidor DC/DC.

Rango de voltaje de entrada.	18V - 36V
Voltaje de salida	15V
Corriente de salida	10A

Fuente: Autor.

Su diseño compacto y disipador de calor, indicado en la figura 77, pondera a la elección del mismo, al igual que sus características eléctricas de funcionamiento, ya presentadas en la tabla 19.



Figura 77: Regulador DC/DC.

Fuente: (Empire Rc, s. f.)



4.3.2. Regulador de Carga Solar.

Mediante este elemento se permitirá suministrar valores de voltaje de carga convenientes para la batería de 12 voltios, ya que este dispositivo dispone de la opción de leer el voltaje de la misma batería; para en base aquello dotar la cantidad de energía necesaria, a más de proteger a la batería de cargas elevadas.

En la tabla 20, se detallan los distintos tipos de reguladores de carga solar disponibles para el sistema fotovoltaico, de los cuales se opta por el número 1.

Tabla 20: Reguladores de Carga Solar.

Nº	Modelo	Costo
1	10A 12/24V PWM	\$ 49.64
2	20A 12/24V PWM	\$ 82.17
3	30A 12/24V PWM	\$ 129.15
4	MPPT 75V/10 ^a	\$ 93.83
5	MPPT 75V/15 ^a	\$ 104.26
6	MPPT 100V/15 ^a	\$ 127.42

Fuente:(AutoSolar, 2018)

Regulador Victron Blue Solar 10A 12/24V



Figura 78: Regulador de carga solar

Fuente:(AutoSolar, 2018)



El regulador de carga solar de 10 ampers y 12/24 volts, destinado a la aplicación de sistemas fotovoltaicos presenta las siguientes características eléctricas de trabajo garantizando la recarga de la batería de 12 voltios, expuestas en la tabla 21.

Tabla 21: Datos funcionamiento Victron Blue Solar 10A 12/24V.

Características	Valores
Voltaje de trabajo	12 a 24 Voltios
Ampers máximos	10 ^a
Consumo en vacío	1W

Fuente:(AutoSolar, 2018)

La disposición de sensores de temperatura, luces led como testigos y protegido ante valores de corrientes que sobrepasen el umbral de 10 amperios máximos de regulación, lo convierten en un elemento indispensable para todo el sistema regenerativo de carga de la batería auxiliar del Kia Soul Ev.

4.3.3. Disposición Eléctrica de Reguladores.

La conexión eléctrica de cada uno de los componente que constituyen de forma estructurada el sistema regulador de carga proveniente de los módulos solares comienza por el regulador DC/DC, ya que es necesario generar una corriente de salida constante de 10A para cargar la batería y reduciendo su voltaje, seguidamente se dispone del regulador solar que determina la condición de carga de la batería y resguarda su vida útil.

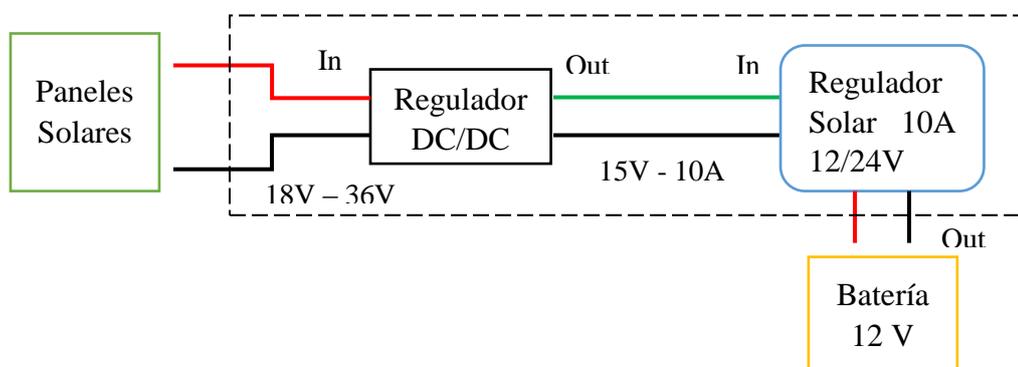


Figura 79: Disposición y conexión de sistema regulador de carga.

Fuente: Autor.



CONCLUSIONES.

A través del estado de arte se resalta la gran importancia de la energía solar fotovoltaica, aplicada a la rama de la ingeniería automotriz adquiriendo relevancia y notoriedad en planes innovadores en cuanto al aprovechamiento de la misma, de modo que una gran variedad de empresas automovilísticas y centros de investigación desarrollan proyectos de implementaciones de paneles solares en vehículos dotando de energía para alimentación, regeneración de diversos sistemas y elementos del vehículo eléctrico, considerando que es una fuente de energía libre de contaminación.

El enfoque investigativo realizado al registro de datos de radiación solar de la página UPS-INER, es vital en la determinación de las diferentes magnitudes de radiación solar global promedio en cada diferente hora de los meses de estudio, dando como resultado un valor máximo promedio aproximándose a $800\text{W}/\text{m}^2$, en horas sol pico. Los valores máximos correspondientes a voltaje y corriente a este nivel de radiación son de 21.8 voltios y 9.36 amperios; cabe recalcar que las horas solares pico corresponden de 8:00 a 16:00 horas, en las cuales se genera valores de voltaje y corriente necesarias para suministrar energía al sistema de carga de batería.

La potencia de cada panel solar será efectiva en base a la irradiación que se de en ellos, a más de sus características eléctricas, siendo las celdas de material monocristalinas las más eficientes en la generación de energía eléctrica y con un mayor nivel de vida útil.

El sistema fotovoltaico dispuesto de un total de 2 paneles solares, ha incrementado la magnitud de generación de corriente eléctrica al doble de la capacidad de un módulo solar, ya que la variable requerida para un buen funcionamiento del sistema regenerativo de carga es la corriente.

Los módulos solares cuentan peso total de 17.8 kg distribuidos en una área de 1.43 m^2 y con un espesor 35 mm, que no influye de manera drástica en la aerodinámica del vehículo.



Se cuenta con el regulador DC/DC, ya que el regulador de carga solar no cuenta con la función de generar una corriente de salida constante de 10A hacia la batería; únicamente este controla magnitudes de voltaje y corriente de suministro para la batería de 12V provenientes de los paneles solares. Mediante las gráficas de radiación global obtenidas del INER se aprecia fluctuación de radiación, afectando de manera directa en la generación de energía eléctrica, es decir generando variaciones de voltaje y corriente es ahí donde se pone en operación el regulador DC/DC para mantener valores constantes que sirvan a la carga de la batería.

La batería de 12 voltios denota un consumo de 9.73 amperios, obtenidos en la prueba de carretera durante el periodo de 1 hora al accionar los sistemas eléctricos del vehículo como luces, audio, etc.; valor de consumo atenuado por el suministro de energía eléctrica que brinda el LDC, destinado a cargar la batería de 12v, para lo cual se escrutan los valores de carga obteniendo un valor de consumo máximo de 10.13 amperios. Teniendo en cuenta que el sistema regenerativo de carga de la batería auxiliar genera 10 amperios constantes durante las (8:00 hasta 18:00) horas, se puede garantizar de forma segura el abastecimiento de energía eléctrica para la actividad de los circuitos eléctricos que dependen de la batería de 12V.



RECOMENDACIONES.

En la determinación de cantidad de energía generada por los paneles solares, se debe considerar un promedio mensual de todas las horas en las que existe radiación, ya que factores externos como el clima intervienen en el análisis del sistema fotovoltaico. Lo cual ayudara a tener una visión global del comportamiento de la generación de voltaje y corriente.

Para la selección de los módulos solares se debe realizar un estudio de todas sus características eléctricas y composición del material de fabricación de las celdas solares, siendo las monocristalinas las eficientes con un 16% en paneles solares comerciales.

Para el análisis del comportamiento del diseño regenerativo de carga de la batería de 12V, se sugiere tener en consideración variables como la temperatura de los módulos solares, ya que el incremento de temperatura en la celda crea una disminución en el punto de potencia máxima dada la reducción del voltaje de salida Voc.

De forma generalizada para todo la fase de carga de la batería de 12V, resulta necesario y de carácter importante él elucubrar valores de carga y descarga de la misma, dado que intensidades exageradas pueden acortar de la vida útil del acumulador eléctrico.

En el desarrollo del estado de carga se debe considerar que la corriente no debe exceder el valor equivalente a 1/3 de la capacidad de la batería; atinente al proceso de carga se genera una variable que resulta ser la temperatura de la propia batería, dado que si sobre pasa la capacidad de Ah de carga; se generaría un sobrecalentamiento en la misma provocando daños en su estructura.



BIBLIOGRAFÍA.

- Arévalo, J. & Ortiz, R. (2013). *Sistema de Alimentación de Energías Renovables para desplazamiento de un vehículo* (Tesis de pregrado). Universidad Militar de Nueva Granada, Colombia.
- ArcMap. (2016). Como se calcula la radiación solar. Recuperado a partir de <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-solar-radiation-is-calculated.htm>
- AutoSolar. (2018). Regulador de carga solar Victron Blue Solar 10A 12/24V, Recuperado de 29 de julio de 2018, a partir de <https://autosolar.es/reguladores-de-carga-pwm/regulador-carga-solar-victron-blue-solar-10a-1224v>
- Bueno, J., & Quizhpe, S. (2017). *Determinación de la Autonomía Real del Vehículo Eléctrico en la Ciudad de Cuenca mediante Análisis Experimental* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Conelsol. (2018). Energía-fotovoltaica, Recuperado el 06 de mayo de 2018, a partir de <http://conelsol.es/productos/energia-fotovoltaica/>
- Costas, J. (2010, mayo 07). Historia de los coches eléctricos, Recuperado el 03 de mayo de 2018, a partir de <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-de-los-coches-electricos>
- Costas, J. (2010, mayo 07). Kia Soul Eléctrico, Recuperado el 04 de mayo de 2018, a partir de <https://www.motorpasion.com/otros/kia-soul-electrico>
- E. E. Granda-Gutiérrez, O. A. Orta-Salomón, J. C. Díaz-Guillén, M. A. Jimenez, M. Osorio, and M. A. González, “Modelado y Simulación de Celdas y Paneles Solares. ISSN:1405-2172,” Congr. Int. Ing. Electrón. Mem. Electro 2013, no. October, pp. 17–22, 2013.
- EcuRed. (2018). Célula Fotovoltaica, Recuperado el 07 de junio de 2018, a partir de https://www.ecured.cu/C%C3%A9lula_fotoel%C3%A9ctrica
- El estudio del sol. (s.f.). Recuperado el 07 de junio de 2018, a partir de <http://www.castello.es/archivos/560/Heliofisica.pdf>
- Electromovilidad. (s. f.). Historia del vehículo eléctrico, Recuperado el 03 de mayo de 2018, a partir de <http://electromovilidad.net/historia-del-vehiculo-electrico/>



- Empire Rc. (s. f.). DC/DC Power Converter Regulator Waterproof, Recuperado el 15 de junio de 2018, a partir de <http://vi.vipr.ebaydesc.com/ws/eBayISAPI.dll?ViewItemDescV4&item=390822846838&t=1508243664000&tid=10&category=117000&seller=empire.rc&viPguid=019b674b1650aa41679c4cabfffa598&excTrk=1&tto=3500&lsite=0&itenable=true&domain=ebay.com&descgauge=1&cspheader=1&oneClk=1&secureDesc=0>
- Espinoza, J. (2015). *Desarrollo de un Vehículo Eléctrico con Sistema Solar Fotovoltaico Autónomo* (Maestría). Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Chiapas, México.
- Híbridos y Eléctricos. (s. f.). Lightyear One: el coche eléctrico propulsado por energía solar, premio a la innovación, Recuperado el 04 de mayo de 2018, a partir de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/mercado/lightyear-one-coche-electrico-propulsado-energia-solar-premio-innovacion/20180124082215017010.html>
- Jaén Gonzales, A., Carrera Planells, R., & Montserrat Ribas, S. (2009). *Tecnología Energética y Medio Ambiente*. Universidad Politécnica de Catalunya. España.
- Kia. (2017). Manual del Propietario, Recuperado el 03 de mayo de 2018, a partir de <https://carmanuals2.com/kia/soul-ev-2017-manual-del-propietario-106572>
- Kia. (2018). Características de Soul EV | Eco | Kia Motors Ecuador, Recuperado a partir de <https://www.kia.com/ec/main.html>
- Kia. (s. f.). Emergency Rescue Guide Manual, Recuperado el 25 de mayo de 2018, a partir de <https://www.kia.ca/content/ownership/downloads/firstrespond/soulev.pdf>
- Lata, L., & Quintuña, H. (2018). *Análisis de la influencia que tiene el grado de pendiente de las vías en la autonomía del vehículo eléctrico mediante análisis experimental* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Merkasol. (2018). Energías Renovables, Recuperado el 25 de julio de 2018, a partir de <https://www.merkasol.com/Panel-Solar-Monocristalino-Luxor-100w>
- Monsolar. (2018). Placas solares, Recuperado el 29 de julio de 2018, a partir de <https://www.monsolar.com/fotovoltaica-aislada/placas-solares.html>
- My Kia Soul Ev. (s. f.). Recuperado el 19 de mayo de 2018, a partir de <http://www.mykiasoulev.com/forum/viewtopic.php?t=662>
- Noya, C. (2017). Presentado el Sono Sion. El primer coche eléctrico, solar y económico del mercado, Recuperado el 04 de mayo de 2018, a partir de <https://forococheelectricos.com/2017/07/presentado-el-sono-sion-el-primer-coche-electrico-solar-y-economico-precio-autonomia.html>



Roás, L. (2010, noviembre 25). Los vehículos eléctricos, Recuperado el 04 de mayo de 2018, a partir de https://www.nebrija.com/la_universidad/facultades/facultad-artes-letras/actividades/AulaPluriligie/articulos/LoretoRoas-coches-electricos.pdf

San Miguel, A. (2011). *Electrotecnia 2º Bachillerato*. Madrid: Paraninfo.

Solarland. (2012-2013). SLP100-12, Recuperado de 15 julio de 2018, a partir de <http://www.solarland.com.tr/main/media/poly/SLP100-12.pdf>

SunFields. (2018). Modulo fotovoltaico parámetros de funcionamiento, Recuperado el 04 de mayo de 2018, a partir de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-parametros-fundamentales/>

Tecnología. (2018). Paneles Solares, Recuperado el 06 de mayo de 2018, a partir de <http://www.areatecnologia.com/electricidad/paneles-solares.html>



ANEXOS.



Anexo A

RADIACIÓN GLOBAL PROMEDIO.

RADIACIÓN GLOBAL [W/m²] MES DE ENERO 2017.

ESTACIÓN EL VECINO – UPS

FUENTE: (UPS – INER, 2018)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
20	28	13	17	11	9	20	17	14	17	17	47	17	10	2	22	17	17	16	2	19	10	8	8	11	17	8	7	3	9	9
122	213	66	114	120	72	249	103	108	76	130	168	93	87	39	88	105	107	149	11	63	48	218	126	178	93	88	98	63	54	139
371	369	178	434	404	217	491	227	406	293	356	292	181	217	117	243	397	281	464	27	294	432	434	422	414	143	210	300	207	164	296
702	789	718	759	407	334	556	507	642	323	720	560	347	756	198	638	725	659	714	100	294	838	489	729	315	201	263	401	311	339	588
866	605	917	619	841	596	851	555	553	543	547	887	505	754	344	756	851	937	925	292	551	928	796	936	419	393	407	258	427	512	763
337	715	1038	731	822	752	903	455	795	619	933	1007	672	725	353	1054	1033	1041	1041	407	539	1037	814	1052	511	467	548	465	452	581	963
906	779	715	622	543	642	704	527	1065	479	779	1043	538	594	344	1103	1076	1080	1055	479	453	1061	972	1095	374	857	438	335	373	631	701
985	476	1016	880	678	436	711	626	1084	261	787	957	617	891	454	872	913	1028	731	434	334	290	951	1052	674	398	368	302	527	533	787
569	497	941	738	128	354	429	673	962	132	319	791	285	1002	366	922	443	924	969	286	304	178	656	929	487	350	320	369	224	623	490
623	290	741	706	42	263	254	466	273	158	168	575	392	339	68	627	608	729	558	228	84	155	550	526	561	367	216	310	262	176	256
198	234	396	195	54	156	158	244	87	76	46	192	482	89	131	171	298	433	555	125	156	101	474	451	420	258	214	256	183	172	134
50	105	217	116	17	54	81	183	27	38	40	68	37	150	121	46	289	234	345	22	80	134	270	223	110	102	90	89	89	139	67
0	6	18	14	2	5	14	14	6	9	5	8	6	19	12	7	33	29	25	1	7	6	34	26	17	17	15	10	11	7	10



TABLA DE RADIACIÓN PROMEDIO.

**RADIACIÓN
SOLAR
PROMEDIO
ENERO 2017
[W/m²]**

14	7,00 HORAS
109	8,00 HORAS
299	9,00 HORAS
514	10,00 HORAS
649	11,00 HORAS
737	12,00 HORAS
721	13,00 HORAS
679	14,00 HORAS
537	15,00 HORAS
373	16,00 HORAS
230	17,00 HORAS
117	18,00 HORAS
13	19,00 HORAS



RADIACIÓN GLOBAL [W/m²] MES DE MARZO 2017.

ESTACIÓN EL VECINO – UPS

FUENTE: (UPS – INER, 2018)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
4	8	8	6	10	8	13	12	5	5	8	9	9	5	7	17	8	12	14	12	24	6	19	16	8	3	6	26	7	11	6
70	101	80	70	80	90	87	48	33	33	57	110	84	49	96	175	44	133	120	114	124	84	268	111	69	16	74	146	129	46	71
143	274	151	124	420	369	161	282	139	139	213	393	260	105	241	501	81	397	204	378	449	281	329	233	211	54	164	494	205	140	176
385	677	273	200	628	572	347	470	456	456	265	392	829	176	422	746	83	681	520	747	502	448	364	246	344	238	289	631	575	535	122
835	970	376	456	753	882	513	787	716	716	276	438	761	349	543	937	135	880	899	959	971	416	851	534	603	479	415	922	815	734	107
391	992	616	358	754	501	505	1100	586	586	465	722	645	475	579	1070	251	914	1027	1071	1132	482	501	574	677	407	521	850	1078	453	117
590	804	643	212	1087	220	656	985	445	445	721	472	438	653	907	1006	482	620	844	1008	620	477	489	342	768	354	494	702	1033	430	91
118	178	335	340	889	324	635	238	199	199	568	533	485	836	696	950	910	81	440	627	561	766	709	661	713	381	507	1031	971	766	115
213	597	548	435	871	504	411	136	99	99	445	179	543	729	90	903	690	103	20	135	653	448	611	168	574	535	422	622	789	412	191
178	498	504	326	556	516	770	78	107	107	61	238	247	57	247	125	376	105	29	285	196	278	435	156	139	565	211	178	544	28	167
237	189	387	226	359	397	363	97	134	134	81	114	130	24	429	18	254	110	159	337	43	205	252	159	65	261	106	211	79	124	182
97	123	194	90	162	197	232	27	41	41	105	67	28	42	120	25	117	103	154	186	3	180	149	109	12	101	62	74	12	72	70
15	9	7	16	18	12	13	8	3	3	3	11	5	9	10	2	15	7	3	4	1	8	5	9	2	4	4	5	1	3	4



TABLA DE RADIACIÓN PROMEDIO.

**RADIACIÓN
SOLAR
PROMEDIO
MARZO
2017
[W/m²]**

10	7,00 HORAS
91	8,00 HORAS
249	9,00 HORAS
439	10,00 HORAS
646	11,00 HORAS
658	12,00 HORAS
614	13,00 HORAS
541	14,00 HORAS
425	15,00 HORAS
268	16,00 HORAS
189	17,00 HORAS
97	18,00 HORAS
7	19,00 HORAS



RADIACIÓN GLOBAL [W/m²] MES DE JUNIO 2017.

ESTACIÓN EL VECINO – UPS

FUENTE: (UPS – INER, 2018)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
9	18	19	13	10	30	17	6	8	30	27	15	2	2	10	9	18	6	14	5	10	10	29	15	11	6	7	9	8	11
83	167	408	102	83	214	98	35	110	201	146	161	40	19	79	89	131	44	129	37	72	135	175	181	82	61	86	70	45	64
139	456	587	486	312	421	277	254	360	341	392	214	66	49	128	361	368	126	271	150	166	450	428	437	167	146	177	151	187	302
300	688	573	375	318	669	544	419	312	461	672	524	165	225	195	672	682	231	369	255	312	660	656	650	257	386	613	401	429	496
452	682	710	610	580	863	494	368	675	647	824	786	241	358	362	657	840	672	500	405	278	754	824	821	517	565	754	663	475	853
693	443	433	862	431	1000	804	911	756	526	927	766	427	458	513	489	948	916	788	458	502	824	923	911	602	670	914	526	458	827
790	759	450	591	680	943	753	878	861	411	975	899	333	555	322	821	978	980	722	315	343	916	959	928	761	413	934	663	446	589
516	525	339	545	402	543	446	462	618	512	506	279	416	389	270	457	455	437	470	338	304	573	434	465	422	250	424	336	383	506
842	368	402	454	478	854	785	736	523	476	555	596	446	801	346	626	672	403	649	529	264	639	758	758	324	408	381	576	224	542
642	427	244	312	556	628	493	628	575	219	295	535	346	394	367	443	380	467	597	501	146	400	617	633	214	386	494	549	427	599
369	283	90	261	211	357	278	35	215	161	115	75	244	141	179	376	200	343	189	25	111	375	393	405	132	157	349	391	98	353
122	138	3	64	104	125	53	7	55	71	22	9	74	95	33	126	39	98	84	19	25	61	122	135	48	33	73	103	82	127
2	2	0	2	3	2	2	0	9	1	2	0	2	2	1	4	2	3	9	4	2	2	3	3	5	3	3	3	2	3



TABLA DE RADIACIÓN PROMEDIO.

**RADIACIÓN
SOLAR
PROMEDIO
JUNIO 2017
[W/m²]**

13	7,00 HORAS
112	8,00 HORAS
279	9,00 HORAS
450	10,00 HORAS
608	11,00 HORAS
690	12,00 HORAS
699	13,00 HORAS
434	14,00 HORAS
547	15,00 HORAS
450	16,00 HORAS
230	17,00 HORAS
72	18,00 HORAS
3	19,00 HORAS



RADIACIÓN GLOBAL [W/m²] MES DE SEPTIEMBRE 2017.

ESTACIÓN EL VECINO – UPS

FUENTE: (UPS – INER, 2018)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4	6	7	9	22	9	27	17	42	15	31	28	2	17	9	16	20	7	23	30	42	21	7	8	7	27	66	18	16	13
24	43	87	123	160	66	176	99	162	110	258	203	65	114	99	146	106	45	88	212	261	155	54	77	60	125	229	90	103	140
84	79	170	373	484	230	442	385	355	229	517	493	362	376	155	171	287	138	384	510	529	329	147	209	204	339	440	277	378	161
249	121	275	499	749	278	724	729	537	364	757	737	646	291	468	241	336	101	734	744	760	559	339	387	404	526	685	505	666	449
126	362	560	425	940	385	892	897	439	527	964	788	522	396	449	317	495	124	922	933	928	652	514	236	338	734	974	743	935	373
189	439	411	423	710	337	582	1039	733	553	885	844	369	334	680	265	281	150	934	480	1068	527	584	245	326	931	1160	625	1141	458
168	422	314	597	723	371	431	957	840	416	895	857	426	552	1056	472	446	240	857	950	1124	349	506	327	522	811	832	626	783	233
437	359	634	667	572	364	517	583	326	434	591	1017	340	568	522	255	516	244	611	916	927	217	569	497	445	657	428	496	461	279
387	309	443	476	859	376	389	641	318	274	499	581	427	625	816	961	353	218	640	687	855	290	316	346	503	644	502	595	211	269
291	202	168	544	683	106	399	588	383	204	205	453	195	470	423	553	268	253	416	586	632	363	242	184	263	318	528	613	455	188
284	336	343	443	112	93	229	374	165	155	83	179	331	409	165	161	125	149	288	407	398	244	278	244	169	319	226	180	271	83
54	112	97	143	42	33	150	127	26	99	34	67	113	206	89	54	47	32	121	125	127	122	29	46	68	107	70	46	36	50
5	1	7	5	3	2	4	5	1	3	1	2	2	8	8	2	1	2	2	2	3	1	1	3	1	1	2	2	1	3



TABLA DE RADIACIÓN PROMEDIO.

**RADIACIÓN
SOLAR
PROMEDIO
SEPTIEMBRE
2017
[W/m²]**

19	7,00 HORAS
123	8,00 HORAS
308	9,00 HORAS
495	10,00 HORAS
596	11,00 HORAS
590	12,00 HORAS
603	13,00 HORAS
515	14,00 HORAS
494	15,00 HORAS
373	16,00 HORAS
241	17,00 HORAS
82	18,00 HORAS
3	19,00 HORAS



RADIACIÓN GLOBAL MES DE NOVIEMBRE 2017.

ESTACIÓN EL VECINO – UPS

FUENTE: (UPS – INER, 2018)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
91	30	41	47	84	80	74	49	34	35	39	101	35	31	24	69	47	64	85	35	38	44	14	64	21	24	31	14
325	119	315	118	287	171	276	285	88	206	158	337	152	95	140	207	248	305	254	179	162	177	98	178	74	156	104	88
582	243	571	410	417	401	579	507	269	578	560	595	531	227	306	575	556	580	509	414	274	226	162	276	289	272	234	268
806	739	881	723	752	695	787	858	580	746	788	837	679	503	507	598	809	764	799	704	677	629	249	457	781	269	323	302
1005	956	972	879	864	683	996	999	807	958	662	678	906	467	749	917	982	943	964	891	705	940	308	501	898	402	249	548
754	1109	1081	683	989	722	923	1064	1002	1013	604	405	1083	680	639	1059	1051	1034	1052	844	580	1041	291	434	596	848	478	526
1051	1033	990	879	954	607	1090	1105	1034	1124	634	649	1122	1060	352	962	839	956	925	640	1078	1054	251	406	875	846	444	392
770	894	457	898	988	862	781	829	967	681	863	817	1070	336	322	524	316	1011	673	857	728	975	279	363	857	564	253	329
119	66	920	889	809	592	915	631	859	672	696	704	824	63	425	745	347	846	917	603	342	828	103	291	696	441	578	466
44	22	463	697	333	621	659	670	651	387	484	381	651	91	290	585	277	576	283	543	339	472	155	327	307	564	357	406
33	54	433	420	187	419	309	410	399	61	241	227	220	126	121	478	122	364	55	40	338	121	135	222	311	297	221	207
3	149	217	156	94	39	97	133	150	37	46	117	36	48	31	88	101	137	40	8	24	25	89	177	31	37	120	76
0	7	6	3	3	1	2	2	3	3	1	2	1	1	1	4	6	3	1	0	2	2	2	2	2	1	2	2



TABLA DE RADIACIÓN PROMEDIO.

**RADIACIÓN
SOLAR
PROMEDIO
NOVIEMBRE
2017
[W/m²]**

46	7,00 HORAS
183	8,00 HORAS
399	9,00 HORAS
629	10,00 HORAS
746	11,00 HORAS
769	12,00 HORAS
796	13,00 HORAS
653	14,00 HORAS
556	15,00 HORAS
399	16,00 HORAS
230	17,00 HORAS
81	18,00 HORAS
2	19,00 HORAS



Anexo B

GENERACIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE.

MAGNITUDES DE VOLTAJE Y CORRIENTE PROMEDIO CON RESPECTO A CADA MES.

Tiempo	Enero		Marzo		Junio		Septiembre		Noviembre	
	Corriente [A]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Voltaje [V]
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0,16	16	0,12	15,2	0,15	16	0,22	16,6	0,54	17,8
8:00	1,28	19,2	1,07	19	1,32	19,2	1,45	19,4	2,15	20
9:00	3,52	20,6	2,93	20,2	3,28	20,4	3,62	20,6	4,7	20,8
10:00	6,04	21,2	5,16	21	5,3	21	5,82	21,2	7,4	21,4
11:00	7,63	21,4	7,6	21,4	7,15	21,4	7	21,4	8,77	21,6
12:00	8,67	21,65	7,74	21,49	8,11	21,6	6,94	21,3	9,36	21,8
13:00	8,48	21,6	7,22	21,3	8,22	21,7	7,09	21,45	9,36	21,8
14:00	7,98	21,55	6,36	21,2	5,1	21	6,06	21,25	7,68	21,45
15:00	6,31	21,2	5	21	6,43	21,2	5,81	21,2	6,54	21,2
16:00	4,39	20,8	3,15	20,4	5,3	21,1	4,39	20,8	4,69	20,8
17:00	2,7	20,2	2,22	20	2,7	20,2	2,84	20,2	2,7	20,2
18:00	1,38	19,4	1,14	19	0,85	18,6	0,96	18,8	0,95	18,8
19:00	0,15	16	0,08	14	0,035	7,2	0,035	7,2	0,023	4,8
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



CORRIENTE Y VOLTAJE PROMEDIO DE LO 5 MESES DE ESTUDIO.

PROMEDIO 5 MESES	
CORRIENTE [A]	VOLTAJE [V]
0,00	0,0
0,24	16,3
1,45	19,4
3,61	20,5
5,94	21,2
7,63	21,4
8,16	21,6
8,07	21,6
6,64	21,3
6,02	21,2
4,38	20,8
2,63	20,2
1,06	18,9
0,06	9,8
0,00	0,0



Anexo C

MODULO SOLAR 100W.



SLP100-12 (CLASS 1 DIVISION 2) High Efficiency Multicrystalline PV Module

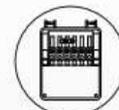
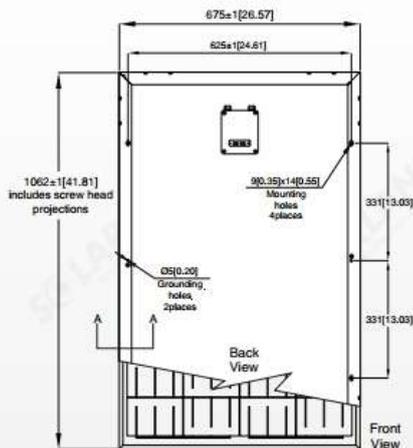
SP Certified to UL1703 and cUL1703
Certified for Hazardous Environments
US C1D2 - Class 1, Division 2

Electrical Characteristics	SLP100-12
Product code	100011232
Maximum power (Pmax)	100W
Voltage at Pmax (Vmp)	18.3V
Current at Pmax (Imp)	5.46A
Open-circuit voltage (Voc)	22.1V
Short-circuit current (Isc)	5.89A
Temperature coefficient of Voc	-80±10mV/°C
Temperature coefficient of Isc	(0.065±0.015)%/°C
Temperature coefficient of power	-0.5±0.05)%/°C
NOCT (Air 20°C; Sun 0.8kW/m² wind 1m/s)	45±2°C
Operating temperature	-40°C to 85°C
Maximum system voltage	600V DC
Power tolerance	± 5%

*STC: Irradiance 1000W/m², AM1.5 spectrum, module temperature 25°C
*NOCT: Nominal operating cell temperature (the data is only for reference)



Module Diagram



Junction Box
Top View (Lid Open)

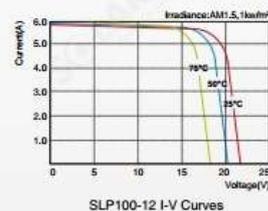


Section A-A

Features

- Nominal 12V DC for standard output.
- Outstanding low-light performance.
- Heavy-duty anodized frames.
- High transparent low-iron, tempered glass.
- Rugged design to withstand high wind pressure, hail and snow load.
- Aesthetic appearance.

Characteristics



Specifications	SLP100-12
Cells	Polycrystalline silicon solar cell
No. of cells and connections	36(4X9)
Module dimension	1062mm[41.81in.]x675mm[26.57in.]x35mm[1.36in.]
Weight	8.9kg[19.62lb]
Packing information(Carton)	1105mm[43.50in.]x730mm[28.35in.]x105mm[4.13in.](2pcs/ctr)

*Limited warranty: 5-year limited warranty of materials and workmanship; 10-year limited warranty of 90% power output; 25-year limited warranty of 80% power output. For detail, please contact us.
*Specifications are subject to change without notice at any time.

www.solarland.com

info@solarland.com

SOLARLAND 2014-2015

wondershare



Anexo D

REGULADOR DE CARGA SOLAR.

CARACTERÍSTICAS DE REGULADOR DE CARGA SOLAR 10A12/24V

Blue Solar PWM-Pro	12/24-5	12/24-10	12/24-20	12/24-30
Tensión de la batería	12/24V con detección automática de la tensión de entrada			
Corriente de carga nominal	5 A	10 A	20 A	30 A
Desconexión automática de la carga	Sí			
Tensión solar máxima	28 V/55 V (1)			
Autoconsumo	< 10 mA			
Salida de carga	Control manual + desconexión por baja tensión			
Protección	Inversión de la polaridad de la batería (fusible) Cortocircuito de salida Sobretemperatura			
Sensor de temperatura de la batería	Opcional (artículo SCC940100100)			
Compensación de temperatura	-30 mV / °C, -60 mV / °C resp. (si tiene el sensor de temperatura instalado)			
Panel remoto	Opcional (artículo SCC900300000)			
Puesta a tierra	Positivo común			
Rango de temp. de funcionamiento	-20 a +50°C			
Humedad (sin condensación)	Máx. 98 %			
VALORES PREDETERMINADOS				
Carga de absorción (2)	14,4 V/28,8 V			
Carga de flotación (2)	13,8 V/27,6 V			
Carga de ecualización (2)	14,6 V/29,2 V			
Desconexión de carga por baja tensión	11,1 V/22,2 V			
Reconexión de carga por baja tensión	12,6 V/25,2 V			
CARCASA				
Tamaño de los terminales	4 mm ²	4 mm ²	10 mm ²	10 mm ²
Tipo de protección	IP30			
Peso	0,13 kg	0,13 kg	0,3 kg	0,5 kg
Dimensiones (al x an x p)	138x70x37 mm 5,4x2,7x1,4 pulgadas	138x70x37 mm 5,4x2,7x1,4 pulgadas	160x82x48 mm 6,3x3,2x1,9 pulgadas	200x100x57 mm 7,9x4,0x2,3 pulgadas
ESTÁNDARES				
Seguridad	IEC 62109-1			
Emisiones	EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, ISO 7637-2			
1) Para 12V utilice paneles solares de 36 celdas Para 24V utilice paneles solares de 72 celdas				

wondershare



Anexo E

BATERÍA 12V 45Ah.

TOMA DE DATOS “CONSUMO CORRIENTE DE BATERÍA CON PINZA AMPERIMÉTRICA”.



GRAFICA DE CONSUMO DE CORRIENTE DE PRUEBA REALIZADA.

