



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

INGENIERÍA MECÁNICA

**Trabajo Estructurado de Manera Independiente, previo a la obtención del
Título de Ingeniero Mecánico**

TEMA:

**“ESTUDIO DE LA DISPOSICIÓN DE CELDAS SOLARES EN PANELES
FOTOVOLTAICOS DE 10W PARA ANALIZAR SU EFICIENCIA DE
CONVERSIÓN DE ENERGÍA.”**

AUTOR:

Juan Galo Guamán Brito

TUTOR:

Ing. Santiago Cabrera A.

Ambato – Ecuador

2014

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación, bajo el tema “ESTUDIO DE LA DISPOSICIÓN DE CELDAS SOLARES EN PANELES FOTOVOLTAICOS DE 10W PARA ANALIZAR SU EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA”, desarrollado por el Sr. Juan Galo Guamán Brito egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe ha sido revisado minuciosamente y reúne los requisitos suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal examinador designado por el Consejo Directivo de esta Facultad.

Ambato, Marzo de 2014

Ing. Santiago Paúl Cabrera Anda, Mg.

Tutor

CI: 180248779-1

AUTORÍA

Declaro que el contenido del trabajo investigativo con el tema “Estudio de la Disposición de Celdas Solares en Paneles Fotovoltaicos de 10w para Analizar su Eficiencia de Conversión de Energía.”, así como sus ideas, opiniones, resultados, análisis, conclusiones y propuesta son auténticos y de responsabilidad exclusiva de mi persona en calidad de autor del presente proyecto.

Juan Galo Guamán Brito

180329523-5

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación dedico a mis padres, quienes me dieron la vida; a mis hermanos, por ser fuente de apoyo, a mi esposa y a mis preciados hijos por fortalecerme y no permitir que éste trabajo quede inconcluso. A todos ellos con cariño y abnegación.

Galo

AGRADECIMIENTO

Al culminar ésta etapa más de mi vida, mi agradecimiento más grande a Dios por darme la oportunidad de cumplir con una meta importante que me ayuda en el progreso de mi vida profesional.

A la Universidad Técnica de Ambato y por medio de ella a sus directivos y profesores quienes han aportado en la consecución de este objetivo personal. Además, un sincero agradecimiento a mi director de tesis, quien con su conocimiento supo encaminarme durante el proceso de la investigación.

Galo

ÍNDICE GENERAL

PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	X
SÍMBOLOGIA.....	XIII
RESUME EJECUTIVO.....	XIV
EXECUTIVE SUMMARY.....	XVI

CAPÍTULO I

1	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1	TEMA	1
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLRMA	1
1.2.1	CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.2.2	ANÁLISIS CRÍTICO	2
1.2.3	PROGNOSIS	3
1.2.4	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	4
1.2.5	PREGUNTAS DIRECTRICES.....	4
1.2.6	DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2.6.1	DE CONTENIDO.....	4
1.2.6.2	ESPACIAL.....	5

1.2.6.3	TEMPORAL.....	5
1.3	JUSTIFICACIÓN	5
1.4	OBJETIVOS	6
1.4.1	GENERAL.....	6
1.4.2	ESPECÍFICOS.....	6
CAPÍTULO II		
2	MARCO TEÓRICO	7
2.1	ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	7
2.2	FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICO	8
2.3	RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	9
2.4	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	10
2.4.1	ENFOQUE TEÓRICO DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE	10
2.4.1.1	GESTIÓN INDUSTRIAL.....	10
2.4.1.2	MONTAJE MECÁNICO.....	11
2.4.1.3	PROCESO DE FORMA.....	23
2.4.1.4	DISPOSICIÓN DE CELDAS EN PANELES FOTOVOLTAICOS.....	25
2.4.2	ENFOQUE TEÓRICO DE LA VARIABLE DEPENDIENTE	28
2.4.2.1	ENERGÍAS NO CONVENCIONALES	28
2.4.2.2	CONVERSIÓN DE ENERGÍA SOLAR A ELÉCTRICA.....	28
2.4.2.3	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	29
2.4.2.4	EFICIENCIA DE CONVERSIÓN	30
2.5	HIPÓTESIS	31
2.6	VARIABLES	32
2.6.1	TERMINO DE RELACIÓN.....	32
CAPÍTULO III		
3	METODOLOGÍA.....	33
3.1	MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN	33

3.2	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	33
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	34
3.3.1	POBLACIÓN	34
3.3.2	MUESTRA	34
3.4	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	36
3.5	RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	38
3.6	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	38

CAPÍTULO IV

4	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	40
4.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	40
4.1.1	DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA PARA CADA CONFIGURACIÓN DE CELDAS SOLARES.....	41
4.2	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	69
4.2.1	COMPARACIONES DE EFICIENCIAS HASTA LAS ONCE Y TREINTA DEL DÍA EN LAS DIFERENTES CONFIGURACIONES TOMADAS EN DÍAS DIFERENTES.	69
4.2.2	COMPARACIÓN DE LAS CONFIGURACIONES MÁS EFICIENTES ZIGZAG Y ONDA TRIANGULAR TOMADAS SIMULTÁNEAMENTE.....	70
4.3	VERIFICACIÓN DE HIPOTESIS.....	72

CAPÍTULO V

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1	CONCLUSIONES.....	73
5.2	RECOMENDACIONES.....	74

CAPÍTULO VI

6	PROPUESTA	76
6.1	DATOS INFORMATIVOS.....	76
6.1.1	TEMA.....	76

6.1.2	BENEFICIARIOS	76
6.1.3	UBICACIÓN	76
6.1.4	EQUIPO TÉCNICO RESPONSABLE	76
6.2	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	77
6.3	JUSTIFICACIÓN	77
6.4	OBJETIVO	78
6.5	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	78
6.5.1	FACTIBILIDAD TÉCNICA	78
6.5.2	FACTIBILIDAD ECONÓMICO FINANCIERO	78
6.6	FUNDAMENTACIÓN.....	80
6.6.1	DISEÑO DE UN SISTEMA DE PANELES FOTOVOLTAICOS CON CELDAS SOLARES EN CONFIGURACIÓN ZIGZAG.....	84
6.6.1.1	CÁLCULOS DE LOS SIGUIENTES ASPECTOS EN LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD Y CONTROL DE ACCESO.....	84
6.6.2	COMPARACIÓN DE TIEMPO DE CARGA MÁXIMA EN HORAS ENTRE LOS PANELES EN CONFIGURACIÓN ZIGZAG CON LA CONVENCIONAL (PLANA).....	99
6.7	METODOLOGÍA – MODELO OPERATIVO	100
6.7.1	CONEXIÓN CONVENCIONAL (A.C)	100
6.7.2	CONEXIÓN CON PANELES FOTOVOLTAICO (C.C).....	101
6.8	ADMINISTRACIÓN	102
6.8.1	PLANIFICACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	102
6.8.1.1	INSTALACIÓN	102
6.8.1.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	103
6.8.1.3	MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	105
6.9	PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	105
	BIBLIOGRAFÍA	107
	PÁGINAS WEB	108

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 2.1 Categorías Fundamentales	9
Figura 2.2 Estructura de los paneles fijos	12
Figura 2.4 Instalación de paneles fotovoltaicos	14
Figura 2.5 Baterías o Acumuladores	15
Figura 2.6 Esquema de acumuladores.....	17
Figura 2.7 Regulador o controlador de carga.....	18
Figura 2.8 Esquema del sistema de regulación	19
Figura 2.9 Inversores o Convertidor DC/AC	20
Figura 2.10 Esquema de conexionado de convertidores	21
Tabla 2.1 Calibre de alambre para instalación	22
Figura 2.11 Formas de paneles fotovoltaicos.....	23
Figura 2.12 paneles fotovoltaicos con sistema de concentración.	23
Figura 2.13 Diseño de paneles bifaciales.....	25
Figura 2.14 Composición de una celda fotovoltaica.	26
Tabla 3.1 Configuraciones de paneles fotovoltaicos.....	34
Tabla 4.1 Pruebas realizadas con configuración zigzag.....	41
Figura 4.1 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.	42
Tabla 4.2 Pruebas realizadas con configuración zigzag.....	42
Figura 4.2 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.	43
Tabla 4.3 Pruebas realizadas con configuración trapezoidal.	44
Figura 4.3 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.	44
Tabla 4.4 Pruebas realizadas con configuración trapezoidal.	45
Figura 4.4 Grafica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.	45
Tabla 4.5 Pruebas realizadas con configuración cóncava.....	46
Figura 4.5 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.	47
Tabla 4.6 Pruebas realizadas con configuración cóncava.....	47
Figura 4.6 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.	48
Tabla 4.7 Pruebas realizadas con configuración convexa.....	49
Figura 4.7 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.	49

Tabla 4.8 Pruebas realizadas con configuración convexa.....	50
Figura 4.8 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.	50
Tabla 4.9 Pruebas realizadas con configuración en U.	51
Figura 4.9 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.	52
Tabla 4.10 Pruebas realizadas con configuración en U.	52
Figura 4.10 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.	53
Tabla 4.11 Pruebas realizadas con configuración triangular.	54
Figura 4.11 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.	54
Tabla 4.12 Pruebas realizadas con configuración triangular.	55
Figura 4.12 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.	55
Tabla 4.13 Pruebas realizadas con configuración onda cuadrada.....	56
Figura 4.13 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.	57
Tabla 4.14 Pruebas realizadas con configuración onda cuadrada.....	57
Figura 4.14 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.	58
Tabla 4.15 Pruebas realizadas con configuración onda trapezoidal.	59
Figura 4.15 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.	59
Tabla 4.16 Pruebas realizadas con configuración onda trapezoidal.	60
Figura 4.16 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.	60
Tabla 4.17 Pruebas realizadas con configuración onda triangular.....	61
Figura 4.17 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.	62
Tabla 4.18 Pruebas realizadas con configuración onda triangular.....	62
Figura 4.18 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.	63
Tabla 4.19 Pruebas realizadas con configuración rectangular.....	64
Figura 4.19 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.	64
Tabla 4.20 Pruebas realizadas con configuración rectangular.....	65
Figura 4.20 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.	65
Tabla 4.21 Pruebas realizadas con configuración plana.	66
Figura 4.21 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.	67
Tabla 4.22 Pruebas realizadas con configuración plana.	67
Figura 4.22 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.	68
Tabla 4.23 Resultados de las configuraciones a las 11:30 am.	69
Tabla 4.24 Resultados de la comparación de las configuraciones de mejor eficiencia.	70

Figura 4.23 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día de 10:00 am a 12:30 pm. Entre configuraciones de mejor eficiencia.....	70
Tabla 4.14 Resultados obtenidos de corriente de carga y eficiencia promedio. ...	72
Tabla 6.1 Gastos de adquisición de materiales	79
Tabla 6.2 Gastos varios	79
Tabla 6.3 Gasto total	80
Figura 6.1 Celdas fotovoltaicas.....	80
Figura 6.2 Regulador o controlador de carga.....	81
Figura 6.3 Baterías o Acumuladores	82
Figura 6.4 Inversores o Convertidor Dc/Ac.....	83
Tabla 6.4 Calibre de alambre para instalación.....	83
Tabla 6.5 Consumo de energía del sistema para un cerco eléctrico.....	85
Tabla 6.6 Costos del sistema de un cerco eléctrico.....	88
Tabla 6.7 Consumo de energía del sistema de acceso.	88
Tabla 6.8 Costo del sistema abre puertas.	91
Tabla 6.9 Potencia eléctrica de un sistema de alarma interna.....	92
Tabla 6.10 Costos de un sistema de alarma intena.....	94
Tabla 6.11 Potencia eléctrica de una chapa magnética.	95
Tabla 6.12 Costo de un sistema de una chapa magnética.	98
Tabla 6.13 Comparación entre la configuración zigzag y la convencional.	99
Figura 6.5 Conexionado general de un sistema de acceso y seguridad para una vivienda con fuente de 110 V. AC.....	100
Figura 6.6 Conexionado general de un sistema de acceso y seguridad para una vivienda con paneles fotovoltaicos de DC.....	101
Tabla A3 Características de los paneles de 10 W 12 V.	118

SIMBOLOGÍA.

ALFABÉTICA

A Área [m^2].

Ap. Área proyectada m^2 .

Ea Energía almacenada [W/ m^2].

Ed Energía disponible [W/ m^2].

Eent Energía que entra al sistema [W].

Esal Energía que sale del sistema [W].

HT Irradiancia o irradiación solar directa incidente un la superficie terrestre por unidad de área [W/m^2].

G Irradiancia promedio [W/ m^2].

Hr Humedad relativa promedio [%].

L Longitud [m].

η_g Eficiencia global[%].

I Intensidad eléctrica [mA].

V Voltaje [V].

Ar Tamaño de panel Wp

Id Irradiación $KWh/ m^2/día$

AUT Autonomía: días sin brillo solar

REND Eficiencia de la batería

DOD Descarga de la Batería

Pm Potencia máxima

**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Estudio de la disposición de celdas solares en paneles fotovoltaicos de 10w para analizar su eficiencia de conversión de energía.

Autor: Juan Galo Guamán

Tutor: Ing. Mg. Santiago Paúl Cabrera Anda.

Fecha: 20-03-2014

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo de investigación se realizó el estudio de la disposición de celdas solares en paneles fotovoltaicos, con la finalidad de analizar las distintas configuraciones que pueden ubicarse dichas celdas fotovoltaicas con el fin de evaluar el tiempo de carga de cada disposición en un tiempo determinado, buscando obtener una mejor eficiencia de conversión de energía solar a energía eléctrica en una de ellas.

Se realizaron pruebas con equipos de laboratorio, mediante los cuales se hicieron mediciones tomando en cuenta parámetros como la temperatura, irradiación, velocidad del viento, el área proyectada y la humedad relativa. Estas mediciones se tomaron en un tiempo de diez días con intervalos de treinta minutos entre las 9:30 y 14:00 horas ya que en este tiempo la irradiación es mayor. No se consideró si los días eran completamente soleados o poco soleados con el propósito de buscar la mejor configuración y su eficiencia de celdas solares fotovoltaicas someténdolas a variaciones ambientales distintas.

Del estudio realizado se llegó a la conclusión que de las configuraciones expuestas al análisis (trapezoidal, cóncava, convexa, triangular, zigzag, etc.), la más eficiente de ellas es la configuración zigzag, ya que los rayos solares impactan en la mayor parte de su área proyectada, obteniendo así una acumulación de energía en un menor tiempo en comparación con las demás.

La evaluación que se sometió la configuración zigzag nos da como resultado una eficiencia promedio de almacenamiento de un 9,06 % en un tiempo de dos horas entre las 9:30 y 11:30 con una temperatura de 21°C, con una velocidad de viento

de 2.5 m/s y una radiación solar de 458.14 W/m², en relación a las demás configuraciones que se sometieron a iguales situaciones.

EXECUTIVE SUMMARY.

The present research has h purpose to study the arrangement of solar cells in photovoltaic panels, in order to analyze the different configurations that can be placed such photovoltaic cells with the objective to assess to the loading time of each provision in a given time, looking to get a better efficiency of converting solar energy into electrical energy in one of them. Tests were conducted with laboratory equipment, by which measurements were made taking into account parameters such as temperature, radiation, wind speed, the projected area and relative humidity. These measurements were taken in a time of ten days with thirty minute with intervals between 9:30 and 14:00 at this time the irradiation is higher. It was not considered if the days were completely sunny or a little sunny, in order to find the best configuration and efficiency of photovoltaic solar cells by subjecting them to different environmental variations. The research concluded that the configurations exposed to analysis (trapezoidal, concave, convex, triangular, zigzag, etc.), the most efficient of them is the zigzag configuration, due to sunlight impact on the most of its projected area, thus obtaining an accumulation of energy in a shorter time compared to the others. The assessment by the zigzag configuration gives results of an average of 9.06% storage efficiency in a time of two hours between 9:30 and 11:30 am with a temperature of 21 ° C, with a rate of wind of 2.5 m / s and solar radiation of 458.14 W/m², relative to other settings undergoing similar situations.

CAPÍTULO I

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA

“Estudio de la disposición de celdas solares en paneles fotovoltaicos de 10w para analizar su eficiencia de conversión de energía.”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLRMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

Uno de los desafíos en el mundo es la contaminación del medio ambiente, para ello se están realizando investigaciones de energías alternativas o renovables para contra restar la contaminación ambiental ocasionada por las fuentes tradicionales como es el petróleo, el carbón e hidroeléctricas.

Mediante estudios realizados en todo el mundo como países desarrollados y tercermundistas se llegó a conocer las bondades que poseen las energías renovables y destacar algunas de ellas, entre las que destacan tenemos la energía eólica y solar.

La energía solar ha llegado a ser en de las fuentes de mayor atracción para generar energía atraves de una fuente interminable, el sol.

Uno de los países de Sudamérica que a se ha dedicado a realizar estudios sobre la generación de energía eléctrica atraves del sol, es Ecuador que al tener una buena ubicación geográfica y clima nos permite tener resultados positivos atraves de

proyectos realizados de energía solar fotovoltaica que nos ayudan a generar energía solar y transformarla a eléctrica sin costo.

La energía solar aumentaría mejorando la calidad de las celdas fotovoltaicas y que la configuración de orientación con respecto al sol permita la captación de la irradiación solar directamente a la superficie de la tierra, esto sucede cuando el día está completamente despejado ayudándonos a generar con más eficiencia energía eléctrica.

En la provincia de Tungurahua, en la ciudad de Ambato la energía solar fotovoltaica comienza a ser uno de los intereses de muchos para su investigación, ya que esto nos permite mejorar cada vez más su uso en el medio donde vivimos. Estudios realizados en este tipo de generación solar son aprovechados por las comunidades que no tienen un servicio de energía eléctrica a su alcance, gracias a la fuente natural de calor que poseemos el sol.

La dirección de los paneles fotovoltaicos nos permite captar de una manera más eficiente los rayos solares y dar un mejor funcionamiento a los sistemas eléctricos que se encuentran conectados a dicho sistema, logrando así un medio ambiente limpio y ahorro económico.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

La tecnología está avanzando en la generación eléctrica, utilizando energías alternativas como la energía solar fotovoltaica, tomando en consideración que los combustibles fósiles no son muy favorables para el medio ambiente y la economía es muy costosa. Se realizó una investigación sobre fuentes de energías renovables con el fin de mantener un medio ambiente limpio y una forma de ahorro económico.

Según un estudio realizado por el CONELEC, menciona que el Ecuador es un país con características topográficas muy variadas de gran diversidad climática y condiciones únicas que le confieren un elevado potencial de energías renovables y limpias.

Una de las energías renovables que el Ecuador posee es la energía solar y esta presenta, como una buena opción para el aprovechamiento de esa materia prima que es la radiación solar.

1.2.3 PROGNOSIS

Los sistemas fotovoltaicos, permiten la generación de electricidad mediante la radiación solar. Esto es una alternativa para aplicaciones que requieren energía eléctrica como por ejemplo equipos eléctricos, en lugares apartados de la red eléctrica.

Este tipo de sistemas fotovoltaicos no son muy utilizados en áreas urbanas que se encuentran cerca de una red de electrificación, la fabricación de las celdas solares que conforman los paneles en sistemas fotovoltaicos, requieren un elevado consumo energético y un alto costo de inversión inicial.

Este tipo de tecnología tiene ciertas ventajas como por ejemplo una instalación simple, energía limpia y gratuita, es automático y silencioso, poco mantenimiento. Las instalaciones de generación fotovoltaica son autónomas y expandibles.

Las aplicaciones en la actualidad es la electrificación de uso doméstico en lugares distantes de la red eléctrica, como en comunidades rurales en Ecuador y América Latina.

Con lo antes mencionado sobre el uso e importancia de los paneles solares en la sociedad en la que vivimos nos damos cuenta que, al no realizar esta investigación, no llegaríamos a conocer el comportamiento de las celdas de paneles fotovoltaicos en diferentes ubicaciones y configuraciones de orientación, limitando la oportunidad de obtener un ahorro de energía que podríamos llegar a tener con ayuda de este tipo de energías alternativas.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿El estudio de la disposición de celdas en paneles fotovoltaicos nos ayudará a saber la eficiencia que podríamos obtener en ellos?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES.

¿Cuáles son las clases de paneles fotovoltaicos que han sido desarrolladas?

¿Qué tipos de paneles fotovoltaicos existen?

¿Cómo podemos obtener la eficiencia de un panel fotovoltaico?

¿Qué configuraciones de orientación existen para obtener una carga óptima en los paneles fotovoltaicos?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.6.1 DE CONTENIDO

- Ingeniería mecánica
- Energías alternativas
- Transferencia de calor
- Electricidad básica
- Mantenimiento

1.2.6.2 ESPACIAL

Este proyecto se realizó en: la ciudad de Ambato

La evaluación de los paneles fotovoltaicos se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

1.2.6.3 TEMPORAL

El desarrollo de esta evaluación se realizará en el período de Febrero de 2013 a Febrero de 2014.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La energía solar fotovoltaica es todavía cara, aunque es un sistema de generación de energía que es potencialmente beneficioso para la reducción de los impactos medioambientales causados por la actividad humana; por tanto lo que se busca es alcanzar una eficiencia óptima de los módulos fotovoltaicos y de esta manera también mejorar el rendimiento medioambiental.

Con el fin de argumentar cuales son las razones por las cuales la tecnología de capa fina es más adecuada para la integración, en este trabajo se presenta un estudio comparativo del comportamiento de las tecnologías de silicio cristalino y amorfo en condiciones de funcionamiento real. Los parámetros eléctricos y de temperatura de los paneles fotovoltaicos que proporciona el fabricante están referidos a condiciones climáticas de referencia, así como los parámetros que informan sobre la influencia de la temperatura del panel en el funcionamiento del

mismo, y los coeficientes de temperatura de la tensión, la intensidad y la potencia son obtenidos normalmente en condiciones de laboratorio.

Este proyecto se justifica ya que mediante las pruebas con los parámetros geográficos en los paneles solares fotovoltaicos, se ganaría su óptimo aprovechamiento y funcionamiento del mismo, ayudándonos así a la mejora del medio ambiente con energía pura con una fuente natural de energía.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 GENERAL

Estudiar las configuraciones de orientación de las celdas en paneles fotovoltaicos para analizar su eficiencia de conversión de energía.

1.4.2 ESPECÍFICOS

- Investigar la eficiencia de conversión de energía en paneles fotovoltaicos.
- Seleccionar el tipo de panel fotovoltaico a utilizar.
- Calcular la energía eléctrica producida.
- Evaluar el efecto de la orientación en distintas configuraciones de paneles fotovoltaicos.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Estudios realizados nos demuestran la importancia de conocer más los beneficios que posee la energía solar fotovoltaica, ya que una de las maneras de solución para evitar la contaminación ambiental es buscar alternativas de generar energías limpias.

Al generar energía solar y transformarla a eléctrica estamos difundiendo una de las maneras más viables para eliminar la contaminación ambiental y obtener un ahorro económico significativo a largo plazo.

La energía fotovoltaica se conoce en el tiempo en que los satélites geoestacionarios necesitaban electricidad, esto más o menos acontece en la época de los cincuenta, no obstante en el siglo XIX, los paneles fotovoltaicos tienen un mayor realce y desde esta época la investigación se ha desarrollado con más fuerza, vale decir que esta tecnología pasa a ser de suma importancia en la generación de electricidad limpia para el mundo.

Gracias al estudio de las celdas solares fotovoltaicas este tipo de energía ha tenido un avance en la tecnología hoy en día, pero los estudios de dichas celdas han permitido nuevos descubrimientos para mejorar su eficiencia de funcionamiento, según Marco Bernardi en el Instituto de Tecnología de Massachusetts en Cambridge dice que una solución para aumentar el rendimiento de la energía fotovoltaica es utilizar estructuras tridimensionales.

Es importante considerar el desempeño de estos sistemas, el cual depende directamente del nivel y tiempo de incidencia de los rayos solares sobre los

paneles fotovoltaicos. Estos sistemas permiten satisfacer el suministro de energía eléctrica tanto a nivel residencial como a nivel industrial.

El principal obstáculo en el camino que, sin duda, ha de llevar a la utilización en gran escala de esta idea reside en el elevado costo que tienen actualmente las células solares. Por esta razón, la mayor parte de los esfuerzos de los investigadores se concentra, más que en la resolución de problemas científicos, propiamente dichos, en conseguir abaratar los costos de obtención de este tipo de energía. Uno de los caminos, en este sentido, consiste en el empleo de la concentración. Esta idea permite reducir la superficie de célula que se necesita para obtener una determinada potencia, sustituyéndola por superficie de concentrador, mucho más barato.

Toalombo, M. en el año 2011, realizó un estudio sobre el espectro de irradiación solar para determinar el potencial de energía aprovechable en la ciudad de Ambato

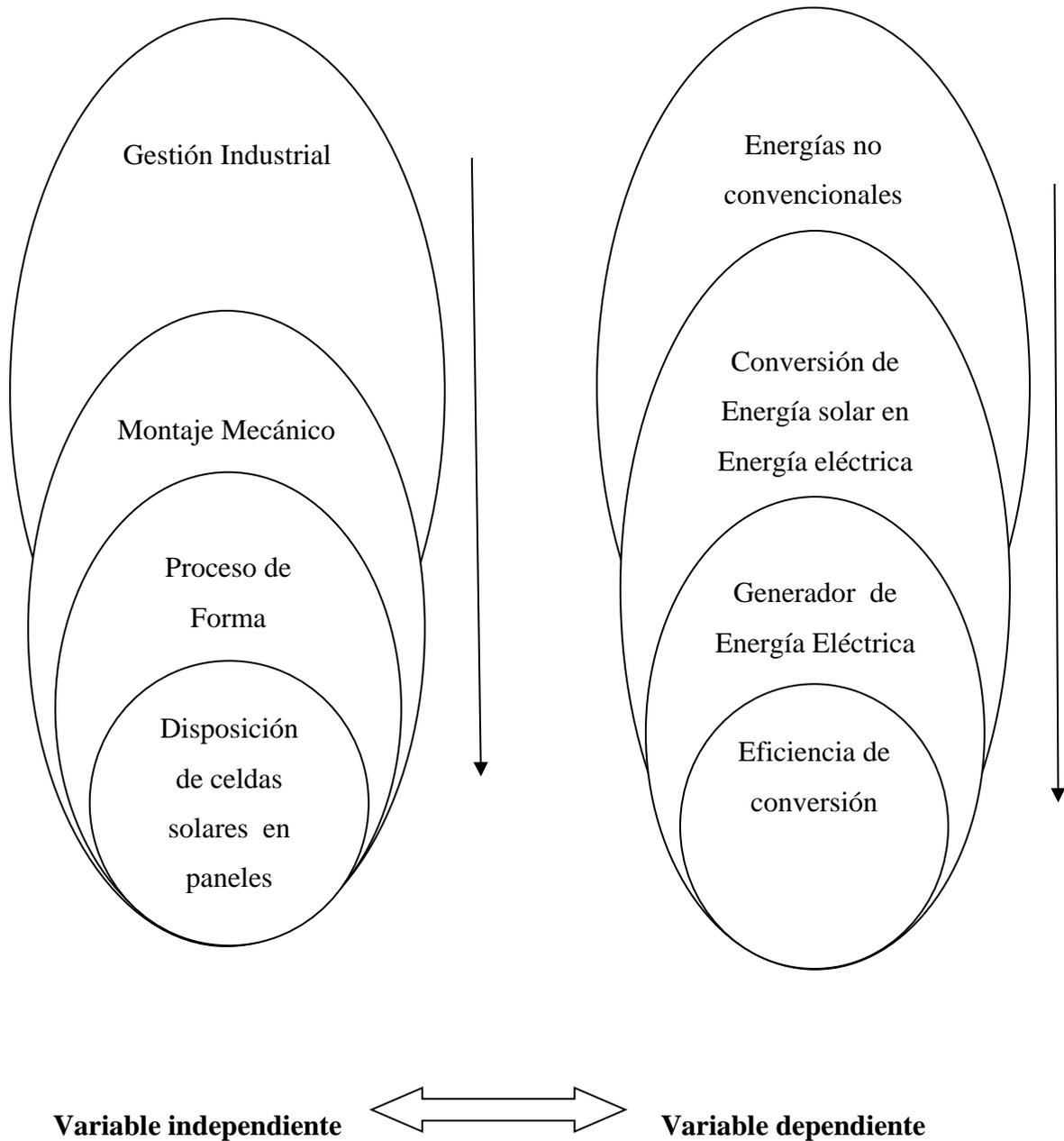
Salcedo, M. en el año 2011, realizó un estudio de la influencia del estudio de la tecnología de vacío en tubos sobre la eficiencia para el calentamiento de agua usando la energía solar.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICO

Para conocer una configuración de orientación de los paneles fotovoltaico para mejorar su eficiencia de funcionamiento es importante conocer sus características y componentes que conforman los paneles fotovoltaicos para su funcionamiento, para esto se realizará una investigación de fuentes bibliográficas y páginas de Internet, con la finalidad de entender aspectos básicos que intervienen para la generación de energía eléctrica utilizando celdas solares, principios de funcionamiento de las celdas y de los paneles fotovoltaicos, reguladores de carga, inversores y equipos que conforman el sistema. La investigación abarcará además las técnicas de diseño que se emplean actualmente para la elaboración de proyectos de este tipo.

2.3 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

Figura 2.1 Categorías Fundamentales



Fuente: Autor Galo Guamán.

2.4 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.4.1 ENFOQUE TEÓRICO DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

2.4.1.1 GESTIÓN INDUSTRIAL

Una de las gestiones industriales en el Ecuador de tener una planta fotovoltaica de 50 megavatios Shyri 1, mediante la empresa española Isofotón que mostro su interés en realizar este proyecto declaro Verónica Sión, Ministra de Industrias y Productividad.

Según el presidente de Isofotón, Ángel Luis Serrano, dijo que sería mejor realizarla a corto plazo y de esa manera garantizar sostenibilidad económica y medioambiental.

En el año 2011 el Consejo Nacional de Electrificación (CONELEC) ha incentivado nuevos proyectos fotovoltaicos.

La empresa de energía renovable Valsolar Ecuador realizo un proyecto en Pimampiro de transformación de energía solar a energía eléctrica.

Hugo Pérez gerente de Valsolar Ecuador, señala que el proyecto tiene una capacidad de 998 Kilovatios con una producción anual de 1.4 millones Kilovatios hora.

El Alcalde de Zapotillo, Ramiro Valdivieso, junto con el Vicepresidente del Ecuador, Jorge Glas, comunicaron que se construirá 15 proyectos fotovoltaicos en la parte sur del país y que generara 20 MW que aportara a la red de electricidad ecuatoriana.

De este modo nos damos cuenta que el Ecuador ha empezado a invertir en la tecnología de generación fotovoltaica ya que por medio de ella ganamos un medio ambiente más limpio.

Los cinco países donde se realizan las actividades del proyecto son Argentina, Chile, Ecuador, México y Perú y en cada uno de ellos se ha trabajado con socios locales, asegurando de esta forma un mayor aprovechamiento de los esfuerzos compartidos. Las entidades participantes son la Secretaría de Energía y la Unión Industrial Argentina, la Comisión Nacional de Energía (CNE) de Chile, el

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) de Ecuador, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) de México y el Centro de Conservación de Energía y del Ambiente (CENERGIA) de Perú.

Entre las actividades a realizar en el proyecto, está la realización de una serie de estudios sobre la situación de estas tecnologías en cada uno de los países. Este documento resume los aspectos más importantes.

2.4.1.2 MONTAJE MECÁNICO

Para un montaje de paneles fotovoltaicos se debe tomar en cuenta lo siguiente:

1. Estructuras para paneles fotovoltaicos

Aspectos para la estructura de paneles fotovoltaicos pueden ser:

- Cálculo de acuerdo con el estudio de los vientos nominales
- Peso del conjunto en caso de estar en una cubierta
- Facilidad de mantenimiento
- Anclajes seguros para evitar filtraciones de agua en el tejado
- Aislamiento del conjunto metálico con línea a tierra de la masa metálica

Existen varios tipos de estructura para paneles fotovoltaicos entre las más conocidas tenemos las siguientes:

- **Estructura fija:** independiente de la potencia, puede ser instalada en cubiertas o en terrenos.

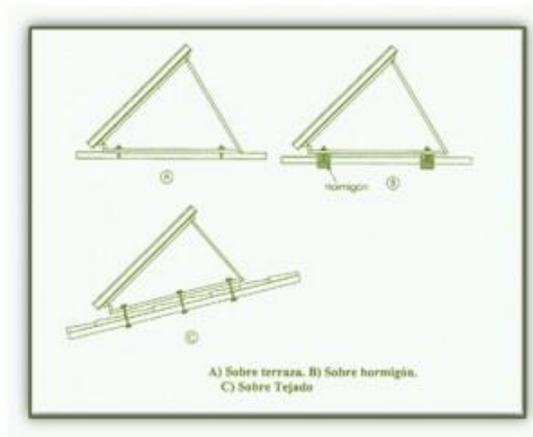


Figura 2.2 Estructura de los paneles fijos

Fuente: Cleanergysolar.

- **Estructura de seguidor solar:** por medio de esta estructura podemos obtener mayor rendimiento ya que el sistema está sujeto a uno o dos ejes que permiten que el panel rote en dirección de los rayos del sol.

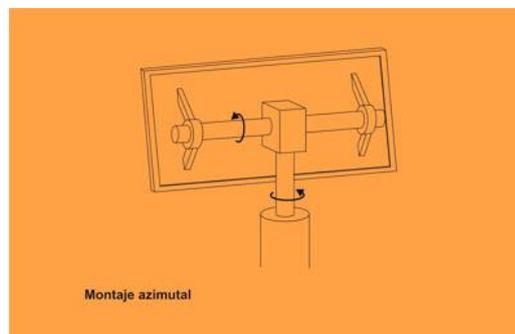


Figura 2.3 Estructura de los paneles fotovoltaicos con seguidor solar.

Fuente: Galeno Castellano.

2. Puntos de apoyo

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta respecto a las estructuras son los puntos de apoyo, pues de ellos depende la solidez del conjunto. De nada sirve calcular un angular que soporte vientos muy fuertes, si no afianzamos de

forma segura la estructura del suelo, cubierta o cualquier otro lugar. En el caso de utilizar mástil debemos pensar la posibilidad de arriostrar este y dotarle de una base sólida.

3. Instalación del panel fotovoltaico

Existen varios factores que tenemos que tomar en cuenta para la instalación de los paneles fotovoltaicos entre los cuales mencionaremos los más importantes:

- Uno de los factores esenciales para la instalación de los paneles es la ubicación de los paneles fotovoltaicos en el lugar donde se realizara el montaje.
- Debemos asegurarnos que los paneles FV estén recibiendo directamente los rayos del sol, para maximizar la cantidad de energía que producen.
- Depende del lugar donde está ubicado y donde vamos a colocar el sistema FV debemos escoger el mejor punto para montar la instalación de los paneles FV, este lugar debe estar libre de obstáculos que le impida al panel recibir los rayos del sol en su plenitud.
- Según las investigaciones que se han realizado, la orientación de los paneles serán de acuerdo al hemisferio donde nos encontremos, por ejemplo si estoy ubicado en el hemisferio Norte la orientación del módulo será al Sur y caso contrario si estamos ubicados en el hemisferio Sur la orientación del módulo será al Norte.
- Para su mantenimiento se debe revisar que no exista acumulación de polvo, ya que esto impide que no tenga un buen funcionamiento y por ende su rendimiento disminuye.



Figura 2.4 Instalación de paneles fotovoltaicos

Fuente: Walter Hulshorst ECON Internacional.

Lo mejor para conseguir siempre la máxima producción sería variar el ángulo mes a mes, en las instalaciones se opta por el ángulo más idóneo dependiendo de la época en la cual se va a utilizar con más frecuencia, para aprovechar más al máximo el Sol.

Como todos sabemos, la interconexión entre los módulos puede ser de dos tipos: en serie (para aumentar la tensión) o bien en paralelo (para aumentar la intensidad producida).

No obstante, frecuentemente se utilizan los dos tipos de conexiones, para poder conseguir la intensidad y tensión requeridas.

Unas buenas conexiones eléctricas nos aseguran una buena fiabilidad, en posibles fallos con respecto a caídas de tensión producidas en las uniones. Esta avería, que suele resultar más frecuente de lo que en principio podemos pensar, se elimina disponiendo de los terminales adecuados para cada tipo de conexión, por lo que

debemos de huir de los arrollamientos del hilo conductor sobre los terminales que tan poca seguridad nos pueden ofrecer.

4. Instalación de los acumuladores

➤ **Acumuladores o baterías**, permite el almacenamiento de la energía que se produce durante el día con la radiación solar para ser utilizada en la noche o durante poca radiación solar. Además el uso de baterías permiten una intensidad de corriente superior a la que los propios paneles solares puedan entregar.

➤ **Elección del voltaje de la batería solar**

12 V si la potencia es menor que 1.500W

24V o 48V si la potencia está entre 1.500 y 5.000W

48 V o 120V si la potencia es mayor de 5.000 W o 5 KW



Figura 2.5 Baterías o Acumuladores

Fuente: Auto solar.

Según Soletenichese los tipos de baterías se clasifican en:

Clasificación por sus componentes químicos.

A. De plomo y ácido

B. De níquel y cadmio

Las primeras son las más usadas, y las de níquel-cadmio tienen un mejor rendimiento, pero un precio elevado.

➤ **Baterías de plomo y ácido.**

Lo que caracteriza a estas baterías es su bajo costo y el mantenimiento que requieren.

Respecto al mantenimiento, necesitan estar en un lugar fresco, y revisar la cantidad de electrolito periódicamente, además, es necesario su ventilación por desprendimiento de gases.

La tensión de cada rejilla o celda es de 2V. Dentro de este tipo de batería podemos encontrarnos:

Baterías de plomo-antimonio Ideales para instalaciones basadas en energías renovables.

Baterías de plomo-selenio

Baterías de plomo-calcio

➤ **Baterías de níquel y cadmio.**

Este tipo de baterías presenta el inconveniente del precio.

El electrolito que utilizan es un alcalino.

Tienen un bajo coeficiente de auto descarga, la carga ronda el 80%.

Las celdas tienen un voltaje de 1,2V.

Tienen un buen rendimiento con temperaturas extremas.

La descarga que admiten está sobre el 90% de su capacidad nominal.

La conexión en serie, paralelo, o mezcla de estas formas para conseguir los voltajes adecuados, es trasladada para la conexión de los acumuladores. Por ejemplo, si disponemos de dos acumuladores, de 6 V y 500 AH y los conectamos en serie, el resultado final será de 12 V y 500 AH. Si por el contrario, su acoplamiento lo hacemos en paralelo, el resultado quedara en 6 V y 1000 AH de capacidad.

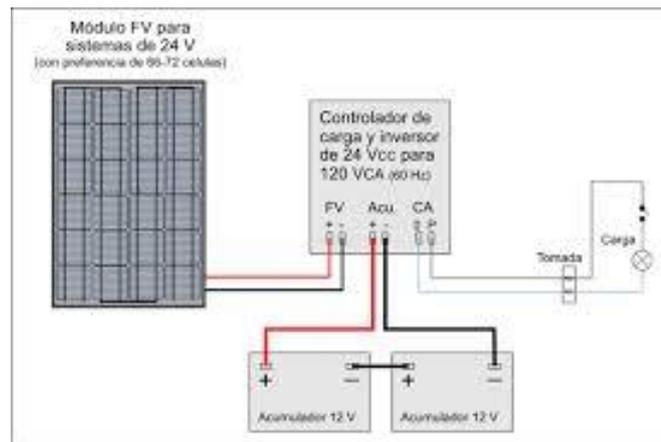


Figura 2.6 Esquema de acumuladores

Fuente: Rio solar.

➤ **Situación y conexasión:**

Los acumuladores deben acomodarse lo más cerca posible del conjunto de módulos fotovoltaicos para evitar las posibles caídas de tensión que pudieran producirse.

➤ **Bancada**

Deberemos siempre aislar la batería del suelo mediante una bancada de madera o material resistente al ácido. Puede también disponerse los elementos de acumulación en estanterías, para poder reducir el espacio si el número de acumuladores fuera elevado.

➤ **Ventilación**

Lugar ventilado que posea suficiente corriente de aire, para evitar la acumulación de hidrógeno y oxígeno, de cualquier forma, si la capacidad fuese elevada y esto nos obligara a disponer de aberturas de ventilación, estas deben situarse siempre en la parte superior de las paredes, ya que el hidrogeno es menos pesado que el aire y, por lo tanto, asciende una vez liberado.

➤ **Temperatura**

El lugar destinado a albergar los acumuladores deberá mantenerse entre los 15° y 25° si es posible. El rendimiento óptimo del acumulador se produce aproximadamente a los 20°C.

➤ **Manipulación**

Debemos pensar que el electrolito de las baterías contiene ácido y que este resulta sumamente corrosivo. Este hecho nos aconseja que los acumuladores se manejen con sumo cuidado, para evitar quemaduras tanto en la piel como en la ropa, suelo, etc.

Instalación de sistemas de regulación y control

- **Regulador o controlador de carga**, encargado de controlar la carga de las baterías desde los módulos o paneles generadores, así como de su descarga hacia el circuito de alimentación interior de la vivienda, evitando además que se produzcan cargas o descargas excesivas del conjunto de baterías.



Figura 2.7 Regulador o controlador de carga

Fuente: Auto solar

Según Soletenichese, el funcionamiento es muy simple, el regulador de carga controla constantemente la tensión de la batería, cuando la batería alcanza el

máximo de su capacidad, entonces, el regulador de carga interrumpe el proceso de carga.

Para evitar la descarga de la batería sobre los paneles fotovoltaicos, con un diodo sería suficiente.

Existen dos tipos de reguladores de carga en el mercado:

➤ **Regulador de carga de una etapa.**

Controlan la carga o la descarga, nunca las dos.

Son los más económicos y los más sencillos.

Pero para una instalación de paneles solares necesitaríamos tener dos.

➤ **Regulador de carga de dos etapas.**

Los modernos incorporan un microprocesador.

Controlan las dos funciones, tanto la carga como la descarga de la batería.

Son más caros, aun así, son los usados en las huertas solares.

Los equipos que del sistema de regulación y control (reguladores de carga, sistemas de alarma, voltímetros, amperímetros, conectadores, etc.), deben integrarse en un pequeño armario de control, para que de vista podamos conocer el estado general de los componentes que forman el equipo fotovoltaico.

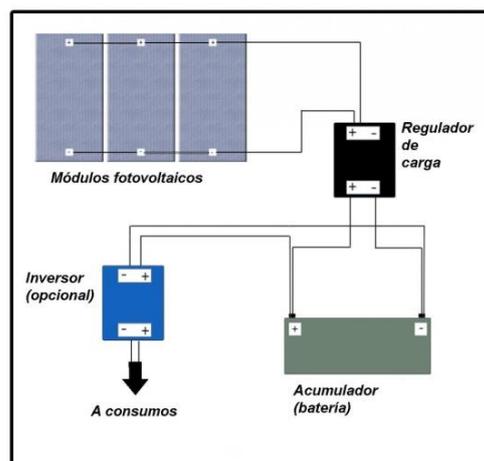


Figura 2.8 Esquema del sistema de regulación

Fuente: Solar. Web

Existen equipos como son los contadores Amperios-Hora, que nos permiten controlar bien la cantidad de Ah que fluyen del panel solar a la batería, los de batería a la carga, o ambos.

5. Instalación de convertidores

- **Inversor o convertidor DC/AC**, dispositivo que permite la conversión de la corriente continua (*DC*) generada en los paneles fotovoltaicos en corriente alterna (*AC*) para que pueda ser empleada por los receptores y electrodomésticos utilizados en la vivienda.



Figura 2.9 Inversores o Convertidor DC/AC

Fuente: Auto solar

Según calor y frío los inversores solares se deben clasificar en tres diferentes tipos:

- Inversor simple o autónomo:** Se usa en sistemas fotovoltaicos aislados en donde los inversores toman la corriente directa de baterías cargadas por los paneles solares y/o de otras fuentes, como turbinas eólicas, generadores de energía, etc.
- Inversor de Red:** Están diseñados para apagarse automáticamente cuando el suministro de la red disminuye, por razones de seguridad.

- c. **Inversor con batería de apoyo:** son inversores especiales que están diseñado para tomar la energía de las baterías, administrar la carga de las baterías y exportar el exceso de energía hacia la red eléctrica.

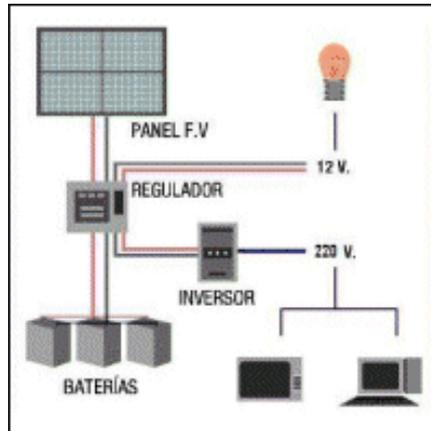


Figura 2.10 Esquema de conexionado de convertidores

Fuente: Reforan.

Los equipos convertidores o inversores, tanto senoidales como de onda cuadrada, deben instalarse siempre lo más cerca posible de las baterías que se pueda, de esta forma se disminuirán las pérdidas en el conductor.

6. Cableado

El cableado que se emplee deberá cumplir con el reglamento electrotécnico de baja tensión que le sea de aplicación en todos los tramos de la instalación, tanto en los tramos de continua (directa) que abarca desde el generador fotovoltaico hasta su conexión con el inversor, como en los tramos de corriente alterna a partir de la salida del inversor hacia la instalación eléctrica interior de la vivienda.

Tabla 2.1 Calibre de alambre para instalación

TIPO	CALIBRE	CONDUCTOR				AISLAMIENTO			PESO TOTAL APROX Kg/Km	CAPACIDAD CORRIENTE	
		# H	DIÁMETRO		PESO APROX Kg/Km	ESP PROM mm	DIAM APROX mm	PESO APROX Kg/Km		*	**
			HILO	COND							
		AWG	#	mm	mm	Kg/Km	mm	mm		Kg/Km	Amp
TF	18	1	1,02	1,02	7,32	0,76	2,54	5,96	13,28	6	7
TF	16	1	1,29	1,29	11,62	0,76	2,81	6,85	18,47	8	10
TWS	14	1	1,63	1,63	18,51	0,76	3,15	7,98	26,49	20	25
TWS	12	1	2,05	2,05	29,40	0,76	3,57	9,40	38,80	25	30
TWS	10	1	2,59	2,59	46,76	0,76	4,11	11,19	57,96	30	40
TWS	8	1	3,26	3,26	74,39	1,14	5,54	22,08	96,47	40	60
TWS	6	1	4,12	4,12	118,23	1,14	6,40	26,35	144,58	55	80
TWC	8	7	1,23	3,70	75,91	1,14	5,98	27,10	103,01	41	62
TWC	6	7	1,55	4,66	120,39	1,52	7,70	45,80	166,19	57	82
TWC	4	7	1,96	5,88	191,71	1,52	8,92	56,61	248,32	70	105
TWC	2	7	2,47	7,42	305,13	1,52	10,46	71,12	376,25	95	140
TWC	1/0	19	1,89	9,46	484,38	2,03	13,52	115,10	599,48	125	195
TWC	2/0	19	2,13	10,63	611,61	2,03	14,69	128,83	740,44	145	225
TWC	3/0	19	2,39	11,94	771,64	2,03	16,00	144,66	916,30	165	260
TWC	4/0	19	2,68	13,40	971,89	2,03	17,46	162,87	1.134,76	195	300

Fuente: Copyright 2006 Fabricables S.A.

Los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior, incluyendo cualquier terminal intermedio, a los valores especificados a continuación (referidos a la tensión nominal continua del sistema):

- Caídas de tensión máxima entre generador y regulador/inversor: 3%
- Caídas de tensión máxima entre regulador y batería: 1%
- Caídas de tensión máxima entre inversor y batería: 1%
- Caídas de tensión máxima entre regulador e inversor: 1 %
- Caídas de tensión máxima entre inversor/regulador y cargas: 3%

Los cables positivos y negativos de la parte continua de la instalación se conducirán separados, protegidos y señalizados (códigos de colores, etiquetas, etc.) de acuerdo a la normativa vigente.

Los cables de exterior estarán protegidos contra la intemperie.

2.4.1.3 PROCESO DE FORMA

Es posible clasificar los tipos de paneles en función de su forma. Empleándose cualquiera de los materiales que fabrican paneles en distintos formatos para adaptarse a una aplicación en concreto o bien para lograr un mayor rendimiento. Algunos ejemplos de formas de paneles distintos del clásico plano son:

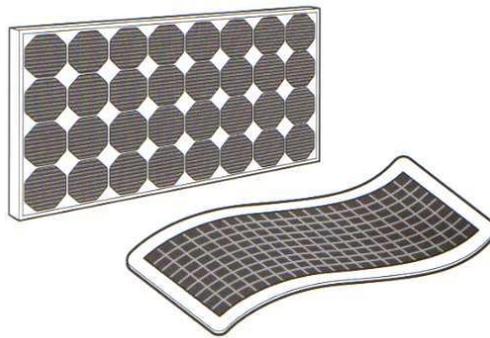


Figura 2.11 Formas de paneles fotovoltaicos.

Fuente: Edwfuerteventura2000.

1. Paneles con sistemas de concentración.



Figura 2.12 paneles fotovoltaicos con sistema de concentración.

Fuente: SolMex Energy.

Un ejemplo de ellos es el modelo desarrollado por una marca española, el cual mediante una serie de superficies reflectantes concentra la luz sobre los paneles fotovoltaicos. Aunque el porcentaje de conversión no varíe, una misma superficie de panel producirá más electricidad ya que recibe una cantidad concentrada de fotones.

Actualmente se investiga en sistemas que concentran la radiación solar por medio de lentes.

La concentración de la luz sobre los paneles solares es una de las vías que están desarrollando los fabricantes para lograr aumentar la efectividad de las células fotovoltaicas y bajar los costos

2. Paneles de formato “teja o baldosa”.

Estos paneles son de pequeño tamaño y están pensados para combinarse en gran número para así cubrir las grandes superficies que ofrecen los tejados de las viviendas. Aptos para cubrir grandes demandas energéticas en los que se necesita una elevada superficie de captación.

3. Paneles bifaciales

Basados en un tipo de panel capaz de transformar en electricidad la radiación solar que le recibe por cualquiera de sus dos caras. Para aprovechar convenientemente esta cualidad se coloca sobre dos superficies blancas que reflejan la luz solar hacia el reverso del panel.

La idea de este nuevo diseño se basa simplemente en modificar el diseño de forma que la superficie del panel está dispuesta en zigzag con formas angulosas y la explicación es bastante sencilla.

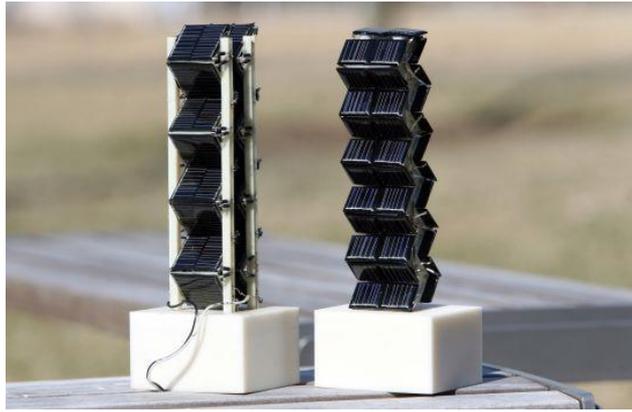


Figura 2.13 Diseño de paneles bifaciales

Fuente: Wisphysics.

Según Jeffrey Grossman, del Instituto Tecnológico de Massachusetts menciona si un panel solar típico con forma plana normalmente está instalado de forma fija, por ejemplo sobre el tejado de una casa, esto significa que solo recibirá luz solar de forma directa en un ángulo óptimo durante un periodo de tiempo corto cada día. En estos paneles 3D se encuentra que este tiempo en el que se recibe luz de forma más intensa es mayor.

2.4.1.4 DISPOSICIÓN DE CELDAS EN PANELES FOTOVOLTAICOS

1. Celdas Fotovoltaicas

Son los encargados de captar la radiación solar y transformarla en electricidad, generando una corriente continua (*CC*), también llamada directa (*DC*). El número de paneles quedará determinado por la potencia que se necesita suministrar, y su disposición y forma de conexión (en serie o en paralelo), será en función de la tensión nominal de suministro y la intensidad de corriente que se desee generar.

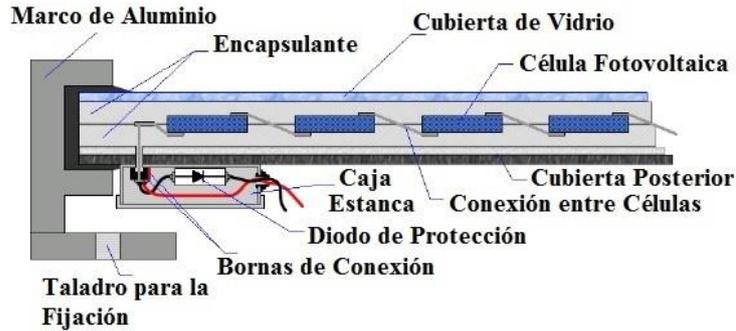


Figura 2.14 Composición de una celda fotovoltaica.

Fuente: Departamento de Electrónica - Universidad de Jaén.

Las células fotovoltaicas son dispositivos formados de metales sensibles a la luz que desprende electrones cuando los fotones inciden sobre ellos.

Convierten energía luminosa a energía eléctrica.

Una célula fotovoltaica se construye con dos tipos de silicio, que cuando son golpeados por la energía solar, producen una diferencia de potencial entre ellos y, si está conectado a un circuito eléctrico, circulará una corriente.

Un número de células fotovoltaicas se conectan entre sí en un “módulo” y, generalmente, encapsulados en vidrio que se mantienen un marco que puede ser montado cuando sea necesario.

Las células en un módulo estarán conectadas en serie o en paralelo para producir un voltaje específico. Lo que puede ser contemplado como un panel de 12 voltios puede producir alrededor de 16 voltios a pleno sol para cargar una batería de 12 voltios.

Existen tres tipos de placas fotovoltaicas:

- a. **Células mono cristalinas** que se cortan de un solo cristal de silicio que son efectivamente una rebanada de un cristal.

Tendrá una textura suave y usted será capaz de ver el grosor de la rebanada.

Estos son los más eficientes y los más caros de producir.

También son rígidos y deben ser montados en una estructura rígida para su protección.

b. Poli cristalino las células son efectivamente una reducción de corte de un bloque de silicio, compuesto de un gran número de cristales.

Poco menos eficiente y un poco menos costosos que las células mono cristalinas y otra vez deben ser montados en un marco rígido.

c. Células amorfas, éstas son manufacturadas mediante la colocación de una fina capa de amorfo (no cristalino) de silicio sobre una amplia variedad de superficies.

Estos son los menos eficiente y menos costosos de producir de los tres tipos.

Debido a la naturaleza amorfa de la capa fina, es flexible, y si se fabrica sobre una superficie flexible, el panel solar entero puede ser flexible.

Una característica de las celdas solares amorfa es que su potencia se reduce con el tiempo, especialmente durante los primeros meses, después de los cuales son básicamente estables.

La fiabilidad de las celdas solares es muy grande y no necesitan mantenimiento. Son bastante insensibles a las variaciones climáticas y a los agentes atmosféricos, salvo, como es lógico, los que impiden la llegada de la luz.

La disposición de las células en un medio flexible y transparente, amplía el campo de aplicaciones para la energía solar fotovoltaica, como la posibilidad de incorporarlas en pequeños aparatos electrónicos o convertir grandes superficies acristaladas como generadores de electricidad.

2.4.2 ENFOQUE TEÓRICO DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

2.4.2.1 ENERGÍAS NO CONVENCIONALES

La Energía No Convencional es la que está en proceso de desarrollo y cuyo uso masivo aún es limitado debido a los costos para su producción y su difícil forma para captarlas y transformarlas en energía eléctrica.

Sin embargo, la energía no convencional es menos dañina al medio ambiente, será menos costosa si tomamos en cuenta el ritmo que lleva la convencional, al tiempo que amplía las posibilidades de generar nuevas energías. Entre las energías no convencionales tenemos la energía solar, la energía eólica, la energía química u otras formas de energía que se pueden crear.

Dentro de las que más se están utilizando tenemos la energía nuclear, la energía solar, la energía geotérmica, la energía química, la energía eólica y la energía de la biomasa.

Tanto la energía convencional como la no convencional constituyen una necesidad en el mundo moderno del cual el ser humano no puede prescindir, y debido a la escasez, el costo, el agotamiento, la captación y la contaminación, se le debe dar seguimiento a la evolución de cada uno de estos tipos de energía.

2.4.2.2 CONVERSIÓN DE ENERGÍA SOLAR A ELÉCTRICA

El elemento base de la transformación de energía solar a eléctrica son las células o celdas fotovoltaicas.

Por medio de las celdas fotovoltaicas la conversión de energía solar a eléctrica no necesita de reacciones químicas u otros mecanismos para obtenerla, es una de las energías renovables con proyección por su sencillez técnica.

Existen dos formas de utilización de la energía fotovoltaica:

Autoconsumo:

- No es conectada a la red pública.
- Sirve para abastecer una vivienda aislada de la red de energía eléctrica.
- Posee baterías propias de acumulación en periodos de no tener radiación.

Integración a la red eléctrica:

- Sistema de instalación a la red eléctrica.
- Aportación de energía solar a la red de energía eléctrica.

Ventajas de las instalaciones de energía solar fotovoltaica para conversión a energía eléctrica.

- Mejora de los rendimientos de las celdas energéticas.
- Disminución de costos por la incrementación de producción.
- Mayor durabilidad al paso del tiempo.
- No requiere mantenimiento constante.
- No producen contaminación atmosférica, no hacen ruido.
- Son limpias
- No consumen combustible, se alimentan del sol.
- Funcionan con luz directa y difusa.
- Se pueden utilizar de forma independiente o integrada a la red eléctrica pública.
- El silicio es la base de las células solares.
- Su factibilidad de instalación permite la integración en zonas urbanas.
- Son menos antiestéticas que otras energías en lugares como edificios.

2.4.2.3 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En general, la generación de energía eléctrica consiste en transformar alguna clase de energía química, mecánica, térmica o luminosa, entre otras, en energía eléctrica.

La generación eléctrica se realiza, mediante un generador que varía en función a la forma en que se accionan, esto quiere decir qué fuente de energía primaria utiliza para convertir la energía acumulada, en energía eléctrica.

Desde que Nicola Tesla descubrió la corriente alterna y la forma de producirla en los alternadores, se ha llevado a cabo una inmensa actividad tecnológica para llevar la energía eléctrica a todos los lugares habitados del mundo.

El aprovechamiento es muy desigual en todo el mundo.

Tomando en consideración la demanda de energía eléctrica en zonas aisladas de la red eléctrica, nos hemos visto con la responsabilidad de encontrar otras fuentes de generación eléctrica a través de fuentes naturales que poseemos, como, el viento, el sol, entre otras.

➤ **Corriente de Energía.**

Dependiendo de la fuente primaria de energía utilizada, las centrales generadoras se clasifican en químicas cuando se utilizan plantas de radioactividad, que generan energía eléctrica, termoeléctricas (de carbón, petróleo, gas, nucleares y solares termoeléctricas), hidroeléctricas (aprovechando las corrientes de los ríos o del mar: mareomotrices), eólicas y solares fotovoltaicas. La mayor parte de la energía eléctrica generada a nivel mundial proviene de los dos primeros tipos de centrales reseñados. Todas estas centrales, excepto las fotovoltaicas, tienen en común el elemento generador, constituido por un alternador de corriente, movido mediante una turbina que será distinta dependiendo del tipo de energía primaria utilizada.

2.4.2.4 EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

La eficiencia de conversión de energía tiene que ver con el porcentaje de potencia convertida en energía eléctrica de la luz solar total absorbida por un panel, cuando una célula solar está conectada a un circuito eléctrico.

La eficiencia se calcula con la relación del punto de máxima potencia, P_m , dividido entre la luz que llega a la celda, Irradiancia (E , W/m^2), bajo condiciones estándar (STC) y el área superficial de la celda solar (A_c , m^2).

Ecuación 2.1

$$\eta = \frac{P_m}{E * A_c}$$

Otro de los factores para obtener una eficiencia en la conversión de energía es el factor de llenado o fill factor (FF), que es la relación entre el punto máximo de la potencia dividido entre el voltaje en circuito abierto (V_{oc}) y la corriente en cortocircuito (I_{sc}).

Ecuación 2.2

$$\eta = \frac{P_m}{V_{oc} * I_{sc}} = \frac{\eta * A_c * E}{V_{oc} * I_{sc}}$$

TONC: Temperatura de Operación Nominal de la Celda.

- Temperatura que alcanza la celda solar al someterse a una Irradiancia de $800 W/m^2$, con distribución espectral AM 1.5 G.
- La temperatura ambiente es de $20^\circ C$
- Velocidad del viento 1 m/s.

2.5 HIPÓTESIS

Una adecuada configuración geométrica de las celdas solares en paneles fotovoltaicos permitirá mejorar la eficiencia de conversión de energía solar en eléctrica.

2.6 VARIABLES

V.I. Disposición de celdas solares en paneles fotovoltaicos de 10w

V.D. Eficiencia de conversión de energía

2.6.1 TERMINO DE RELACIÓN

Para

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación realizada se encuadra en las siguientes características:

Bibliográfica.- El Marco teórico ha sido desarrollado en base a una bibliografía.

De campo.- Los datos recolectados se han tenido que tomar del lugar de los hechos.

Experimental.- Con los datos recogidos se realizaran una serie de experimentos para poder dar la mejor solución al problema.

Laboratorio.- Las muestras tendrán que ser estudiadas en un laboratorio.

3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Los niveles de la investigación utilizados son:

- Exploratoria, Se investigó todo y cada uno de los detalles del proyecto, con el objetivo de estudiar las propiedades de las celdas fotovoltaicas.
- Descriptiva, el objetivo fundamental es la descripción del fenómeno, mediante la observación, estudios correlacionales y el desarrollo.

- Explicativa, se abordó la relación entre los fenómenos para conocer su estructura y los aspectos que intervienen en su dinámica.
- Correlacional, este tipo de investigación tuvo como finalidad determinar el grado de relación o asociación no causal existente entre las dos variable

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 POBLACIÓN

Considerando que la configuración y orientación de los paneles fotovoltaicos tienen una gran variedad de ángulos a considerarse como de elevación, orientación, etc. Se puede decir su ubicación es infinita.

3.3.2 MUESTRA

Se analizaron diversas formas en días soleados, hasta con diez variaciones de configuración para los paneles fotovoltaicos (10W) y la convencional (plana).

Tabla 3.1 Configuraciones de paneles fotovoltaicos.

DISPOSICIONES	CONFIGURACIÓN
Trapezoidal	
Cóncava	
Convexo	
Zigzag	

En U	
Triangular	
Onda cuadrada	
Onda trapezoidal	
Onda triangular	
Rectángulo	
Plana	

Fuente: Autor

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

CONTEXTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS/INSTRUMENTOS
<p>La radiación solar que incide sobre una placa variará con el ángulo que forme la misma con la radiación. La captación de energía solar será máxima cuando la posición de la placa solar sea perpendicular a la radiación.</p> <p>Los paneles adoptan casi siempre una forma cuadrada o rectangular, con áreas que van desde unos 0,1 m² hasta 0,5 m². El espesor total, sin incluir el marco protector, no suele superar los 3 cm.</p>	<p>Inclinación</p> <p>Forma</p> <p>Curvatura</p>	<p>d. Plano</p> <p>e. Triangulo</p> <p>f. Trapecio</p> <p>g. Poligonal</p> <p>h. Cóncava</p> <p>i. Convexa</p>	<p>0°</p>	<p>Observación /Ficha de observación</p>

V.I. Disposición de celdas solares en paneles fotovoltaicos de 10W.

3.5 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para poder recolectar información, se utilizaron celdas fotovoltaicas, a estas las ubicamos en diferentes formas o posiciones expuestas a una fuente de calor natural (el sol), para estas pruebas utilizamos diez configuraciones con las celdas fotovoltaicas, de un infinito número que podríamos formar con ellas, estas pruebas tuvieron una duración de diez días y fueron distribuidas un día para cada forma o posición que se sometió a dichas celdas fotovoltaicas, se comenzó a llevar a cabo las pruebas desde que el sol salió hasta que comenzó a ocultarse, por razones se obtuvo una eficiencia óptima, no procedimos a realizar pruebas en días muy nublados ya que para demostrar que los datos de recolección en ambientes fríos o de poca luz son irreales para nuestra investigación, la instrumentación que utilizamos son de gran importancia ya que por medio de ellos obtenemos mejores resultados al momento de obtener los datos en cada medición, los instrumentos deben ser de precisión y estar en buen estado para que no tengamos inconvenientes en el momento de las pruebas.

3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

La información recolectada permitió determinar cuál de las formas o posiciones de las sedas fotovoltaicas a las que fueron sometidas es la que tiene una mejor eficiencia de conversión de energía solar a eléctrica.

Los valores obtenidos se representaron en gráficas de carga de energía vs tiempo que están establecidos en el medio.

Estos datos se tabularon para verificar cuál de ellos, es el que tiene una mayor eficiencia, y por ende el que tiene una mayor cantidad de energía solar absorbida y una cantidad de energía eléctrica transmitida, según esta información de la recolección de datos adquiridos por las pruebas, se analizan las posibles

variaciones que podrían determinar en qué configuración de celdas fotovoltaicas existe una mejor eficiencia de energía solar y convertirla a eléctrica.

Cabe recalcar que las configuraciones sometidas a las pruebas solares se realizaron sin tomar en cuenta ángulos o direcciones que comúnmente se someten a los paneles solares de gran escala, y de esta manera probamos que la posición de celdas fotovoltaicas en distintas formas pueden ser aprovechadas al exponerlas a los rayos solares alcanzando un mejor tiempo en la acumulación de energía solar y por ende una mejor eficiencia.

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tomando en cuenta que el clima en la región sierra varía, las pruebas se han realizado en días soleados y un poco nublados para observar la eficiencia de la carga en dichas pruebas.

Para calcular la eficiencia del sistema tomaremos en cuenta las siguientes fórmulas:

Eficiencia global (%)

Ecuación 4.1

$$\eta_g(\%) = \frac{I * V}{G * A_p * 10}$$

Dónde:

η_g = Eficiencia global (%)

I = Intensidad eléctrica (mA.)

V = voltaje (V)

G = Irradiación solar (W/ m²)

A_p = Área proyectada (m²)

A continuación se muestra las gráficas y resultados de diez pruebas que se realizaron con los paneles fotovoltaicos considerando diferentes configuraciones.

4.1.1 DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA PARA CADA CONFIGURACIÓN DE CELDAS SOLARES.

En cada configuración para calcular la eficiencia, con los datos que adquirimos mediante pruebas utilizaremos la **ecuación 4.1**

a) Zigzag

En la mañana

Tabla 4.1 Pruebas realizadas con configuración zigzag.

FECHA 8 de julio de 2013						
CUADRO: configuración zigzag						
HUMEDAD RELATIVA 29,70%					Hora de inicio: 9:30 am	
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
9:30	623,1	17	1,3	5	5	
10:00	538,55	17,8	1,6	618,95	623,95	8,49%
10:30	514,3	18,5	1,7	1248,4	1253,4	9,04%
11:00	508,6	19	1,5	1875,5	1880,5	9,11%
11:30	458,14	21	2,5	2492,9	2497,9	9,95%
Promedio	528,538	18,66	1,72			9,15%
Mínimo	458,14	17	1,3			8,49%
Máximo	623,1	21	2,5			9,95%

Fuente: Autor

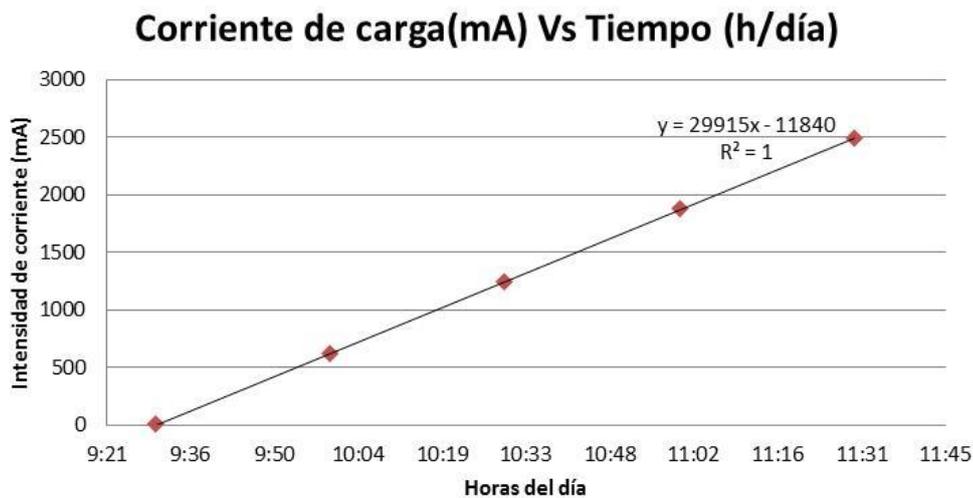


Figura 4.1 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.

Fuente: Autor.

En la mañana los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 9:30 hasta las 11:30 am. Cuyo valor es de 2492.90 mA.

En la tarde.

Tabla 4.2 Pruebas realizadas con configuración zigzag.

FECHA 8 de julio de 2013						
CUADRO: configuración zigzag						
HUMEDAD RELATIVA 29,70%				Hora de inicio: 12:00 pm		
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
12:00	427,25	21,7	1,8	5	5	
12:30	443,7	22,4	1,6	665,65	670,65	11,08%
13:00	487,2	23,2	1,6	1275,73	1280,73	9,25%
13:30	549,32	24	1,45	1715	1720	5,91%
14:00	595,32	24,7	1,8	2491,87	2496,87	9,64%
Promedio	500,6	23,2	1,7			8,97%
Mínimo	427,25	21,7	1,45			8,49%
Máximo	595,32	24,7	1,8			9,95%

Fuente: Autor.

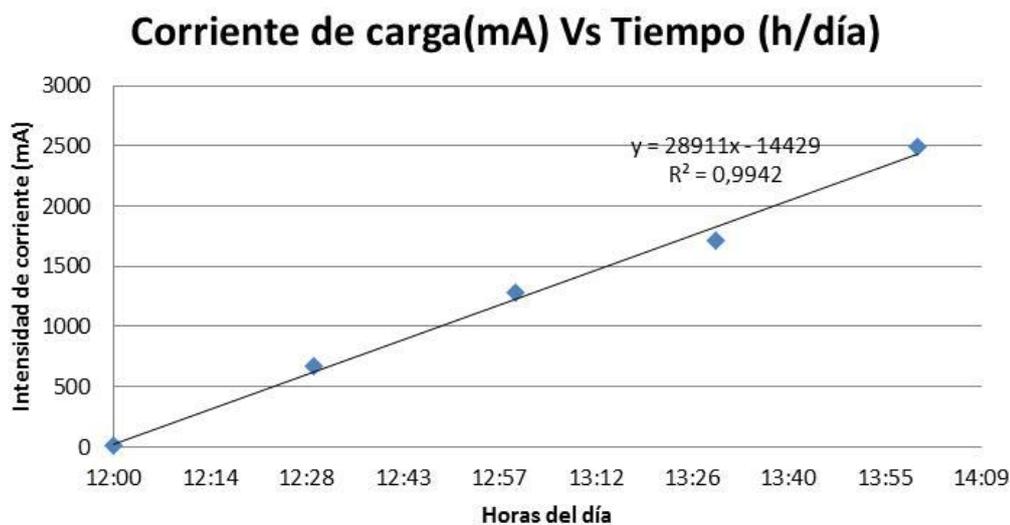


Figura 4.2 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.

Fuente: Autor.

En la tarde los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 12:00 hasta las 14:00 pm. cuyo valor es de 2496.87 mA.

En estas dos gráficas de la configuración zigzag tanto en la mañana como en la tarde, tenemos un tiempo de almacenamiento de 2 horas para obtener la carga completa de 2497.9 mA. en la mañana y de 2496.87 mA. en la tarde en los acumuladores de energía, lo que podemos observar es que alcanza una eficiencia promedio de un 9.06 % aproximadamente.

b) Trapezoidal

En la mañana

Tabla 4.3 Pruebas realizadas con configuración trapezoidal.

FECHA 9 de julio de 2013						
CUADRO: configuración Trapezoidal						
HUMEDAD RELATIVA 39,80%				Hora de inicio: 9:30 am		
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
9:30	632,1	17	1,3	5	5	
10:00	583,55	17,8	1,6	417,49	422,49	5,28%
10:30	541,3	18,5	1,7	827,99	832,99	5,60%
11:00	512,6	19	1,5	1640,94	1645,94	11,71%
11:30	478,14	21	2,5	2083,48	2088,48	6,83%
12:00	463,25	21,7	1,8	2494,97	2499,97	
Promedio	535,16	19,17	1,7			7,36%
Mínimo	463,25	17	1,3			5,28%
Máximo	632,1	21,7	2,5			11,71%

Fuente: Autor.

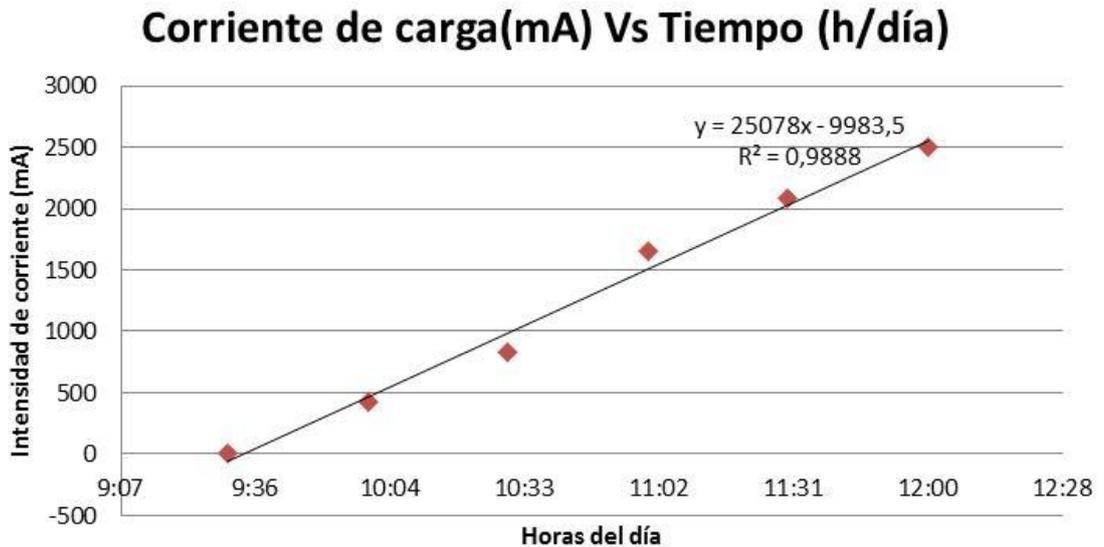


Figura 4.3 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.

Fuente: Autor.

En la mañana los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 10:30 hasta las 11:00 am. Cuyo valor es de 1640.94mA.

En la tarde

Tabla 4.4 Pruebas realizadas con configuración trapezoidal.

FECHA 9 de julio de 2013						
CUADRO: configuración Trapezoidal						
HUMEDAD RELATIVA 39,80%				Hora de inicio: 12:30 am		
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
12:30	439,7	22,4	1,6	5	5	
13:00	477,2	23,2	1,6	427,59	432,59	6,62%
13:30	534,32	24	1,45	860,48	865,48	5,98%
14:00	563,26	24,7	1,8	1683,92	1688,92	10,80%
Promedio	503,62	23,575	1,6125			7,80%
Mínimo	439,7	22,4	1,45			5,98%
Máximo	563,26	24,7	1,8			10,80%

Fuente: Autor.

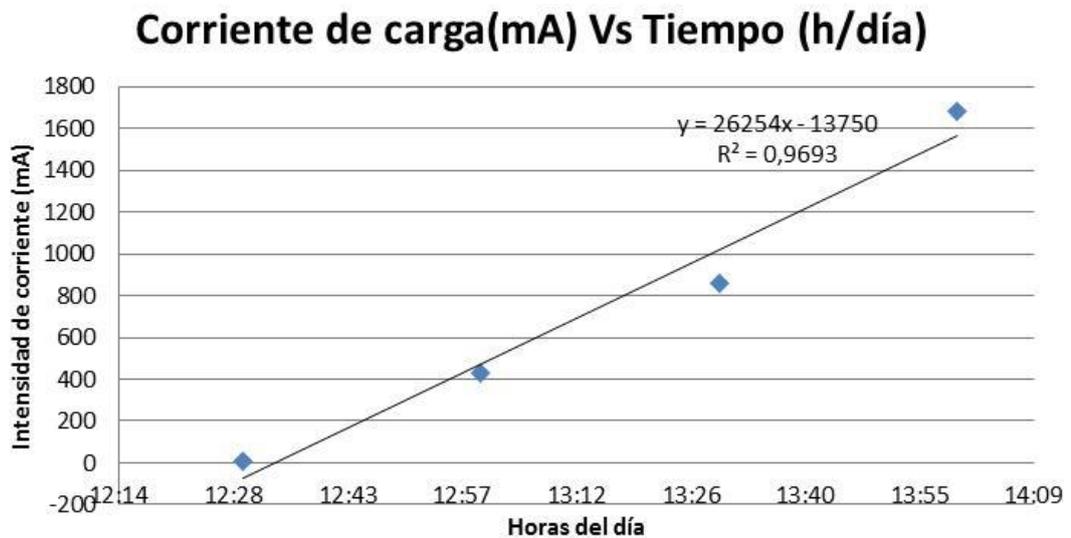


Figura 4.4 Grafica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.

Fuente: Autor.

En la tarde los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 13:30 hasta las 14:00 pm. Cuyo valor es de 1683.92 mA.

En estas dos gráficas de la configuración Trapezoidal, el tiempo de almacenamiento en la mañana es de 9:30 am a 11:30 am alcanzando los 2494.97mA.y en la tarde, de 12:30 a 14:00 pm alcanzando 1683.92 mA. Acotando que solo llega a obtener un porcentaje mínimo la carga de los acumuladores lo que podemos observar es que alcanzan una eficiencia promedio de un 7.55 % aproximadamente.

c) Cóncava

En la mañana

Tabla 4.5 Pruebas realizadas con configuración cóncava.

FECHA 10 de julio de 2013						
CUADRO: configuración Concava						
HUMEDAD RELATIVA 21,90%				Hora de inicio: 9:30 am		
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
9:30	629,1	17	1,3	5	5	
10:00	534,55	17,8	1,6	359,14	364,14	4,96%
10:30	517,23	18,5	1,7	714,28	719,28	5,07%
11:00	511,36	19	1,5	1072,56	1077,56	5,17%
11:30	462,39	21	2,5	1426,2	1431,2	5,65%
12:00	441,68	21,7	1,8	1980,49	1985,49	
12:30	457,59	22,4	1,6	2495	2500	
Promedio	507,7	19,62857143	1,7142857			5,21%
Mínimo	441,68	17	1,3			4,96%
Máximo	629,1	22,4	2,5			5,65%

Fuente: Autor.

Corriente de carga(mA) Vs Tiempo (h/día)

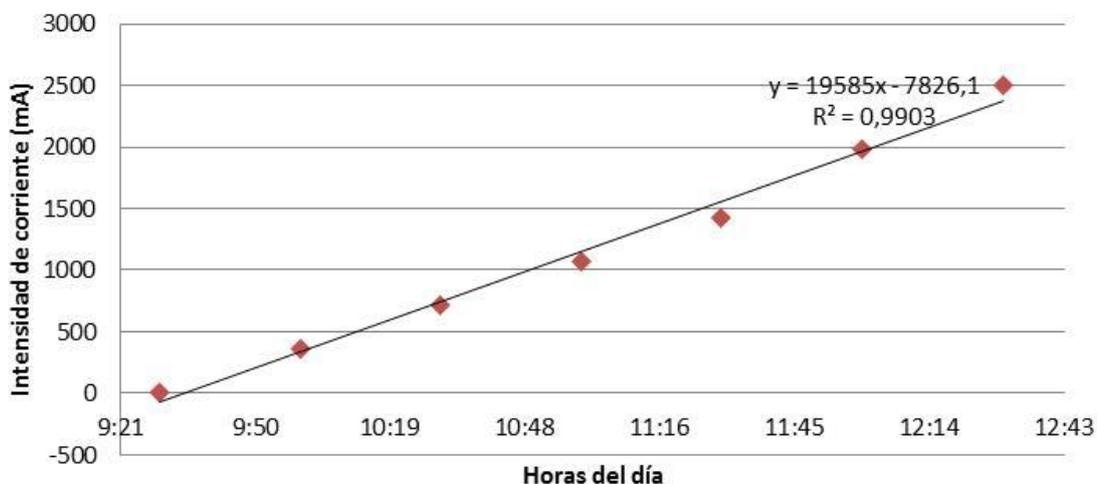


Figura 4.5 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.

Fuente: Autor.

En la mañana los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 11:30am hasta las 12:30am. cuyo valor es de 2495mA. aproximadamente.

En la tarde

Tabla 4.6 Pruebas realizadas con configuración cóncava.

FECHA 10 de julio de 2013						
CUADRO: configuración Concava						
HUMEDAD RELATIVA 21,90%					Hora de inicio: 13:00 pm	
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
13:00	476,24	23,2	1,6	5	5	
13:30	538,31	24	1,45	478	483	6,56%
14:00	549,18	24,7	1,8	734	739	3,44%
Promedio	521,24	23,97	1,62			5,00%
Mínimo	476,24	23,2	1,45			3,44%
Máximo	549,18	24,7	1,8			6,56%

Fuente: Autor.

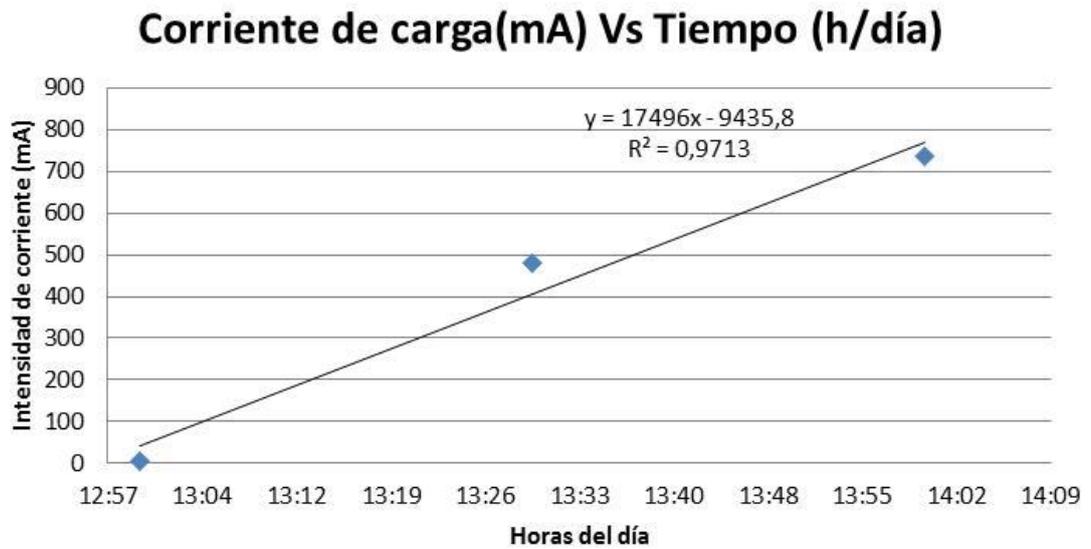


Figura 4.6 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.

Fuente: Autor.

En la tarde los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 13:00 hasta las 13:30 pm. Cuyo valor es de 478mA.

En estas dos gráficas de la configuración cóncava, el tiempo de almacenamiento en la mañana es de 9:30 am a 12:30 pm alcanzando los 2495mA.y en la tarde, de 13:00 a 14:00 pm alcanzando 734mA.acotando que solo llega a obtener un porcentaje mínimo la carga de los acumuladores lo que podemos observar es que alcanzan una eficiencia promedio de un 5.14 % aproximadamente.

d) Convexa

En la mañana

Tabla 4.7 Pruebas realizadas con configuración convexa.

FECHA 11 de julio de 2013						
CUADRO: configuración Convexa						
HUMEDAD RELATIVA 30,17%				Hora de inicio: 9:30 am		
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
9:30	593,15	17	1,3	5	5	
10:00	548,75	17,8	1,6	518	523	6,97%
10:30	524,38	18,5	1,7	972	977	6,39%
11:00	502,61	19	1,5	1379	1384	5,98%
11:30	468,14	21	2,5	1960	1965	9,16%
12:00	417,25	21,7	1,8	2494,98	2499,98	
Promedio	509,05	19,17	1,73			7,13%
Mínimo	417,25	17	1,3			5,98%
Máximo	593,15	21,7	2,5			9,16%

Fuente: Autor.

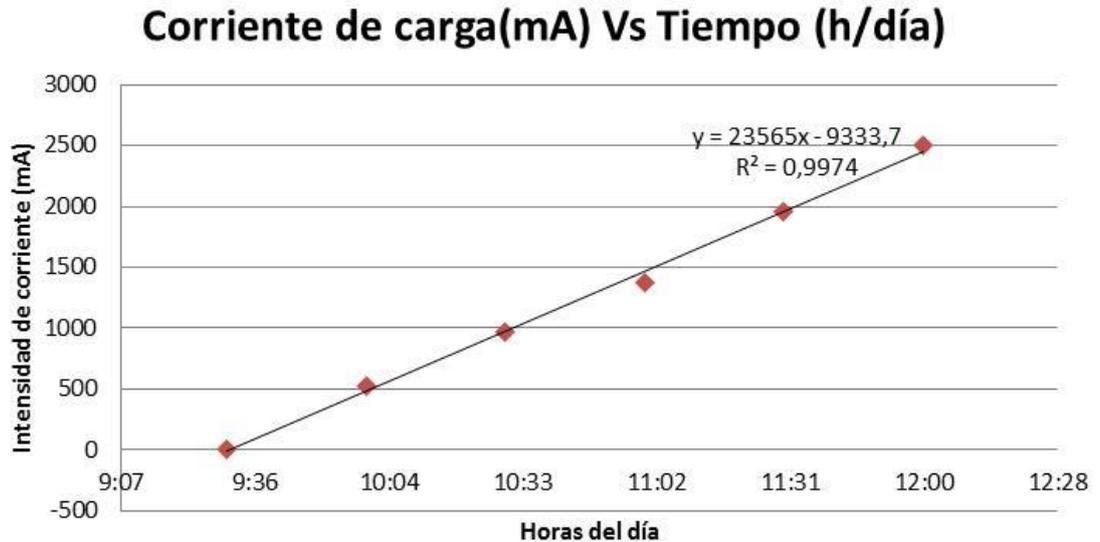


Figura 4.7 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.

Fuente: Autor.

En la mañana los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 11:30 am a 12:00 pm. Cuyo valor es de 2494.98 mA.

En la tarde

Tabla 4.8 Pruebas realizadas con configuración convexa.

FECHA 11 de julio de 2013						
CUADRO: configuración Convexa						
HUMEDAD RELATIVA 30,17%					Hora de inicio: 12:30 pm	
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30° %
12:30	453,74	22,4	1,6	5	5	
13:00	477,22	23,2	1,6	455	460	7,04%
13:30	547,36	24	1,45	775	780	4,32%
14:00	561,62	24,7	1,8	1190	1195	5,46%
Promedio	509,99	23,58	1,61			5,60%
Mínimo	453,74	22,4	1,45			4,32%
Máximo	561,62	24,7	1,8			7,04%

Fuente: Autor.

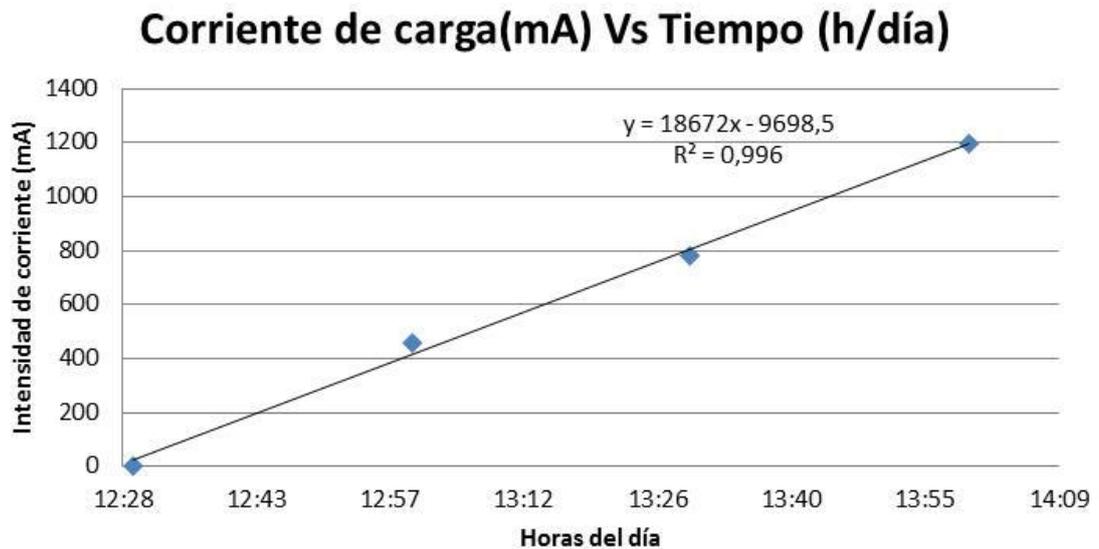


Figura 4.8 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.

Fuente: Autor.

En la tarde los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 12:30 hasta las 13:00 pm. Cuyo valor es de 455 mA.

En estas dos gráficas de la configuración cóncava, el tiempo de almacenamiento en la mañana es de 9:30 am a 12:00 pm alcanzando los 2495 mA. y en la tarde, de 12:30 a 14:00 pm alcanzando 1190 mA. acotando que solo llega a obtener un porcentaje mínimo de carga de los acumuladores lo que podemos observar es que alcanzan una eficiencia promedio de un 6.47 % aproximadamente.

e) En U

En la mañana

Tabla 4.9 Pruebas realizadas con configuración en U.

FECHA 12 de julio de 2013						
CUADRO: configuración En U						
HUMEDAD RELATIVA 28,35%				Hora de inicio: 9:30 am		
Tiempo	Radiación solar	Temperatura Ambiente	Velocidad de viento	Corriente de carga	Corriente de carga Acumulada	Eficiencia c/30`
(h)	(W/m²)	(°C)	(m/s)	(mA)	(mA)	%
9:30	600,1	17	1,3	5	5	
10:00	573	17,8	1,6	418	423	5,39%
10:30	468	18,5	1,7	829	834	6,49%
11:00	398	19	1,5	1465	1470	11,80%
11:30	296	21	2,5	1930	1935	11,60%
12:00	248	21,7	1,8	2494	2499	
Promedio	430,52	19,17	1,73			8,82%
Mínimo	248	17	1,3			5,39%
Máximo	600,1	21,7	2,5			11,80%

Fuente: Autor

Corriente de carga(mA) Vs Tiempo (h/día)

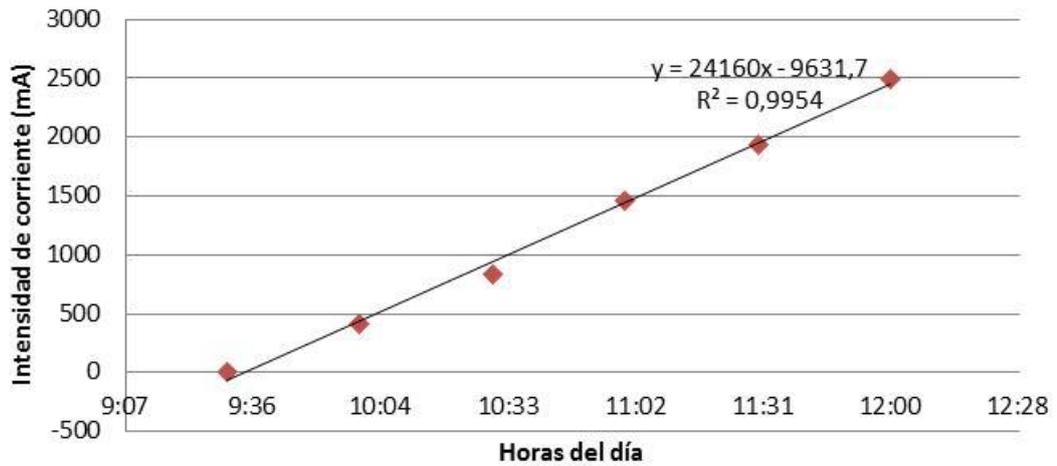


Figura 4.9 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.

Fuente: Autor.

En la mañana los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 10:30 a 11:00 am. Cuyo valor es de 1465 mA.

En la tarde

Tabla 4.10 Pruebas realizadas con configuración en U.

FECHA 12 de julio de 2013						
CUADRO: configuración En U						
HUMEDAD RELATIVA 28,35%				Hora de inicio: 12:30 pm		
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
12:30	617,2	22,4	1,6	5	5	
13:00	487,2	23,2	1,6	467	472	7,08%
13:30	549,32	24	1,45	880	885	5,55%
14:00	553,26	24,7	1,8	1455	1460	7,67%
Promedio	551,745	23,575	1,6125			8,82%
Mínimo	487,2	22,4	1,45			5,39%
Máximo	617,2	24,7	1,8			11,80%

Fuente: Autor.

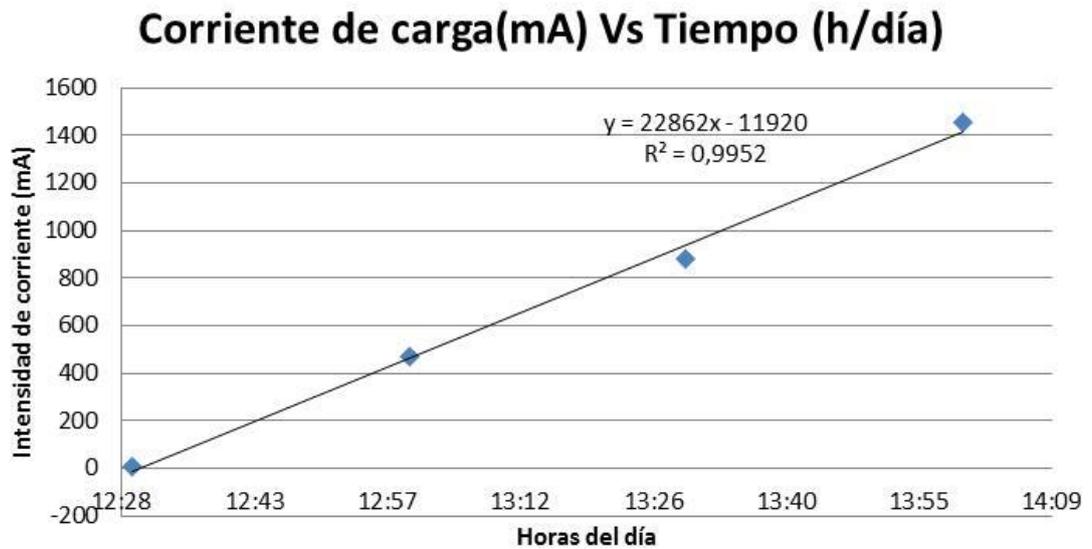


Figura 4.10 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.

Fuente: Autor.

En la tarde los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 13:30 a 14:00 pm. cuyo valor es de 1455 mA.

En estas dos gráficas de la configuración en U, el tiempo de almacenamiento en la mañana es de 9:30 am a 12:00 pm alcanzando los 2494 mA. y en la tarde, de 12:30 a 14:00 pm alcanzando 1455 mA. Acotando que solo llega a obtener un porcentaje mínimo de carga de los acumuladores lo que se observa es que alcanzan una eficiencia promedio de un 7.94 % aproximadamente.

f) **Triangular**

En la mañana

Tabla 4.11 Pruebas realizadas con configuración triangular.

FECHA 13 de julio de 2013						
CUADRO: configuración Triangular						
HUMEDAD RELATIVA 33,80%				Hora de inicio: 9:30 am		
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
9:30	440	17	1,3	5	5	
10:00	586	17,8	1,6	528	533	6,65%
10:30	460	18,5	1,7	749	754	3,55%
11:00	330	19	1,5	980	985	5,17%
11:30	306	21	2,5	1443	1448	11,17%
12:00	431	21,7	1,8	2478,5	2483,5	
Promedio	425,5	19,17	1,73			6,64%
Mínimo	306	17	1,3			3,55%
Máximo	586	21,7	2,5			11,17%

Fuente: Autor.

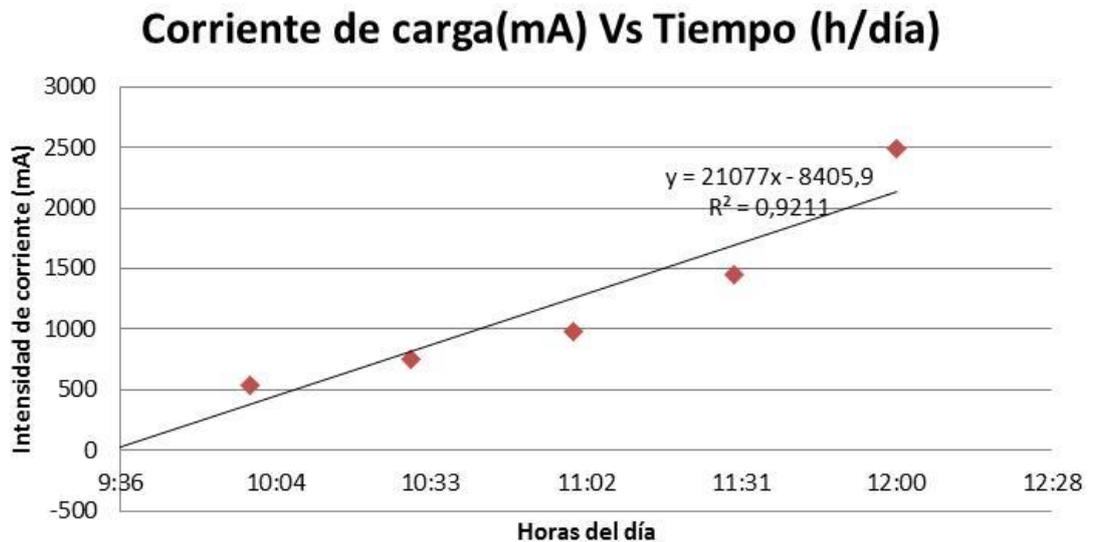


Figura 4.11 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.

Fuente: Autor.

En la mañana los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 11:30 am a 12:00 pm. Cuyo valor es de 2478.5 mA.

En la tarde

Tabla 4.12 Pruebas realizadas con configuración triangular.

FECHA 13 de julio de 2013						
CUADRO: configuración Triangular						
HUMEDAD RELATIVA 33,80%					Hora de inicio: 12:30 pm	
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
12:30	426	22,4	1,6	5	5	
13:00	300,5	23,2	1,6	418	423	10,27%
13:30	267	24	1,45	645	650	6,28%
14:00	313	24,7	1,8	910	915	6,25%
Promedio	326,63	23,58	1,61			7,60%
Mínimo	267	22,4	1,45			6,25%
Máximo	426	24,7	1,8			10,27%

Fuente: Autor.

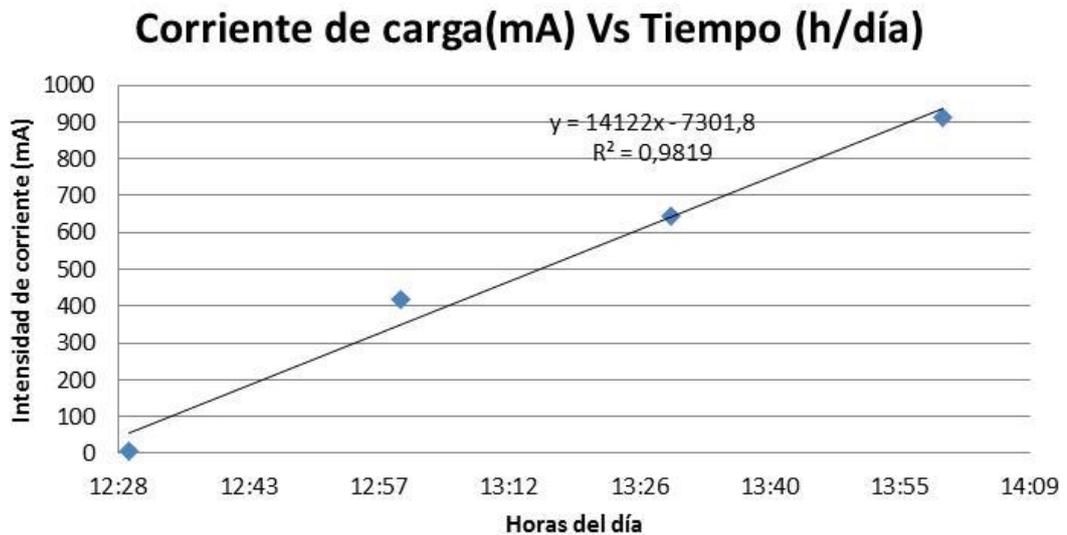


Figura 4.12 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.

Fuente: Autor.

En la tarde los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 12:30 a 13:00 pm. Cuyo valor es de 418 mA.

En estas dos gráficas de la configuración Triangular, el tiempo de almacenamiento en la mañana es de 9:30 am a 12:00 pm alcanzando los 2478.5 mA. y en la tarde, de 12:30 a 14:00 pm alcanzando 910mA. acotando que solo llega a obtener un porcentaje mínimo de carga en los acumuladores lo que se observa es que alcanzan una eficiencia promedio de un 7.05 % aproximadamente.

g) Onda Cuadrada

En la mañana

Tabla 4.13 Pruebas realizadas con configuración onda cuadrada.

FECHA 14 de julio de 2013						
CUADRO: configuración onda Cuadrada						
HUMEDAD RELATIVA 26,49%				Hora de inicio: 9:30 am		
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
9:30	479,8	17	1,3	5	5	
10:00	548,35	17,8	1,6	352	357	4,74%
10:30	551,3	18,5	1,7	693	698	4,57%
11:00	550,1	19	1,5	984	989	3,91%
11:30	552,6	21	2,5	1555	1560	7,63%
12:00	564,9	21,7	1,8	1977	1982	
12:30	555,52	22,4	1,6	2492	2497	
Promedio	543,22	19,63	1,71			5,21%
Mínimo	479,8	17	1,3			3,91%
Máximo	564,9	22,4	2,5			7,63%

Fuente: Autor.

Corriente de carga(mA) Vs Tiempo (h/día)

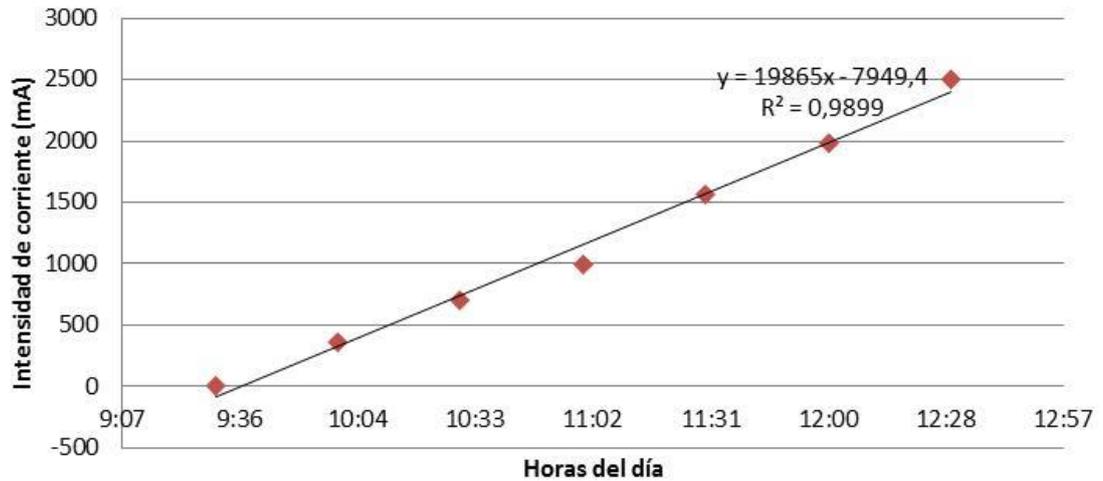


Figura 4.13 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.

Fuente: Autor.

En la mañana los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 09:30 am a 12:30 pm. Cuyo valor es de 2492mA.

En la tarde

Tabla 4.14 Pruebas realizadas con configuración onda cuadrada.

FECHA 14 de julio de 2013						
CUADRO: configuración onda Cuadrada						
HUMEDAD RELATIVA 26,49%					Hora de inicio: 13:00 pm	
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
13:00	559,3	23,2	1,6	5	5	
13:30	532,6	24	1,45	391	396	5,42%
14:00	460,3	24,7	1,8	710	715	5,12%
Promedio	517,4	23,97	1,62			5,27%
Mínimo	460,3	23,2	1,45			5,12%
Máximo	559,3	24,7	1,8			5,42%

Fuente: Autor.

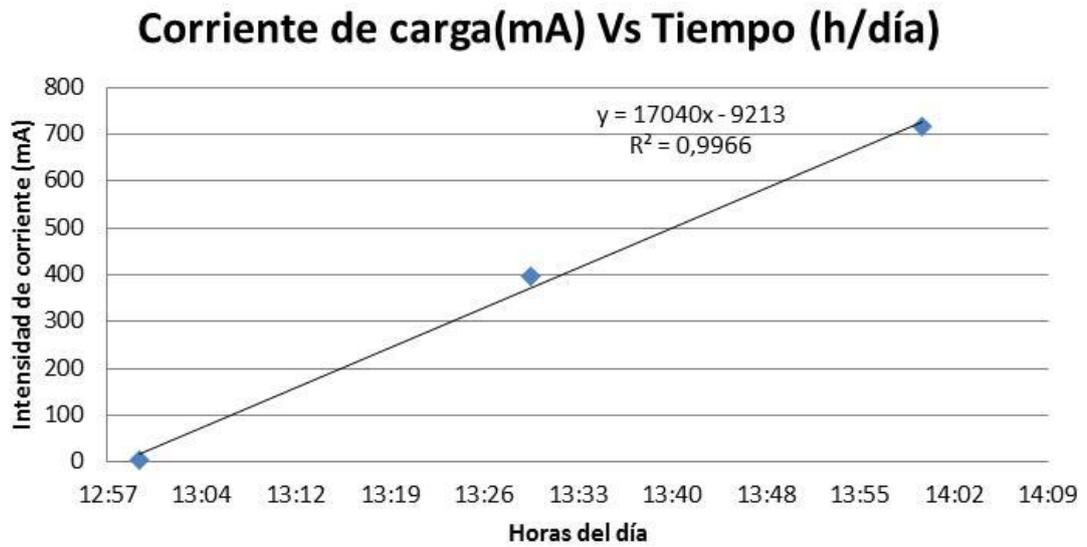


Figura 4.14 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.

Fuente: Autor.

En la tarde los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 13:00 a 13:30 pm. Cuyo valor es de 391 mA.

En estas dos gráficas de la configuración Onda Cuadrada, el tiempo de almacenamiento en la mañana es de 9:30 am a 12:30 pm alcanzando los 2492 mA. y en la tarde, de 13:00 a 14:00 pm alcanzando 710 mA. Acotando que solo llega a obtener un porcentaje mínimo de carga en los acumuladores lo que se observa es que alcanzan una eficiencia promedio de un 5.23 % aproximadamente.

h) Onda Trapezoidal

En la mañana

Tabla 4.15 Pruebas realizadas con configuración onda trapezoidal.

FECHA 15 de julio de 2013						
CUADRO: configuración onda Trapezoidal						
HUMEDAD RELATIVA 37,68%					Hora de inicio: 9:30 am	
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
9:30	512,3	17	1,3	5	5	
10:00	462,35	17,8	1,6	575	580	9,18%
10:30	432,2	18,5	1,7	924	929	5,96%
11:00	445,6	19	1,5	1368	1373	7,36%
11:30	490,3	21	2,5	1845	1850	7,18%
12:00	553,2	21,7	1,8	2490	2495	
Promedio	482,66	19,17	1,73			7,42%
Mínimo	432,2	17	1,3			5,96%
Máximo	553,2	21,7	2,5			9,18%

Fuente: Autor.

Corriente de carga(mA) Vs Tiempo (h/día)

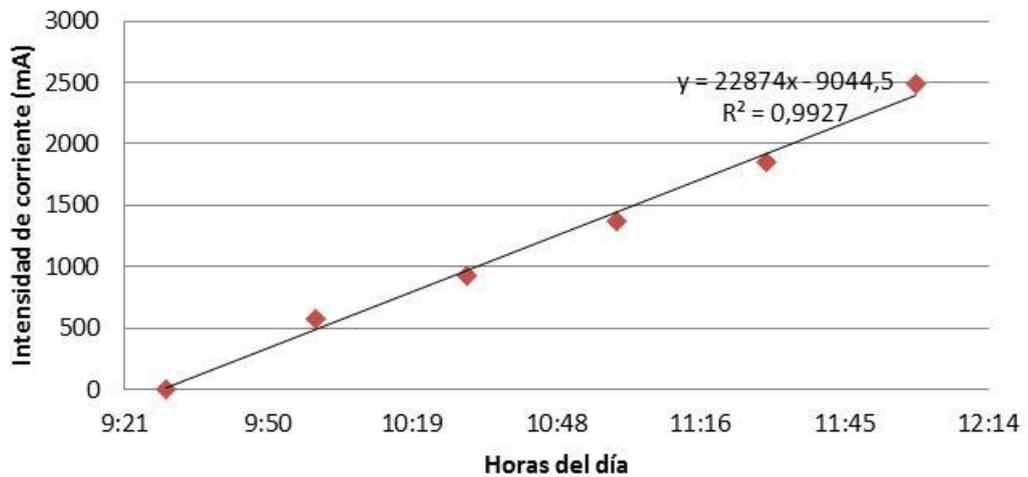


Figura 4.15 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.

Fuente: Autor.

En la mañana los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 09:30 am a 10:00 am. Cuyo valor es de 575mA.

En la tarde

Tabla 4.16 Pruebas realizadas con configuración onda trapezoidal.

FECHA 15 de julio de 2013						
CUADRO: configuración onda Trapezoidal						
HUMEDAD RELATIVA 37,68%				Hora de inicio: 12:30 pm		
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
12:30	556,3	22,4	1,6	5	5	
13:00	555,56	23,2	1,6	589	594	7,83%
13:30	530,2	24	1,45	1055	1060	6,49%
14:00	532,67	24,7	1,8	1455	1460	5,55%
Promedio	543,68	23,58	1,6125			6,62%
Mínimo	530,2	22,4	1,45			5,55%
Máximo	556,3	24,7	1,8			7,83%

Fuente: Autor.

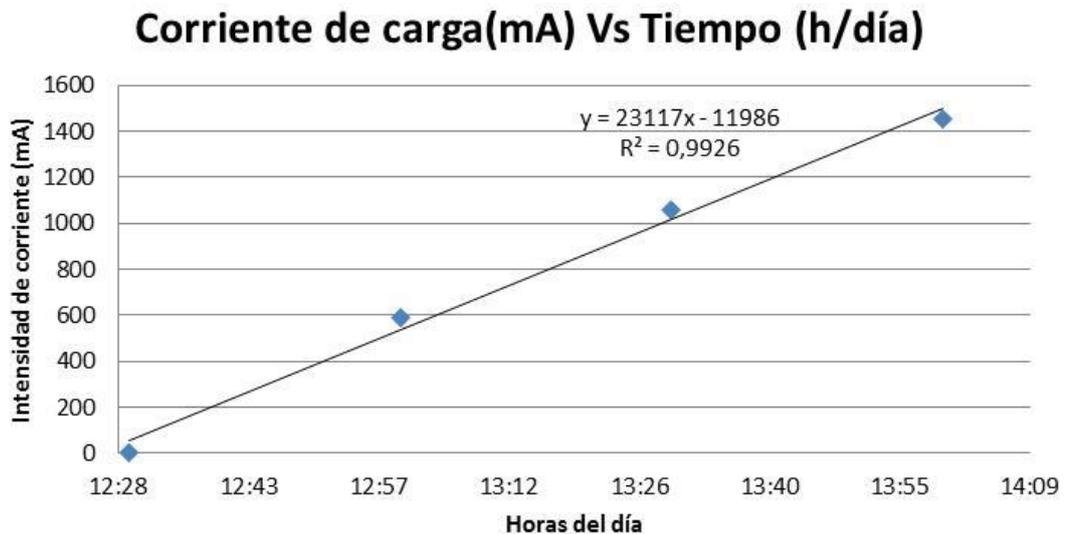


Figura 4.16 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.

Fuente: Autor.

En la tarde los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 12:30 a 13:00 pm. cuyo valor es de 589 mA.

En estas dos gráficas de la configuración Onda Trapezoidal, el tiempo de almacenamiento en la mañana es de 9:30 am a 12:00 pm alcanzando los 2490 mA. y en la tarde, de 12:30 a 14:00 pm alcanzando 1455 mA. acotando que solo llega a obtener un porcentaje mínimo de carga en los acumuladores lo que se observa es que alcanzan una eficiencia promedio de un 7.08 % aproximadamente.

i) Onda Triangular

En la mañana

Tabla 4.17 Pruebas realizadas con configuración onda triangular.

FECHA 16 de julio de 2013						
CUADRO: configuración onda Triangular						
HUMEDAD RELATIVA 22,37%				Hora de inicio: 9:30 am		
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
9:30	441	17	1,3	5	5	
10:00	527,31	17,8	1,6	473	478	6,62%
10:30	450	18,5	1,7	810	815	5,53%
11:00	405	19	1,5	1275	1280	8,48%
11:30	320	21	2,5	1625	1630	8,08%
12:00	367	21,7	1,8	2480	2485	
Promedio	418,39	19,17	1,73			7,18%
Mínimo	320	17	1,3			5,53%
Máximo	527,31	21,7	2,5			8,48%

Fuente: Autor.

Corriente de carga(mA) Vs Tiempo (h/día)

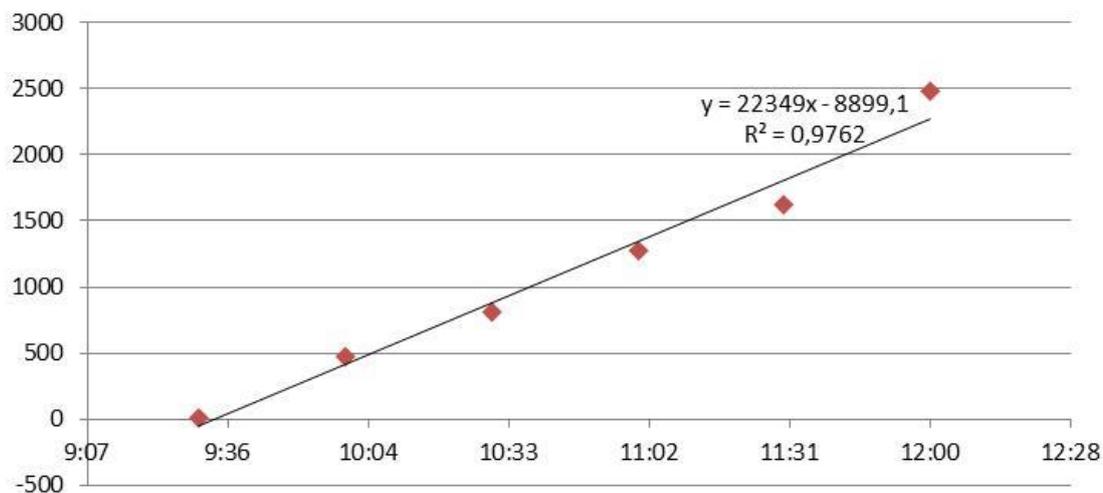


Figura 4.17 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.

Fuente: Autor.

En la mañana los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 11:00 am a 12:00 pm. Cuyo valor es de 2480 mA.

En la tarde

Tabla 4.18 Pruebas realizadas con configuración onda triangular.

FECHA 16 de julio de 2013						
CUADRO: configuración onda Triangular						
HUMEDAD RELATIVA 22,37%					Hora de inicio: 12:30 pm	
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
12:30	235	22,4	1,6	5	5	
13:00	305	23,2	1,6	412	417	9,98%
13:30	297	24	1,45	800	805	9,65%
14:00	380	24,7	1,8	1192	1197	7,62%
Promedio	304	23,58	1,61			9,08%
Mínimo	235	22,4	1,45			7,62%
Máximo	380	24,7	1,8			9,98%

Fuente: Autor.

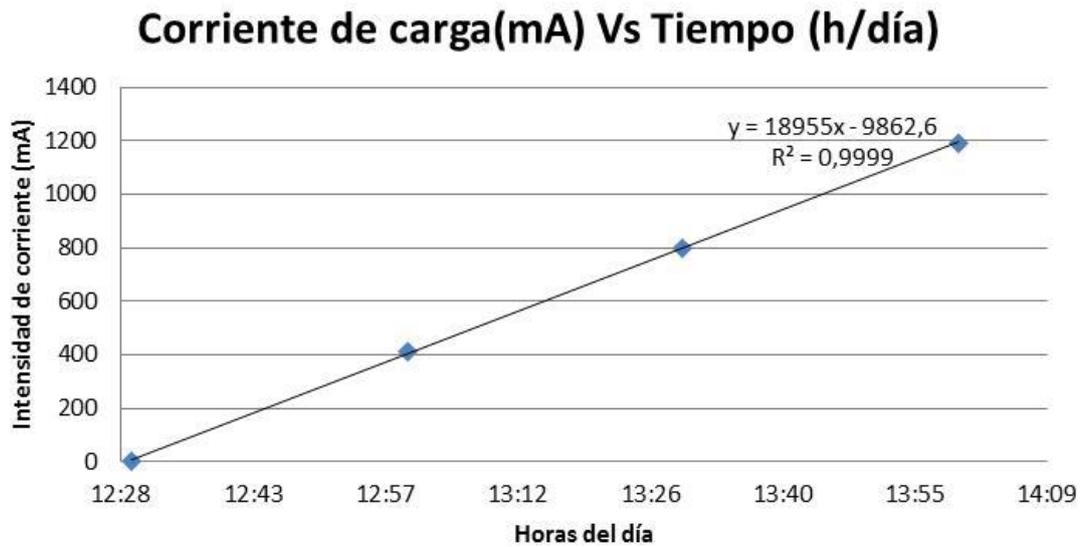


Figura 4.18 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.

Fuente: Autor.

En la tarde los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 12:30 a 14:00 pm. Cuyo valor es de 1192 mA.

En estas dos gráficas de la configuración Onda Triangular, el tiempo de almacenamiento en la mañana es de 9:30 am a 12:00 pm alcanzando los 2480 mA. y en la tarde, de 12:30 a 14:00 pm alcanzando 1192 mA. Acotando que solo llega a obtener un porcentaje mínimo de carga en los acumuladores lo que se observa es que alcanzan una eficiencia promedio de un 7.99 % aproximadamente.

j) Rectangular

En la mañana

Tabla 4.19 Pruebas realizadas con configuración rectangular.

FECHA 17 de julio de 2013						
CUADRO: configuración Rectangular						
HUMEDAD RELATIVA 26,57%				Hora de inicio: 9:30 am		
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30' %
9:30	483,23	17	1,3	5	5	
10:00	497,1	17,8	1,6	463	468	6,88%
10:30	685,7	18,5	1,7	977	982	5,54%
11:30	498,7	21	2,5	1740	1745	11,30%
12:00	499,6	21,7	1,8	1987	1992	
12:30	472,8	22,4	1,6	2493	2498	
Promedio	522,86	19,73	1,75			7,90%
Mínimo	472,8	17	1,3			5,54%
Máximo	685,7	22,4	2,5			11,30%

Fuente: Autor.

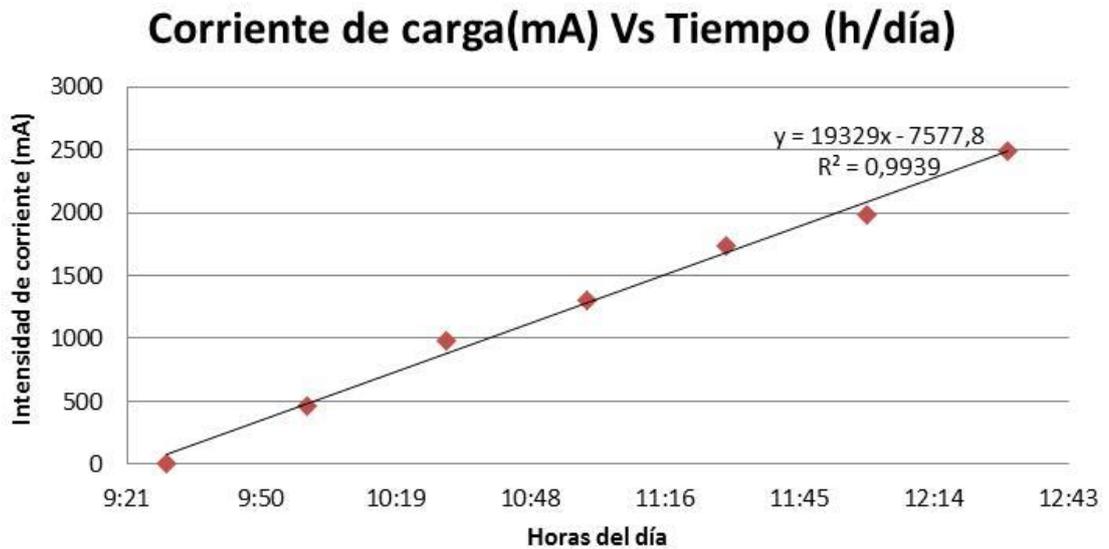


Figura 4.19 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.

Fuente: Autor.

En la mañana los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 9:30 am a 10:30 am. Cuyo valor es de 977mA.

En la tarde

Tabla 4.20 Pruebas realizadas con configuración rectangular.

FECHA 17 de julio de 2013						
CUADRO: configuración Rectangular						
HUMEDAD RELATIVA 26,57%				Hora de inicio: 13:00 pm		
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
13:00	301,5	23,2	1,6	5	5	
13:30	299,1	24	1,45	315	320	7,78%
14:00	216,5	24,7	1,8	555	560	8,19%
Promedio	272,37	23,97	1,62			7,90%
Mínimo	216,5	23,2	1,45			5,54%
Máximo	301,5	24,7	1,8			11,30%

Fuente: Autor.

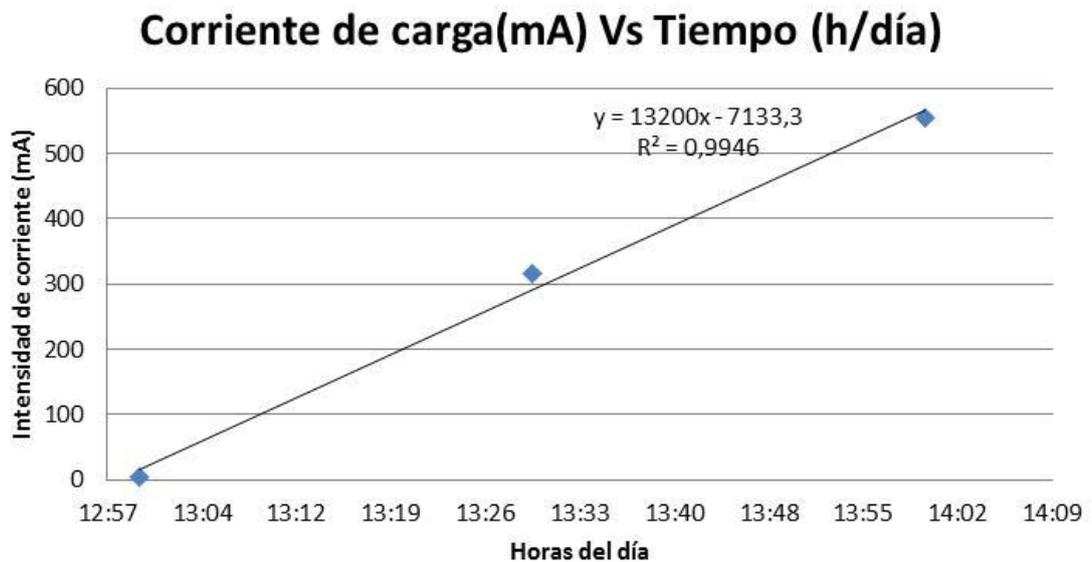


Figura 4.20 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.

Fuente: Autor.

En la tarde los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 13:00 a 13:30 pm. Cuyo valor es de 315 mA.

En estas dos gráficas de la configuración Onda Triangular, el tiempo de almacenamiento en la mañana es de 9:30 am a 12:30 pm alcanzando los 2493 mA. y en la tarde, de 13:00 a 14:00 pm alcanzando 555 mA. Acotando que solo llega a obtener un porcentaje mínimo de carga en los acumuladores lo que se observa es que alcanzan una eficiencia promedio de un 6.73 % aproximadamente.

k) Plana

En la mañana

Tabla 4.21 Pruebas realizadas con configuración plana.

FECHA 18 de julio de 2013						
CUADRO: Configuración Plana						
HUMEDAD RELATIVA 26,57%				Hora de inicio: 9:30 am		
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
9:30	623,1	17	1,3	5	5	
10:00	538,55	17,8	1,6	560	565	7,68%
10:30	514,3	18,5	1,7	965	970	5,82%
11:00	508,6	19	1,5	1470	1475	7,33%
11:30	458,14	21	2,5	1955	1960	7,82%
12:00	427,25	21,7	1,8	2490	2495	9,25%
Promedio	511,66	19,17	1,73			7,58%
Mínimo	427,25	17	1,3			5,82%
Máximo	623,1	21,7	2,5			9,25%

Fuente: Autor.

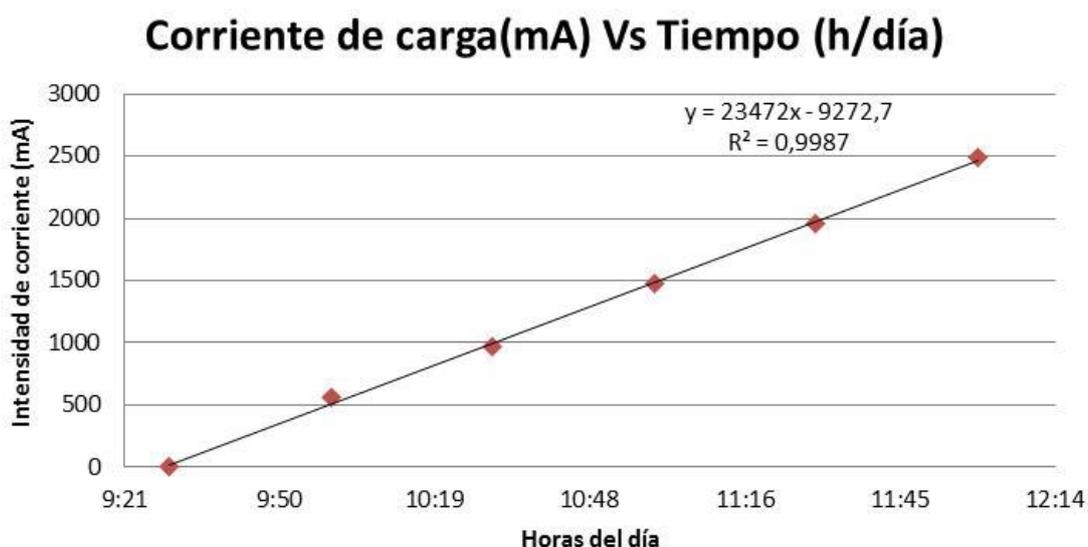


Figura 4.21 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la mañana.

Fuente: Autor.

En la mañana los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 09:30 am a 10:00 am. cuyo valor es de 560mA.

En la tarde

Tabla 4.22 Pruebas realizadas con configuración plana.

FECHA 18 de julio de 2013						
CUADRO: Configuración Plana						
HUMEDAD RELATIVA 26,57%				Hora de inicio: 12:30 pm		
Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Corriente de carga (mA)	Corriente de carga Acumulada (mA)	Eficiencia c/30` %
12:30	443,7	22	1,6	5	5	
13:00	487,2	23,2	1,6	520	525	8,65%
13:30	549,32	24	1,45	830	835	4,17%
14:00	595,32	24,7	1,8	1040	1045	2,60%
Promedio	518,89	18,83	1,61			5,14%
Mínimo	443,7	0,2657	1,45			2,60%
Máximo	595,32	24,7	1,8			8,65%

Fuente: Autor.

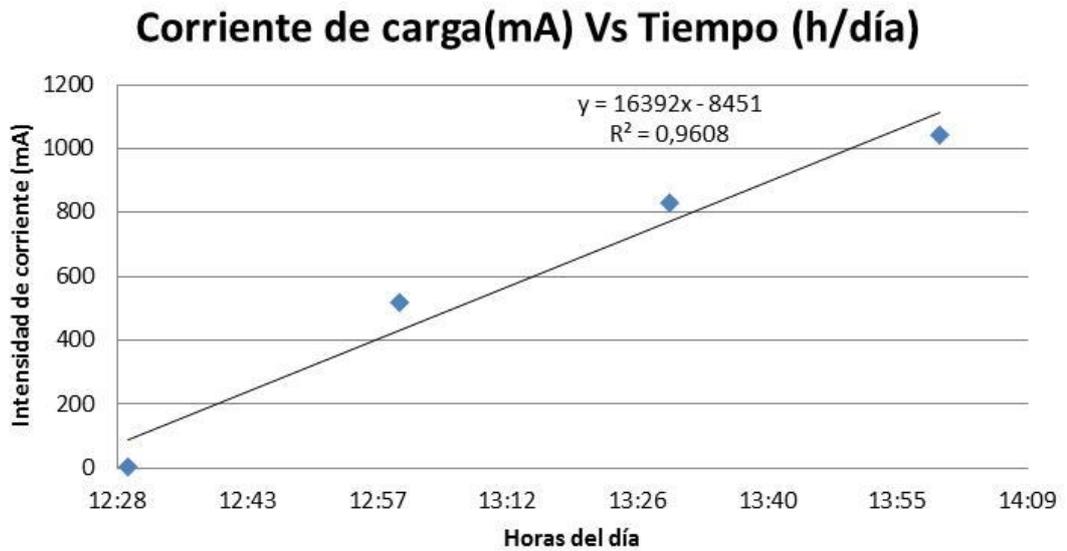


Figura 4.22 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día en la tarde.

Fuente: Autor.

En la tarde los datos dispersos se ajustan o tienden a una línea de distribución lineal, el valor máximo de intensidad de corriente se alcanza en el intervalo de tiempo de 12:30 a 13:00 pm. cuyo valor es de 520mA.

En estas dos gráficas de la configuración Plana, el tiempo de almacenamiento en la mañana es de 9:30 am a 12:00 pm alcanzando los 2495mA.y en la tarde, de 12:30 a 14:00 pm alcanzando 1040mA.acotando que solo llega a obtener un porcentaje mínimo de carga en los acumuladores lo que se observa es que alcanzan una eficiencia promedio de un 6.61 % aproximadamente.

4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1 COMPARACIONES DE EFICIENCIAS HASTA LAS ONCE Y TREINTA DEL DÍA EN LAS DIFERENTES CONFIGURACIONES TOMADAS EN DÍAS DIFERENTES.

Tabla 4.2 Resultados de las configuraciones a las 11:30 am.

FORMA O CONFIGURACIÓN	Tiempo (h)	Radiación solar (W/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Eficiencia promedio
<i>Zigzag</i>	11:30	458,14	21	2,5	9,06
<i>Trapezoidal</i>	11:30	478,14	21	2,5	7,55
<i>Cóncava</i>	11:30	462,39	21	2,5	5,14
<i>Convexa</i>	11:30	468,14	21	2,5	6,47
<i>En U</i>	11:30	296	21	2,5	7,94
<i>Triangular</i>	11:30	396	21	2,5	7,05
<i>Onda cuadrada</i>	11:30	552,6	21	2,5	5,23
<i>Onda trapezoidal</i>	11:30	490,3	21	2,5	7,08
<i>Onda triangular</i>	11:30	320	21	2,5	7,99
<i>Rectangular</i>	11:30	498,7	21	2,5	6,73
<i>Plana</i>	11:30	498,7	21	2,5	6,66

Fuente: Autor.

De los resultados obtenidos mediante las pruebas realizadas en diferentes días para obtener una mejor eficiencia aplicando diferentes configuraciones de los paneles FV, podemos indicar que las configuraciones que alcanzan una mejor eficiencia son de configuración zigzag con una eficiencia de 9.06 % obtenida en un tiempo aproximado de dos horas y la onda triangular con una eficiencia de 7.99 % obtenida en un tiempo de dos horas y treinta minutos.

Las configuraciones con eficiencia más alta son: la configuración zigzag y onda triangular, y las someteremos a una prueba simultáneamente para comparar cuál de ellas es la que nos permite alcanzar una mejor eficiencia entre las dos.

4.2.2 COMPARACIÓN DE LAS CONFIGURACIONES MÁS EFICIENTES ZIGZAG Y ONDA TRIANGULAR TOMADAS SIMULTÁNEAMENTE.

Tabla 4.24 Resultados de la comparación de las configuraciones de mejor eficiencia.

FORMA	Tiempo	Radiación	Temperatura	Velocidad	Corriente	Corriente de carga	Eficiencia
O		Solar	Ambiente	de viento	de carga	Acumulada	c/30°
CONFIGURACIÓN	(h)	(W/m ²)	(°C)	(m/s)	(mA)	(mA)	%
Zigzag	10:00	724,3	18,5	1,6	5	5	
	11:00	680,8	19	1,7	865,5	870,5	8,82%
	12:00	520,3	21	1,5	1780,45	1785,45	9,92%
	12:30	565,7	21,7	2,5	2480,54	2485,54	9,94%
Onda triangular	10:00	724,3	18,5	1,6	5	5	
	11:00	680,8	19	1,7	945,85	950,85	9,64%
	12:00	520,3	21	1,5	1590,95	1595,95	7,00%
	12:30	565,7	21,7	1,9	2165,7	2170,7	8,16%

Fuente: Autor.

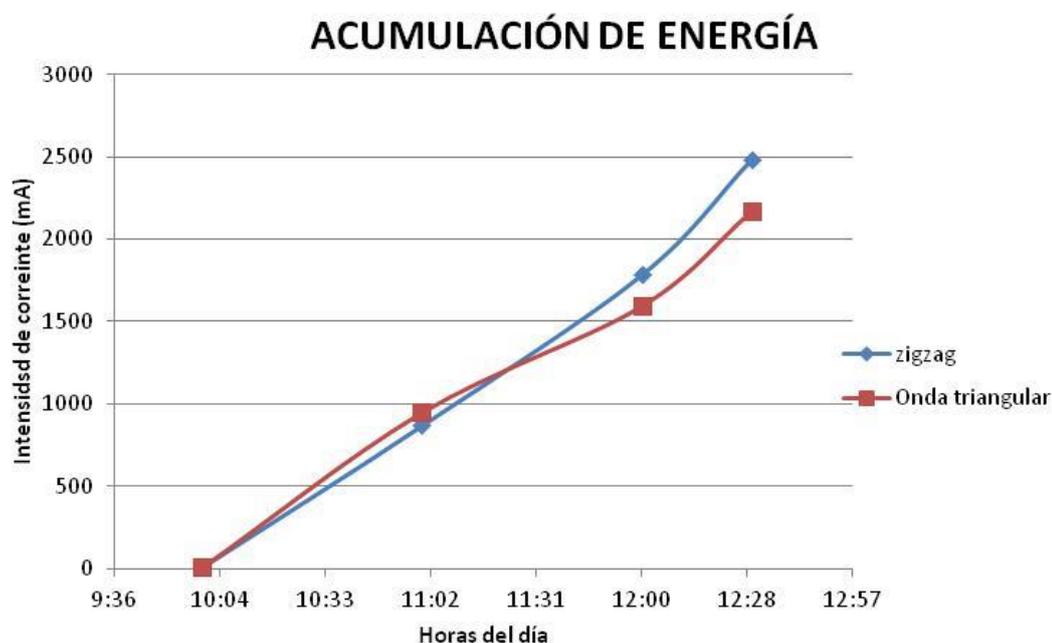


Figura 4.23 Gráfica intensidad de corriente vs. Horas del día de 10:00 am a 12:30 pm. Entre configuraciones de mejor eficiencia.

Fuente: Autor.

Las pruebas realizadas con los paneles FV entre la configuración zigzag y onda triangular expuestas simultáneamente a los rayos solares, durante dos horas y treinta minutos, iniciando desde las 10:00 am hasta las 12:30 pm, se consiguieron los resultados siguientes:

La configuración zigzag en un tiempo de dos horas y treinta minutos con una radiación acumulada de 2491.1 W/m^2 , una temperatura ambiente de $21.7 \text{ }^\circ\text{C}$ la carga de energía acumulada es de 2485.54 mA obteniendo una eficiencia de 9.06% , y

La configuración Onda triangular en un tiempo de dos horas y treinta minutos con una radiación acumulada de 2491.1 W/m^2 , una temperatura ambiente de $21.7 \text{ }^\circ\text{C}$ la carga de energía acumulada es de 2165.7 mA . Obteniendo una eficiencia de 7.99% .

Tomando en consideración que la radiación solar acumulada, la temperatura ambiente y el tiempo que se sometieron a los rayos solares son las mismas ya que se expusieron simultáneamente en un determinado número de horas del día como mencionamos anteriormente, observamos que la configuración zigzag llegó a acumular 319.84 mA . Más que la configuración onda triangular, obteniendo una diferencia de eficiencia de un 1.07% en la configuración zigzag que en la onda triangular al momento de la carga de energía eléctrica, esto nos ayuda a que este tipo de configuración podamos aplicarla a un sistema de una vivienda tipo A.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPOTESIS

Tabla 4.3 Resultados obtenidos de corriente de carga y eficiencia promedio.

Configuraciones o Formas	Corriente de carga (mA)	Eficiencia Promedio %
Zigzag	2492,9	9,06
Trapezoidal	2083,48	7,55
Cóncava	1426,2	5,14
Convexa	1960	6,47
En U	1930	7,94
Triángular	1443	7,05
Onda cuadrada	1555	5,23
Onda trapezoidal	1845	7,08
Onda triángular	1625	7,99
Rectangular	1740	6,73
Plana	1955	6,66

Fuente: Autor

Hipótesis: Una adecuada configuración geométrica de las celdas solares en paneles fotovoltaicos permitirá mejorar la eficiencia de conversión de energía solar en eléctrica.

Mediante las pruebas realizadas con las celdas fotovoltaicas en distintas configuraciones como se muestra en la tabla 4.14, se verifica que la configuración Zigzag tiene una eficiencia de 9.06 % que es mayor al resto de las otras configuraciones de las celdas fotovoltaicas, y esto nos permite conocer que esta configuración capta los rayos solares con mayor intensidad en las celdas solares.

Con lo que demostramos que la hipótesis planteada en obtener una mejor eficiencia de conversión de energía solar a eléctrica con una adecuada configuración geométrica de las celdas fotovoltaicas en una ubicación distinta a la convencional, se comprobó mediante las pruebas, que la acumulación de energía se obtuvo en menor tiempo en la configuración zigzag, logrando así una mejor eficiencia de conversión de energía solar a eléctrica.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de las pruebas realizadas con las celdas solares fotovoltaicas en las diferentes configuraciones de orientación concluyo y recomiendo lo siguiente:

5.1 CONCLUSIONES

- Los paneles más comunes en el mercado son los de silicio puro mono cristalino, de silicio puro poli cristalino y los de silicio amorfo ya que estos son fáciles de adquirir por consiguiente para nuestra investigación ocupamos los de silicio puro mono cristalino por sus características mencionadas.
- La corriente eléctrica producida en este sistema de paneles fotovoltaicos con configuración zigzag es de 2485.54 mA. que se logró alcanzar en un tiempo de dos horas y treinta minutos (2:30 min.) de prueba comparable, muy cercana a la carga nominal de 2500 mA. esto corresponde a una eficiencia del 9.06 % de conversión para todo el panel.
- La configuración de orientación de los paneles fotovoltaicos nos ayudó para obtener un mejor desempeño de los mismos, la forma en que colocamos los paneles FV es la de Zigzag, ya que esta posición permitió evaluar su rendimiento y funcionamiento, en el momento de receptor los

rayos solares por un tiempo más prolongado en diferentes ubicaciones del sol.

- En la configuración zigzag se realizaron pruebas en la mañana y en la tarde, obteniendo una mejor eficiencia por la tarde del 11.08 % y por la mañana del 9.95 % lo que significa que a partir del mediodía los rayos solares abarcan toda el área de los paneles y de esa manera trasmite más energía permitiendo que el almacenamiento sea en menos tiempo y con mejor eficiencia en su funcionamiento.
- La configuración convencional o plana a pesar que recibe una porción aceptable de luz solar, no tiene una buena eficiencia al almacenar energía en un tiempo menor ya que este tipo de configuración es fija y estable por lo que no recibe en todo momento los rayos del sol y esto no permite una buena carga de energía para los acumuladores.
- A pesar que existen varios tipos de baterías para almacenar energía, la más común y que utilizaremos es la de plomo – ácido ya que su costo es conveniente y tiene una buena eficiencia en acumulación de energía.

5.2 RECOMENDACIONES

- Sería importante realizar conexiones de paneles fotovoltaicos en paralelo para realizar comparaciones de estas conexiones y saber si llegan a alcanzar una mejor eficiencia que los paneles que son conectados en serie.
- Incrementar un análisis de paneles fotovoltaicos con potencia de 300 W. en configuración Zigzag con conexiones en serie y paralelo para el funcionamiento real de una vivienda tipo A según INDEC (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS DE ARGENTINA), y

comparar con cuál de estas conexiones obtenemos una mejor eficiencia al almacenar energía en los acumuladores.

- Sería importante el estudio teórico en base del factor de forma en las configuraciones no convencionales.

- Sería importante comparar el efecto de la traslación para el cambio de la configuración de los paneles solares con respecto al sol.

- Se recomienda que a las baterías de acumulación se mantengan en lugares frescos y con ventilación por la emisión de gases que emana, realizar un control del nivel de electrolitos en los acumuladores.

CAPÍTULO VI

6 PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

6.1.1 TEMA

“Aplicación de energía solar fotovoltaica con paneles en configuración Zigzag para control de acceso y seguridad a nivel domiciliario.”

6.1.2 BENEFICIARIOS

La comunidad

6.1.3 UBICACIÓN

Ambato.

6.1.4 EQUIPO TÉCNICO RESPONSABLE

Egresado: Juan Galo Guamán Brito

Tutor: Ing. Santiago Cabrera.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Durante periodos entre 3 y 4 horas se realizaron pruebas de carga de paneles fotovoltaicos de 10 (W) instalados en 10 configuraciones geométricas distintas, conectando en serie grupos de diez celdas solares, para acumular energía en un determinado tiempo y calcular la eficiencia en cada uno de ellos, dándonos como resultado que la configuración en zigzag es la que alcanzo una eficiencia de 9.06 % más alta que los demás.

La configuración zigzag demuestra un área diferente a las convencionales (plana, inclinada) que es capaz de receptor los rayos solares desde la salida del sol hasta que se oculta en diferentes ubicaciones dependiendo de la hora, aprovechando así su energía, razón por la cual permite que el almacenamiento sea más rápido optimizando el tiempo de carga y mejorando su eficiencia en el funcionamiento del sistema, alcanzando la potencia necesaria.

6.3 JUSTIFICACIÓN

La energía solar fotovoltaica en la actualidad es muy costosa, aunque es un sistema de generación de energía que es potencialmente beneficioso para la reducción de los impactos medioambientales causados por la actividad humana; por tanto lo que se busca es alcanzar una eficiencia óptima de los módulos fotovoltaicos y de esta manera abaratar los costos energéticos, también mejoraremos el rendimiento medioambiental, tomando en consideración la configuración de dichos paneles.

6.4 OBJETIVO

- Diseñar un sistema de generación fotovoltaica para diversas aplicaciones de control de acceso y sistemas de seguridad a nivel domiciliario utilizando la configuración zigzag.
- Comparación de tiempo de carga máxima en horas entre paneles en configuración zigzag con la convencional (plana).

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Supone la disponibilidad de todos los dispositivos técnicos en el mercado para que el proyecto sea viable.

6.5.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA

El proyecto se realizó por el abastecimiento de cada elemento para su funcionamiento en el mercado. Previamente realizamos pruebas y comprobando la existencia de suficiente energía solar para hacer funcionar un sistema.

También se realizó un análisis de carga, que nos ayudó a cerciorarnos que el diseño y configuración en estudio es la correcta.

6.5.2 FACTIBILIDAD ECONÓMICO FINANCIERO

A continuación presento los gastos que se requieren para la adquisición de los elementos que se utilizarán para el diseño de un sistema de paneles fotovoltaicos de 10W - 12V.

Tabla 6.1 Gastos de adquisición de materiales

DETALLE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
CELDA SOLARES DE 1W - 12V	10	20	200
BATERÍAS 7Ah - 12V	1	60	60
RESISTENCIA 5Ω	2	5	10
ESTRUCTURA	1	60	60
DIODOS, CONECTORES Y CABLE Nº18		30	30
		TOTAL	360

Fuente: Autor

Tabla 6.2 Gastos varios

DETALLE	PRECIO
TRANSPORTE	60
MANO DE OBRA	100
OTROS	30
TOTAL	190

Fuente: Autor

Tabla 6.3 Gasto total

DETALLE	GASTO TOTAL
ADQUISICIÓN DE MATERIALES	360
GASTOS VARIOS	190
TOTAL	550

El financiamiento en su totalidad corre a cargo del autor del proyecto.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

El sistema de paneles fotovoltaicos diseñado para un sistema consta de diferentes partes, entre las cuales mencionamos las siguientes:

- **Paneles solares fotovoltaicos:** son los encargados de captar la radiación solar y transformarla en electricidad, generando una corriente continua (CC).

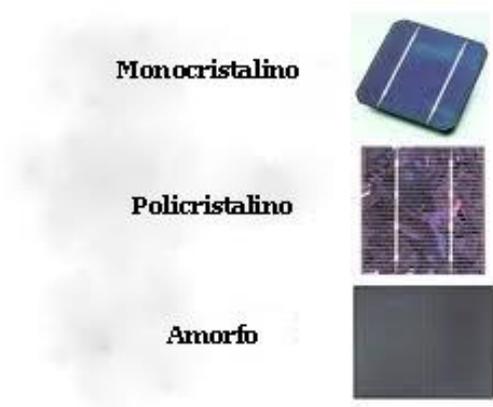


Figura 6.1 Celdas fotovoltaicas.

Fuente: Departamento de Electrónica - Universidad de Jaén.

Existen tres tipos de placas fotovoltaicas:

- **Células mono cristalinas** son rígidos y deben ser montados en una estructura rígida para su protección.
- **Poli cristalino** poco menos eficiente y un poco menos costoso que las células mono cristalinas y otra vez deben ser montados en un marco rígido.
- **Células amorfas** estas son los menos eficiente y menos costosos de producir de los tres tipos. Una característica de las celdas solares amorfa es que su potencia se reduce con el tiempo, especialmente durante los primeros meses, después de los cuales son básicamente estables
- **Regulador o controlador de carga**, encargado de controlar la carga de las baterías desde los módulos o paneles generadores, así como de su descarga hacia el circuito de alimentación interior de la vivienda, evitando además que se produzcan cargas o descargas excesivas del conjunto de baterías.



Figura 6.2 Regulador o controlador de carga

Fuente: Auto solar

- **Acumuladores o baterías**, permite el almacenamiento de la energía que se produce durante el día con la radiación solar para ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo o con poca radiación solar.



Figura 6.3 Baterías o Acumuladores

Fuente: Auto solar.

- **Inversor o convertidor DC/AC**, dispositivo que permite la conversión de la corriente continua (*DC*) generada en los paneles fotovoltaicos en corriente alterna (*AC*) para que pueda ser empleada por los receptores y electrodomésticos utilizados en la vivienda.



Figura 6.4 Inversores o Convertidor Dc/Ac

Fuente: Auto solar.

➤ **Cableado**

El cableado que se emplee deberá cumplir con el reglamento electrotécnico de baja tensión que le sea de aplicación en todos los tramos de la instalación, tanto en los tramos de continua (directa) que abarca desde el generador fotovoltaico hasta su conexión con el inversor, como en los tramos de corriente alterna a partir de la salida del inversor hacia la instalación eléctrica interior de la vivienda.

Tabla 6.4 Calibre de alambre para instalación

TIPO	CALIBRE	CONDUCTOR				AISLAMIENTO			PESO TOTAL APROX	CAPACIDAD CORRIENTE	
		# H	DIÁMETRO		PESO APROX	ESP PROM	DIAM APROX	PESO APROX		•	••
			HILO	COND							
		AWG	#	mm	mm	Kg/Km	mm	mm		Kg/Km	Kg/Km
TF	18	1	1,02	1,02	7,32	0,76	2,54	5,96	13,28	6	7
TF	16	1	1,29	1,29	11,62	0,76	2,81	6,85	18,47	8	10
TWS	14	1	1,63	1,63	18,51	0,76	3,15	7,98	26,49	20	25
TWS	12	1	2,05	2,05	29,40	0,76	3,57	9,40	38,80	25	30
TWS	10	1	2,59	2,59	46,76	0,76	4,11	11,19	57,96	30	40
TWS	8	1	3,26	3,26	74,39	1,14	5,54	22,08	96,47	40	60
TWS	6	1	4,12	4,12	118,23	1,14	6,40	26,35	144,58	55	80
TWC	8	7	1,23	3,70	75,91	1,14	5,98	27,10	103,01	41	62
TWC	6	7	1,55	4,66	120,39	1,52	7,70	45,80	166,19	57	82
TWC	4	7	1,96	5,88	191,71	1,52	8,92	56,61	248,32	70	105
TWC	2	7	2,47	7,42	305,13	1,52	10,46	71,12	376,25	95	140
TWC	1/0	19	1,89	9,46	484,38	2,03	13,52	115,10	599,48	125	195
TWC	2/0	19	2,13	10,63	611,61	2,03	14,69	128,83	740,44	145	225
TWC	3/0	19	2,39	11,94	771,64	2,03	16,00	144,66	916,30	165	260
TWC	4/0	19	2,68	13,40	971,89	2,03	17,46	162,87	1.134,76	195	300

Fuente: Copyright 2006 Fabricables S.A.

6.6.1 DISEÑO DE UN SISTEMA DE PANELES FOTOVOLTAICOS CON CELDAS SOLARES EN CONFIGURACIÓN ZIGZAG.

En este diseño tomaremos los siguientes aspectos para el cálculo de cada uno de ellos y verificar su funcionamiento:

- 1) Consumo de energía
- 2) Calculo de paneles
- 3) Baterías solares de almacenamiento
- 4) Conectores

6.6.1.1 CÁLCULOS DE LOS SIGUIENTES ASPECTOS EN LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD Y CONTROL DE ACCESO.

Alternativas:

Según el consumo de energía que necesitan los siguientes sistemas calcularemos la potencia y el número de los paneles solares, baterías, conectores, y el costo de los paneles.

Los sistemas que analizaremos son los siguientes:

1. SISTEMA CERCADO ELÉCTRICO.

Tabla 6.5 Consumo de energía del sistema para un cerco eléctrico.

CONSUMO DE ELECTRICIDAD KWh/día				
SISTEMA DE UN CERCO ELECTRICO				
EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA (W)	HORA DE USO	ENERGIA Wh/día
Central de mando	1	4,32	24	103,68
Sirena	1			
Bateria 12V 7Ah	1			
Sensores de movimiento.	2			
Dispositivos de comunicación.	2			
TOTAL				103,68
KWh/día				0,10368

Fuente: Autor

➤ Datos

$$V=12v$$

$$G=442,041W/m^2$$

$$Ed = 0,10368 \text{ KWh/día}$$

$$I= 0,36 \text{ A.}$$

$$W= 4,32 \text{ W}$$

➤ Cálculo de celdas.

Ar= tamaño de panel Wp

Ed= Consumo de electricidad KWh/día

G = Irradiación KWh/m²/día

$$Ar = 1200 * Ed / 5$$

$$Ar = 24,9 \text{ Wp}$$

Número de paneles

catalogo 10Wp

$$N^{\circ} = 2,5$$

$$N^{\circ} = 3$$

➤ Cálculo de baterías

A. Calculo de tamaño de la batería

$$\text{Tamaño} = (\text{AUT} * \text{Ed}) / (\text{REND} * \text{DESC})$$

$$\text{AUT} = (\text{Autonomía : días sin brillo solar}) = 3$$

$$\text{Ed} = \text{Consumo de electricidad KWh/día} = 0,1$$

$$\text{REND} = (\text{Eficiencia de la Batería}) = 80\% / 100 = 0,8$$

$$\text{DOD} = (\text{Descarga de la Batería}) = 50\% / 100 = 0,5$$

$$\text{Tamaño} = 0,1944 \text{ KWh}$$

$$\text{Tamaño} = 194,4 \text{ Wh}$$

B. Número de baterías necesarias

$$N^{\circ} \text{ Baterías} = \text{tamaño} / (\text{Ah} * \text{V})$$

Tamaño en Wh

Escogemos de la tabla siguiente una batería de 7Ah y 12 V

$$N^{\circ} \text{ Baterías} = 2,31429$$

$$N^{\circ} \text{ Baterías} = 3$$

➤ **Cálculo de conectores**

Cálculo de conexionado.

Número de cable

$$I = W/V$$

$$I = 4.32/12$$

$$I = 0.36 \text{ A}$$

Nº 18 AWG

Esquema de conexión de paneles fotovoltaicos en configuración de orientación zigzag.

Sistema de un Cerco Eléctrico.

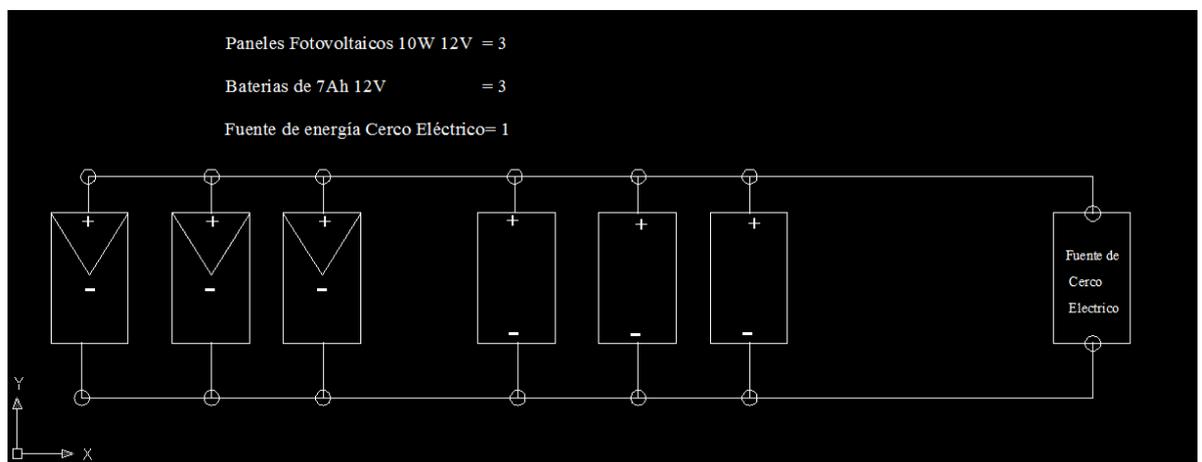


Figura 6.5 Esquema de conexión de paneles FV a un sistema de cercado eléctrico.

Fuente: Autor

Como observamos la conexión en la fig. 6.5, los paneles fotovoltaicos están conectados en paralelo, para mantener el voltaje y aumentar la intensidad de corriente para almacenar en los acumuladores que de igual manera están

conectados en paralelo ya que el voltaje necesario de funcionamiento es de los 12V.

Costos de sistemas de paneles F.V.

Tabla 6.6 Costos del sistema de un cerco eléctrico.

ELEMENTOS	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Paneles	3	60	180
Baterías	3	60	180
Estructura	1	80	80
Conectores			60
TOTAL			500

Fuente: Autor

➤ Cálculo de ahorro económico-energético

Costo KWh = \$ 0,12

Consumo por día = 103,68 (Wh)- 0,10368 KWh

Consumo por mes= ,10368*30 (KWh) = 3,1104 KWh

Consumo por año = 3,1104*12 (KWh) = 37,3248 KWh

Gasto anual en energía eléctrica = 37,3248*0,12 = \$ 4,48

2. SISTEMA ABRE PUERTAS.

Tabla 6.7 Consumo de energía del sistema de acceso.

CONSUMO DE ELECTRICIDAD KWh/día				
SISTEMA DE APERTURA PUERTA GARAJE				
EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA (W)	HORA DE USO	ENERGIA Wh/día
Motor 1/2 HP	1	368	1	368
foto celdas	1			
Bateria 12V 4.5Ah	1			
TOTAL				368
KWh/día				0,368

Fuente: Autor

➤ **Datos**

$$V=12v$$

$$G=442,041W/m^2$$

$$Ed = 0,368 \text{ KWh/día}$$

$$I= 0.36 \text{ A.}$$

$$W= 368 \text{ W}$$

➤ **Cálculo de celdas.**

Ar= tamaño de panel Wp

Ed= Consumo de electricidad KWh/día

Id = Irradiación KWh/m²/día

$$Ar = 1200*Ed/5$$

$$Ar = 88.32 \text{ Wp}$$

Número de paneles

catalogo 10Wp

$$N^{\circ}= 8.83$$

$$N^{\circ}= \mathbf{9}$$

➤ **Cálculo de baterías**

A. Cálculo de tamaño de la batería

$$\text{Tamaño} = (AUT * Ed)/(REND * DESC)$$

$$AUT = (\text{Autonomía: días sin brillo solar}) = 1$$

$$Ed = \text{Consumo de electricidad KWh/día} = 0,368$$

$$REND = (\text{Eficiencia de la Batería}) = 80\%/100 = 0,8$$

$$DOD = (\text{Descarga de la Batería}) = 50\%/100 = 0,5$$

$$\text{Tamaño} = 0,23 \text{ KWh}$$

$$\text{Tamaño} = 230 \text{ Wh}$$

B. Número de baterías necesarias

Tamaño en Wh

Escogemos de la tabla siguiente una batería de 7Ah y 12 V

$$N^{\circ} \text{ Baterías} = 2.7381$$

$$N^{\circ} \text{ Baterías} = 3$$

➤ Cálculo de conectores

Cálculo de conexionado.

Número de cable

$$I = W/V$$

$$I = 300/12$$

$$I = 25A$$

Nº 18 AWG

Sistema Abre Puerta.

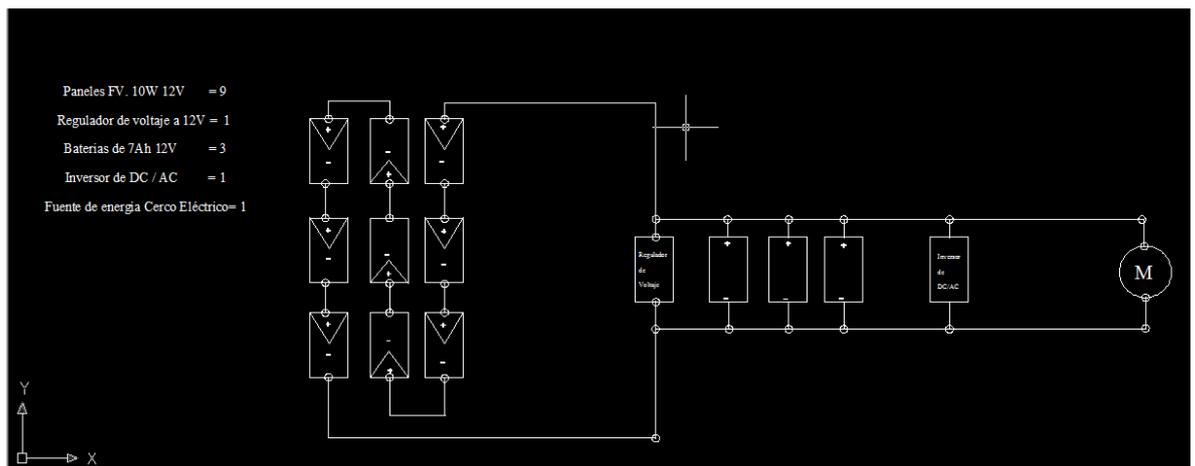


Figura 6.6 Esquema de conexión de paneles FV a un sistema de Abre Puertas.

Fuente: Autor

Como observamos la conexión en la fig. 6.6, los paneles fotovoltaicos están conectados en serie, para mantener la intensidad y aumentar el voltaje requerido, como el voltaje aumento necesitamos un regulador de voltaje para poder almacenar en los acumuladores que de igual manera están conectados en paralelo ya que el voltaje necesario de funcionamiento es de los 12V, no obstante debemos conectar un inversor de DC/AC para el funcionamiento de dicho motor.

➤ **Costos de sistemas de paneles F.V.**

Tabla 6.8 Costo del sistema abre puertas.

ELEMENTOS	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Paneles	9	60	540
Baterías	3	60	420
Estructura	3	80	240
Inversor	1	120	120
Regulador	1	80	80
Conectores			60
		TOTAL	1460

Fuente: Autor

➤ **Cálculo de ahorro económico-energético**

Costo KWh = \$ 0,12

Consumo por día = 300 (Wh) - 0,3 (KWh)/día

Consumo por mes = $0,3 * 30$ (KWh) = 9(KWh)/mes

Consumo por año = $9 * 12$ (KWh) = 108 (KWh)/año

Gasto anual en energía eléctrica = $108 * 0,12$ = \$ 12,96

3. SISTEMA DE UNA ALARMA PARA UNA VIVIENDA.

Tabla 6.9 Potencia eléctrica de un sistema de alarma interna.

CONSUMO DE ELECTRICIDAD KWh/dia				
SISTEMA DE ALARMA INTERNA				
EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA (W)	HORA DE USO	ENERGIA Wh/dia
Panel de Alarma	1	15	10	150
Teclado	1			
Detectores y Sensores	2			
Sirena para alarma	1			
Comunicador	1			
Bateria 12V 5Ah	1			
TOTAL				150
				KWh/dia
				0,15

Fuente: Autor

➤ Datos

$$V=12v$$

$$G=442,041W/m^2$$

$$Ed = 0,15 \text{ KWh/día}$$

$$I= 0,36 \text{ A.}$$

$$P= 15 \text{ W}$$

➤ Cálculo de celdas.

Ar= tamaño de panel Wp

Ed= Consumo de electricidad KWh/día

Id = Irradiación KWh/m²/día

$$Ar = 1200*Ed/5$$

$$Ar = 36 \text{ Wp}$$

Número de paneles

catalogo 10Wp

$$N^{\circ}= 3,6$$

$$N^{\circ}= 4$$

➤ **Cálculo de baterías**

A. Calculo de tamaño de la batería

$$\text{Tamaño} = (\text{AUT} * \text{Ed}) / (\text{REND} * \text{DESC})$$

$$\text{AUT} = (\text{Autonomía} - \text{días sin brillo solar}) = 3$$

$$\text{Ed} = \text{Consumo de electricidad KWh/día} = 0,15$$

$$\text{REND} = (\text{Eficiencia de la Batería}) = 80\% / 100 = 0,8$$

$$\text{DOD} = (\text{Descarga de la Batería}) = 50\% / 100 = 0,5$$

$$\text{Tamaño} = 0,28125 \quad \text{KWh}$$

$$\text{Tamaño} = 281,25 \quad \text{Wh}$$

B. Número de baterías necesarias

$$\text{Nº Baterías} = \text{tamaño} / (\text{Ah} * \text{V})$$

Tamaño en Wh

Escogemos de la tabla siguiente una batería de 7Ah y 12 V

$$\text{Nº Baterías} = 3,34821$$

$$\text{Nº Baterías} = 4$$

➤ **Cálculo de conectores**

Cálculo de conexionado.

Número de cable

$$I = W / V$$

$$I = 15 / 12$$

$$I = 1,25 \text{ Ah}$$

Nº 18 AWG

Sistema Alarma para vivienda.

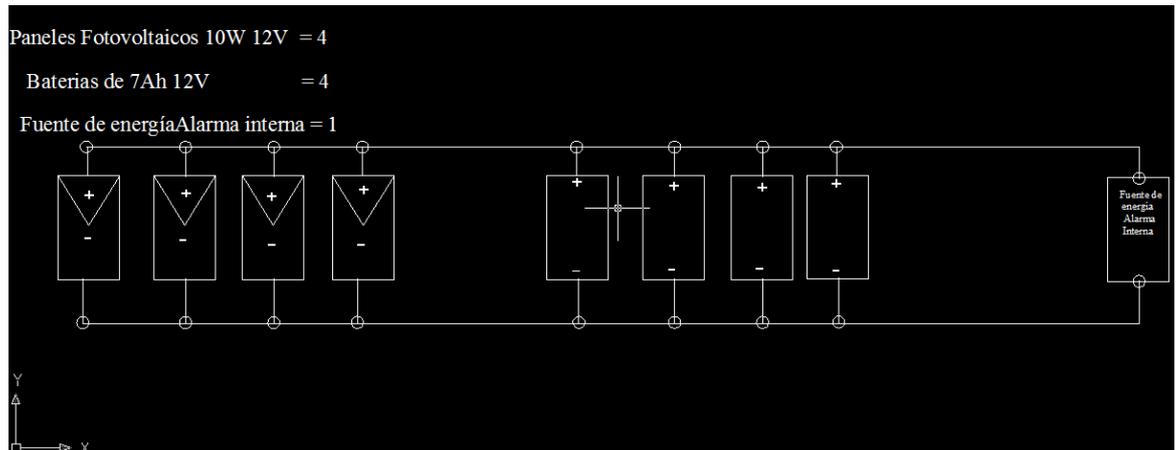


Figura 6.7 Esquema de conexión de paneles FV a un sistema de Alarma para vivienda.

Fuente: Autor

Como observamos la conexión en la fig. 6.7, los paneles fotovoltaicos están conectados en paralelo, para mantener el voltaje y aumentar la intensidad de corriente requerido, para poder almacenar en los acumuladores que de igual manera están conectados en paralelo ya que el voltaje necesario de funcionamiento es de los 12V.

➤ Costos de sistemas de paneles F.V.

Tabla 6.10 Costos de un sistema de alarma intena.

ELEMENTOS	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Paneles	4	60	240
Baterías	4	60	240
Estructura	2	80	160
Conectores			60
		TOTAL	700

Fuente: Autor.

➤ **Cálculo de ahorro económico-energético**

Costo KWh = \$ 0,12

Consumo por día = 150 (Wh) - 0,15 (KWh)/día

Consumo por mes= ,15*30 (KWh) = 4,5 KWh/mes

Consumo por año = 4,5*12 (KWh) = 54 KWh/año

Gasto anual en energía eléctrica = 54*0,12 = \$ 6,48

4. SISTEMA DE CONTROL DE UNA CHAPA MAGNÉTICA.

Tabla 6.11 Potencia eléctrica de una chapa magnética.

CONSUMO DE ELECTRICIDAD KWh/día				
SISTEMA DE UNA CHAPA MAGNETICA				
EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA (W)	HORA DE USO	ENERGIA Wh/día
Chapa Magnetica	1	15	3	45
Pulsador	1			0
			TOTAL	45
			KWh/día	0,045

Fuente: Autor

➤ **Datos**

V=12v

G=442,041W/m²

Ed = 0,045 KWh/día

I= 0,36 A.

P= 15 W

➤ **Cálculo de celdas.**

Ar= tamaño de panel Wp

Ed= Consumo de electricidad KWh/día

Id = Irradiación KWh/m²/día

$$Ar = 1200 * Ed / 5$$

$$Ar = 10,8 \text{ Wp}$$

Número de paneles

catalogo 10Wp

$$N^{\circ} = 1,1$$

$$N^{\circ} = 2$$

➤ Cálculo de baterías

A. Calculo de tamaño de la batería

$$\text{Tamaño} = (\text{AUT} * \text{Ed}) / (\text{REND} * \text{DESC})$$

$$\text{AUT} = (\text{Autonomía} - \text{días sin brillo solar}) = 3$$

$$\text{Ed} = \text{Consumo de electricidad KWh/día} = 0,045$$

$$\text{REND} = (\text{Eficiencia de la Batería}) = 80\% / 100 = 0,8$$

$$\text{DOD} = (\text{Descarga de la Batería}) = 50\% / 100 = 0,5$$

$$\text{Tamaño} = 0,08438 \text{ KWh}$$

$$\text{Tamaño} = 84,375 \text{ Wh}$$

B. Número de baterías necesarias

$$N^{\circ} \text{ Baterías} = \text{tamaño} / (\text{Ah} * \text{V})$$

Tamaño en Wh

Escogemos de la tabla siguiente una batería de 7Ah y 12 V

$$N^{\circ} \text{ Baterías} = 1,00446$$

$$N^{\circ} \text{ Baterías} = 2$$

➤ **Cálculo de conectores**

Cálculo de conexionado.

Número de cable

$$I = W/V$$

$$I = 15/12$$

$$I = 1,25 \text{ Ah}$$

Nº 18 AWG

Sistema Chapa magnética.

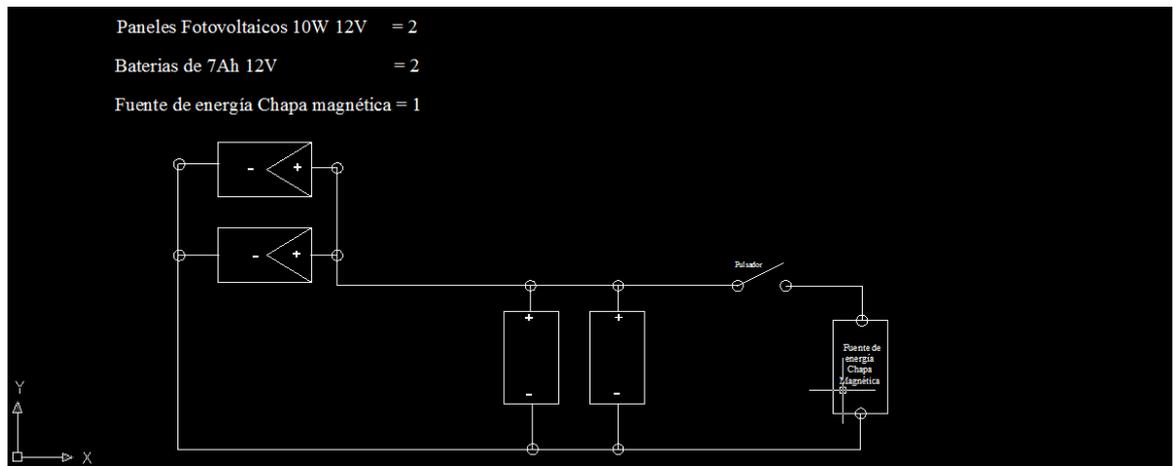


Figura 6.8 Esquema de conexión de paneles FV a un sistema de una Chapa magnética.

Fuente: Autor

Como observamos la conexión en la fig. 6.8, los paneles fotovoltaicos están conectados en paralelo, para mantener el voltaje y aumentar la intensidad de corriente requerido, para poder almacenar en los acumuladores que de igual manera están conectados en paralelo ya que el voltaje necesario de funcionamiento del sistema es de los 12V.

➤ **Costos de sistemas de paneles F.V.**

Tabla 6.12 Costo de un sistema de una chapa magnética.

ELEMENTOS	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Paneles	2	60	120
Baterías	2	60	120
Estructura	1	80	80
Conectores			60
		TOTAL	380

Fuente: Autor

➤ **Cálculo de ahorro económico-energético**

Costo KWh = \$ 0,12

Consumo por día = 45 (Wh) = 0,045 (KWh)/día

Consumo por mes= ,045*30 (KWh) = 1,35 KWh/mes

Consumo por año = 1,35*12 (KWh) = 16,2 KWh/año

Gasto anual en energía eléctrica = 16,2*0,12 = \$ 1,95

6.6.2 COMPARACIÓN DE TIEMPO DE CARGA MÁXIMA EN HORAS ENTRE LOS PANELES EN CONFIGURACIÓN ZIGZAG CON LA CONVENCIONAL (PLANA).

Tabla 6.13 Comparación entre la configuración zigzag y la convencional.

Configuración Zigzag					
Tiempo (horas)	corriente máxima de carga (mA)	voltaje de panel (V)	tiempo (horas)	Potencia suministrada por la fuente (W)	energía suministrada (Wh)
9:30 - 11:30	2500	12	0,5	30	15
Tiempo de descarga 0,5h					
12:00 - 14:00	2500	12	0,5	30	15
Σ energía suministrada					30
Configuración Plana					
Tiempo (horas)	corriente máxima de carga (mA)	voltaje de panel (V)	tiempo (horas)	Potencia suministrada por la fuente (W)	energía suministrada (Wh)
9:30 - 12:00	2500	12	0,5	30	15
Tiempo de descarga 0,5h					
12:30 - 14:00	1045	12	0,5	12,54	6,27
Σ energía suministrada					21,27

Fuente: Autor.

Ecuación 6.1

$$\text{rendimiento de energía suministrada} = \frac{30 - 21.27}{21.27} * 100 = 41\%$$

Ecuación 6.2

$$\text{rendimiento de corriente máxima de carga} = \frac{2.5 - 1.7725}{1.7725} * 100 = 41\%$$

En conclusión con la tabla 6.13, observamos que el rendimiento de los paneles en configuración zigzag es de 41%, más que la configuración plana, ya que obtuvimos una mejor eficiencia de carga de energía en un tiempo menor con la configuración zigzag con respecto a la plana, cabe recalcar que estos datos se obtuvieron en esta investigación con un sistema a escala, y sería de gran

importancia que se haga un estudio con uno de los diseños de sistemas de control, con las dos configuraciones y conocer el rendimiento de energía suministrada entre ellas.

6.7 METODOLOGÍA – MODELO OPERATIVO

6.7.1 CONEXIÓN CONVENCIONAL (A.C)

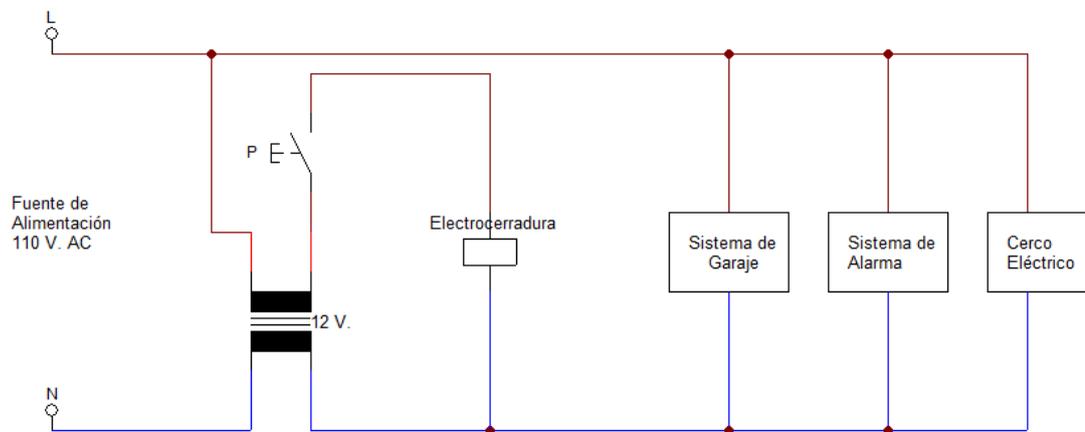


Figura 6.4 Conexión general de un sistema de acceso y seguridad para una vivienda con fuente de 110 V. AC.

Fuente: Autor

Las conexiones de sistemas de acceso y de seguridad que intervienen en una vivienda podemos representarlas en una forma esquemática como la Figura. 6.5.

Esta es la forma más común que se realiza este tipo de conexiones para una vivienda, utilizando una fuente de energía de 110 V. AC o 220 V. AC, que se la toma de la acometida que llega a la casa y se distribuye por medio de un medidor a todos los circuitos eléctricos que posee la vivienda.

En este sistema de conexionado una de las desventajas que tenemos, podríamos mencionar: los cortes de energía eléctrica, las caídas de tensión, etc. y por lo que puede producir daños en los equipos eléctricos.

A pesar de que algunos equipos poseen una batería que acumula energía, no es suficiente para el funcionamiento por más de una hora, y por lo que los equipos necesitan de energía eléctrica para que vuelvan a funcionar constante mente.

6.7.2 CONEXIÓN CON PANELES FOTOVOLTAICO (C.C)

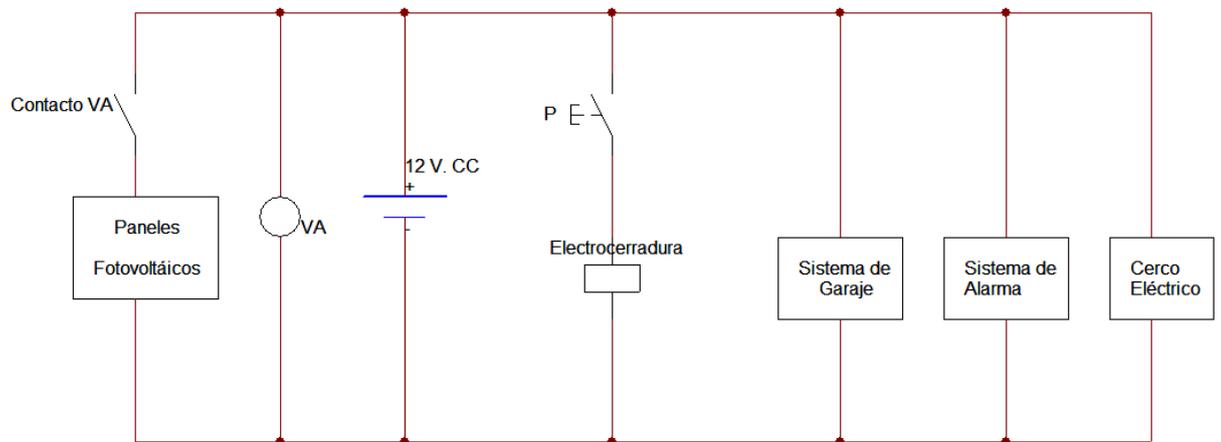


Figura 6.5 Conexión general de un sistema de acceso y seguridad para una vivienda con paneles fotovoltaicos de DC.

Fuente: Autor

Las conexiones de sistemas de acceso y de seguridad que intervienen en una vivienda podemos representarlas en una forma esquemática como la Figura. 6.6.

Esta es otra manera que se realiza este tipo de conexiones para una vivienda, utilizando una fuente de energía de corriente continua (C.C), que se obtiene utilizando fuentes naturales como en este caso por medio del sol, a través de paneles fotovoltaicos como lo observamos en la Figura 6.7.2, para distribuir energía eléctrica a todos los circuitos eléctricos que posee la vivienda.

En este sistema de conexionado una de las desventajas que tenemos, podríamos mencionar: los días nublados, días de lluvia, posición de los paneles fotovoltaicos, etc.

Una de las ventajas que podríamos mencionar es el suministro de energía solar a los acumuladores para distribuir energía eléctrica a los circuitos eléctricos en una vivienda.

Este circuito de energía a través de una fuente de corriente continua (paneles fotovoltaicos), nos ayudan a tener energía para el debido funcionamiento de los equipos eléctricos que se encuentran en el sistema.

6.8 ADMINISTRACIÓN

6.8.1 PLANIFICACIÓN Y MANTENIMIENTO

6.8.1.1 INSTALACIÓN

La instalación de un sistema fotovoltaico requiere conocimientos especializados, particularmente para la instalación y el cableado de los módulos fotovoltaicos. Este trabajo sólo se puede llevar a cabo por personal calificado y autorizado para tal efecto.

Durante la instalación, se deberán respetar estrictamente todos los códigos y normativas locales y nacionales sobre instalación eléctrica, las normativas sobre sanidad y seguridad, así como las normativas de prevención de accidentes. Se deben seguir las instrucciones de seguridad para todos los componentes del sistema.

➤ Antes de comenzar a trabajar

Se deben implementar todas las medidas de protección especificadas en los códigos y normativas locales y nacionales sobre sanidad y seguridad laboral para trabajar en alturas y evitar daños personales, antes y durante todos los trabajos realizados en estructuras montadas en tejados y otros tipos de estructuras de sistemas fotovoltaicos. También se deben implementar las medidas de andamiaje y otras medidas de protección necesarias para el lugar de instalación. Se deben llevar cascos, guantes y calzado protectores durante la instalación. Se deben llevar

gafas protectoras al realizar perforaciones, cortes o esmerilados. Es posible que sea necesario llevar arnés de seguridad en algunas situaciones.

➤ **Instrucciones de instalación para módulos fotovoltaicos.**

Si los módulos se van a conectar en serie, deben tener el mismo amperaje. Si se van a conectar en paralelo, deben tener la misma tensión. La configuración en cadenas se debe planificar y realizar según las instrucciones del fabricante del inversor. El número de módulos conectados a un inversor debe encontrarse en el intervalo de funcionamiento o en los límites de tensión del inversor, y el diseño de la configuración (o configuraciones) en cadenas debe cumplir las directrices del fabricante del inversor. Los módulos deben configurarse de forma que no generen una tensión mayor a la tensión permitida del sistema. Se deben seguir los códigos y normativas nacionales sobre instalaciones eléctricas.

➤ **Especificaciones de montaje**

Estos módulos requieren estructura de soporte ya que por ellos mismos no son adecuados para integración arquitectónica sustituyendo elementos constructivos convencionales como acristalamientos en tejado o verticales. La estructura de montaje del generador debe poder soportar cargas de nieve y velocidades de viento previstos. En la parte inferior de los bastidores de los módulos existen unas aperturas para permitir el desagüe del agua de lluvia.

6.8.1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Como mínimo: revisión anual incluyendo labores de mantenimiento de todos los elementos de la instalación.

- Necesario disponer de un Plan de Mantenimiento Preventivo, que incluirá:
 - ✓ Operaciones de inspección visual

- ✓ Verificación de actuaciones
- ✓ Otras operaciones para mantener las condiciones de funcionamiento dentro de límites aceptables.
- En instalaciones aisladas se basa en inspección visual del funcionamiento de los equipos.
 - ✓ Permite detectar un deterioro prematuro de los componentes expuestos rigores del clima (temperatura, radiación UV, lluvia, granizo, etc.), ataque de roedores, oxidación o aflojamiento de tornillería.
 - ✓ En bancos de baterías, la inspección visual debe determinar si hay pérdidas excesivas de electrolito (depósitos en el contacto positivo, residuos ácidos en las bandejas plásticas, deterioro en la base de sostén). Dos veces al mes las baterías deben ser agitadas con suavidad para evitar estratificación del electrolito.
 - ✓ Una vez al mes deberá medirse la densidad del electrolito en cada uno de los vasos que componen el banco de baterías y archivar los resultados. La comparación de los resultados con medidas hechas con anterioridad permitirá detectar el comienzo de problemas de envejecimiento o uso incorrecto.
- Una visita anual en la que se realice como mínimo:
 - ✓ Verificación del funcionamiento de todos los componentes y equipos
 - ✓ Revisión del cableado, conexiones, pletinas, terminales...
 - ✓ Comprobación del estado de los módulos: situación respecto al proyecto original, limpieza y presencia de daños que afecten a la seguridad y protecciones.
 - ✓ Estructura soporte: revisión de daños en la estructura, deterioro por agentes ambientales, oxidación.
 - ✓ Baterías: nivel del electrolito, limpieza y engrasado de terminales.
 - ✓ Regulador de carga: caídas de tensión entre terminales, funcionamiento de indicadores.
 - ✓ Inversores: estado de indicadores y alarmas.
 - ✓ Caídas de tensión en el cableado de continua.

- ✓ Verificación de los elementos de seguridad y protecciones: tomas de tierra, actuación de interruptores de seguridad, fusibles.

6.8.1.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Se debe disponer de Plan de Mantenimiento Correctivo en el que se relacionen todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente. Incluirá:

- Visita a la instalación en los siguientes plazos:
 - ✓ 48 horas, si la instalación no funciona
 - ✓ Una semana, si el fallo no afecta al funcionamiento
 - ✓ Cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la instalación

Los costos económicos del mantenimiento correctivo forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del periodo de garantía.

Las operaciones de mantenimiento realizadas se registrarán en una base de verificación.

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

El propósito de las pruebas realizadas con los paneles fotovoltaicos en diferentes configuraciones nos permite comprobar en cuál de las configuraciones obtenemos una mejor eficiencia en la conversión de energía eléctrica, para aprovechar una de las fuentes naturales que nos brinda luz durante el día la mayor parte del tiempo, ofreciéndonos una energía limpia sin contaminación.

En las pruebas realizadas las celdas fotovoltaicas fueron conectadas en serie, esto nos permite que la potencia de las celdas se sume y así conseguir un mejor funcionamiento de las celdas fotovoltaicas.

Entre las configuraciones que se consideraron para dichas pruebas mencionamos las siguientes: configuración zigzag, trapezoidal, cóncava, convexa, en U, triangular, onda cuadrada, onda trapezoidal, onda triangular, rectangular y convencional (plana). Siendo la más óptima la configuración en zigzag, permitiéndonos obtener una acumulación de energía en un tiempo menor que las otras configuraciones.

Las pruebas se realizaron en días soleados y poco nublados, teniendo como resultado que no solo la configuración de paneles fotovoltaicos en forma convencional (Plana), que es la más común de todas, nos puede ayudar a la generación de energía solar, sino que existen varias maneras de colocar a los p.fv para obtener mejores resultados en la recepción de energía en menor tiempo y de esta manera una mejor eficiencia en acumulación de energía y en su generación de energía eléctrica para los distintos equipos eléctricos.

Las evaluaciones con los paneles fotovoltaicos en esta investigación nos permiten ver que la luz solar puede ser aprovechada de una mejor manera al experimentar con distintas formas o configuraciones como se muestran en fotografías, mejorando así su efecto en la generación de energía eléctrica.

MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

- Almonacid, G. (1995-96). *Universidad de Jaén*. Recuperado el 20 de enero de 2014, de <http://www.ujaen.es/>
- Bridgewater, A. y. (2009). *Energias Alternativas*. PARANINFO.
- Cengel, Y. A. (2007). *Tranferencia de Calor*. McGraw Hill.
- Edminister, J. A. (1997). *Circuitos Electricos*. McGraw Hill.
- Green, M. (2000). *Energia Fotovoltaica*. ACRIBIA.
- Holman, J. P. (1998). *Tranferencia de Calor* (8a ed.). McGraw Hill.
- Jutglar, L. (204). *Energia Solar*. CEAC.
- otro, R. C. (2003). *Circuitos Electricos* (6a ed.). ALFAOMEGA.
- Sánchez, M. A. (2011). *Energia Fotovoltaica*. LIMUSA.
- Serrano, J. L. (2005). *Instalaciones Electricas*. PARANAINFO.
- Viloria, J. R. (2005). *Instalaciones Elentricas para vivienda* (8a ed.). PARANINFO.

PÁGINAS WEB

- <http://www.enalmex.com/docpdf/libro/ch04a.pdf.pdf>
- http://earchivo.uc3m.es/bitstream/10016/6037/1/PFC_Julio_Fernandez_Ferri_hola.pdf
- <http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0831t.pdf>
Universidad de Costa Rica, facultad de Ing. Eléctrica, Paneles FV.
- <http://www.alusic.com/ES/estructuras-paneles-solares.htm>
- <http://www.proyglobal.es/es/ManualUsuario.php>
Instalación de paneles FV.
- http://oa.upm.es/584/1/EDUARDO_LORENZO_PIGUEIRAS.pdf
Aplicaciones de paneles FV.
- <http://www.grupounisolar.com/docs/doc-integracion.pdf>
- <http://es.solars-china.com/>
Catálogos de paneles FV.
- <http://ingenieriasolar-ec.com/productos.htmlasxs00112>
Catálogo de Ing. Solar.
- http://www.riosolar.com/mi_sistema_fotovoltaico.html
Cálculo de un Sistema FV.
- <http://www.reforan.com/energia-solar-madrid-rivas-vaciamadrid>
Energía Solar, conexión a red eléctrica.
- http://www.terra.org/la-produccion-de-paneles-fotovoltaicos-bate-un-nuevorecord-en-2009_2462.html
Producción de paneles solares.
- Cómo conectar un panel solar a un pequeño motor de corriente continua para proyectos de ciencia, Escrito por Jordán Gaither | Traducido por Joaquín Manes Rossi, <http://www.ehowenespanol.com>
- http://www.tech4cdm.com/uploads/documentos/documentos_La_Electrificacion_Rural_en_Ecuador_d6701fbe.pdf
- http://www.anpebadajoz.es/autodidacta/autodidacta_archivos/numero_9_archivos/f_p_donoso.pdf
Instalación y montaje de instalaciones solares fotovoltaicas aisladas de red.

- <http://www.angelfire.com/electronic2/electronicaanalogica/celda.html>
Origen y desarrollo de celdas fotovoltaicas.
- http://www.energia-solarfotovoltaica.info/1_Nuevas_Tecnologias_Solares/1_Nuevas_celulas_solar_es_con_forma_esf%C3%A9rica.html
Impacto de generación fotovoltaica distribuida.
- <http://www.seic.gov.do/energ%C3%ADa-no-convencional.aspx>
Energías no convencionales.
- Celda Solar Con Más del 40% de Eficiencia, por Santiago en CELDAS SOLARES, <http://www.hormigasolar.com/>
Celdas Solares con más de 40% de eficiencia.
- <http://www.proviento.com.ec/>
Catálogos.
- <http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm>
Bases del funcionamiento de celdas FV.
- <http://www.electricidad-gratuita.com/dimensionamiento-fotovoltaico%203.html>
Calculo del número de paneles FV.
- http://www.e-market.cl/paginas/expertos/E_SOLAR_SOLEM.pdf
Eficiencia energética y aplicaciones de la energía solar
- <http://www.wisphysics.es/2012/03/los-paneles-solares-tridimensionales-ya-son-una-realidad>
Paneles solares tridimensionales.
- <http://www.slideshare.net/artorius1968/simbologa-y-esquemas>
Simbología y esquemas de paneles FV.
- <http://www.eco-worthy.com/catalog/poly-solar-panel-p-125.html>
Especificaciones de un panel FV de 10W – 12V.
- <http://www.isolari.es/tipos-de-placas-fotovoltaicas>
Tipos de placas fotovoltaicas.
- <http://www.caloryfrio.com/inversor-solar.html>
Tipos de inversores- Catálogos.
- <http://www.piseguidorsolar.eu/memoria.html>

Seguidor solar micro controlado.

- <http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/ecuador-empezara-en-octubre-la-construccion-de-proyecto-fotovoltaico-en-la-front>

Programas de alimentación de energía en el ecuador que pasaran por el sistema de red pública.

ANEXOS

ANEXO 1

FOTOGRAFÍAS DE LAS PRUEBAS CON LAS DIFERENTES CONFIGURACIONES.

Zigzag



Trapezoidal



Cóncava



Convexa



En U



Triangular



Onda cuadrada



Onda trapezoidal



Onda triangular



Rectangular



Convencional (plana)



ANEXO 2

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

Intensidad y voltaje



Multímetro análogo y digital

Temperatura



Termómetro de 3 canales testo 735-1

Irradiación

Foto-radiómetro Delta OHM HD2102.2



Datos Técnicos:

1. Entrada para sondas, conector de 8 polos DIN45326.
2. Entrada del conector de la alimentación auxiliar externa.
3. Símbolo de batería: indica el nivel de carga de las baterías.
4. Indicadores de función.
5. Línea de visualización secundaria.
6. Tecla HOLD/☐: en funcionamiento normal congela la medida; en el interior del menú aumenta el valor constante.
7. Tecla FUNC/ENTER: en funcionamiento normal visualiza el máximo (MAX), el mínimo (MIN) y la media (AVG) de las medidas corrientes; en el interior del menú confirma la selección corriente. Si se pulsa junto con otras teclas, activa su función secundaria. Durante el cálculo de la integral Q(t), alterna la visualización del Q(t) con el tiempo de integración.
8. Tecla REL/↔: activa la modalidad de medida relativa (visualiza la diferencia entre el valor actual y el memorizado en el momento en el que se ha pulsado la tecla); en el interior del menú disminuye el valor constante.
9. Tecla SERIAL/ERASE LOG: pone en marcha y termina el envío de datos al puerto de comunicación serie USB. En el interior del menú elimina los datos que contiene la memoria del instrumento.
10. Tecla LOG/DUMP LOG: en funcionamiento normal, pone en marcha y termina la memorización de los valores medidos o de los valores integrados (Q/T) en la memoria interna; pone en marcha desde el menú la transferencia de los datos de la memoria del instrumento al PC.
11. Tecla MENU/CLR Q(t): permite acceder y salir del menú. Si está activado el cálculo de la integral Q(t), la pulsación contemporánea de las teclas MENU/CLR_Q/T y FUNC/ENTER, pone a cero su valor.
12. Tecla Start-Stop_Q(t)/ESC: si está activada la función de integración Q(t), pone en marcha y detiene el cálculo; en el interior del menú anula la operación en curso sin aportar modificaciones.
13. Tecla UNIT/Q(t): en funcionamiento normal selecciona la unidad de medida para la variable principal; si se pulsa junto con la tecla FUNC, pone en marcha el procedimiento de cálculo de la integral Q(t).
14. Tecla ON-OFF/AUTO-OFF: enciende y apaga el instrumento; si se pulsa junto con la tecla HOLD, desactiva el autoapagado automático.
15. Símbolos MAX, MIN y AVG.
16. Línea de visualización principal.
17. Línea de los símbolos y de los comentarios.
18. Conector de 8 polos mini-DIN para RS232C y USB 2.0.

ANEXO 3

En esta tabla se muestran las características de un panel similar al que se ha utilizado.

Tabla A3 Características de los paneles de 10 W 12 V.

specification	
Related power	10W
Voc	20.6V
Vop	17.3V
Short circuit current (Isc)	0.69A
Working current (Iop)	0.58A
Output Tolerance	±3%
Temperate coefficient of Isc	(0.10+/- 0.01)%/ °C
Temperate coefficient of Voc	- (0.38 +/-0.01)%/ °C
Temperate coefficient of power Voc	-0.47%/°C
Temperature range	-40°Cto +80°C
Frame	Heavy duty aluminum
Kind of connection	waterproof junction box, can be customized
Guarantee of power	90% within 10 years 80 within 25 years
Kind of glass and its thickness	Low Iron, high transparency tempered glass of 3.2mm
SLA Battery Voltage	12V
Dimensions (L x W x H)mm	337 ×205 x 18