



**Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN LA CIUDAD  
DE LATACUNGA SECTOR SAN MARTÍN BARRIO SAN JOSÉ PARA EL  
DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO.**

**Autores:**

Franklin Fernando Cando Iza

Jhony Fabricio Yugsi Lanchimba

**Tutor:**

Ing. MsC. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

Latacunga - Ecuador

FEBRERO 2018

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Franklin Fernando Cando Iza con cedula de identidad N° 050359197 - 6 y Jhony Fabricio Yugsi Lanchimba con cedula de identidad N° 040179395 – 5 declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA SECTOR SAN MARTÍN BARRIO SAN JOSÉ PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO.”**, siendo Ing. MsC. Xavier Alfonso Proaño Maldonado director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



---

**Franklin Fernando Cando Iza**

C. I. 050359197 - 6



---

**Jhony Fabricio Yugsi Lanchimba**

C. I. 040179395 – 5

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

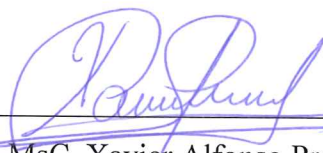
En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA SECTOR SAN MARTÍN BARRIO SAN JOSÉ PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO.”**

De los señores; **Franklin Fernando Cando Iza** y **Jhony Fabricio Yugsi Lanchimba**, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero 2018

El Tutor



---

Ing. MsC. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

C.C.:050265642 – 4

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA) por cuanto, los postulantes: **Franklin Fernando Cando Iza** y **Jhony Fabricio Yugsi Lanchimba** con el título de Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA SECTOR SAN MARTÍN BARRIO SAN JOSÉ PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO.”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero 2018

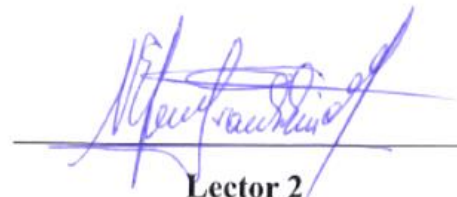
Para constancia firman:



**Lector 1**

**MsC. Franklin Vásquez**

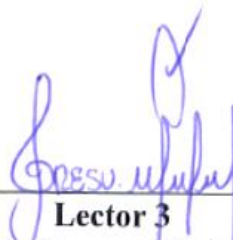
**C.C.: 171043449-7**



**Lector 2**

**Ing. MsC. Franklin Medina**

**C.C.:050125961-8**



**Lector 3**

**MsC. Rommel Suárez**

**C.C.: 180416535-3**

## **AGRADECIMIENTO**

*Nuestro más sincero y grande agradecimiento al Ing. Xavier Proaño por habernos guiado, compartiendo conocimientos y por ayudarnos en la realización de nuestro tema de tesis.*

*De manera especial al Ing. Franklin Medina por compartir sus vivencias y experiencias.*

*Al Ing. Rommel Suarez por la confianza depositada y por apoyarnos incondicionalmente en el desarrollo de este proyecto.*

*Al Ing. Franklin Vásquez nuestros sinceros agradecimientos por su infinita ayuda en el desarrollo de este proyecto.*

*Nuestro sincero reconocimiento y gratitud a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirnos las puertas de la Institución, para podernos formar como profesionales, impartiendo conocimientos de vital importancia para nuestro desempeño en el campo profesional.*

**FRANKLIN Y JHONY**

## **DICATORIA**

*En primer lugar, agradezco a DIOS, por su infinita bondad y por darme la fuerza necesaria para vivir y seguir adelante en cada paso que doy.*

*Con mucho amor a mis padres Cristóbal Cando y María Iza por confiar y apoyarme incondicionalmente en todo momento.*

*A mi amada esposa Tania Cando, por su amor incondicional, por no permitir que decayera ni un solo instante en la consecución de mis objetivos.*

*A mis amados hijos Dostyn y Sofía, por llenarme de alegría en esos momentos de debilidad.*

*A mi hermana, Jessica por su ayuda absoluta, su comprensión y por creer en mí.*

*A mis suegros, gracias por su comprensión, su paciencia, sus consejos y su apoyo.*

*Y a toda mi familia que de una u otra forma me apoyaron incondicionalmente.*

**FRANKLIN**

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo con el cual he alcanzado el sueño más anhelado y en el cual he plasmado todo el esfuerzo y sacrificio diario de todos los años de estudio le dedico a DIOS.*

*Por guiarme cada día en esta etapa de mi vida.*

*A mis padres José Yugsi y María Inés Lanchimba.*

*A mis hermanos Víctor, Jenny y Edwin por ser el pilar fundamental en el transcurso de toda mi carrera universitaria y por el apoyo incondicional en las buenas y en las malas ya que gracias al esfuerzo de ellos he llegado a la meta más grande en mi vida.*

*Y a toda mi familia que de una u otra forma me guiaron con sus consejos.*

*A Gabby por el apoyo incondicional en cada etapa de mi vida universitaria.*

**JHONY**

## INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DICATORIA .....	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xiii
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xviii
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	4
6. OBJETIVOS:.....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
Tabla 1 Sistema de Tareas en relación a los Objetivos Planteados .....	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	7
Introducción .....	7
La energía solar .....	7
Importancia del almacenamiento de energía solar .....	7



Análisis de la energía solar.....	8
Conversión directa de la energía solar en electricidad:.....	8
Tipos de radiación solar .....	9
Influencia de la atmósfera terrestre en la radiación solar .....	10
Energía solar fotovoltaica.....	10
El sol como fuente de energía renovable .....	10
La célula fotovoltaica.....	11
Estructura de la célula fotovoltaica.....	11
El módulo fotovoltaico.....	12
El generador fotovoltaico .....	12
Funcionamiento de los paneles solares .....	13
Eficiencia de los paneles solares .....	14
Curvas Características de los Paneles Fotovoltaicos (Curva I-V).....	14
Factores que afectan la característica (i-v) del módulo fotovoltaico.....	15
Efecto de la Intensidad de Iluminación (Irradiancia). .....	15
Efecto de la Temperatura. ....	15
Inclinación de los Módulos fotovoltaicos. ....	16
Efecto atmosférico sobre la radiación.....	17
Radiación sobre una superficie inclinada .....	18
Factor de irradiación (FI).....	18
Mediciones la energía solar fotovoltaica. ....	19
Explicación teórica del efecto fotovoltaico .....	19
Los sistemas fotovoltaicos .....	19
Sistemas conectados a la red (grid connected) .....	20
Sistemas aislados (stand alone).....	20
Parámetros característicos de un módulo fotovoltaico. ....	21
Conexionado de los módulos fotovoltaicos. ....	22
Conexión de módulos en serie. ....	22
Conexión de módulos en paralelo.....	22
Conexión de módulos en serie/paralelo. ....	23
Batería o acumuladores recargables. ....	25

Funciones básicas.....	25
Características de las baterías.....	25
Almacenamiento de energía de corto y largo plazo.....	26
Parámetros de un acumulador.....	26
Vida y ciclaje del acumulador.....	27
Actividades que se deben realizar periódicamente para garantizar el óptimo funcionamiento del sistema.....	29
Reguladores.....	30
Funcionamiento y tipos.....	30
Instalación y mantenimiento de los reguladores.....	31
Inversores fotovoltaicos.....	31
Rendimiento 31	
Capacidad de sobrecarga.....	31
Dimensionado del inversor.....	31
Mantenimiento32	
Elementos de protección del circuito.....	32
El cableado.....	32
9. HIPÓTESIS:.....	32
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑOS EXPERIMENTAL.....	32
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	33
Descripción del proyecto.....	33
Ubicación de la vivienda.....	34
Determinación del potencial fotovoltaico presente en el sector de San Martín Barrio San José. ....	35
Determinación del potencial fotovoltaico mes de mayo.....	36
Determinación del potencial fotovoltaico de todos los meses.....	39
Descripción del potencial fotovoltaico presente en el sector de San José.....	42
Determinación de la carga instalada.....	44
Determinación de la Demanda.....	45
Determinación del consumo de energía.....	45
Determinación de la demanda y energía mediante la instalación de un analizador de carga.....	46
Diseño del Sistema de generación fotovoltaico autónomo.....	48

Descripción del sistema.....	48
Dimensionamiento del generador fotovoltaico.....	48
Orientación e inclinación óptima del generador fotovoltaico.....	48
Dimensionamiento del generador fotovoltaico.....	49
Dimensionado Del Sistema De Acumulación .....	53
Dimensionado del regulador de carga. ....	56
Dimensionado del inversor .....	57
Dimensionamiento de los conductores .....	57
Determinación De Las Protecciones.....	59
12. IMPACTOS (TECNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS) .....	59
13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	60
Detalle de inversión del proyecto.....	60
Análisis de la inversión y recuperación.....	61
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
15. BIBLIOGRAFÍA .....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.....	6
Tabla 2 Principales características de la energía solar.....	7
Tabla 3 Inclinaciones óptimas en función del periodo de máxima captación.....	17
Tabla 4 Técnicas e instrumento a emplear en el proyecto.....	33
Tabla 5 Datos de radiación mes de mayo.....	35
Tabla 6 Histograma hora 1 (07:00 am a 07:30 am) mes de mayo.....	36
Tabla 7 Histograma hora 2 (07:30 am a 08:00 am) mes de mayo.....	37
Tabla 8 Datos de radiación determinados mediante histogramas de frecuencia para el mes de mayo.....	38

Tabla 9 Valores máximos y mínimos con y sin aplicación de los histogramas de frecuencia del mes de mayo.....	38
Tabla 10 Radiación mensual en $w/m^2$ , de los 8 meses de mediciones del año 2017 y una proyección para los 4 meses del año 2018.....	40
Tabla 11 Datos de radiación promedio anual.....	40
Tabla 12 Valores máximos y mínimos con y sin promedio del año 2017.....	41
Tabla 13 Distribución de la vivienda de estudio.....	44
Tabla 14 Detalle del levantamiento de carga.....	44
Tabla 15 Determinación de la demanda de la vivienda.....	45
Tabla 16 Determinación del consumo de energía de la vivienda.....	45
Tabla 17 Valores de demanda y energía determinados por el analizador de carga y la aplicación de histogramas de frecuencia.....	46
Tabla 18 Valores máximos y mínimos de demanda y energía.....	47
Tabla 19 Características técnicas de los módulos fotovoltaicos.....	51
Tabla 20 Dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico para diferente tipo de fabricantes.....	53
Tabla 21 Características del generador fotovoltaico con el módulo sp660-250.....	53
Tabla 22 Dimensionamiento del sistema de acumulación.....	56
Tabla 23 Tipos de reguladores de carga empleados en sistemas de generación fotovoltaica...57	57
Tabla 24 Tipos de inversores empleados en sistemas de generación fotovoltaica.....	57
Tabla 25 Valores normalizados permitidos de caída de tensión en ecuador.....	58
Tabla 26 Calculo de los conductores para el sistema de generación fotovoltaico.....	58
Tabla 27 Determinación de las protecciones en función de las características de la instalación.....	59
Tabla 28 Presupuesto del sistema.....	60
Tabla 29 Análisis del van y tir.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Espectro electromagnético.....	9
Figura 2 Espectro de la radiación solar extraterrestre y a nivel del mar.....	10
Figura 3 Conversión fotovoltaica de la energía solar.....	11
Figura 4 Módulos fotovoltaicos.....	12
Figura 5 Módulos fotovoltaicos que entre ellos forman un panel solar.....	13
Figura 6 Funcionamiento de celdas solares.....	13
Figura 7 Curva característica de paneles solares (i-v).....	14
Figura 8 Efecto de la irradiación sobre la característica (i-v) de un panel fotovoltaico manteniendo la temperatura constante.....	15
Figura 9 Efecto de la variación de temperatura sobre la característica (i-v) de un panel fotovoltaico manteniendo la irradiación constante.....	16
Figura 10 Sistema fotovoltaico conectado a la red.....	20
Figura 11 Sistema fotovoltaico aislado.....	21
Figura 12 Batería para sistemas fotovoltaicos.....	26
Figura 13 Curvas de carga: a) tensión constante (u); b) intensidad constante (ia).....	29
Figura 14 Curvas de carga: a) tensión e intensidad constante (iu). b) tensión creciente (wa).29	
Figura 15 Ubicación de la vivienda en estudio.....	34
Figura 16 Descripción de la construcción de la vivienda en estudio.....	35
Figura 17 Curva de radiación mes de mayo determinada mediante histogramas de frecuencia.....	39
Figura 18 Curva de radiación promedio del año 2017.....	42
Figura 19 Plano arquitectónico de la vivienda del sr. marco polo sisa ronquillo.....	43
Figura 20 Curva diaria de energía y demanda de la vivienda en estudio.....	47
Figura 21 Curva de radiación promedio mes de septiembre.....	24
Figura 22 Catálogos de equipos utilizados en sistemas de generación fotovoltaica.....	25

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación ( 1) Eficiencia de los paneles solares.....	14
Ecuación ( 2) Inclinación optima.....	16

Ecuación ( 3) Efecto atmosférico sobre la radiación.....	17
Ecuación ( 4) Radiación sobre una superficie.....	18
Ecuación ( 5) Factor de irradiación de con inclinación de 15° a 90°.....	18
Ecuación ( 6) Factor de irradiación con inclinación $\leq 15^\circ$ .....	18
Ecuación ( 7) Irradiación sobre una superficie con $f_i$ .....	19
Ecuación ( 8) Tensión del modulo.....	21
Ecuación ( 9) Intensidad del modulo.....	21
Ecuación ( 10) Potencia del modulo.....	21
Ecuación ( 11) Potencia mínima del generador.....	22
Ecuación ( 12) Intensidad del generador serie.....	22
Ecuación ( 13) Tensión del generador serie.....	22
Ecuación ( 14) Tensión del generador paralelo.....	23
Ecuación ( 15) Intensidad del generador paralelo.....	23
Ecuación ( 16) Intensidad del generador serie/paralelo.....	23
Ecuación ( 17) Tensión del generador serie/paralelo.....	23
Ecuación ( 18) Potencia máxima del generador.....	23
Ecuación ( 19) Tensión de circuito abierto del generador.....	24
Ecuación ( 20) Intensidad de cortocircuito del generador.....	24
Ecuación ( 21) Tensión máxima del generador.....	24
Ecuación ( 22) Intensidad maxima del generador.....	24
Ecuación ( 23) Coeficiente intensidad - temperatura del generador.....	24
Ecuación ( 24) Coeficiente tensión - temperatura del generador.....	24
Ecuación ( 25) Capacidad nominal de la batería capacidad nominal de la batería.....	27
Ecuación ( 26) Capacidad de la batería con rendimientos típicos.....	28
Ecuación ( 27) Efecto de la temperatura en la capacidad de la batería.....	28

Ecuación ( 28) Cantidad mínima consumida.....	54
Ecuación ( 29) Capacidad real de acumulación efecto de la temperatura.....	54
Ecuación ( 30) Conexión paralelo acumuladores.....	55
<i>TMAR</i> = % <i>pasivo</i> + % <i>inflacion</i> + % <i>premio al riesgo</i> ( 32) tasa mínima atractiva de retorno.....	61

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**

**FACUTLAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**

**TITULO:** DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA SECTOR SAN MARTÍN BARRIO SAN JOSÉ PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO.

**Autores:**

Cando Iza Franklin Fernando

Yugsi Lanchimba Jhony Fabricio

**RESUMEN**

El presente proyecto busca proporcionar un sistema generación eléctrica fotovoltaico amigable con el medio ambiente que disminuya el consumo de combustibles fósiles, aumentar la cobertura del servicio eléctrico en los sectores rurales del cantón Latacunga que no tienen acceso al suministro eléctrico.

Se establece la radiación solar en el barrio rural de San José mediante la recolección de datos y su posterior análisis en donde se aplica el método de los histogramas de frecuencia, determinando así el potencial fotovoltaico, siendo el mes de septiembre el que menos radiación solar presenta con un promedio diario de  $344,77 \text{ w/m}^2$ ; mismo que se usa en el “diseño de un sistema fotovoltaico de 3 kW.

Se establecen las características técnicas del sistema de generación fotovoltaico, su lugar de instalación y su aplicación, determinando los parámetros a considerar para el diseño: cargas a alimentar, demanda del sistema, consumo de energía determinados mediante levantamiento de carga, censo de carga y con la instalación de un analizador de carga.

Posteriormente se presentan los cálculos necesarios para el dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico aislado de la red; se calcula el número de módulos, se establece la cantidad de baterías, inversor, regulador, dimensionamiento de conductores y protecciones del sistema.

Por último, se elabora los esquemas de conexión y el presupuesto de inversión.

**Palabras Claves:** Radiación solar, Consumo Energético, Sistema de Generación Fotovoltaico Autónomo, Demanda y Cargas Eléctricas.



## **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**

**THEME:** DETERMINATION OF THE PHOTOVOLTAIC POTENTIAL IN THE TOWN OF LATACUNGA, OUTSKIRTS SAN MARTIN, NEIGHBORHOOD SAN JOSÉ FOR THE DESIGN OF A PHOTOVOLTAIC GENERATION SYSTEM.

**Autores:**

Cando Iza Franklin Fernando

Yugsi Lanchimba Jhony Fabricio

### **ABSTRACT**

The present project seeks to provide a photovoltaic electric generation system friendly to the environment that decreases the consumption of fossil fuels, increase the coverage of electricity service in the rural sectors of the Latacunga town that have no access to electricity supply.

Solar radiation is established in the rural neighborhood of San José through data collection and subsequent analysis where the method of frequency histograms is applied, thus determining the photovoltaic potential, being the month of September the least solar radiation presented with a daily average of 344.77 w / m<sup>2</sup>; same as that used in the "design of a 3 kW photovoltaic system.

The technical characteristics of the photovoltaic generation system, its place of installation and its application are established, determining the parameters to be considered for the design: loads to be fed, system demand, energy consumption determined by means of load lifting, load census and the installation of a load analyzer.

Subsequently, the necessary calculations for the dimensioning of the photovoltaic generation system isolated from the network are presented; the number of modules is calculated, the number of batteries, inverter, regulator, conductor sizing and system protections is established.

Finally, connection diagrams and investment budget are elaborated.

**Keywords:** Solar Radiation, Energy Consumption, Autonomous Photovoltaic Generation System, Demand and Electric Charges.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **Cando Iza Franklin Fernando** y **Yugsi Lanchimba Jhony Fabricio**, cuyo título versa “**DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA SECTOR SAN MARTÍN BARRIO SAN JOSÉ PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO.**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero del 2018.

Atentamente.

MsC. Marcia Chiluisa

Docente centro de idiomas.

C.C.: 050221430 - 7



## ESTRUCTURA DEL PROYECTO DE INVESTIGACION FINAL

### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

#### 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del Proyecto.**

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN LA CIUDAD DE LATACUNGA, SECTOR SAN MARTÍN BARRIO SAN JOSÉ, PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICO.

**Fecha de inicio:**

Marzo 2017.

**Fecha de finalización:**

Febrero 2018.

**Lugar de ejecución:**

San José, San Martín, Latacunga, Cotopaxi.

**Facultad que auspicia**

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Eléctrica

**Proyecto de investigación vinculado:**

Proyecto de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

**Equipo de Trabajo:**

Msc. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

**Coordinadores del proyecto.**

Franklin Cando

Jhonny Yugsi.

**Área de Conocimiento:**

Ingeniería, industria y construcción. ⇒Electricidad y energía.

**Línea de investigación:**

Conversión y uso racional de la energía eléctrica.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Eficiencia energética.

**EQUIPO DE TRABAJO**

**Nombre:** Xavier Alfonso Proaño Maldonado.

**Nacionalidad:** Ecuatoriana

**Fecha de nacimiento:** 20 de octubre de 1985

**Estado Civil:** Soltero.

**Residencia:** Ciudadela los Molinos

**Entidad Laboral:** Docente de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**E-mail:** xavier.proaño@utc.edu.ec

**Móvil:** 0992582968

**Títulos Obtenidos**

- Ingeniero Eléctrico de la Universidad Politécnica Nacional.
- Magister en Gestión de Energías de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**COORDINADORES DEL PROYECTO****HOJA DE VIDA POSTULANTE N°1**

**NOMBRES:** Jhony Fabricio

**APELLIDOS:** Yugsi Lanchimba

**TELÉFONO DEL DOMICILIO:** 032386624

**TELÉFONO CELULAR:** 0997588488 (Claro)

**CORREO ELECTRÓNICO:** jhony.yugsi5@utc.edu.ec

## **HOJA DE VIDA POSTULANTE N°2**

**NOMBRES:** Franklin Fernando  
**APELLIDOS:** Cando Iza  
**TELÉFONO DEL DOMICILIO:** 0994534462  
**TELÉFONO CELULAR:** 0994534462  
**CORREO ELECTRÓNICO:** franklin.cando6@utc.edu.ec

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El presente trabajo consiste en la determinación y el análisis de la radiación solar presente en la ciudad de Latacunga sector San Martín barrio San José, con el objetivo de dimensionar un sistema de generación fotovoltaico asilado de la red, es decir, un sistema de generación fotovoltaico autónomo.

La propuesta está basada en el diseño de un sistema de generación fotovoltaico autónomo que se aplique principalmente a cargas residenciales rurales, es decir, pequeñas viviendas alejadas de las redes de energía eléctrica, el mismo que puede ser extendido en un futuro a otro tipo de inmuebles, como pequeños y grandes edificios, oficinas, empresas, colegios, etc.; mediante un análisis de la radiación solar presente en el barrio San José, las mediciones serán recolectadas y tabuladas mes a mes durante el periodo de 8 meses, con la finalidad de proyectar la curva del potencial fotovoltaico establecida en  $w/m^2$ , que servirá para realizar el dimensionamiento del sistema.

Finalmente, con esta propuesta se obtiene un sistema de generación fotovoltaico autónomo confiable, diseñado en función del potencial fotovoltaico del mes más crítico, una autonomía de 2 días y para satisfacer una demanda de 6 kW. La propuesta no busca fines de lucro, sino más bien que todas las personas tengan acceso a la energía eléctrica.

## **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto tiene como finalidad la determinación real y actual del potencial fotovoltaico

presente en la ciudad de Latacunga sector San Martín barrio San José, a través de mediciones diarias efectuadas en el área de estudio que garanticen el correcto dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaico autónomo, que es una fuente de energía renovable amigable con el medio ambiente ya que utiliza un recurso natural para producir energía eléctrica mediante la aplicación de paneles solares.

Desde el punto de vista energético se busca un sistema con alta eficiencia energética que será determinado a través de un inventario de consumo de energía que permitirá conocer con más detalle la demanda y el consumo de energía eléctrica, identificar los hábitos de uso de los electrodomésticos, tiempo y tipos de artefactos eléctricos que bien pueden ser remplazados con otro tipo de tecnología más eficiente y de consumo reducido.

En caso de una posible implementación del Sr. Marco Polo Sisa Ronquillo, propietario de la vivienda será el único beneficiario de este proyecto que busca mejorar el nivel de vida, accesibilidad al suministro de energía eléctrica, reducir el consumo de energía y fortalecer el uso de las energías renovables amigables con el medio ambiente.

#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

Marco Polo Sisa Ronquillo, propietario de la vivienda ubicada en el sector San Martín, Barrio San José.

#### **5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

En la ciudad de Latacunga sector San Martín barrio San José, se desconoce la información real y exacta de insolación; por lo que se dificulta realizar el correcto dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaico, de la misma forma existen algunos sectores donde no tienen el servicio de energía eléctrica lo que dificulta su desarrollo y progreso económico.

##### **Situación problemática.**

El ARCONEL, contrato en el año 2008 la elaboración del Mapa Solar del Ecuador. Donde se proporciona información sobre la insolación directa ( $300\text{Wh}/\text{m}^2/\text{día}$ ), difusa ( $100\text{Wh}/\text{m}^2/\text{día}$ ) y global ( $150\text{Wh}/\text{m}^2/\text{día}$ ), para cada mes del año y el promedio anual, sin embargo, algunas mediciones de radiación solar, han determinado que la intensidad de radiación diaria tiene un promedio de 4 a 6  $\text{KWh}/\text{m}^2/\text{día}$ . (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 2009, pag.34),

esto significa que la potencia de la radiación solar para cada provincia del Ecuador es desconocida en forma real lo que dificulta la aplicación de los sistemas de generación fotovoltaicos y su vez incrementa el costo de este tipo de tecnología.

En Latacunga existe un alto número de personas que viven en el sector rural, como los páramos y sectores montañosos, lo que hace imposible que estos sectores tengan acceso a ciertos beneficios como es la energía eléctrica.

A los problemas antes citados se suma la crisis energética mundial, que han propiciado el desarrollo de nuevas tecnologías para la generación eléctrica que no dependan de los combustibles fósiles, una de ellas es la generación fotovoltaica.

Si bien el Ecuador esta una zona privilegiada para la aplicación de este tipo de tecnología, ha tenido poca propagación a nivel nacional debido a la falta de tecnología y los altos costos que representa la implementación de los mismos. Para poder hacer factible la aplicación de este tipo de sistemas resulta necesario realizar un estudio de ingeniería eléctrica para el correcto dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico, este debe de cubrir aspectos fundamentales de la ingeniería eléctrica que van desde leyes y teorías hasta normativas vigentes para el correcto aprovechamiento de la energía eléctrica.

Por otra parte, si bien el correcto dimensionamiento de los sistemas de generación fotovoltaicos garantiza la calidad, flexibilidad y continuidad del servicio de energía eléctrica, esta deberá necesariamente ir acompañada de datos de radiación solar reales y actualizados que ayuden a minimizar los costos de la implementación y fortalecer el uso de sistemas de generación fotovoltaicos.

## **6. OBJETIVOS:**

### **GENERAL**

- Determinar la radiación solar existente en el barrio San José, mediante el levantamiento de la información diaria registradas por el pirómetro, para el dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaico autónomo que satisfaga las necesidades energéticas de la vivienda del Sr. Marco Polo Sisa Ronquillo.

### **ESPECÍFICOS**

- Instalar el equipo de medición para determinar el Potencial Fotovoltaico real presente en el Barrio San José mediante la aplicación de histogramas de frecuencia.

- Determinar la potencia y el consumo de energía eléctrica de la vivienda del Sr. Marco Polo Sisa Ronquillo, mediante un inventario de carga y de consumo.
- Diseñar un sistema de generación fotovoltaico autónomo que garantice la calidad, flexibilidad y continuidad del servicio de energía eléctrica, a un costo de inversión aceptables.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 1** Sistema de Tareas en relación a los Objetivos Planteados

OBJETIVO	ACTIVIDADES (TAREAS)	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD (TECNICAS E INSTRUMENTOS)
Determinar el Potencial Fotovoltaico real presente en el Barrio San José mediante la aplicación de histogramas de frecuencia.	Recolección y almacenamiento de los datos de las mediciones de radiación solar.	Determinación de la radiación por cada mes. Determinación del potencial fotovoltaico por cada mes.	Análisis de la radiación solar (mensual) obtenido por el pirómetro y la aplicación de histogramas de frecuencia.
Determinar la potencia y el consumo de energía eléctrica de la vivienda del Sr. Marco Polo Sisa Ronquillo, mediante un inventario de carga y de consumo.	Levantamiento de carga e inventario de consumo de los artefactos eléctricos.	Resultados de: Demanda del sistema. (kW) Consumo de energía (kWh) Tensiones (V). Intensidades(A)	Mediante la técnica de campo se determinó las características eléctricas de la carga. Mientras que la técnica de observación ayudo a identificar el hábito de uso de los artefactos eléctricos.
Diseñar un sistema de generación fotovoltaico autónomo que garantice la calidad, flexibilidad y continuidad del servicio de energía eléctrica, a un costo de inversión aceptable.	Búsqueda de los elementos usados en sistemas fotovoltaicos existen en el mercado ecuatoriano que cubran las necesidades del sistema.	Determinación: Cantidad de baterías. Número de módulos. Conexiones. Potencia del inversor y regulador. Protecciones. Planos del sistema.	Análisis del sistema de generación fotovoltaico aislado de la red mediante la aplicación de ecuaciones y criterios técnicos y económicos.

Realizada por: Los Postulantes



## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

### Introducción

La Energía solar, es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, por ejemplo, en dispositivos ópticos.

La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente  $1000 \text{ W/m}^2$  en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiancia. La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa.

La radiación directa es la que llega directamente del foco solar. Sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones.

### La energía solar

Es emitida por el sol permanentemente y es recibida en la tierra a manera de ondas electromagnéticas. Esta energía presenta diversas ventajas con respecto al resto de las fuentes de energía, como también algunas desventajas y problemas de utilización. A continuación, se presentan las principales características de la energía solar en la tabla 2.[1]

**Tabla 2** Principales Características De La Energía Solar.

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Es inagotable	Necesita grandes áreas para el montaje del sistema fotovoltaico.
100 % limpia	Radiación Variable.
Menos Ruidosa	Alta inversión Inicial

**Realizada por:** Los Postulantes.

### Importancia del almacenamiento de energía solar

El actual desarrollo de las energías renovables implica la generación de energía usando fuentes renovables. Las fuentes renovables están conectadas a las redes eléctricas o microrredes de

electricidad. Pero la disponibilidad aleatoria de la energía primaria da como consecuencia períodos con exceso y deficiencia de energía. Esto ha llevado a que se desarrollen diferentes formas para almacenar la energía sobrante a fin de utilizarlo cuando sea necesario y las condiciones de operación del sistema eléctrico lo permitan.[2]

El almacenamiento de energía tiene un rol crítico en asegurar el futuro energético y que incluye:

- Servirán como una “reserva de electricidad” con mayor capacidad que cualquier reserva de combustibles fósiles.
- Estabiliza la red de distribución y transmisión.
- Permite un uso más eficiente de la generación existente.
- Hace viable económicamente las energías renovables.
- Realiza un seguimiento de la carga, alternando la respuesta ante variaciones entre el suministro de electricidad y de demanda.
- Permite tener una capacidad de reserva.
- Realiza un soporte de estabilidad de voltaje.[2]

### **Análisis de la energía solar.**

Por razones ambientales se ha visto necesaria buscar otras alternativas de generación eléctrica, se ha concluido que las energías provenientes del Sol, Viento y de la Tierra (geotérmica) son las opciones más acertadas. [3]

### **Conversión directa de la energía solar en electricidad:**

Es necesario entender cómo se puede obtener electricidad por medio del sol, existe muchas formas como son:

- Concentradores cilindro - parabólicos
- Concentrador lineal de Fresnel (Espejos planos)
- Concentradores de disco. [3]

El principio de los espejos es concentrar la luz que recibe del sol hacia un sistema de tuberías hasta un punto en el que se transfiere ese calor a un tanque de agua. El vapor generado al calentarse el agua se utiliza para mover una turbina de vapor que deriva la energía mecánica y este se encuentra acoplado con un generador de electricidad.[4]

También se puede generar electricidad solar en forma fotovoltaica, esto es por medio de celdas los cuales son semiconductores que reciben la radiación solar generando electricidad, una célula fotovoltaica es el equivalente de un generador de energía a la que se ha añadido un diodo.[4]

### Tipos de radiación solar

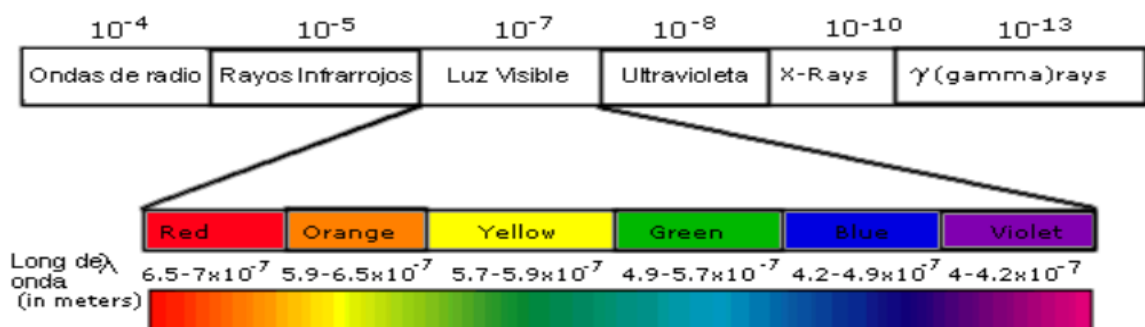
La radiación solar es el conjunto de las radiaciones electromagnéticas que emite el Sol y que determinan la temperatura en la Tierra. La radiación ionizante, por su parte, propaga la energía suficiente para ionizar la materia. Esto quiere decir que la radiación ionizante produce iones y extrae los electrones del estado ligado al átomo. [5] [6]

- **Directa:** recibida desde el Sol sin que se desvíe en su paso por la atmósfera.
- **Difusa:** es la que sufre cambios en su dirección principalmente debidos a la reflexión y difusión en la atmósfera.
- **Albedo:** es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas. [6]

En el campo electromagnético, la radiación solar, se extiende desde los rayos gamma (de longitud de onda  $10^{-13}$  m e inferiores) hasta las ondas de radio (longitudes de onda  $10^4$  m y superiores).

La mayoría de la radiación solar cae entre las longitudes de onda de 0.15 a  $120 \mu\text{m}$  (micrómetros), y la radiación de importancia práctica a los usuarios de la energía solar cae entre 0.15 y  $3.0 \mu\text{m}$ . las longitudes de onda de la radiación visible están entre  $0.38$  y  $0.72 \mu\text{m}$ . La cantidad de energía radiada por el sol se estima a una razón de  $3.8 \times 10^{23}$  kW, como se ilustra en la figura 1.[6]

**Figura 1** Espectro Electromagnético.



Fuente: .[6]

### Radiación normal extraterrestre

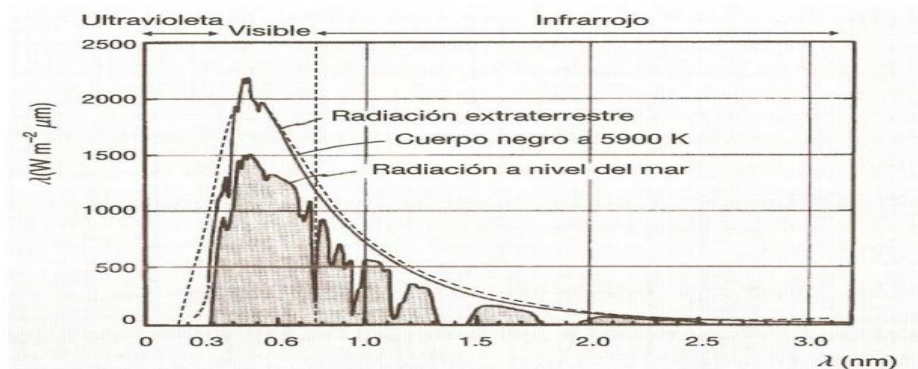
La irradiancia, en electromagnetismo, se define como el valor de la intensidad energético promedio de una onda electromagnética en un punto dado y se calcula como el valor promedio del vector de Poynting:  $I = \langle S \rangle$ , se utiliza para definir la constante solar.[6]

En otra definición, es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. Se establece como la energía radiante por unidad de tiempo que incide sobre una superficie en un momento dado.[6]

### Influencia de la atmósfera terrestre en la radiación solar

A su paso por la atmósfera, la radiación solar es sometida a una combinación de procesos de reflexión, atenuación y difusión que alteran sus características. La reflexión en las nubes disminuye la radiación incidente en la superficie terrestre mientras que la absorción por vapor de agua, ozono y CO<sub>2</sub> produce una modificación de las características espectrales de la radiación. Además, la dispersión por partículas modifica la distribución espacial de la radiación. Dependiendo del tamaño de la partícula en interacción pueden distinguirse tres fenómenos de difusión:[2]

**Figura 2** Espectro de la radiación solar extraterrestre y a nivel del mar.



Fuente: [2]

### Energía solar fotovoltaica

#### El sol como fuente de energía renovable

La energía solar, asociada al enorme flujo de radiaciones emitido por el sol y capturado por nuestro planeta, es el origen de la vida y permite perpetuarse, marca además el tiempo de los ciclos biológicos y de las estaciones. Desde siempre el hombre ha puesto en el sol sus esperanzas, sus necesidades de seguridad y prosperidad y ha utilizado su energía como fuente de calor y de luz.[7]

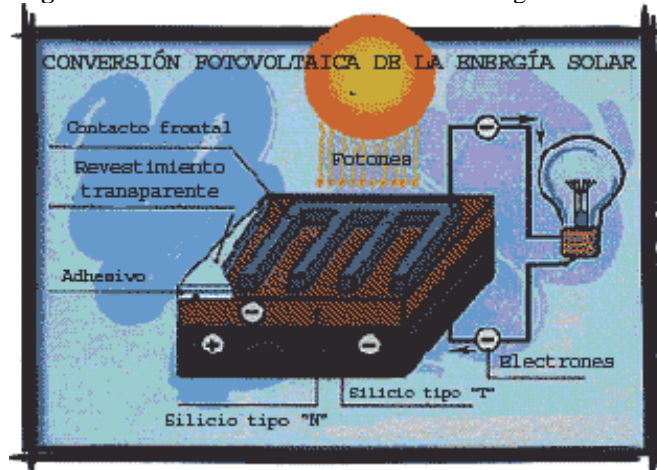
## La célula fotovoltaica

El efecto fotovoltaico se basa sobre la capacidad de algunos semiconductores, como el silicio, de generar directamente energía eléctrica cuando se exponen a la radiación solar. La conversión de la radiación solar en energía eléctrica tiene lugar en la célula fotovoltaica, que es el elemento base del proceso de transformación de la radiación solar en energía eléctrica.[7]

La luz está formada por partículas, los fotones, que transportan energía. Cuando un fotón con suficiente energía golpea la célula, es absorbido por los materiales semiconductores y libera un electrón. El electrón, una vez libre, deja detrás de sí una carga positiva llamada hueco.[7]

Por lo tanto, cuanto mayor será la cantidad de fotones que golpean la célula, tanto más numerosas serán las parejas electrón-hueco producidas por efecto fotovoltaico y por lo tanto más elevada la cantidad de corriente producida.[7]

**Figura 3** Conversión Fotovoltaica De La Energía Solar.



Fuente: [8]

## Estructura de la célula fotovoltaica

La célula fotovoltaica es un dispositivo formado por una delgada lámina de un material semiconductor, muy a menudo de silicio. Se trata del mismo silicio utilizado en la industria electrónica, cuyo coste es todavía más alto.[8]

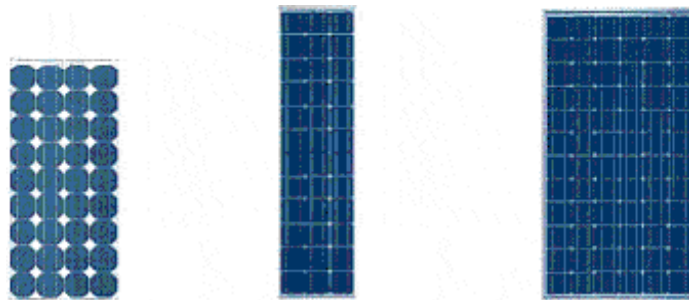
Actualmente el material más utilizado es el silicio mono - cristalino, que presenta prestaciones y duración en el tiempo superiores a cualquier otro tipo de silicio:

- Silicio Mono-cristalino: Rendimiento energético hasta 15 – 17 %.
- Silicio Poli-cristalino: Rendimiento energético hasta 12 – 14 %.
- Silicio Amorfo: Rendimiento energético menos del 10 %.

### El módulo fotovoltaico

Las células solares constituyen un producto intermedio: proporcionan valores de tensión y corriente limitados en comparación a los requeridos normalmente por los aparatos usuarios, son extremadamente frágiles, eléctricamente no aisladas y sin un soporte mecánico. Se ensamblan de la manera adecuada para formar una única estructura: el módulo fotovoltaico, que es una estructura sólida y manejable.[8]

**Figura 4** Módulos Fotovoltaicos.



Fuente: [8]

Lo único que se debe realizar es una limpieza de la superficie del mismo, ya que por acción del clima se puede llenar de polvo, la frecuencia de esta limpieza dependerá del lugar en el que se haya instalado el sistema, por ejemplo, en lugares desérticos donde se genere mucho polvo, su frecuencia será mayor.[6]

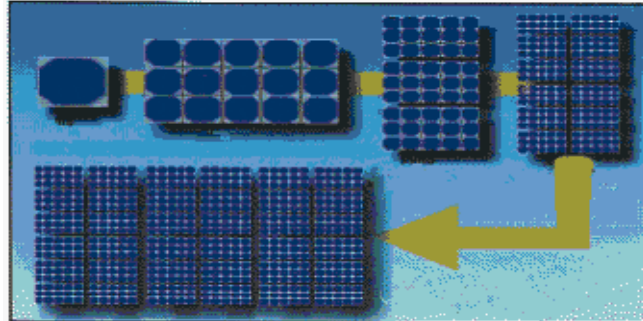
- **Silicio monocristalino:** Disposición ordenada y periódica de átomos, de forma que solo tiene una orientación cristalina. Rendimientos de 14% hasta el 17%.
- **Silicio policristalino:** Las direcciones de alineación de átomos van cambiando cada cierto tiempo durante el proceso de deposición. Alcanzan rendimientos de 12% hasta el 14%.
- **Silicio amorfo:** Compuesto hidrogenado de silicio, no cristalino, Celdas de muy delgado espesor, de fabricación más simple y barata, aunque con eficiencia del 6 - 8% [9]

### El generador fotovoltaico

Más módulos fotovoltaicos ensamblados mecánicamente entre ellos forman el panel, mientras que un conjunto de módulos o paneles conectados eléctricamente en serie, forman la rama. Más ramas conectadas en paralelo, para obtener la potencia deseada, constituyen el generador fotovoltaico. Así el sistema eléctrico puede proporcionar las características de tensión y de

potencia necesarias para las diferentes aplicaciones. La cantidad de energía producida por un generador fotovoltaico varía en función de la insolación y de la latitud del lugar.[10]

**Figura 5** Módulos Fotovoltaicos que entre ellos forman un panel solar.



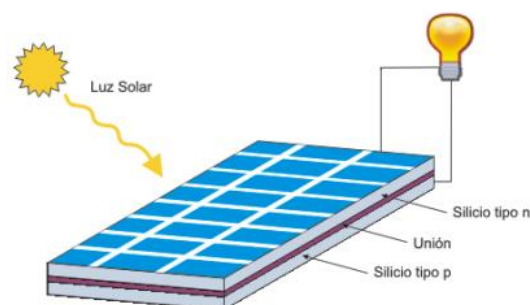
Fuente: [10]

### Funcionamiento de los paneles solares

Las celdas solares están formadas por dos tipos de material, generalmente silicio tipo p y silicio tipo n. La luz de ciertas longitudes de onda puede ionizar los átomos en el silicio y el campo interno producido por la unión que separa algunas de las cargas positivas ("agujeros") de las cargas negativas (electrones) dentro del dispositivo fotovoltaico. [11]

Los agujeros se mueven hacia la capa positiva o capa de tipo p y los electrones hacia la negativa o capa tipo n. Aunque estas cargas opuestas se atraen mutuamente, la mayoría de ellas solamente se pueden recombinar pasando a través de un circuito externo fuera del material debido a la barrera de energía potencial interno. Por lo tanto, si se hace un circuito se puede producir una corriente a partir de las celdas iluminadas, puesto que los electrones libres tienen que pasar a través del circuito para recombinarse con los agujeros positivos. [1]

**Figura 6** Funcionamiento de celdas solares



Fuente: [1]

### Eficiencia de los paneles solares

La eficiencia de una célula solar ( $\eta$ , "eta"), es 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. Este término se calcula usando la relación del punto de potencia máxima,  $P_m$ , dividido entre la luz que llega a la celda, irradiancia ( $E$ , en  $W/m^2$ ), bajo condiciones estándar y el área superficial de la célula solar ( $A_c$  en  $m^2$ ). [1]

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

Ecuación ( 1)

Dónde:

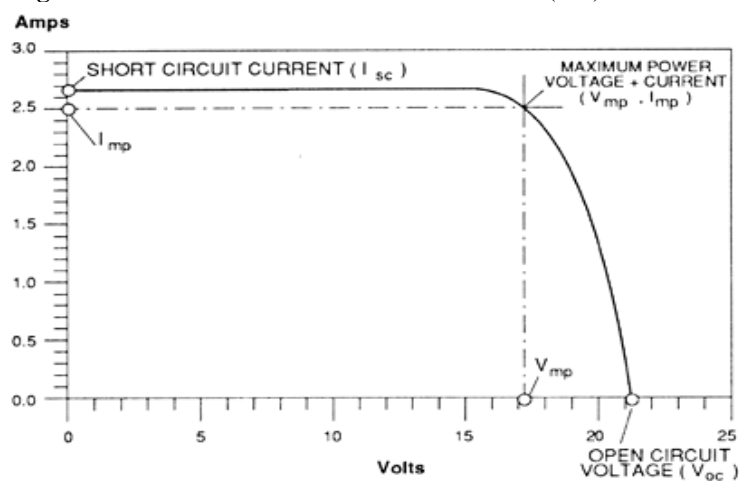
- **P<sub>m</sub>**: Potencia máxima.
- **E**: Irradiancia ( $W/m^2$ ).
- **A<sub>c</sub>**: Área Superficial de superficie de la célula ( $m^2$ ).

### Curvas Características de los Paneles Fotovoltaicos (Curva I-V)

La representación típica de la característica de salida de un dispositivo fotovoltaico (celda, módulo, sistema) se denomina curva corriente tensión. La corriente de salida se mantiene prácticamente constante dentro del rango de tensión de operación y, por lo tanto, el dispositivo se puede considerar como una fuente de corriente constante en este rango.

La corriente y tensión a la cual opera el dispositivo fotovoltaico están determinadas por la radiación solar incidente, por la temperatura ambiente, y por las características de la carga conectadas al mismo.[1]

**Figura 7** Curva Característica de Paneles Solares (I-V).



Fuente: [1]



### Factores que afectan la característica (i-v) del módulo fotovoltaico.

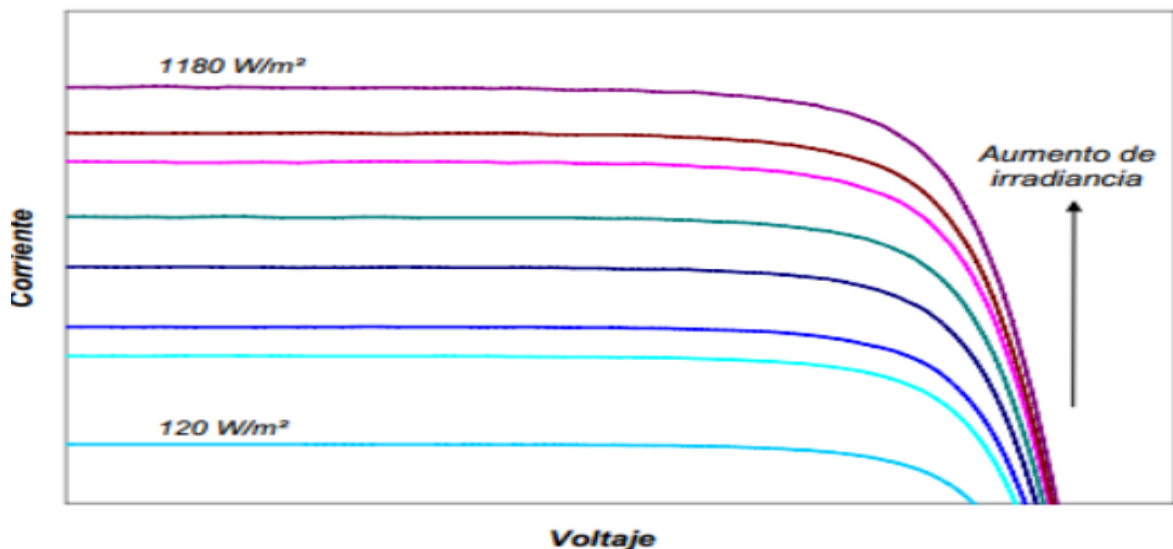
La curva característica de corriente, tensión del panel fotovoltaico se ve afectado por factores ambientales como la intensidad de iluminación, la temperatura y la distribución espectral de la luz solar.[1]

#### Efecto de la Intensidad de Iluminación (Irradiancia).

En general la irradiancia afecta principalmente a la corriente, de forma que se puede considerar que la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico es proporcional a la irradiancia.

En la figura 7, se muestra un ejemplo de la influencia de la intensidad de iluminación sobre una curva I-V medida en laboratorio desde 120 W/m<sup>2</sup> hasta 1180 W/m<sup>2</sup> y temperatura constante.[1]

**Figura 8** Efecto de la Irradiación sobre la característica (I-V) de un panel fotovoltaico Manteniendo la Temperatura Constante.

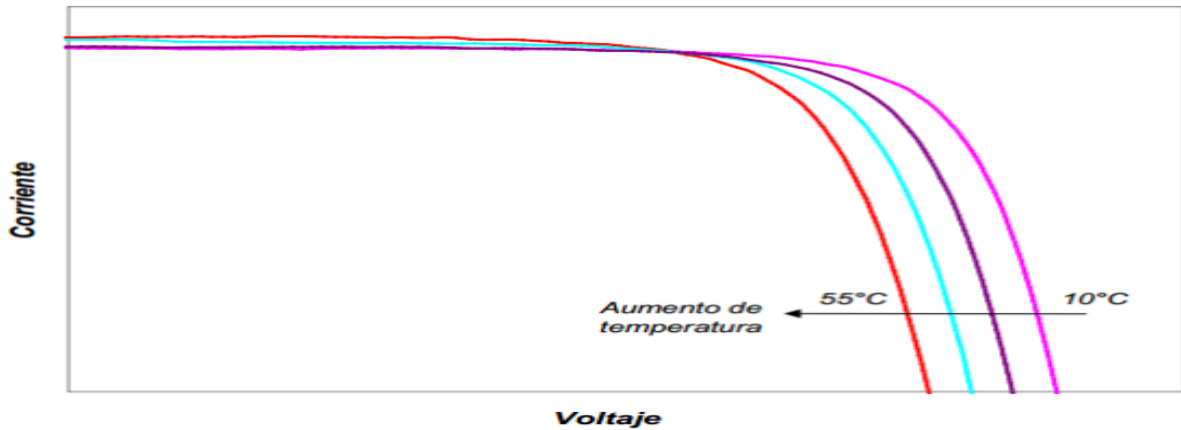


Fuente: [1]

#### Efecto de la Temperatura.

La temperatura afecta principalmente a los valores de voltaje de la característica (I-V), y tiene su mayor influencia en el voltaje de circuito abierto, aunque también modifica los valores del punto de máxima potencia y el valor de corriente de corto circuito  $I_{sc}$  (este muy ligeramente). En la figura puede verse un ejemplo de la variación de la curva característica (I-V) de un panel fotovoltaico al variar la temperatura manteniendo la irradiancia constante.[1]

**Figura 9** Efecto de la variación de temperatura sobre la característica (I-V) de un panel Fotovoltaico Manteniendo la Irradiación Constante.



Fuente:[1]

### **Inclinación de los Módulos fotovoltaicos.**

La inclinación normalmente tiene que ser igual a la latitud del lugar, lo que es posible siempre que no haya exigencias de tipo arquitectónico que lo impidan. La potencia máxima se recibe cuando el panel está perpendicular a la dirección del sol (para recibir un flujo máximo de radiación directa).[12]

Para un panel fijo, la mejor potencia promedio por el año se recibe si el ángulo de inclinación = latitud  $10^\circ$  a  $15^\circ$ , excepto si hay una estación con muy poco sol.[9]

El acimut óptimo para que una superficie fija reciba la mayor cantidad posible de energía solar debe ser cero.  $\alpha = 0^\circ$ . La ecuación 2 representa la inclinación óptima del módulo.

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * |\phi| \quad \text{Ecuación ( 2)}$$

Dónde:

$\beta_{opt}$  = ángulo de inclinación óptima (grados)

$|\phi|$  = latitud del lugar, sin signo (grados)

La fórmula es válida para aplicaciones de utilización anual que busquen La máxima captación de energía solar a lo largo del año.

En la práctica también se utilizan expresiones, basadas en la experiencia y la observación, que proporcionan la inclinación óptima en función del periodo de tiempo y el uso que se le va a dar al generador fotovoltaico (tabla 3.)[13]

**Tabla 3** Inclinaciones optimas en función del periodo de máxima captación

Tipo de instalación	Uso	Máxima captación de energía	Inclinación óptima
Conectadas a la red	Anual	Anual	$\beta_{opt} = \phi - 10$
Bombeo de agua	Anual	Verano	$\beta_{opt} = \phi - 20$
Autónomas de consumo anual constante	Anual	Periodos de menor radiación (por ejemplo, invierno)	$\beta_{opt} = \phi + 10$

Fuente:[14]

**Efecto atmosférico sobre la radiación**

La radiación solar atraviesa la atmósfera antes de llegar a la superficie terrestre y se altera por el aire, la suciedad, el vapor de agua, los aerosoles en suspensión, y otros elementos de la atmósfera. Estas alteraciones son de diferentes tipos según la propiedad óptica que se pone de manifiesto:[13]

- Reflexión: nubes.
- Absorción: ozono, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua. Sólo actúa sobre algunas longitudes de onda de la radiación.
- Difusión: polvo, aerosoles, gotas de agua.

Por lo tanto, en un día sin nubes y cuando el Sol está en su posición más alta, la masa de aire (AM) atravesada es mínima y vale 1 a nivel del mar. Se indica como AM 1. El valor AM 0 se utiliza para especificar las condiciones sobre una superficie normal al Sol fuera de la atmósfera terrestre.[13]

Se puede calcular la masa de aire de la siguiente expresión.

$$AM = \frac{1}{\sin \gamma_s} = \frac{1}{\cos \theta_{zs}} \quad \text{Ecuación ( 3)}$$

Dónde:

$\gamma_s$  = ángulo de elevación solar (grados)

$\theta_{zs}$  = ángulo o distancia cenital.

La absorción de la atmósfera en condiciones AM1, que es el recorrido atmosférico mínimo, reduce la irradiancia que llega a la superficie terrestre a 1.000 W/m<sup>2</sup>, valor de irradiancia normalizado que se utiliza para definir los parámetros nominales de los módulos fotovoltaicos.[14]

### Radiación sobre una superficie inclinada

Se puede calcular el valor medio anual de la irradiación global diaria sobre una superficie inclinada, con fórmulas sencillas, partiendo de los valores medios anuales de la irradiación global diaria horizontal [ $G_{da}(0)$ ], utilizando como datos de partida la latitud de la localidad y la inclinación óptima ( $\beta_{opt}$ ) de la superficie del generador.[14]

La irradiación global anual que se obtiene sobre la superficie con inclinación óptima y acimut cero se obtiene mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$G_a(\beta_{opt}) = \frac{G_a(0)}{1 - 4,46 \cdot 10^{-4} \cdot \beta_{opt} - 1,19 \cdot 10^{-4} \cdot \beta_{opt}^2} \quad \text{Ecuación ( 4)}$$

Dónde:

$G_a(\beta_{opt})$ : Valor medio anual de la irradiación global sobre la superficie con inclinación óptima (kW\*h/m<sup>2</sup>)

$G_a(0)$ : Media anual de la irradiación global horizontal (kW\*h/m<sup>2</sup>)

$\beta_{opt}$  = Inclinación óptima de la superficie (°)

### Factor de irradiación (FI)

Siempre que sea posible se debe orientar la superficie del generador de forma óptima ( $\alpha=0^\circ$  y  $\beta_{opt}$ ). Sin embargo, este requisito no siempre se puede cumplir. Pueden condicionar La orientación de la superficie, la integración arquitectónica, la resistencia al viento, la acumulación de nieve, etc.[14]

Para considerar estas pérdidas, debidas a la inclinación y orientación no óptimas, se aplica un coeficiente de reducción de la energía denominado *factor de irradiación (FI)* y que se calcula con las expresiones siguientes:

Para ángulos de inclinación:  $15^\circ < \beta \leq 90^\circ$ :

$$FI = 1 - \left[ 1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha \right] \quad \text{Ecuación ( 5)}$$

Para ángulos de inclinación:  $\beta \leq 15^\circ$ :

$$FI = 1 - \left[ 1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 \right] \quad \text{Ecuación ( 6)}$$

Dónde:

$FI$ : Factor de irradiación (sin unidades)

$\beta$ : Inclinación real de la superficie (°)

$\beta_{opt}$  = Inclinación óptima de la superficie (°)

$\alpha$  Acimut de la superficie (°)

La irradiación sobre la superficie con inclinación y acimut no óptimos se calcula multiplicando la irradiación sobre la superficie con inclinación óptima por el factor de irradiación:[14]

$$G_a(\alpha, \beta) = FI * G_a(\beta_{opt}) * k \quad \text{Ecuación ( 7)}$$

Dónde:

$G_a(\alpha, \beta)$ : *Valor medio anual de la irradiación global sobre una superficie con inclinación y acimut no óptimos (kW\*h/m<sup>2</sup>).*

$G_a(\beta_{opt})$  *Valor medio anual de la irradiación global sobre una superficie con inclinación (kW\*h/m<sup>2</sup>) y acimut cero.*

$FI$ : *Factor de irradiación (sin unidades)*

$k$ : *Valor constante de para diseños de consumo anual 1,7*

### **Mediciones la energía solar fotovoltaica.**

Para su caracterización, los módulos se miden en unas condiciones determinadas denominadas condiciones estándar: 1000 W/m<sup>2</sup> (1 kW/m<sup>2</sup>) de radiación solar y 25 °C de temperatura de las células fotovoltaicas. La máxima potencia generada en estas condiciones por cada módulo fotovoltaico se mide en Wp (vatios pico); a esta potencia se la denomina potencia nominal del módulo.[4]

### **Explicación teórica del efecto fotovoltaico**

En 1905 Albert Einstein en su artículo “Un punto de vista heurístico sobre la producción y transformación de luz”, sembró las bases para la explicación del efecto fotovoltaico, utilizando el concepto de fotón o cuanto de luz, para explicar al efecto fotovoltaico como un simple choque entre un fotón y un electrón de la superficie de un metal.[15]

Cuando la luz (fotones) inciden sobre el metal, los fotones chocan con los electrones de las capas superiores del metal como si fueran bolas de billar, de tal forma que si tienen la suficiente energía se rompe la atracción atómica del metal, entonces los átomos saldrán disparados por la superficie generando una corriente eléctrica (electrones en movimiento = corriente eléctrica).[15]

### **Los sistemas fotovoltaicos**

Se define el sistema fotovoltaico como un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren a captar y transformar la energía solar disponible, transformándola en utilizable como energía eléctrica.[16]

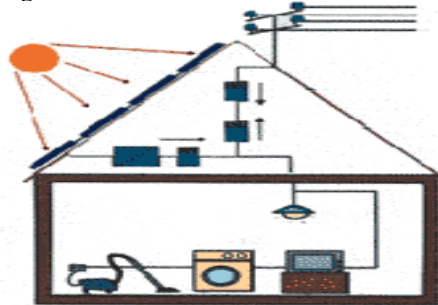
Estos sistemas, independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden dividir en dos categorías:

- Sistemas conectados a la red (grid connected )
- Sistemas aislados (stand alone )

### **Sistemas conectados a la red (grid connected)**

Los sistemas conectados a la red están permanentemente conectados a la red eléctrica nacional. En las horas de irradiación solar escasa o nula, cuando el generador fotovoltaico no produce energía suficiente para cubrir la demanda de electricidad, es la red que proporciona la energía necesaria. Viceversa, si durante las horas de irradiación solar el sistema fotovoltaico produce más energía eléctrica de la que se gasta, el exceso se transfiere a la red.[16]

**Figura 10** Sistema Fotovoltaico Conectado A La Red.



Fuente: [16]

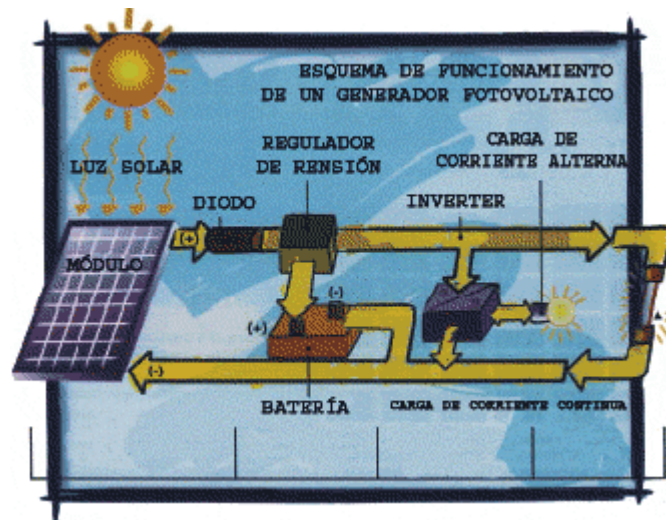
Las principales ventajas de este sistema son las siguientes: [16]

- Bajos costos de mantenimiento.
- Poco riesgo de avería.
- Beneficios medioambientales.
- Recuperación de la inversión.

### **Sistemas aislados (stand alone)**

Los sistemas aislados se utilizan normalmente para proporcionar electricidad a los usuarios con consumos de energía muy bajos para los cuales no compensa pagar el coste de la conexión a la red, y para los que sería muy difícil conectarlos debido a su posición poco accesibles: ya a partir de distancia de más de 3 Km de la red eléctrica, podría resultar conveniente instalar un sistema fotovoltaico para alimentar una vivienda.[16]

Figura 11 Sistema Fotovoltaico aislado.



Fuente: [5]

### Parámetros característicos de un módulo fotovoltaico.

Un módulo fotovoltaico está constituido por varias células solares conectadas eléctricamente entre sí. Si todas las células son iguales y trabajan en las mismas condiciones de irradiación y temperatura, la tensión, intensidad y potencia que puede proporcionar un módulo fotovoltaico cumplen las siguientes relaciones:[13]

$$U_M = N_S * U_C$$

Ecuación ( 8)

Dónde:

$U_M$ : Tensión del módulo (V)

$U_C$ : Tensión de una célula solar (V)

$N_S$ : Número de células asociadas en serie

$$I_M = N_P * I_C$$

Ecuación ( 9)

Dónde:

$I_M$ : Intensidad del módulo (A).

$I_C$ : Intensidad de una célula solar (A).

$N_P$ : Número de células/ramas asociadas en paralelo.

$$P_M = N_S * N_P * P_C$$

Ecuación ( 10)

Dónde:

$P_M$ : Potencia del módulo (W)

$P_C$ : Potencia de una célula solar (W)

$N_S$  : *Número de células asociadas en serie*

$N_P$  : *Número de células/ramas asociadas en paralelo.*

$$P_{Gmin} = \frac{W_d * G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) PR} \quad \text{Ecuación ( 11)}$$

Los parámetros eléctricos de un módulo fotovoltaico están directamente relacionados con los parámetros eléctricos de sus células, la cantidad y la conexión serie-paralelo.

### **Conexión de los módulos fotovoltaicos.**

La intensidad y la tensión de un módulo fotovoltaico no siempre satisfacen los requerimientos de tensión e intensidad de un sistema. Es necesario agrupar varios módulos para conseguir valores adecuados. Se pueden realizar tres tipos de conexión en función de las necesidades:[14]

- Conexión serie: para elevar la tensión del generador.
- Conexión paralela: para elevar la intensidad del generador.
- Conexión serie/paralelo: para elevar la tensión y la intensidad del generador.

### **Conexión de módulos en serie.**

La intensidad del generador es igual a la de un módulo y la tensión del generador es la tensión de un módulo por el número de módulos en serie se define mediante las siguientes ecuaciones.[14]

$$I_G = I_M \quad \text{Ecuación ( 12)}$$

Dónde:

$I_G$ : *Intensidad del generador (A)*

$I_M$ : *Intensidad del módulo (A)*

$$U_G = N_S * U_M$$

Ecuación ( 13)

Dónde:

$N_S$ : *Número De módulos conectados en serie*

$U_G$ : *Tensión del generador (V)*

$U_M$ : *Tensión de un módulo (V)*

### **Conexión de módulos en paralelo.**

La tensión del generador es igual a la de un módulo y la intensidad del generador es la intensidad de un módulo por el número de módulos en paralelo.[13]



$$U_G = U_M \quad \text{Ecuación ( 14)}$$

Dónde:

$U_G$ : *Tensión del generador (V)*

$U_M$ : *Tensión del módulo (V)*

$$I_G = N_P * I_M \quad \text{Ecuación ( 15)}$$

Dónde:

$N_P$ : *Número De módulos conectados en paralelo*

$I_G$ : *Intensidad del generador (A)*

$I_M$ : *Intensidad de un módulo (A)*

### **Conexión de módulos en serie/paralelo.**

La tensión del generador es la tensión de un módulo por el número de módulos en serie y la intensidad del generador es la intensidad de un módulo por el número de ramas en paralelo. Cada grupo de módulos conectados en serie se denomina rama o cadena.[13]

$$I_G = N_P * I_M \quad \text{Ecuación ( 16)}$$

Dónde:

$N_P$ : *Número De módulos conectados en paralelo*

$I_G$ : *Intensidad del generador (A)*

$I_M$ : *Intensidad de un módulo (A)*

$$U_G = N_S * U_M$$

Ecuación ( 17)

Dónde:

$N_S$ : *Número De módulos conectados en serie*

$U_G$ : *Tensión del generador (V)*

$U_M$ : *Tensión de un módulo (V)*

$$P_{Gm\acute{a}x} = N_S * N_P * P_{m\acute{a}x} \quad \text{Ecuación ( 18)}$$

Dónde:

$P_{Gm\acute{a}x}$ : *Potencia máxima del generador (W)*

$P_{m\acute{a}x}$ : *Potencia máxima del módulo (W)*

$N_S$ : *Número De módulos conectados en paralelo.*

$N_p$ : *Número De módulos conectados en serie.*

$$U_{G OC} = N_S * U_{OC} \quad \text{Ecuación ( 19)}$$

Dónde:

$U_{G OC}$ : *Tensión de circuito abierto del generador (V)*

$U_{OC}$ : *Tensión de circuito abierto del módulo (V)*

$$I_{G SC} = N_S * I_{SC} \quad \text{Ecuación ( 20)}$$

Dónde:

$I_{G SC}$ : *Intensidad de cortocircuito del generador (A)*

$I_{SC}$ : *Intensidad de cortocircuito del módulo (A)*

$$U_{G mpp} = N_S * U_{mpp} \quad \text{Ecuación ( 21)}$$

Dónde:

$U_{G mpp}$ : *Tensión máxima del generador (V)*

$U_{mpp}$ : *Tensión máxima del módulo (V)*

$$I_{G mpp} = N_S * I_{mpp} \quad \text{Ecuación ( 22)}$$

Dónde:

$I_{G mpp}$ : *Intensidad máxima del generador (A)*

$I_{mpp}$ : *Intensidad máxima del módulo (A)*

$$\alpha_G = N_S * \alpha \quad \text{Ecuación ( 23)}$$

Dónde:

$\alpha_G$ : *Coefficiente intensidad - temperatura del generador (mA/°C o %/°C)*

$\alpha$ : *Coefficiente intensidad - temperatura del módulo (mA/°C o %/°C)*

$$\beta_G = N_S * \beta \quad \text{Ecuación ( 24)}$$

Dónde:

$\beta_G$ : *Coefficiente tensión - temperatura del generador (mV/°C o %/°C)*

$\beta$ : *Coefficiente tensión - temperatura del módulo (mV/°C o %/°C)*

En ramas con menor tensión de circuito abierto pueden llegar a comportarse como un receptor, disipando potencia y aumentando su temperatura de operación por encima de valores

peligrosos. Para evitar estos efectos se recomienda conectar diodos de bloqueo en serie con cada rama. Además, para que los fusibles protejan adecuadamente deben tener una intensidad nominal de  $1,5$  a  $2 \cdot I_{SC}$ , puesto que un módulo es capaz de soportar sin daño corrientes de hasta  $3 \cdot I_{SC}$ . [14]

### **Batería o acumuladores recargables.**

El mantenimiento de estos elementos no es complicado, pero si debemos darle mucha importancia ya que pueden sufrir averías si no se lo realiza. Lo principal, es la revisión y relleno de con agua desmineralizada o destilada, esta actividad debe tener una frecuencia mensual para asegurar que los niveles estén dentro de los rangos permitidos. [6]

### **Funciones básicas.**

- Atender suministros de consumo elevado y de corta duración o de falta de tensión. Nivelación de picos.
- Suministro de energía de apoyo en los meses de invierno. Almacenar energía en horas de bajo consumo y cederla en horas punta de demanda.
- Garantizar, junto con el regulador, la estabilidad de funcionamiento del sistema de generación fotovoltaico SFV.

En la actualidad se utilizan baterías tipo estacionarias OPzS de Pb-ácido, níquel-cadmio (Ni-Cd), níquel-hierro (Ni-Fe). Debido a sus prestaciones y bajo coste, en comparación con Ni-Cd, el acumulador de Pb-ácido se utiliza en el 80% de los casos aproximadamente. [14]

### **Características de las baterías**

La Figura 15 muestra una batería típica para aplicaciones fotovoltaicas, generalmente son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse. En comparación, las baterías de automóviles están construidas especialmente para soportar descargas breves pero superficiales durante el momento de arranque; en cambio, las baterías fotovoltaicas están construidas especialmente para proveer durante muchas horas corrientes eléctricas moderadas. Así, mientras una batería de automóvil puede abastecer sin ningún problema 100 amperios durante 2 segundos, una batería fotovoltaica de ciclo profundo puede abastecer 2 amperios durante 100 horas. [2]

Aunque el costo inicial es más bajo, no es recomendable utilizar baterías de automóviles en sistemas fotovoltaicos dado que no han sido construidas para estos fines. Las consecuencias más graves del empleo de batería de automóviles son:[2]

- La vida útil de este tipo de baterías se acorta considerablemente
- los procesos de carga/descarga se hacen ineficientemente.

**Figura 12** Batería para sistemas fotovoltaicos.



Fuente: [7]

### **Almacenamiento de energía de corto y largo plazo.**

Se realiza una caracterización de las tecnologías de almacenamiento de energía de baja y larga duración. Son examinadas para tres categorías: almacenamiento de energía masivo para ser usado a nivel de carga, generación distribuida (DC) para atender los picos locales y calidad de energía (PQ) para alta fiabilidad en usuario final, con importantes variaciones en el tiempo de descarga y la capacidad de almacenamiento.[2]

### **Parámetros de un acumulador**

En las instalaciones solares fotovoltaicas, sobre todo en las aisladas, la fiabilidad y eficiencia de los circuitos de utilización de la instalación eléctrica final depende en gran medida del sistema de almacenamiento de la energía eléctrica. [13]

De ahí que todo esfuerzo que se haga por conseguir unos acumuladores eléctricos cada vez más potentes contribuirá, por un lado, a mejorar las aplicaciones de la electricidad y por otro a ir resolviendo el gran problema de almacenar la energía captada en horas de insolación para poder utilizarla, después, en horas nocturnas o de débil insolación. Los parámetros que se considerarán serán los siguientes:

- Tensión
- Capacidad
- Potencia y energía

## Vida y ciclaje del acumulador

La materia activa, los componentes constructivos, la temperatura ambiente y de operación, la frecuencia y la profundidad de las cargas y descargas (ciclaje), y los métodos de carga influyen considerablemente en la capacidad del acumulador y en la vida del mismo. A continuación, se expondrá algunos de los factores decisivos que se deben tener en cuenta:[14]

- **Temperatura:** Tanto la temperatura ambiente como la de operación influyen en la autodescarga y en la capacidad. A elevadas temperaturas aumenta la capacidad y disminuye la vida de la batería. Sin embargo, a muy bajas temperaturas disminuye la capacidad y existe la posibilidad de congelación, de ahí que en climas agresivos se utilice electrólito de mayor densidad que disminuye el punto de congelación.[13]
- **Profundidad de descarga (DOD):** Se define como el tanto por ciento de la capacidad que se ha sacado de la batería en un ciclo comparada con la capacidad a plena carga. Por ejemplo, si tenemos un acumulador de 100 Ah y le sometemos a una descarga de 20 Ah esto representa una profundidad de descarga del 20%. Los reguladores y las protecciones contra descargas excesivas ayudan a mantener un nivel mínimo de carga de 20 - 30% de la capacidad nominal.
- **Estado de carga (SOC):** Se define como el tanto por ciento de la capacidad disponible en la batería comparada con la capacidad nominal a plena carga. [14]
- **Profundidad de descarga máxima (PD<sub>máx</sub>):** Se define como el tanto por ciento de la capacidad que se ha sacado de la batería al final del periodo de autonomía fijado en comparación con la capacidad nominal a plena carga.

Además, el periodo de autonomía se entiende como el número de días durante los cuales la batería ha de ser capaz de abastecer el consumo del circuito de utilización, en ausencia total de generación fotovoltaica. Se introduce aquí el concepto de periodo de autonomía en lugar de ciclo porque fijados los días de autonomía (A) y la profundidad de descarga máxima (PD<sub>máx</sub>) se puede calcular la capacidad de la batería (C<sub>n</sub>) a partir del Consumo medio diario (Q<sub>d</sub>), mediante la fórmula:[13]

$$C_n = \frac{Q_d * A}{PD_{máx}} [Ah] \quad \text{Ecuación ( 25)}$$

Dónde:

C<sub>n</sub>: *Capacidad nominal de la batería con rendimientos 100% (Ah)*

Q<sub>d</sub>: *Consumo medio diario (Ah/día)*

A: *Periodo de autonomía (días)*

$PD_{m\acute{a}x}$ : *Profundidad de descarga máxima (en tanto por uno).*

Se suele tomar en aplicaciones de viviendas un  $\eta = 0,7$  y en aplicaciones profesionales se es más exigente poniendo un valor de 0,5.

En esta fórmula hemos considerado que el rendimiento de la batería y regulador es del 100%, pero en el dimensionado de los proyectos hay que tenerlo en cuenta. El rendimiento típico del conjunto batería y regulador de carga ( $\eta_{rb}$ ) es de un 80%. A esto se añade el rendimiento del inversor ( $\eta_{inv}$ ) si el consumo se realiza en c.a., que suele tener un valor típico del 85%. Despreciando las pérdidas en los conductores, el rendimiento final ( $\eta_{rb-inv}$ ) sera el producto de los dos rendimientos anteriores que suele estar en torno al 68...70%. La ecuación 26 muestra la capacidad de la batería con los rendimientos típicos de los inversores y reguladores.[12]

$$C_n = \frac{Q_d * A}{PD_{m\acute{a}x} * \eta_{inv} * \eta_{rb}} = Ah \quad \text{Ecuación ( 26)}$$

Dónde:

$C_n$ : *Capacidad nominal de la batería con rendimientos típicos (Ah)*

$Q_d$ : *Consumo medio diario (Ah/da)*

$\eta_{inv}$ : *Rendimiento del inversor.*

$\eta_{rb}$ : *Rendimiento del regulador.*

$PD_{m\acute{a}x}$ : *Profundidad de descarga máxima (en tanto por uno).*

Por otro lado, el efecto de la temperatura afecta directamente la capacidad del sistema de acumulación misma que se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$c'_n = \frac{C_n}{1 - \frac{\Delta T}{160}} \quad \text{Ecuación ( 27)}$$

Dónde:

$C_n$ : *Capacidad nominal de la batería sin efecto de la temperatura (Ah)*

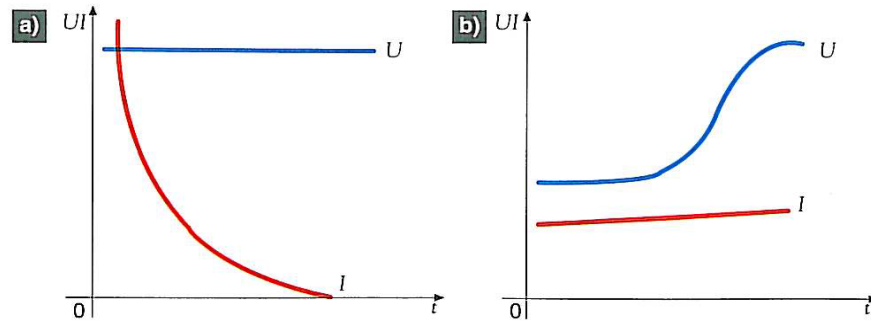
$c'_n$ : *Capacidad nominal de la batería con variación de la temperatura (Ah)*

$\Delta T$ : *Variación de la temperatura ( $^{\circ}C$ )*

**Métodos de carga:** Existen métodos de carga a tensión constante (U), a intensidad constante (Ia), a tensión e intensidad constante (IU), a tensión creciente (Wa) y métodos combinados según tipo de acumulador, de fabricante y de regulador.

**Tensión constante (U):** Se realiza a un valor fijo de tensión y la intensidad disminuye a medida que se carga siguiendo la trayectoria indicada en la figura 13 a).

**Figura 13** Curvas de carga: a) Tensión constante (U); b) Intensidad constante (Ia).

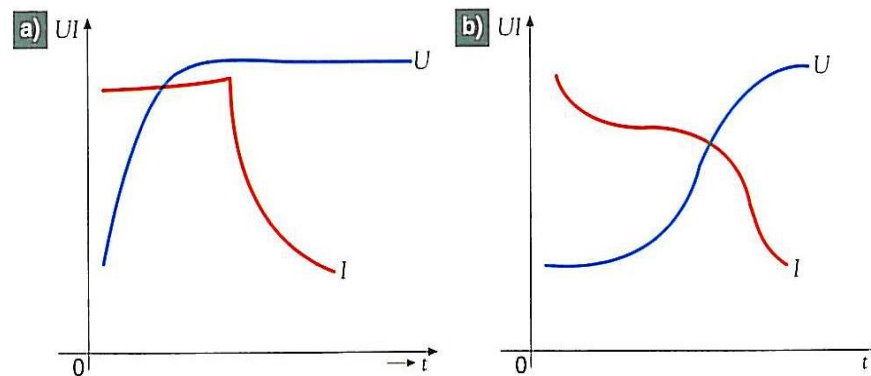


Fuente: [14]

**Intensidad constante (Ia):** Las curvas de tensión e intensidad siguen la trayectoria que se indica en la figura 13 b). Este método es útil cuando se conoce la capacidad que la batería ha suministrado pues de esta forma se puede calcular la capacidad restituida. Debe existir siempre una desconexión automática por tiempo de carga. [12]

**Tensión e intensidad constante (IU):** Con este método el acumulador se carga a intensidad constante hasta alcanzar la tensión el valor de gasificación. A partir de este punto la tensión permanece constante y la intensidad disminuye según la curva que se indica en la figura 14a).

**Figura 14** Curvas de carga: a) Tensión e intensidad constante (IU). b) Tensión creciente (Wa).



Fuente:[14]

**Tensión creciente (Wa):** Este método se basa en ir disminuyendo la intensidad a medida que aumenta la tensión como se indica en la figura 14b). La carga se realiza con un valor alto de intensidad y cuando se alcanza la tensión de gasificación prefijada se reduce en un 50%. Se suele aplicar en baterías de tracción.[14]

**Actividades que se deben realizar periódicamente para garantizar el óptimo funcionamiento del sistema.**

- Comprobación de conexiones.
- Medición de tensión a circuito abierto.

- Comprobación de bancadas.
- Comprobación de tapones.
- Comprobación de terminales.
- Comprobación de la densidad del electrólito:

### **Reguladores**

Sirve para regular la corriente recibida desde los paneles. Es el componente más importante de los sistemas fotovoltaicos, ya que establece límites entre los diferentes componentes del sistema.[5]

### **Funcionamiento y tipos**

El regulador controla el estado de carga de la batería de acumuladores midiendo la tensión en bornes de dicha batería. A partir de la tensión medida se desarrolla la estrategia de control de la carga, de ahí la importancia de efectuar una medida correcta evitando las caídas de tensión que se producen en los cables de conexión y en los dispositivos de protección que puede haber entre la batería de acumuladores y el regulador.

Los relés de estado sólido de tipo MOSFET son empleados para efectuar la conexión/desconexión. En función de cómo se realiza la conexión y desconexión del regulador se pueden clasificar en:[13]

**Reguladores PWM:** En la etapa de carga profunda el regulador permite el paso de toda la corriente producida por el generador fotovoltaico hasta que la tensión en la batería alcanza un valor predeterminado. Al final de esta primera fase de carga se produce el mantenimiento de carga profunda (MCP), dejando pasar la corriente durante un cierto tiempo con tensión constante, para producir una ligera agitación del electrolito del acumulador que evita su estratificación y la sulfatación de las placas internas.

Es en la fase final de la primera etapa y en la etapa de flotación donde se recurre a la técnica de modulación por anchura de pulsos (PWM — Pulse-Width Modulation ). Esta técnica permite variar de forma gradual la corriente de carga de la batería modificando la anchura de los pulsos de la tensión aplicada a la batería. [14]

El uso de esta técnica de regulación permite introducir más corriente en la batería sin aumento de la tensión, consiguiendo estados de carga de la batería con promedios cercanos al 95 % además de mejorar el aprovechamiento de la energía procedente del generador fotovoltaico. Además, de esta técnica se puede realizar la regulación serie, paralelo y todo o nada.[14]



### **Instalación y mantenimiento de los reguladores**

El regulador se debe montar en un lugar protegido de la humedad y el polvo y no debe exponerse a la irradiación directa del sol y a otras fuentes de calor.

El regulador de carga debe estar lo más cerca posible de la batería para reducir al máximo la caída de tensión en los conductores de conexión.[7]

### **Inversores fotovoltaicos**

Un inversor es un dispositivo capaz de convertir la corriente continua producida por el generador fotovoltaico en corriente alterna con los parámetros adecuados de tensión y frecuencia. Según el destino que se vaya a dar a la corriente alterna producida, los inversores pueden ser de dos tipos:[7]

- Inversores para sistemas fotovoltaicos autónomos.
- Inversores para sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

### **Rendimiento**

La característica más importante de un inversor es su rendimiento que se define como la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada del inversor. El rendimiento es un indicador de las pérdidas que se producen en un inversor. Depende del régimen de carga o de vacío, esta última es constante mientras que la primera depende de la corriente de la carga. [10]

### **Capacidad de sobrecarga**

Un inversor tiene que proporcionar una potencia superior a la nominal durante un intervalo de tiempo que permita la conexión de aquellos receptores que necesitan una intensidad de arranque mayor que la nominal para poder funcionar, como sucede con los motores.[17]

### **Dimensionado del inversor**

En inversores autónomos los parámetros que se utilizan para realizar el dimensionado son la tensión nominal de entrada y la potencia nominal.

La tensión nominal de entrada del inversor debe coincidir con la tensión nominal de la batería de acumuladores (por ejemplo: 12, 24 o 48 V). Mientras que la potencia nominal del inversor se aplica el criterio de que la suma de todas las potencias de los receptores que puedan funcionar de forma simultánea no sobrepase dicha potencia nominal.[18]

### **Mantenimiento**

- Los inversores prácticamente no requieren mantenimiento, reduciéndose a una revisión anual para realizar las siguientes operaciones:
- Comprobar que los terminales y bornes están libres de corrosión. Si el ambiente es especialmente adverso, proteger las conexiones con algún protector contra la corrosión.
- Eliminar la suciedad que pueda dificultar su funcionamiento. Utilizar un paño humedecido en agua o limpiador multiusos.
- Comprobar visualmente que la sujeción del inversor es firme y que la superficie de sustentación del mismo no muestra signos de deterioro.[14]

### **Elementos de protección del circuito.**

Los SFV deben proveer todos los elementos de protección comunes de las instalaciones eléctricas contra sobre voltajes, sobre intensidades, corto circuitos, desconexión automática en caso de variaciones de los parámetros de la red, inducción de corrientes de tierra, etc. Los sistemas de protección se sujetarán a la Norma Ecuatoriana de Construcción.[5]

### **El cableado.**

Para la determinación de los conductores se aplicará la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC 2008 que establece las características de los conductores para instalaciones de generación fotovoltaicas respetando requerimientos eléctricos de capacidad de conducción de corriente, caída de voltaje y seguridad.[5]

## **9. HIPÓTESIS:**

La radiación solar incidente en el sector permitirá dimensionar un sistema fotovoltaico para una vivienda ubicada en el sector San Martín.

## **10. METODOLOGÍAS Y DISEÑOS EXPERIMENTAL**

En el proyecto se aplica técnicas de investigación por cuanto debemos entender y definir conceptos y demás pormenores que conllevara realizar proyectos de generación fotovoltaicos. La prueba de campo permite establecer el potencial fotovoltaico presente en el sector de estudio el mismo que sirve para el correcto dimensionamiento de todos los equipos empleados en sistemas de generación fotovoltaicos aislados.

La observación permite obtener características del consumo de energía eléctrica por parte del dueño del inmueble y compararlo con la curva de carga que será tomado el analizador de carga; para de esta forma conocer la demanda real a satisfacer.

Además, se aplica la técnica de comparación para la selección de los equipos adecuados para el sistema, de donde se obtiene la mejor propuesta que se ajuste al parámetro técnico - económico.

**Tabla 4** Técnicas e instrumento a emplear en el proyecto

No.	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
1	TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	Consultas e investigaciones en diferentes medios bibliográficos. (Libros y Tesis)
2	DE CAMPO	Levantamiento de la información de radiación (pirómetro)
3	OBSERVACIÓN	Hábitos de consumo y establecer curva de carga (analizador fluke 1735)
4	COMPARACIÓN	Análisis de elementos del sistema de generación fotovoltaico. (Catálogos de Fabricantes)

Realizado por: Los Postulantes

## 11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### Descripción del proyecto

El barrio San José es un barrio rural del Cantón Latacunga con grandes extensiones de terreno que pudiesen ser aprovechados de mejor manera, pero como no todos los terrenos disponen de suministro energético al estar alejados de las líneas de distribución se ha propuesto la determinación del potencia fotovoltaico existente en dicho sector y emplearlo en un sistema de generación eléctrico fotovoltaico aislado de la red, es por esta razón que hemos tomado en cuenta la vivienda del Sr. Marco Polo Sisa Ronquillo, para realizar el dimensionamiento de los componentes del sistema; por otra parte dependiendo del potencial fotovoltaico que se determine en este sector puede existir la posibilidad de realizar un diseño y la implementación de este tipo de tecnología en una escala mayor, contribuyendo de esta manera al uso de la energía renovable

Además, el presente estudio ayudara al fortalecimiento de este tipo de tecnologías, ya que el sistema que se plantea puede ser extendido a pequeños edificios, escuelas, colegios y centros turísticos, dentro de la provincia después de hacer unos ligeros cambios.

### **Ubicación de la vivienda.**

El domicilio del Sr. Marco Siza está ubicada en el barrio rural de San José sector de San Martín del Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, cuyas coordenadas son:

Lat: -0,9133091455836309

Long: -78,5996175929904

Dms : 0°54' 47'' S | 78° 35' 58,62'' W

UTM: E: 767147,40 | N:9898962,57 ZONE: 17M

MGRS: 17MQU 67147 98963

**Figura 15** Ubicación De La Vivienda En Estudio



**Realizado por:** Los postulantes.

Las figuras 15 y 16; muestran la ubicación, el tipo de construcción de la vivienda y el sector de estudio, en donde se indica el sitio de estudio y la factibilidad para la implementación del sistema de generación fotovoltaico autónomo.

Figura 16 Descripción de la construcción de la vivienda en estudio.



Realizada por: los postulantes.

**Determinación del potencial fotovoltaico presente en el sector de San Martín Barrio San José.**

Una de las propuestas del presente proyecto es conocer el potencial fotovoltaico presente en el barrio rural de San José, en tal virtud se instaló el equipo de medición en la vivienda del Sr. Marco Polo Sisa Ronquillo. Las mediciones se las realizó con una duración de 8 meses, mismos que empezaron en el mes de mayo y finalizaron el mes de diciembre. Estas mediciones fueron realizadas todos los días en un período que empezaba a las 07:00 am y culminaba a las 18:00 pm, los datos fueron recolectados en una base de datos para su posterior tabulación y análisis. La tabulación y el análisis de los valores de la radiación fueron realizados mediante la aplicación de los histogramas de frecuencia mismos que permitieron determinar el potencial real que se dispone en el sector de estudio.

Tabla 5 Datos de radiación mes de mayo.

RADIACION MES DE MAYO 2017 SECTOR SAN JOSE																						
ANEXO: 1A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
FECHA	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
01-may-17	53	170	247	245	236	436	370	353	421	474	363	315	511	596	543	377	308	414	665	204	105	25
02-may-17	95	112	180	253	331	456	454	736	710	526	689	484	360	263	226	456	777	725	246	174	76	33
03-may-17	62	155	238	280	227	280	445	490	603	382	446	665	1051	1121	1071	1006	923	532	123	587	399	80
04-may-17	83	186	242	253	360	356	333	565	366	349	397	305	249	362	348	192	400	161	229	120	60	14
05-may-17	177	141	177	298	527	516	502	455	783	457	553	358	349	693	200	100	120	111	152	83	42	17
06-may-17	70	122	163	143	272	331	422	393	826	531	578	669	805	505	407	364	445	569	364	199	73	20
07-may-17	52	136	206	250	364	347	390	312	375	496	736	728	846	577	923	558	152	317	542	70	13	7
08-may-17	93	119	169	239	273	431	507	504	334	302	189	286	556	452	271	212	155	157	128	100	53	23
09-may-17	116	135	232	305	486	623	569	596	993	685	509	594	1006	856	477	139	182	97	338	251	69	20
10-may-17	26	24	48	89	132	154	159	215	285	243	144	241	218	180	275	376	377	550	740	297	480	261
11-may-17	60	145	228	276	207	264	415	475	643	362	416	665	1011	961	987	1036	943	512	223	571	299	65
12-may-17	51	163	237	235	227	419	355	339	404	455	348	302	491	572	521	362	296	397	638	196	101	24
13-may-17	99	116	187	263	344	474	472	765	738	547	717	503	374	274	235	474	808	754	254	181	79	34
14-may-17	59	147	226	266	216	266	423	466	573	363	424	632	998	1065	1012	954	877	505	117	558	198	41
15-may-17	80	132	173	153	282	341	432	403	836	541	571	662	798	498	400	357	438	562	357	192	66	13
16-may-17	108	185	190	302	267	218	228	298	614	642	959	513	553	243	284	551	698	721	526	173	55	7
17-may-17	72	158	186	322	278	247	343	366	372	566	607	598	469	641	992	919	786	166	48	38	21	17
18-may-17	78	164	192	328	284	253	351	374	380	574	615	606	477	649	1106	909	776	156	38	28	11	7
19-may-17	76	146	218	250	392	593	694	558	382	825	951	990	1052	789	978	327	279	447	141	346	275	20
20-may-17	64	78	191	169	313	344	293	289	386	410	440	530	553	667	855	834	233	202	306	515	70	20
21-may-17	31	69	139	186	251	285	400	401	696	396	439	512	485	418	822	581	622	680	253	117	132	97
22-may-17	27	89	147	204	325	364	342	427	519	372	382	476	734	655	629	574	376	219	133	201	117	47
23-may-17	106	124	117	116	176	301	499	457	497	439	658	831	863	498	295	203	208	322	224	436	348	85
24-may-17	55	79	133	181	296	377	573	420	376	533	406	433	674	741	856	655	640	707	291	147	154	66
25-may-17	43	67	121	169	284	365	561	408	364	521	394	421	662	729	844	643	628	695	279	135	142	54
26-may-17	68	145	197	248	415	466	729	579	694	808	552	438	667	908	691	582	757	875	686	570	292	92
27-may-17	76	131	217	261	337	417	358	288	600	1057	407	388	445	527	722	301	282	436	547	351	263	272
28-may-17	60	124	150	219	301	403	365	460	541	660	1018	704	901	900	1059	922	773	821	692	576	446	187
29-may-17	43	63	185	298	311	284	438	410	454	521	576	488	436	337	338	208	295	297	392	445	419	112
30-may-17	53	66	152	180	252	265	577	475	454	503	433	530	690	842	708	580	490	468	803	700	570	374
31-may-17	66	114	192	300	381	355	413	530	463	672	709	683	830	1037	413	307	195	212	273	348	148	46

Realizado por: Los postulantes

Con los valores de radiación diaria medidos por el pirómetro se realizó la tabla 6. Que muestra todos los valores de radiación medidos del mes de mayo. A continuación, se describe el análisis de la radiación solar registrada en el barrio San José, para el mes de mayo con la aplicación de los histogramas de frecuencia.

**Determinación del potencial fotovoltaico mes de mayo.**

Para analizar los datos mediante el uso de los histogramas de frecuencia se debe definir los parámetros que serán comparados, como es número de datos, el tiempo en el que va a realizarse el histograma, definir límites máximos y mínimos de los valores por cada periodo de análisis, el número de intervalos, la amplitud de clase; así también definir la clase y la frecuencia para cada intervalo, se debe mencionar que para determinar el valor de radiación a elegir se debe seleccionar la clase que haya tenido mayor frecuencia, es decir, el valor que se repitió más veces en esa hora, y en el porcentaje de mayor acumulación. La tabla 8, muestra el histograma de 07:00 am a 07:30 am que es representada con la hora 1, y la selección del valor de la radiación en esa hora.

**Tabla 6** Histograma hora 1 (07:00 am a 07:30 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	1	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (1-22) HISTOGRAMA DE 07:00 A 07:30				
01-may-17		53	# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
02-may-17		95	valor max	177	26	44	44	5	16,13%	16,13%
03-may-17		62	valor min	26	45	63	63	9	45,16%	29,03%
04-may-17		83	rango	151	64	82	82	9	74,19%	29,03%
05-may-17		177	# intervalos (sturger)	5,9215	83	101	101	4	87,10%	12,90%
06-may-17		70	amplitud de clase	18,875	102	120	120	3	96,77%	9,68%
07-may-17		52	diferencia limite inferior	0	121	139	139	0	96,77%	0,00%
08-may-17		93			140	158	158	0	96,77%	0,00%
09-may-17		116			159	177	177	1	100,00%	3,23%
10-may-17		26					y mayor...	0	100,00%	
11-may-17		60							31	
12-may-17		51								
13-may-17		99								
14-may-17		59								
15-may-17		80								
16-may-17		108								
17-may-17		72								
18-may-17		78								
19-may-17		76								
20-may-17		64								
21-may-17		31								
22-may-17		27								
23-may-17		106								
24-may-17		55								
25-may-17		43								
26-may-17		68								
27-may-17		76								
28-may-17		60								
29-may-17		43								
30-may-17		53								

MES DE MAYO

**REALIZADO POR LOS POSTULANTES :**

Realizado por: Los postulantes

El procedimiento se repite para cada intervalo de registro establecido en la tabla 7, en donde se estableció como una hora a cada intervalo teniendo un total de 22 horas. La tabla 8 muestra el histograma de la segunda hora del mes de mayo que va desde las 07:30 am hasta las 08:00 am. Adicional en la tabla 8, se puede apreciar la identificación de la tabla identificado como anexo: 1B (2-22);

**Tabla 7** Histograma hora 2 (07:30 am a 08:00 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	2	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (2-22) HISTOGRAMA DE 07:30 A 08:00				
	01-may-17	170	# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	02-may-17	112	valor max	186	24	44	44	1	3,23%	3,23%
	03-may-17	155	valor min	24	45	65	65	1	6,45%	3,23%
	04-may-17	186	rango	162	66	86	86	5	22,58%	16,13%
	05-may-17	141	# intervalos (sturger)	5,9215	87	107	107	1	25,81%	3,23%
	06-may-17	122	amplitud de clase	20,25	108	128	128	7	48,39%	22,58%
	07-may-17	136	diferencia limite inferior	0	129	149	149	9	77,42%	29,03%
0	08-may-17	119			150	170	170	5	93,55%	16,13%
7	09-may-17	135			171	191	191	2	100,00%	6,45%
:	10-may-17	24					y mayor...	0	100,00%	
3	11-may-17	145								
:	12-may-17	163								
0	13-may-17	116								
-	14-may-17	147								
:	15-may-17	132								
0	16-may-17	185								
8	17-may-17	158								
:	18-may-17	164								
0	19-may-17	146								
0	20-may-17	78								
	21-may-17	69								
	22-may-17	89								
	23-may-17	124								
	24-may-17	79								
	25-may-17	67								
	26-may-17	145								
	27-may-17	131								
	28-may-17	124								
	29-may-17	63								
	30-may-17	66								

MES DE MAYO

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

**Realizado por:** Los postulantes

Las horas restantes del mes de mayo se pueden apreciar en los anexos respectivos que van desde el anexo 1B (3-22) que se encuentra dentro del anexo 1 hasta el anexo 1B (22-22) que se encuentra en la tabla 50 en donde se puede mirar los valores de radiación solar del mes de mayo obtenido mediante la aplicación de los histogramas de frecuencia.

Una vez determinado el valor de radiación de cada media hora se procede a dibujar la curva de radiación del mes de estudio en este caso el mes de mayo.

La tabla 9, muestra los valores de radiación en w/m<sup>2</sup>, del mes de mayo obtenidos mediante la aplicación de histogramas de frecuencia con los que se procede a realizar la figura 20, que representa la curva de radiación de este mes.

**Tabla 8** Datos de radiación determinados mediante histogramas de frecuencia para el mes de mayo.

HORA	RADIACION	UNIDADES
07:00 - 07:30	82	w/m <sup>2</sup>
07:30 - 08:00	149	w/m <sup>2</sup>
08:00 - 08:30	197	w/m <sup>2</sup>
08:30 - 09:00	268	w/m <sup>2</sup>
09:00 - 09:30	331	w/m <sup>2</sup>
09:30 - 10:00	389	w/m <sup>2</sup>
10:00 - 10:30	446	w/m <sup>2</sup>
10:30 - 11:00	421	w/m <sup>2</sup>
11:00 - 11:30	462	w/m <sup>2</sup>
11:30 - 12:00	548	w/m <sup>2</sup>
12:00 - 12:30	473	w/m <sup>2</sup>
12:30 - 13:00	522	w/m <sup>2</sup>
13:00 - 13:30	532	w/m <sup>2</sup>
13:30 - 14:00	533	w/m <sup>2</sup>
14:00 - 14:30	313	w/m <sup>2</sup>
14:30 - 15:00	689	w/m <sup>2</sup>
15:00 - 15:30	840	w/m <sup>2</sup>
15:30 - 16:00	586	w/m <sup>2</sup>
16:00 - 16:30	325	w/m <sup>2</sup>
16:30 - 17:00	197	w/m <sup>2</sup>
17:00 - 17:30	80	w/m <sup>2</sup>
17:30 - 18:00	52	w/m <sup>2</sup>

Realizado por: Los postulantes

**Tabla 9** Valores máximos y mínimos con y sin aplicación de los histogramas de frecuencia del mes de mayo.

Máx.	840	w/m <sup>2</sup>
min	52	w/m <sup>2</sup>
<b>Valores máximo y mínimo del mes de Mayo 2017 sin aplicar histograma</b>		
Máx.	1121	w/m <sup>2</sup>
min	7	w/m <sup>2</sup>

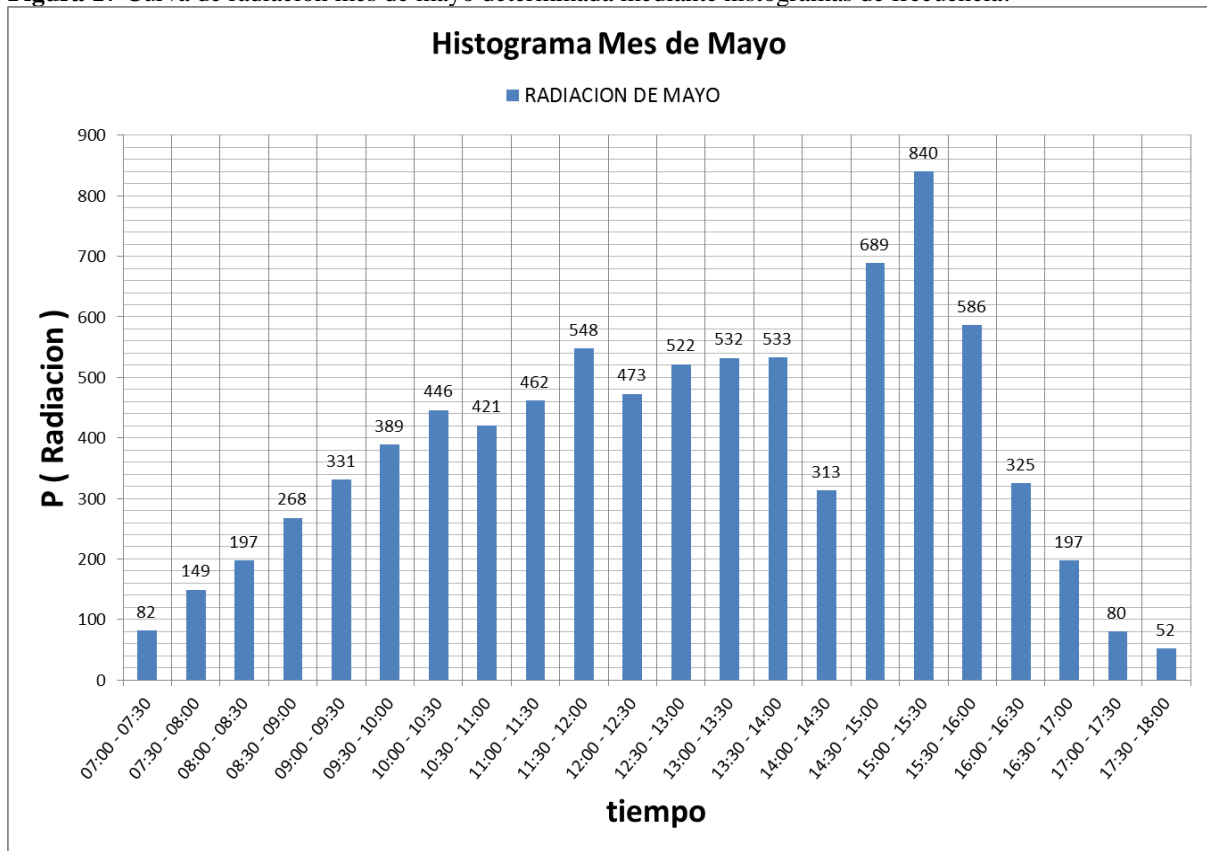
Realizado por: Los postulantes

En la tabla 10, se puede apreciar los valores de radiación máximos y mínimos determinados mediante la aplicación del método de los histogramas de frecuencia y sin su aplicación; de donde se puede establecer la diferencia de 281 w/m<sup>2</sup>, que representa el 25,07% menos del valor máximo registrado en el mes; además se puede constatar un aumento de 45 w/m<sup>2</sup>, del valor mínimo registrado en el mes, mismo que representa el 642,85%.

A continuación, la figura 17, muestra los valores de radiación solar determinados mediante la aplicación de los histogramas de frecuencia para el mes de mayo.



**Figura 17** Curva de radiación mes de mayo determinada mediante histogramas de frecuencia.



**Realizado por:** Los postulantes

### **Determinación del potencial fotovoltaico de todos los meses**

Para la determinación de la radiación de los meses posteriores se aplica el mismo procedimiento, descrito anteriormente cuyo análisis se puede apreciar en los respectivos anexos correspondientes a cada mes, se asignó al mes junio el anexo 20 que representan los datos de radiación y desde el anexo 21 en donde se puede apreciar la designación como anexo 2B (1-22) y termina en el anexo 2B (22-22) que se puede observar en el anexo 21, todo el análisis de los datos están detallado en los anexos y sus respectivas tablas. De la misma forma las curvas de radiación se pueden apreciar en sus respectivos anexos, que para este caso es la anexo 46. Adicional se debe decir que para los otros meses únicamente cambia la designación de los anexos que van desde 3B – 8B (1-22) hasta 3B – 8B (22 - 22) con sus respectivos números de tablas figuras.

A continuación, se muestra la tabla 11, donde se puede apreciar los valores de la radiación en  $w/m^2$ , determinados mediante la aplicación de los histogramas de frecuencia durante el tiempo de estudio.

**Tabla 10** Radiación mensual en w/m<sup>2</sup>, de los 8 meses de mediciones del año 2017 y una proyección para los 4 meses del año 2018.

HORA	RESUMEN DE LA RADIACION DETERMINADA MEDIANTE HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA											
	Medidos 2017								Proyectados 2018			
	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
07:00 - 07:30	82	70	76	78	61	76	92	73	76	76	76	76
07:30 - 08:00	149	156	151	107	94	139	110	118	128	128	128	128
08:00 - 08:30	197	204	182	148	183	165	147	165	174	174	174	174
08:30 - 09:00	268	266	232	226	233	214	349	262	256	256	256	256
09:00 - 09:30	331	356	270	299	310	349	310	308	317	317	317	317
09:30 - 10:00	389	448	310	341	327	345	337	371	359	359	359	359
10:00 - 10:30	446	509	377	432	377	378	939	477	492	492	492	492
10:30 - 11:00	421	444	745	453	467	509	649	306	499	499	499	499
11:00 - 11:30	462	700	463	498	374	410	1117	734	595	595	595	595
11:30 - 12:00	548	594	663	987	628	663	1093	462	705	705	705	705
12:00 - 12:30	473	572	966	970	525	908	1112	1088	827	827	827	827
12:30 - 13:00	522	537	968	1010	523	703	1128	1108	812	812	812	812
13:00 - 13:30	532	443	595	866	516	1053	1064	744	727	727	727	727
13:30 - 14:00	533	556	1000	828	548	431	1093	343	667	667	667	667
14:00 - 14:30	313	775	442	1129	496	528	864	497	631	631	631	631
14:30 - 15:00	689	463	472	467	570	400	973	303	542	542	542	542
15:00 - 15:30	840	363	297	226	334	416	349	380	401	401	401	401
15:30 - 16:00	586	611	942	306	365	288	173	312	448	448	448	448
16:00 - 16:30	325	311	662	233	211	419	161	188	314	314	314	314
16:30 - 17:00	197	229	188	193	294	150	172	151	197	197	197	197
17:00 - 17:30	80	123	114	69	122	279	96	122	126	126	126	126
17:30 - 18:00	52	46	89	43	25	48	51	76	54	54	54	54
Promedio	383,4	399	464	450	344,7	403	563	390	425	425	425	424,7
Mediana	405	444	410	324	349,5	389	349	310	424	424	424	424,3

Realizado por: Los postulantes

Mediante el análisis y tabulación de los datos registrados por el pirómetro y la aplicación de los histogramas de frecuencia se realizó una proyección que fue determinada mediante el promedio de todos los meses en donde se obtuvo la tabla 12, y con la cual se realizó la figura 18 que representa la curva de radiación promedio anual del sector de San José.

**Tabla 11** Datos de radiación promedio anual.

HORA	RADIACION	UNIDADES
07:00 - 07:30	76	w/m <sup>2</sup>
07:30 - 08:00	128	w/m <sup>2</sup>

08:00 - 08:30	174	w/m <sup>2</sup>
08:30 - 09:00	256	w/m <sup>2</sup>
09:00 - 09:30	317	w/m <sup>2</sup>
09:30 - 10:00	359	w/m <sup>2</sup>
10:00 - 10:30	492	w/m <sup>2</sup>
10:30 - 11:00	499	w/m <sup>2</sup>
11:00 - 11:30	595	w/m <sup>2</sup>
11:30 - 12:00	705	w/m <sup>2</sup>
12:00 - 12:30	827	w/m <sup>2</sup>
12:30 - 13:00	812	w/m <sup>2</sup>
13:00 - 13:30	727	w/m <sup>2</sup>
13:30 - 14:00	667	w/m <sup>2</sup>
14:00 - 14:30	631	w/m <sup>2</sup>
14:30 - 15:00	542	w/m <sup>2</sup>
15:00 - 15:30	401	w/m <sup>2</sup>
15:30 - 16:00	448	w/m <sup>2</sup>
16:00 - 16:30	314	w/m <sup>2</sup>
16:30 - 17:00	197	w/m <sup>2</sup>
17:00 - 17:30	126	w/m <sup>2</sup>
17:30 - 18:00	54	w/m <sup>2</sup>

Realizado por: Los postulantes

**Tabla 12** Valores máximos y mínimos con y sin promedio del año 2017.

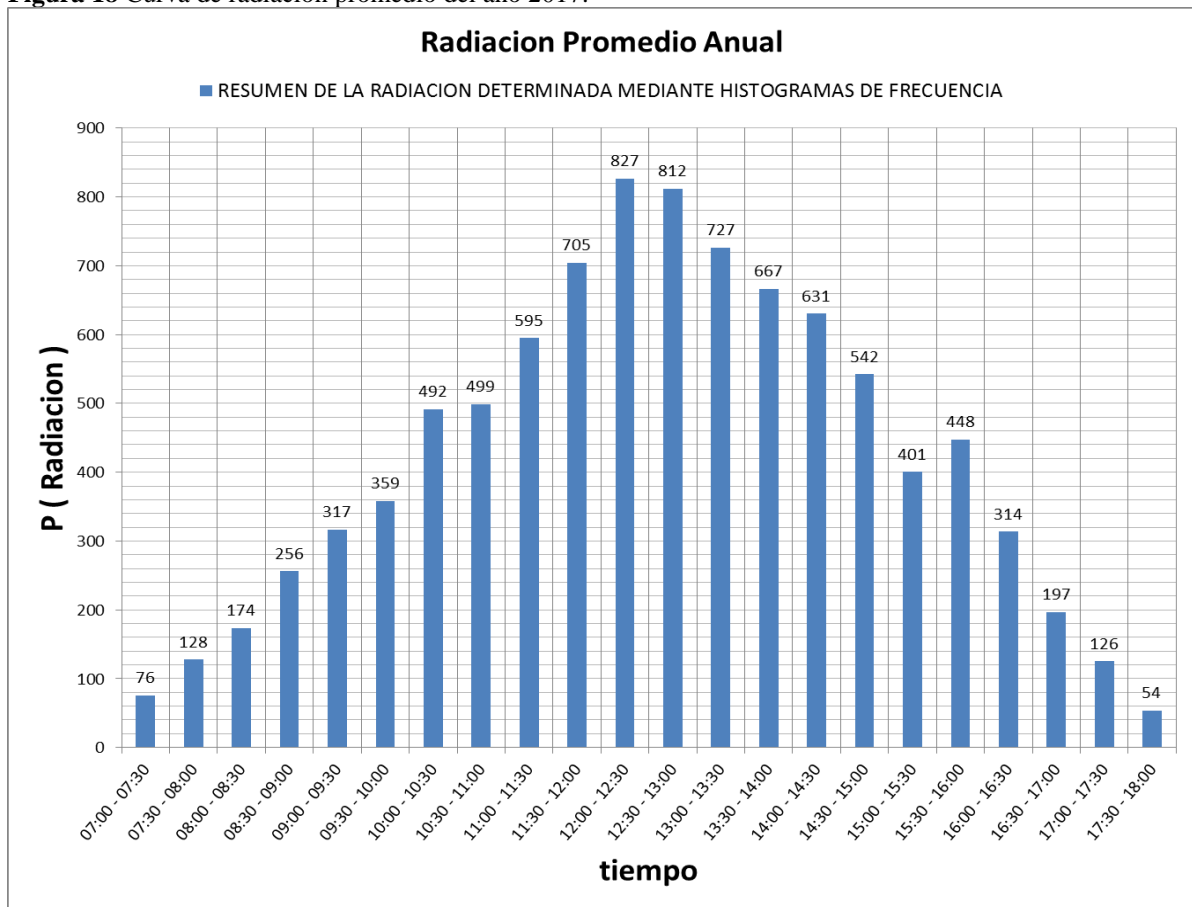
Máx.	826,8	w/m <sup>2</sup>
min	53,75	w/m <sup>2</sup>
<b>Valores máximo y mínimo del mes de Mayo 2017 sin aplicar promedio.</b>		
Máx.	1129	w/m <sup>2</sup>
min	25	w/m <sup>2</sup>

Realizado por: Los postulantes

En la tabla 13, se puede apreciar los valores de radiación máximos y mínimos de la proyección realizada a los meses de estudio; de donde se puede establecer la diferencia de 302,2 w/m<sup>2</sup>, que representa el 26,77% menos del valor máximo registrado en el mes; además se puede constatar un aumento de 28,75 w/m<sup>2</sup>, del valor mínimo registrado en el mes, mismo que representa el 115%.

A continuación, la figura 18, muestra los valores de radiación solar determinados mediante la aplicación de los histogramas de frecuencia para el mes de mayo.

**Figura 18** Curva de radiación promedio del año 2017.



**Realizado por:** Los postulantes

### **Descripción del potencial fotovoltaico presente en el sector de San José.**

Después de haber culminado con el análisis y la tabulación de las mediciones en el sector de San José, se obtuvo un potencial muy bueno mismo que puede ser aplicado en sistemas de generación fotovoltaico autónomo en donde el valor promedio diario de radiación solar más bajo es de  $344,7 \text{ w/m}^2$ , perteneciente al mes de septiembre; mientras que el promedio diario de radiación solar más alto es de  $563 \text{ w/m}^2$ , perteneciente al mes de noviembre. Estos valores podemos apreciarlos en la tabla 11.

Por otra parte, también se estableció el promedio anual de radiación solar en donde se determinó el valor máximo de radiación solar de  $826,8 \text{ w/m}^2$ , y el mínimo de  $53,75 \text{ w/m}^2$ , además de estableció el promedio diario anual de radiación solar que es de  $425 \text{ w/m}^2$ ; estos valores pueden verse en la tabla 12.

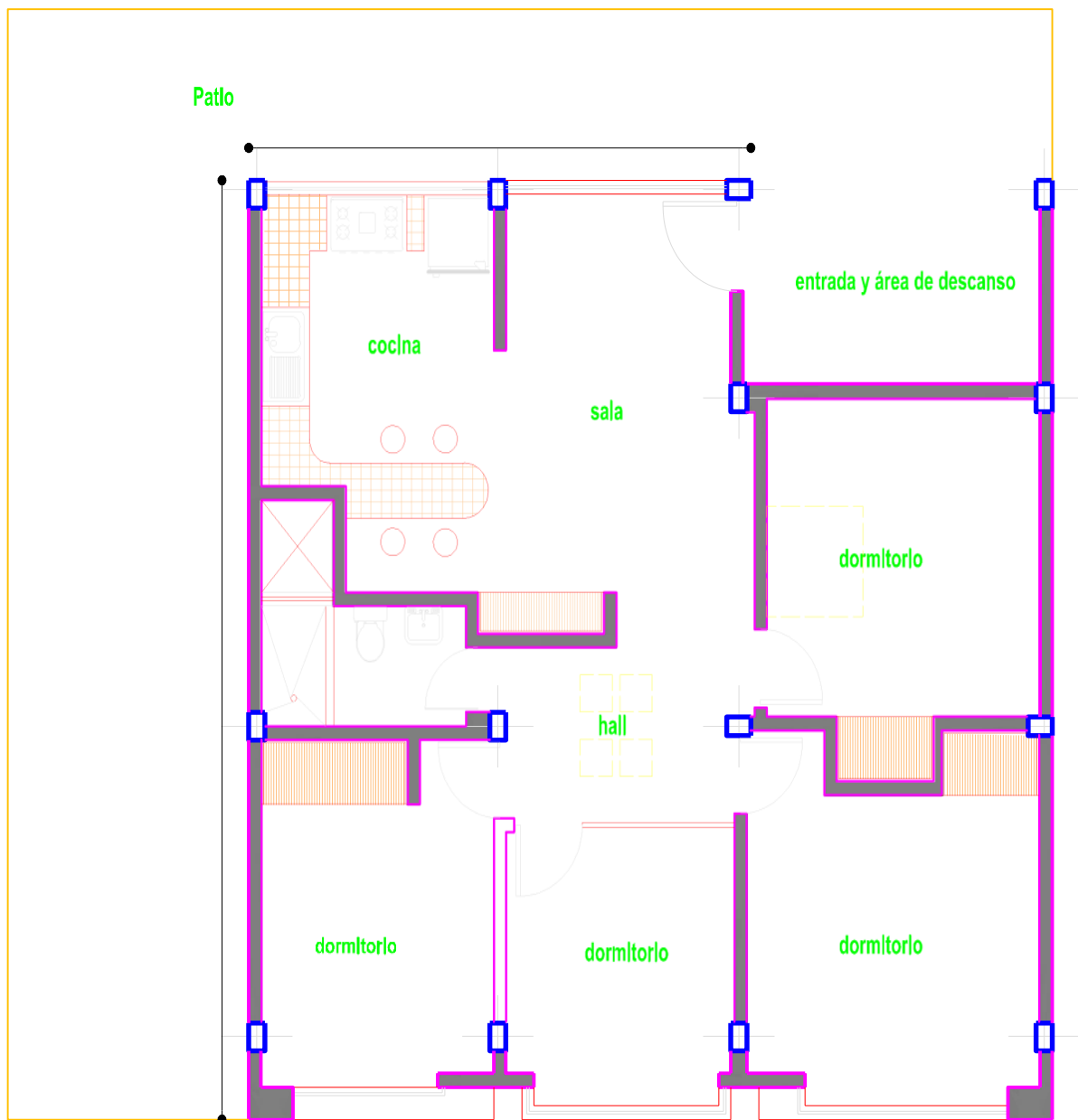
Una vez establecido el potencial fotovoltaico presente en el área de estudio se podrá dimensionar el sistema de generación fotovoltaico autónomo de una forma más segura y

confiable; ya que el correcto dimensionamiento ayuda a prolongar la vida útil de los componentes, elegir las características más apropiadas de los elementos del sistema y por su puesto a reducir en algo el costo de la inversión y mantenimiento.

### Descripción de la vivienda

La vivienda del Sr. Marco Polo Sisa Ronquillo está ubicada en el barrio San José sector de San Martín perteneciente al cantón Latacunga, la vivienda tiene una construcción de 146 m<sup>2</sup>, distribuida como se muestra en la figura 19.

**Figura 19** Plano arquitectónico de la Vivienda del Sr. Marco Polo Sisa Ronquillo



**Realizado por:** Los postulantes

**Tabla 13** Distribución de la vivienda de estudio

<b>VIVIENDA TÍPICA</b>	<b>Áreas:</b>
	Sala
	Comedor
	Cocina
	4 dormitorios
	Patio
	Baño

Realizado por: Los postulantes

En la tabla 14 muestra la distribución de la vivienda del Sr. Marco Polo Sisa Ronquillo.

### Determinación de la carga instalada.

Con la finalidad de conocer la carga instalada de la vivienda en estudio, se realiza un levantamiento de carga, la misma que permite obtener información real en la vivienda.

El resultado del censo de carga determinada en la vivienda consta con los siguientes aparatos eléctricos detallados con sus respectivas potencias

**Tabla 14** Detalle del levantamiento de carga

ITEM	APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO			
	DESCRIPCION	CANT.	Potencia del sistema (W)	Potencia Total (W)
<b>CARGAS RESIDENCIALES</b>				
1	Puntos de alumbrado	16	60	960
2	Cafetera	1	250	250
3	Horno Micro-onda	1	800	800
4	Refrigeradora	1	250	250
5	Batidora	1	150	150
6	Radio	1	100	100
7	Lavadora	1	250	250
8	Plancha	1	250	250
9	Televisor	2	200	400
10	Aspiradora	1	400	400
11	Secadora de pelo	1	250	250
12	Licuada	1	100	100
13	Equipo de sonido	1	200	200
14	Ducha eléctrica	1	3.000	3000
<b>Carga instalada</b>				<b>7360</b>

Realizada por: Los postulantes.

De acuerdo al censo de carga la vivienda tiene una carga instalada de: **7360 (W)**

### Determinación de la Demanda.

Se establece la demanda del sistema que es de 3,44 kW los mismos que se justifican en la tabla 15, en la cual se observa los aparatos eléctricos que pueden coincidir en un mismo instante de uso durante un día típico, de igual manera se fijan los valores de los factores de utilización que representa el grado de uso de cada artefacto eléctrico; además para el diseño del sistema de generación fotovoltaico se ha considerado 20% adicional. Cabe mencionar que para cubrir la demanda de la ducha eléctrica se ha considerado que se tomará una alimentación combinada entre el generador y el sistema de acumulación mientras que la máxima potencia del inversor será la ducha eléctrica de 4000W ya que la ducha solamente funciona durante periodos cortos.

**Tabla 15** Determinación de la demanda de la vivienda.

<b>ITEM APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO</b>				
	DESCRIPCION	CANT.	Pn (W)	Pn TOTAL(W)
<b>CARGAS RESIDENCIALES</b>				
<b>1</b>	Puntos de alumbrado	16	60	960
<b>2</b>	Refrigeradora	1	250	250
<b>3</b>	Radio	1	100	100
<b>4</b>	Televisor	2	200	400
<b>5</b>	Licuada	1	100	100
<b>6</b>	Ducha eléctrica	1	3.000	3000
<b>DEMANDA DE DISEÑO CALCULADA</b>				5772
<b>DEMANDA DE DISEÑO PROPUESTA</b>				6000

Realizada por: Los postulantes.

### Determinación del consumo de energía.

**Tabla 16** Determinación del consumo de energía de la vivienda.

ITEM	APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO			fp	Rendimiento	Tensión	Intensidad	Uso Diario	Energía Diaria
	DESCRIPCION	CANT.	Pn (W)						
<b>CARGAS RESIDENCIALES</b>									
1	Puntos de alumbrado	16	60	0,95	92,00%	120	9,15	2	2636,16
2	Cafetera	1	250	1	92,00%	120	2,26	0,166	54,13
3	Horno Micro-onda	1	800	0,92	92,00%	120	7,88	0,25	283,55
4	Refrigeradora	1	250	0,92	92,00%	120	2,46	4	1417,77
5	Batidora	1	150	0,92	92,00%	120	1,48	0,1	21,27
6	Radio	1	100	0,92	92,00%	120	0,98	0,75	106,33
7	Lavadora	1	250	0,92	92,00%	120	2,46	0,5	177,22
8	Plancha	1	250	1	92,00%	120	2,26	0,25	81,52
9	Televisor	2	200	0,92	92,00%	120	3,94	2	1134,22
10	Aspiradora	1	400	0,92	92,00%	120	3,94	0,5	283,55
11	Secadora de pelo	1	250	0,92	92,00%	120	2,46	0,1	35,44
12	Licuada	1	100	0,89	92,00%	120	1,02	0,25	36,64
13	Equipo de sonido	1	200	0,92	92,00%	120	1,97	0,5	141,78
14	Ducha eléctrica	1	3.000	1	92,00%	120	27,17	0,16	626,09
<b>T O T A L E S .</b>			7360				69,44		7035,67
NUMERO DE DIAS DEL MES		31	ENERO		<b>ENERGIA (KWh)</b>				
FACTOR DE POTENCIA DE LA CARGA FP=		0,92			CONSUMO DIARIO		6,68		
DEMANDA DE DISEÑO		3,44	KW		CONSUMO MENSUAL		207,20		
NUMERO DE USUARIOS		1			CONSUMO ANUAL		2439,62		

Realizada por: Los postulantes.

Dentro de los cálculos realizados para la determinación de la energía se realizó un análisis con la finalidad de conocer la energía consumida por los artefactos eléctricos, se realizó un inventario de consumo de energía, misma que se detalla en la tabla 17. De donde se obtiene el valor medio de la energía diaria necesaria requerida por el sistema:  $W_d = 6,68$  kWh/día; con un consumo mensual es de 207,20 kWh/mes y anual de 2439,62 kWh/año

### **Determinación de la demanda y energía mediante la instalación de un analizador de carga.**

Otra de forma de conocer la demanda del sistema es instalando un analizador de carga, misma que permite conocer de forma más precisa los parámetros de energía consumida, demanda del sistema, factor de potencia y desbalance de fases; este último no se aplica en este sistema debido a que el sistema eléctrico es monofásico a dos hilos con una tensión de 120 VCA.

La tabla 16, muestra los valores de demanda y energía obtenidos mediante el analizador de carga, mediante la aplicación de histogramas de frecuencia. De donde se establece que la energía consumida es de 5,37 kWh.

Por otra parte, en la tabla 17, muestra un resumen con los valores máximos y mínimos tanto de potencia como de energía y el respectivo factor de potencia de la instalación, en donde el valor mínimo de demanda es de 0,697 kW y el máximo de 3,528 kW, mientras que en energía tenemos un consumo de 0,6942 kWh como máxima y 0,13702 kWh como mínima y con un factor de potencia de 0,922; con un consumo promedio de demanda de 1,48 kW.

**Tabla 17** Valores de demanda y energía determinados por el analizador de carga y la aplicación de histogramas de frecuencia.

<b>Hora</b>	<b>Potencia (kW)</b>	<b>Energía (kWh)</b>
00:00	0,7392	0,1168
01:00	0,7686	0,26864
02:00	0,6972	0,40566
03:00	0,7014	0,5536
04:00	0,7014	0,70505
05:00	0,8841	0,87873
06:00	1,3923	1,15303
07:00	1,2033	1,38963
08:00	1,0458	1,58008
09:00	1,1445	1,80498
10:00	1,2033	2,02611
11:00	1,1319	2,24893
12:00	1,5246	2,54923



13:00	1,3209	2,80923
14:00	1,155	3,09237
15:00	1,2495	3,32221
16:00	1,2495	3,58273
17:00	1,6191	3,88381
18:00	2,9379	4,33478
19:00	3,0996	4,97308
20:00	3,528	5,66728
21:00	3,1311	6,28218
22:00	2,2911	6,73393
23:00	0,8841	6,94895

Realizada por: Los postulantes.

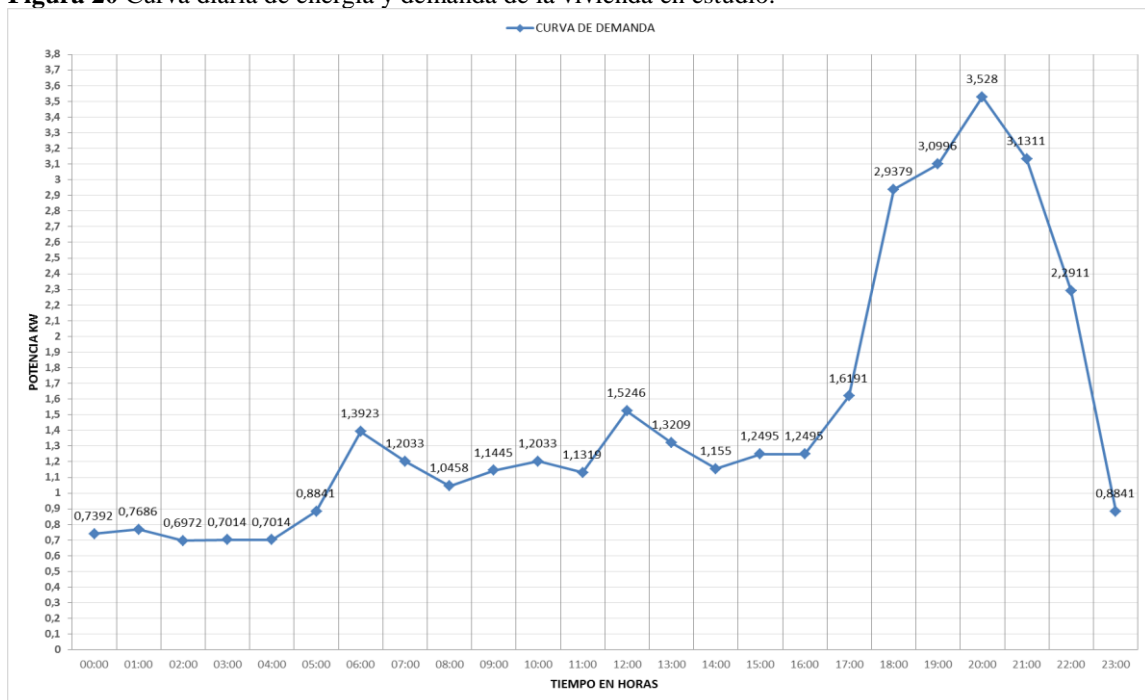
**Tabla 18** Valores máximos y mínimos de demanda y energía.

Potencia (kW)		Energía (kWh)	
Max	3,528	Max	0,6942
Min	0,6972	Min	0,13702
Promedio diario	1,48	Energía diaria consumida	6,95
Valores máximo y mínimo de la 3 semana del mes de Julio 2017 sin aplicar histograma			
Max	4,032	Max	0,634
min	0,64	min	0,27
fp			0,926

Realizada por: Los postulantes.

Con los valores de la tabla 19, se realizó la figura 23 que representa la curva de demanda de la vivienda en estudio.

**Figura 20** Curva diaria de energía y demanda de la vivienda en estudio.



Realizada por: Los postulantes.

## **Diseño del Sistema de generación fotovoltaico autónomo.**

### **Descripción del sistema.**

Una vez conocido todas las características de la carga de la vivienda de en estudio se plantea dimensionar un sistema de generación fotovoltaico autónomo que cubra las necesidades de energía eléctrica de dichos artefactos eléctricos. Para el sistema se ha propuesto una autonomía de 2 días, misma que garantiza la confiabilidad y continuidad de servicio aun en los días más críticos (poca radiación solar), ya que la energía generada y no usada por la carga ser acumulada en las baterías.

### **Dimensionamiento del generador fotovoltaico.**

Para realizar el dimensionamiento del generador fotovoltaico se efectuara relacionando el consumo de energía establecido en la tabla 16, la tabla 17 y la tabla 12 esta último que es el resultado de las mediciones efectuadas durante los 8 meses de estudio; de donde se tomara el valor promedio más crítico de todos los meses de estudio ya que el sistema a diseñar estará basado en un sistema de consumo constante a lo largo del año, de tal manera que tomaremos la radiación del mes de septiembre que tiene un valor promedio diario de 344,7 w/m<sup>2</sup>.

### **Orientación e inclinación óptima del generador fotovoltaico.**

Para determinar la inclinación óptima del generador fotovoltaico aplicaremos la ecuación 2, en donde se busca la mayor cantidad de energía solar. Para lo cual se debe conocer la latitud del lugar en donde se va a implementar el sistema de generación fotovoltaico.

La residencia del Sr. Marco Siza está ubicada en las coordenadas: Dms: 0°54' 47'' S | 78° 35' 58,62'' W; misma que se encuentra detallada en la sección 11.2.

Por lo tanto, si aplicamos la ecuación 2.

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * |\phi|$$

Donde tomaremos la latitud de la coordenada del lugar como valor absoluto: 0°

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * |0|$$

$$\beta_{opt} = 3,7$$

Aplicando la ecuación 5 que representa un factor de corrección, se establece que para una inclinación:  $15^\circ < \beta \leq 90^\circ$ . En nuestro caso de  $\beta = 30^\circ$ , resulta:

$$FI = 1 - \left[ 1,2 * 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 * 10^{-5} * \alpha \right]$$

$$FI = 1 - [1,2 * 10^{-4} (30 - 3,7)^2 + 3,5 * 10^{-5} * 0]$$

$$FI = 1 - [1,2 * 10^{-4} (30 - 3,7)^2]$$

$$FI = 1 - [0,083]$$

$$FI = 0,917$$

Mediante la ecuación 7. Podemos establecer la irradiación sobre la superficie con inclinación y acimut no óptimos que llegara a nuestro generador fotovoltaico.

Por lo tanto:

La irradiación sobre el generador será la siguiente.

$$G_a(\alpha, \beta) = 0,917 * 0,344 * 1,7 \left( \frac{kWh}{m^2} \right)$$

$$G_a(\alpha, \beta) = 0,917 * 0,344 * 1,7 \left( \frac{kWh}{m^2} \right)$$

$$G_a(\alpha, \beta) = 0,537 kWh/m^2$$

Las pérdidas de la potencia del generador fotovoltaico han sido establecidas como PR (Performance Ratio), y varía dependiendo el fabricante, por lo tanto, para caso de diseño tomaremos el PR = 0,6 porque es el que representa al sistema.

### **Dimensionamiento del generador fotovoltaico**

#### **➤ Determinación de la potencia mínima del generador**

Para la determinación de la potencia mínima del generador se realiza una comparación entre los valores de demanda y energía consumida establecidos en la tabla 16 y tabla 17 relacionado con los hábitos de uso de los artefactos más un 20% adicional para el diseño; mientras que los valores de la tabla 19 que son los valores del censo de carga que representa el valor real de consumo del inmueble en una semana común, sin 20% adicional.

Por lo tanto, si aplicamos la ecuación 11 podemos establecer la potencia mínima que deberá tener el generador fotovoltaico que posteriormente elegiremos. Los valores que cambiaran son los valores de energía consumida. Mientras que el valor de irradiación sobre el generador será

el mismo para los dos casos ( $0,537\text{Kwh/m}^2$ ); de igual manera para las pérdidas que asignaremos un valor de 0,8 y una irradiación en condiciones CEM de  $0,1\text{Kwh/m}^2$ .

A continuación, se realiza el cálculo con los valores de la tabla 17, más un porcentaje de 20% adicional para el diseño.

$$P_{Gmin} = \frac{W_d * G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) PR}$$

$$P_{Gmin} = \frac{6,68 * 1,2 * 0,1}{0,537 * 0,6}$$

$$P_{Gmin} = 2,48 \approx 2,5 \text{ kW}$$

$$P_{Gmin} \approx 2,5 \text{ kW}$$

Mientras que la potencia mínima del generador en relación a la tabla 19 será.

Con el 20% adicional.:  $6,95 * 1,2 = 8,34\text{kWh/día}$ ; ( $W_d$  consumo diario promedio de energía)

$$P_{Gmin} = \frac{W_d * G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) PR}$$

$$P_{Gmin} = \frac{6,95 * 1,2 * 0,1}{0,537 * 0,8}$$

$$P_{Gmin} = 2,58 \text{ kW}$$

$$P_{Gmin} \approx 2,6 \text{ kW}$$

De donde podemos establecer que la potencia mínima del generador fotovoltaico se considerara de 2,6 más el porcentaje de diseño del 20% adicional. Por lo tanto, la potencia del sistema de generación fotovoltaico estará entre:

$$2,6 \text{ kW} \leq P_G \leq 1,2 * 2,6 = 3,12 \text{ kW}$$

Entonces se debe diseñar un sistema de 3 kW, que representa un 15,38 adicional de la potencia mínima del generador

#### ➤ **Determinación del número de módulos para abastecer la demanda del sistema.**

En la tabla 20, se muestra un listado de paneles solares, que serán comparados para el correcto dimensionamiento del sistema fotovoltaico, para satisfacer con la demanda en función a la potencia requerida de 3 kW. Entonces la potencia necesaria para satisfacer la demanda se aplicará según la ecuación:

**Tabla 19** Características técnicas de los módulos fotovoltaicos

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS MUDULOS FOTOVOLTAICOS SIMAX								
Modelo	P <sub>máx.</sub>	I <sub>mp</sub>	V <sub>mp</sub>	I <sub>sc</sub>	V <sub>oc</sub>	N° células	Dimensiones LxAxh	Peso
	Wp	A	V	A	V		mm	kg
<b>SP660-230</b>	230	7,8	29,5	8,42	36,6	60 (6x10 )	1640 x 992 x 40 / 50	20
<b>SP660-235</b>	235	7,83	30	8,46	37,2	60 (6x10 )	1641 x 992 x 40 / 50	20
<b>SP660-240</b>	240	8	30	8,65	37,2	60 (6x10 )	1642 x 992 x 40 / 50	20
<b>SP660-245</b>	245	8,17	30	8,74	37,2	60 (6x10 )	1643 x 992 x 40 / 50	20
<b>SP660-250</b>	250	8,2	30,5	8,85	37,8	60 (6x10 )	1644 x 992 x 40 / 50	20
<b>SQP672-250W</b>	250	6,91	36,2	7,52	43,5	72(6x12)	1640 x 992 x 40	19,2
<b>SM572-195</b>	195	5,34	36,5	5,77	44,5	72(6x12)	1580x808x45/35/50	15,5

Realizada por: Los postulantes

De la tabla 20, se tomará los valores de potencia según las características y especificaciones de los paneles y se realiza los cálculos para el dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos.

A continuación, se calcula el sistema con el módulo SP660-250; que tiene las siguientes características: P<sub>máx.</sub>: 250 W; U<sub>oc</sub>: 37,8 V; I<sub>sc</sub>: 8,85 A; U<sub>mpp</sub>: 30,5 V; I<sub>mpp</sub>: 8,2 A; α: 0,032 %/°C; β = -158 mV/°C.

Entonces el número de módulos a conectar para conseguir la potencia mínima prevista con el panel será:

$$N_P * N_S \geq \frac{P_{Gmin}}{P_{máx}} = \frac{3000}{250} = 12$$

El total de módulos para el sistema será de 12 módulos SP660-250.

Entonces la potencia máxima con este tipo de modulo será:

$$P_{Gmáx} = N_P * N_S * P_{máx}$$

$$P_{Gmáx} = 12 * 250 = 3000 W = 3kW$$

De esta manera podemos comprobar que no sobrepasamos del valor máximo del 3 kW, ya que:

$$3KW < 3,12 KW$$

### Configuración de los módulos en función de la intensidad y tensión requerida.

#### Conexión serie

Para definir el nivel de tensión ideal para el sistema a dimensionar es la conexión en serie, en donde las tensiones nominales de los módulos se suman. De esta manera la tensión del sistema con el módulo SP660-230 en este ejemplo será 48 V será igual:

$$U_M = N_S * U_C$$

$$N_S = \frac{U_M}{U_C} = \frac{48}{30,5} = 1,62$$

$$U_M = 2 * 30,5 = 61$$

#### Conexión paralela

Para definir el nivel de intensidad del sistema se procede con la conexión en paralelo, en donde las intensidades nominales de los módulos se suman. De esta manera la intensidad del sistema con el módulo SP660-230 para este caso es igual:

$$N_P * N_S = N_{tot}$$

$$N_P = \frac{N_{tot}}{N_S} = \frac{12}{2} = 6$$

Por lo tanto:

$$N_{tot} = N_P * N_S$$

$$N_{tot} = 2 * 6 = 12$$

Entonces:

$$P_{Gm\acute{a}x} = N_P * P_{m\acute{a}x m}$$

$$P_{Gm\acute{a}x} = 12 * 250 = 3000 W = 3 kW$$

Mientras que la intensidad sería:

$$I_M = N_P * I_C$$

$$I_M = 6 * 8,2 = 49,2 A$$

**Tabla 20** Dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico para diferente tipo de fabricantes.

DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICOS									
DATOS:		CALCULOS CON DIFERENTE MODULO FOTOVOLTAICOS							
TENSION DEL SISTEMA	48	MODELO	SP660-230	SP660-235	SP660-240	SP660-245	SP660-250	SQP672-250	SM572-195
POTENCIA	13 KW	$P_{m\acute{a}x}$	230	235	240	245	250	250	195
SISTEMA MONOFASICO		$I_{mp}$	7,8	7,83	8	8,17	8,2	6,91	5,34
		$V_{mp}$	29,5	30	30	30	30,5	36,2	36,5
		$I_{sc}$	8,42	8,46	8,65	8,74	8,85	7,52	5,77
		$V_{oc}$	36,6	37,2	37,2	37,2	37,8	43,5	44,5
NUMERO DE N_S*N_P			57	55	54	53	52	52	67
POTENCIA P_Gmax			13110	12925	12960	12985	13000	13000	13065
NUMERO DE N_S			2	2	2	2	2	1	1
NUMERO DE N_P			29	28	27	27	26	52	67
NUMERO DE N_S*N_P FINAL			58	56	54	54	52	52	67
POTENCIA MAXIMA DEL GENER (P_Gmax FINAL)			13340	13160	12960	13230	13000	13000	13065
TENSION DE CIRCUITO ABIERTO DEL GENER (U_Goc)			73,2	74,4	74,4	74,4	75,6	43,5	44,5
INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO DEL GENER (I_Gsc)			244,18	236,88	233,55	235,98	230,1	391,04	386,59
TENSION MAXIMA DEL GENERADOR (U_Gmpp)			59	60	60	60	61	36,2	36,5
INTENSIDAD MAXIMA DEL MODULO (I_mpp)			7,8	7,83	8	8,17	8,2	6,91	5,34
INTENSIDAD MAXIMA DEL GENERADOR (I_Gmpp)			226,2	219,24	216	220,59	213,2	359,32	357,78

Realizado por: Los Postulantes

La tabla 21, muestra el dimensionamiento del generador fotovoltaico con diferentes tipos de fabricantes, además la tabla permite observar las características que tendrá en cada diferente módulo fotovoltaico.

A continuación, veremos la Tabla 22 que representa la conexión serie y paralelo del sistema de generación fotovoltaico con el módulo SP660-250.

**Tabla 21** Características Del Generador Fotovoltaico Con El Módulo Sp660-250

Descripción	Valor	Unidad
<b>Potencia</b>	3	KW
<b>Tensión de circuito abierto del generador</b>	43,5	V
<b>Intensidad de cortocircuito del generador</b>	90,24	A
<b>Tensión máxima del generador</b>	36,2	V
<b>Intensidad máxima del módulo</b>	6,91	A
<b>Intensidad máxima del generador</b>	82,92	A

Realizado por: Los postulantes

## Dimensionado Del Sistema De Acumulación

### ➤ Determinación de la capacidad del sistema de acumulación

Para garantizar la continuidad del suministro de energía eléctrica diaria durante la noche y por supuesto en aquellos días de nula o muy baja radiación solar se ha determinado una autonomía de 2 días de autonomía que son suficiente para el tipo de sistema y el área de instalación.

De acuerdo a la tabla 16, tabla 17 y tabla 19; la energía diaria calculada es de 6,68 kWh, como mínimo y máximo de 6,95 kWh, y se dimensionara el sistema de acumulación con una tensión de 48 V para los días de autonomía establecidos.

Por lo tanto, si aplicamos la ecuación 31, podremos conocer la cantidad mínima de amperios hora consumida:

$$Q_d = \frac{W_d}{U_n}$$

$$Q_d = \frac{6,68 \text{ Kwh}}{0,048 \text{ Kv}} = 139,16 \text{ Ah}$$

Entonces la capacidad total del sistema de acumulación será:

$$C_n = \frac{Q_d * A}{PD_{\text{máx}} * \eta_{\text{inv}} * \eta_{\text{rb}}} = Ah$$

$$C_{100} = \frac{139,16 * 2}{0,70 * 0,99 * 0,90} = 446,24 \text{ Ah}$$

Con el objeto de no sobredimensiona el sistema de acumulación aplicaremos el concepto que dice que la capacidad del sistema de acumulación no debe ser mayor en 25 veces de la diaria consumida, por lo tanto:

$$139,16 \text{ Ah} * 25 = 3479 \text{ Ah}$$

Además, dentro del correcto dimensionamiento del sistema de acumulación debemos considerar el aspecto de temperatura aspecto que es de vital importancia, puesto que las bajas temperaturas disminuyen aproximadamente en 1% por cada grado centígrado.

Por lo tanto, la capacidad real del sistema de acumulación por el efecto de la temperatura se puede calcular de esta manera.

$$c'_n = \frac{C_n}{1 - \frac{\Delta T}{160}}$$

$$c'_n = \frac{446,24}{1 - \frac{17}{160}} = 499,28 \text{ Ah}$$



### Determinación del número de baterías.

Finalmente se calcula el número de baterías que formaran parte del sistema de acumulación de la siguiente manera.

#### ➤ Conexión en paralelo de los acumuladores.

Numero de acumuladores conectados en serie viene dado por la siguiente expresión:

$$N_{bs} = \frac{U_n}{U_b}$$

A continuación, se mostrará un ejemplo para lo cual tomaremos el siguiente acumulador. 31 DC 115

$$N_{bs} = \frac{48 V}{12 V}$$

$$N_{bs} = 4 \text{ acumuladores en serie}$$

#### Conexión en paralelo de los acumuladores.

Aun que se debe evitar al máximo la conexión en paralelo no siempre es posible debido al requerimiento de la carga. Por lo tanto, ahora calcularemos el número de baterías a conectar en paralelo, mediante la siguiente expresión.

$$N_{bp} = \frac{C_n}{C_b}$$

Entonces según el catalogo del acumulador procedemos a calcular las ramas en paralelo.

$$N_{bp} = \frac{499,28 Ah}{240 Ah} = 2,08$$

$$N_{bp} = 2,08 \approx 2 \text{ baterias conectadas en paralelo}$$

Entonces con el tipo de acumulador 31 DC 115 tenemos un total de 8 baterías, con la siguiente configuración, 2 grupos de 4 baterías conectadas en serie y los dos grupos llevaran una conexión en paralelo.

En la tabla 23, se detalla el cálculo del dimensionamiento del sistema de acumulación con diferente tipo de acumulador.

**Tabla 22** Dimensionamiento del sistema de acumulación.

DETERMINACION DEL NUMERO DE ACUMULADORES								
CAPACIDAD AUTONOMIA TENSION	529,51 Ah 2 DIAS 48 V	CALCULOS CON DIFERENTE MODULO FOTOVOLTAICOS						
		31 DC 115	AlphaCell 1	AlphaCell 2	WP100-12	LG100-12	6/6ETM20	6/7ETM20
		12	12	12	12	12	12	12
		140	163,9	189,6	50	50	187	218
		240	169,8	200	100	100	200	232
NUMERO DE N <sub>bs</sub>		4	4	4	4	4	4	4
NUMERO DE N <sub>bp</sub> (C_50)		4	3	3	11	11	3	2
NUMERO DE N <sub>bp</sub> (C_100)		2	3	3	5	5	3	2
NUMERO DE N <sub>bs</sub> * N <sub>bp</sub> (C_50)		16	12	12	44	44	12	8
NUMERO DE N <sub>bs</sub> * N <sub>bp</sub> (C_100)		8	12	12	20	20	12	8

**Realizado por:** Los postulantes

### Dimensionado del regulador de carga.

Para determinar el tipo de regulador tomaremos en consideración la tensión nominal, intensidad nominal y la máxima tensión de entrada que deberá soportar nuestro regulador para garantizar continuidad del suministro de energía. Para lo cual tomaremos algunos criterios al momento de su selección:

- La tensión nominal  $U_R$ : es la tensión nominal del sistema de acumulación que deberá conducir.
- La intensidad nominal: es la intensidad de cortocircuito del generador fotovoltaico en condiciones CEM más un factor de seguridad de 25%.
- La tensión máxima en la entrada: la misma que debe ser menor a la máxima tensión de circuito abierto del generador fotovoltaico en el peor de los casos.

Entonces según el cálculo desarrollado anteriormente necesitamos un regulador de carga que cumpla con las características detallados en la tabla 22, de donde tomaremos los valores de Tensión de circuito abierto del generador, Intensidad de cortocircuito del generador más el 25% del factor de seguridad por lo tanto  $90,24 * 1,25 \approx 112,8$  A y la Tensión nominal del generador: 48 V.

La tabla 24 muestra diferentes tipos de reguladores de carga según los requerimientos del sistema de generación fotovoltaico.

**Tabla 23** Tipos de reguladores de carga empleados en sistemas de generación fotovoltaica.

PARAMETROS:					
TENSIÓN NOMINAL:	<b>48 V</b>				
INTENSIDAD NOMINAL:	<b>11,06 A</b>				
TENSIÓN MÁXIMA DE ENTRADA	<b>47,25 V</b>				
CATALOGO					
REGULADORES					
Modelo	I max. (A)	Tension Nominal (V)	Tension de U_Goc	Corte tensión (baja/alta V)	Rendimiento pico
TS-MPPT-45	45	48	150	25 / 150	99,00%
TS-MPPT-60	60	48	150	25 / 150	99,00%
TriStar-45	45	48	125	18/125	99,99%
TriStar-60	60	48	125	18/125	99,99%
Foton	25	12	75	11,2 / 14,4	92,00%
DIGIsun	25	12	75	11,2 / 14,4	92,00%

Realizado por: Los postulantes

### Dimensionado del inversor

Para la correcta selección del inversor debemos tomar en cuenta los siguientes aspectos:

La tensión nominal de entrada: debe ser igual en todo el sistema (sistema de generación y de acumulación). Se establece una tensión de 48 VCD para todo el sistema de corriente directa mientras que para las cargas la tensión se establece un nivel de 120 VCA.

La potencia nominal del inversor: Determinada por el cálculo de la demanda detallada en la tabla 16, en donde determino una potencia de 4 kW. En la tabla 25. Podemos apreciar diferentes tipos de inversores según las necesidades del sistema.

**Tabla 24** Tipos de inversores empleados en sistemas de generación fotovoltaica.

INVERSORES						
Modelo	POTENCIA (kW)	I Max. (A)	Tensión Nominal (V)	Tensión de U_Goc	Corte tensión (baja/alta V)	Rendimiento pico
TS-MPPT-45	4	45	48	150	25 / 150	99,00%
TS-MPPT-60	4	60	48	150	25 / 150	99,00%
TriStar-45	4	45	48	125	18/125	99,99%
TriStar-60	4	60	48	125	18/125	99,99%
Foton	0,7	25	12	75	11,2 / 14,4	88,00%
DIGIsun	0,88	25	12	75	11,2 / 14,4	92,00%

Realizado por: Los postulantes

### Dimensionamiento de los conductores

El correcto dimensionamiento de los conductores ayuda a reducir la caída de tensión y pérdidas de potencia y energía. Entonces para la elección de la sección mínima de los conductores se debe tomar en consideración tres aspectos fundamentales que son:

Máxima caída de tensión. Las máximas caídas de tensión se encuentran normadas según el nivel de voltaje y sector donde se encuentra la instalación. En la tabla 26. Podemos apreciar los valores de máximas caídas de voltaje permitidos en el Ecuador.

**Tabla 25** Valores normalizados permitidos de caída de tensión en Ecuador.

Sector		Nivel de tensión	
Rural	5 %	Media tensión	2 %
Urbano	3 %	Baja tensión	3 %

Realizado por: Los postulantes

**Intensidad máxima admisible.** Denominada también como capacidad de conducción, es decir, es la capacidad máxima de conducción del conductor para que opere en condiciones normales.

**Intensidad de cortocircuito:** el conductor seleccionado deberá soportar una determinada cantidad de corriente de cortocircuito por un tiempo determinado (corta duración).

Sin embargo, para sistemas de generación fotovoltaicos no se aplica la tercera condición ya que la corriente de cortocircuito queda limitada a la del generador.

Datos como potencia, intensidad, tensión, longitudes de los tramos y el método de instalación (bandeja, ductos, canaletas, etc.) intervienen en el dimensionamiento de los conductores.

A continuación, calcularemos los conductores que serán empleados en el sistema de generación fotovoltaico, cuyos cálculos podemos apreciarlos en la tabla 27.

**Tabla 26** Cálculo de los conductores para el sistema de generación fotovoltaico.

<b>DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES</b>															
DESCRIPCION	DATOS					CALCULOS		CONDUCTOR					CAIDA DE TENSION		
	FASE	POTENCIA	TENSION	CANALIZACION	LONG. m	INTENS.	I. ADM.	CALIBRE mm <sup>2</sup>	CALIBRE AWG	TIPO AL/CU	AI SLAM.	TEMP. °C	RESIST.	PARCIAL	TOTAL
Conexiones modulos	1	4000	48	AIRE LIBRE	6	98,46	96	25	3x4 + 4 AWG (XLPE 450/750 V)	CU	XLPE	92,59	0,0231	2,09	
Generador-Regulador	1	4000	48	AIRE LIBRE	2	98,46	96	25	3x4 + 4 AWG (XLPE 450/750 V)	CU	XLPE	92,59	0,0231	0,70	2,79
Regulador-Acumulador	1	4000	48	EMPOTRADA	2	98,46	96	25	3x4 + 4 AWG (XLPE 450/750 V)	CU	XLPE	93,37	0,0232	0,70	2,79
Regulador-Inversor	1	4000	48	EMPOTRADA	2	98,46	96	25	3x4 + 4 AWG (XLPE 450/750 V)	CU	XLPE	93,37	0,0232	0,70	2,79
Inversor-Tablero Distrib	1	4000	120	EMPOTRADA	6	39,38	50	10	3x8 + 8 AWG (XLPE 450/750 V)	CU	XLPE	65,33	0,0212	0,77	2,86
DERIV. TD-1 ILUM	1	960	120	EMPOTRADA	5	9,45	35	3,31	3x12 + 12 AWG (XLPE 450/750 V)	CU	PVC	28,28	0,0186	0,41	2,50
DUCHA ELECTRICA	1	3000	120	EMPOTRADA	5	29,54	35	5,26	3x10 + 10 AWG (XLPE 450/750 V)	CU	PVC	57,05	0,0206	0,89	2,98
DERIV. TD-2 TOMAS	1	1700	120	EMPOTRADA	5	16,74	30	3,31	3x10 + 10 AWG (XLPE 450/750 V)	CU	PVC	39,01	0,0193	0,75	2,84
DERIV. TD-3 TOMAS	1	1700	120	EMPOTRADA	5	15,40	45	16	3x8 + 8 AWG (XLPE 450/750 V)	CU	PVC	30,27	0,0187	0,15	2,24
POTENCIA TOTAL KW		7360	KW												2,98

Realizado por: Los postulantes

## Determinación De Las Protecciones

Finalmente debemos determinar las protecciones de nuestro sistema de generación fotovoltaico, en donde tomaremos en consideración las características que se detallan en la tabla 28.

**Tabla 27** Determinación De Las Protecciones En Función De Las Características De La Instalación.

DETERMINACION DEL NUMERO DE MODULOS FOTOVOLTAICOS PARA EL GENERADOR		
PROTECCION DEL SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICOS		
MODELO	SP660-250	
$P_{m\acute{a}x}$	250	CALIBRE DEL FUSIBLE POR NUMERO DE RAMAS $N_p$ :
$I_{mp}$	8,2	$I_F$ 13,275 17,7 A
$V_{mp}$	30,5	CARTUCHO FUSIBLE : 15 A RG
$I_{sc}$	8,85	TENSION : 45,36 V
$V_{oc}$	37,8	
		INTERRUPTOR GENERAL DEL GENERADOR :
NUMERO DE $N_S * N_P$	8	INTENSIDAD NOMINAL $I_n \geq I_{Goc}$ 35,4
POTENCIA $P_{Gmax}$	2000	TENSION NOMINAL $U_n \geq U_{Goc}$ 75,6
NUMERO DE $N_S$	2	
NUMERO DE $N_P$	4	PROTECCION DE LA BATERIA DE ACUMULADORES
NUMERO DE $N_S * N_P$ FINAL	8	$I_F$ 53,1 70,8 A
POTENCIA MAXIMA DEL GENER ( $P_{Gmax}$ FINAL)	2000	CARTUCHO FUSIBLE : 85 A RG
TENSION DE CIRCUITO ABIERTO DEL GENER ( $U_{Goc}$ )	75,6	TENSION : 90,72 V
INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO DEL GENER ( $I_{Gsc}$ )	35,4	
TENSION MAXIMA DEL GENERADOR ( $U_{Gmpp}$ )	61	PROTECCION DEL INVERSOR
INTENSIDAD MAXIMA DEL MODULO ( $I_{mpp}$ )	8,2	INTENSIDAD NOMINAL $I_n \geq I_{inv}$ 60 A
INTENSIDAD MAXIMA DEL GENERADOR ( $I_{Gmpp}$ )	32,8	TENSION NOMINAL $U_n = 120$ V 120 V

**Realizado por:** Los postulantes

## 12. IMPACTOS (TECNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS)

El presente proyecto se tiene la finalidad de contribuir con el cambio de la matriz energética del Ecuador, ayudar con la reducción del uso de combustibles fósiles empleados en la generación de energía eléctrica y por otro lado está la dotación del servicio de energía eléctrica a lugares en donde es difícil la construcción de una línea de la empresa eléctrica ya sea por el costo de inversión o el difícil acceso al lugar. De esta manera podemos mencionar los beneficios que conllevan la implementación de un sistema de generación fotovoltaico autónomo.

- Contribuir con el cambio de la matriz energética.
- Mejora la calidad de vida de las personas.
- Contribuye a conservar el medio ambiente ya que los sistemas fotovoltaicos usan recursos renovables para producir energía eléctrica (radiación solar).
- Ayuda a incrementar la confiabilidad del sistema eléctrico.
- Facilita el acceso al servicio de energía eléctrica

### Impacto económico.

El proyecto se desarrolló con la finalidad de mejorar calidad de vida de las personas que no tienen acceso a la energía eléctrica o para personas u organizaciones que quieran ayudar con el

cuidado del medio ambiente; y finalmente para contribuir con el desarrollo de este tipo de tecnologías que en la actualidad tienen alto costo de inversión.

Es por eso que el costo total del proyecto asciende a \$ 9808,84 dólares americanos que mediante el estudio técnico-económico se estima recuperar esta inversión en 18 años tomando en cuenta la vida útil de elementos es 25 años y un uso diario.

### 13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Para realizar el análisis técnico-económico analizaremos primeramente la tabla 29, en donde se encuentran los cálculos efectuados anteriormente que representa el dimensionamiento del sistema de generación, en donde analizaremos si cumple con las características técnicas del sistema para después analizar la parte económica en función de la vida útil, esto lo realizaremos en función del número total de módulos.

#### Detalle de inversión del proyecto

El detalle de inversión para el proyecto se detalla en la tabla 29, con base en los cálculos efectuados en el presente proyecto.

**Tabla 28** Presupuesto del sistema.

<b>INVERSION DEL PROYECTO</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (\$)</b>	<b>Precio total (\$)</b>
<b>1</b>	<b>Módulo photon SP660-245</b>	U	12	280	3360
<b>2</b>	<b>Acumulador 31 DC 115</b>	U	8	330	2640
<b>3</b>	<b>Regulador TriStar-60</b>	U	1	300	300
<b>4</b>	<b>Inversor TS-MPPT-60</b>	U	1	678	678
<b>5</b>	<b>Cable Superflex 3x4</b>	M	50	3,90	195
<b>6</b>	<b>Cable Superflex 3x8</b>	M	10	2,80	28
<b>7</b>	<b>Cable Superflex 3x10</b>	M	30	2,2	66
<b>8</b>	<b>Cable Superflex 3x12</b>	M	15	1,85	27,75
<b>9</b>	<b>Fusible y cartucho 15 A</b>	U	6	3	18
<b>10</b>	<b>Fusible y cartucho 80 A</b>	U	12	3	36
<b>11</b>	<b>Breaker 50A</b>	U	1	45	45
<b>DETALLE DE LA INVERSION DEL PROYECTO</b>			<b>subtotal material</b>		7393,75
			<b>mano de obra</b>		1109,06
			<b>Otros</b>		255,08
			<b>IVA</b>		1050,95
			<b>Total</b>		9808,84

## **Análisis de la inversión y recuperación.**

### **Análisis técnico-económico.**

El siguiente análisis técnico económico se van hacer uso de siguientes métodos para la valuación del proyecto:

**VAN:** es el valor actual neto, es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizado en la evaluación de proyectos de inversión, el cual se base en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo que genera un proyecto y compararlas con el desembolso inicial. Para su cálculo es importante conocer la tasa de descuento que para nuestro caso según el Banco Central del Ecuador es de 7,86 %.

- Si el VAN < 0: se rechaza el proyecto
- Si el VAN = 0: el proyecto es indiferente
- Si el VAN > 0: se acepta el proyecto.

**TIR:** conocido como tasa interna de rendimiento, también como tasa interna de retorno, es un indicador financiero que mide el rendimiento de los fondos que se pretende invertir en un proyecto. El TIR nos permite conocer el rendimiento real de una inversión.

- Si la TIR < TMAR se rechaza el proyecto
- Si la TIR = TMAR el proyecto es indiferente
- Si la TIR > TMAR el proyecto se acepta.

**TMAR:** tasa mínima atractiva de retorno

$TMAR = \%pasivo + \%inflacion + \%premio\ al\ riesgo$

$TMAR = 4,8 \% + (-0,18\%) + 15\%$

$TMAR = 19,62\%$

Para realizar esta evaluación también se necesita como datos iniciales tarifa residencial 0,4 \$/KWh. A esto también se suma el ahorro energético anual de la propuesta es cual es de \$ 9808,84.

Con estos datos iniciales se puede evaluar el proyecto donde se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 29** Análisis del VAN y TIR.

AÑOS		18
ENERGÍA ANUAL	2536,75 kWh/año	

<b>TAZA DE DESCUENTO</b>	7,86 %
<b>INVERSION</b>	\$ 9808,84
<b>FLUJO DE EFECTIVO</b>	\$ 10962,50
<b>VAN</b>	\$ 1153,65
<b>TIR</b>	12%

**Realizado por:** Los Postulantes

Se estima una vida útil de 25 años para el sistema de generación, por lo tanto, el costo por kWh es de 0,40 ctv., lo cual nos permite recuperar la inversión en los años establecidos, tomando en consideración que los valores del TIR son bajos alcanzando el valor de 12 %.



## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Tomando en consideración los parámetros calculados en función de la radiación medida en el sector llegamos a concluir que el costo de la instalación de un sistema fotovoltaico es elevado por lo cual se deja a consideración del propietario la ejecución del proyecto, mediante los cálculos del VAN y TIR podemos apreciar que la recuperación de dicho proyecto es en un tiempo muy extenso.
- Mediante la visita a la vivienda se observó el que se encuentra a 500 metros de la red eléctrica pública por lo cual se procede hacer un análisis de generación solar, así como diseñar una propuesta factible y técnica para el mejoramiento del nivel de calidad de vida.
- A través de la observación del sistema eléctrico del transformador 1 se realizó el diagrama unifilar del sistema eléctrico que abarca las diferentes áreas de la vivienda como son sala, cocina, comedor y dormitorios consiguiendo identificar detalladamente cada una de sus cargas, así como sus protecciones.
- Mediante la elaboración del diagrama unifilar identificó 1 subtablero de distribución con sus respectivas protecciones dando como carga total instalada 7,36 kW y un factor de potencia que varía entre 0,92.
- El tablero de distribución está conformado por cargas de iluminación y tomacorrientes es decir posee una carga común, para nuestro caso se realizó un levantamiento de carga en el cual está basado el diagrama unifilar.
- La capacidad del sistema de acumulación es de 529,51 Ah debido al tiempo de autonomía del sistema que es de 2 días, dicha capacidad no sobrepasa los límites máximos permitido de 25 veces y límite mínimo de 134,17 Ah con la finalidad de prolongar la vida útil de las baterías y evitar que se sulfate las baterías.
- Para determinar la capacidad del sistema de acumulación se debe tomar en consideración el efecto de temperatura ya que por cada °C el sistema de acumulación perderá el 1 % de la capacidad de almacenamiento de energía eléctrica.
- El sobredimensionamiento del sistema de acumulación disminuye la vida útil de la batería debido a que su carga no está al 100 %, provocando descargas profundas sobrepasando los límites establecidos por los fabricantes y detallados en placas adjuntas a las baterías.
- Con el diseño de generación fotovoltaica, a través de un estudio técnico económico obtenemos el presupuesto del proyecto, el cual beneficiará al propietario de la vivienda, mediante una inversión en materiales y equipos, se mejorará el nivel de vida, mediante este

estudio la implementación a futuro tendrá como beneficio dotar de energía a base de nuevas tecnologías de generación renovables.

- El presupuesto del proyecto es de \$ 22334,98 dólares americanos, con esta propuesta se estima que podrá reducir el consumo de energía respecto a la planilla común, así como cumplir con los niveles de recomendados por las normas de la Empresa Eléctrica Cotopaxi.

### **Recomendaciones**

- En este tipo de proyectos de investigación es primordial contar con los equipos necesarios para un análisis exacto, el cual mediante la recolección de datos es una tarea esencial para el reflejo de los resultados finales.
- Un sistema de generación fotovoltaico autónomo mediante la inclinación óptima de los paneles solares, es una ayuda para disminuir pérdidas, con aquello mejoraremos la calidad energética.
- En sistemas de generación fotovoltaica es importante tener en cuenta las nuevas tecnologías, es verdad que tienen precios elevados, pero debemos tomar en cuenta la eficiencia del equipo y baja contaminación ambiental.
- Al momento de seleccionar una batería, se debe considerar la capacidad de descarga en amperios hora, precio y tomar en cuenta vida útil de la batería, esto depende la viabilidad del proyecto.
- La cotización de materiales, equipos, mano de obra y dirección técnica, también influye en el costo total de la inversión, se debe tomar en cuenta algunas alternativas al momento de invertir, este paso disminuirá la inversión recuperándolo en menor tiempo.
- Debido a que el costo de inversión para un proyecto de generación fotovoltaica es elevado, se tiene en consideración que sería rentable en un lugar donde no tengamos acceso a la red eléctrica pública o a su vez en lugares en los cuales la geografía impida que se pueda proveer de servicio eléctrico.

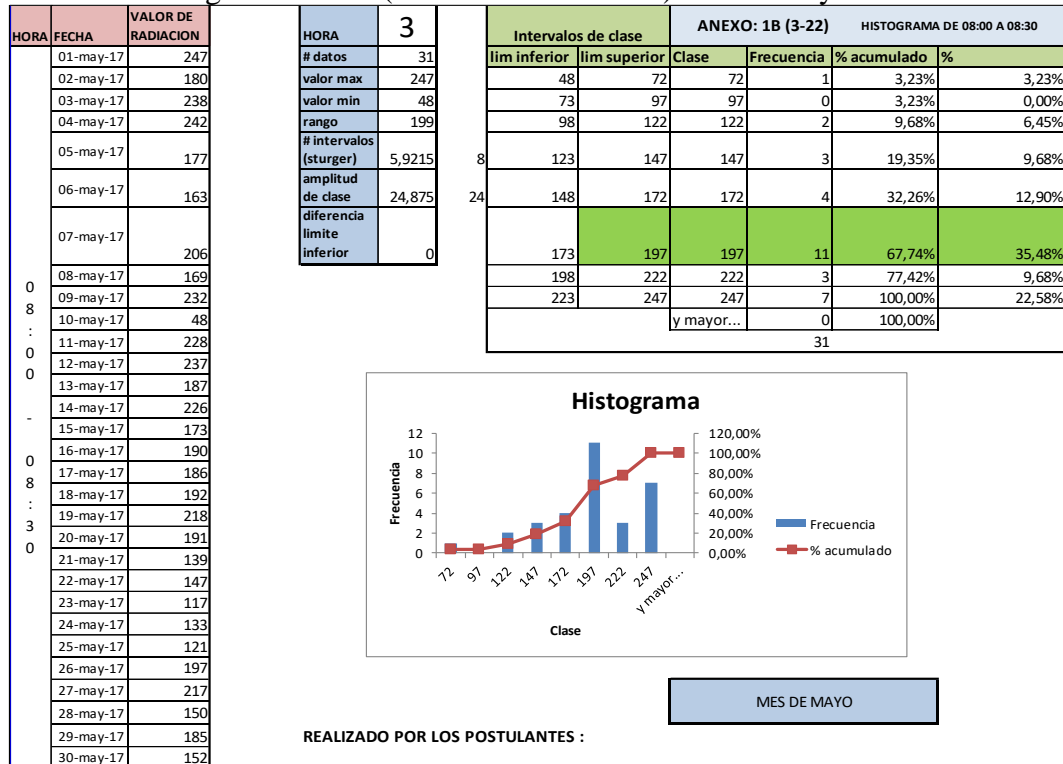
## 15. BIBLIOGRAFÍA

- ABB group, “Energía solar,” ABB Rev., vol. 2, p. 76, 2015.
- Anónimo, “Energía Solar Fotovoltaica,” Agenergia, p. 8, 2013.
- B. D. E. La and C. D. E. Ambato, “Universidad técnica de Ambato,” 2015.
- C. Y. N. T. E. C. CONSEJERIA DE INDUSTRIA, “Guía técnica de aplicación para instalaciones de energías renovables,” pp. 1–106, 2013.
- C. Agustín and S. German, “Instalaciones Solares Fotovoltaicas.” Colombia, p. 32, 2012.
- D. Barberá Santos, “Introducción a La Energía Fotovoltaica,” pp. 1–20.
- D. Parra, “Evaluación De Métodos Heurísticos Y Matemáticos Para La Determinación Del Potencial De Generación Distribuida Con Energía Fotovoltaica,” pp. 1–68, 2010.
- D. R. Tobergte and S. Curtis, Solar Fotovoltaica, vol. 53, no. 9. 2013.
- F. D. J. A. GARCES, “No Title,” vol. 1, p. 123, 2016.
- I. N. G. M. Silva, “Ing. Marcelo silva codirector,” pp. 1–50, 2015.
- J. Romero C., “Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador. Caso de estudio: Biblioteca Pompeu Fabra de Mataró,” 2015.
- J. Luis and M. Tarrillo, “Sistemas de almacenamiento de energía,” no. December, pp. 12–17, 2015.
- L. G. Macancela Zhumi, “DIAGNÓSTICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CORRESPONDIENTES A LA PRIMERA ETAPA DEL PROYECTO YANTSA ii ETSARI,” 2012.
- N. González, R. Hernán, V. Zhindón, and M. Vinicio, “CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Tesis previa a la obtención del Título de: Ingeniero Eléctrico.,” 2014.
- S. Lissette, P. Vásquez, K. Andrés, and V. Lozano, “conectada a red para autoconsumo en un edificio de la administración pública en la provincia del Guayas y análisis de viabilidad técnica y económica Antecedentes y Justificación.”
- U. Técnica, D. E. L. Norte, L. Encalada, D. Patricio, O. Moreno, and L. Javier, “Universidad técnica del norte,” 2012.
- U. N. A. Vivienda, R. Con, and P. Máxima, “Universidad técnica de Cotopaxi.”

**ANEXOS**

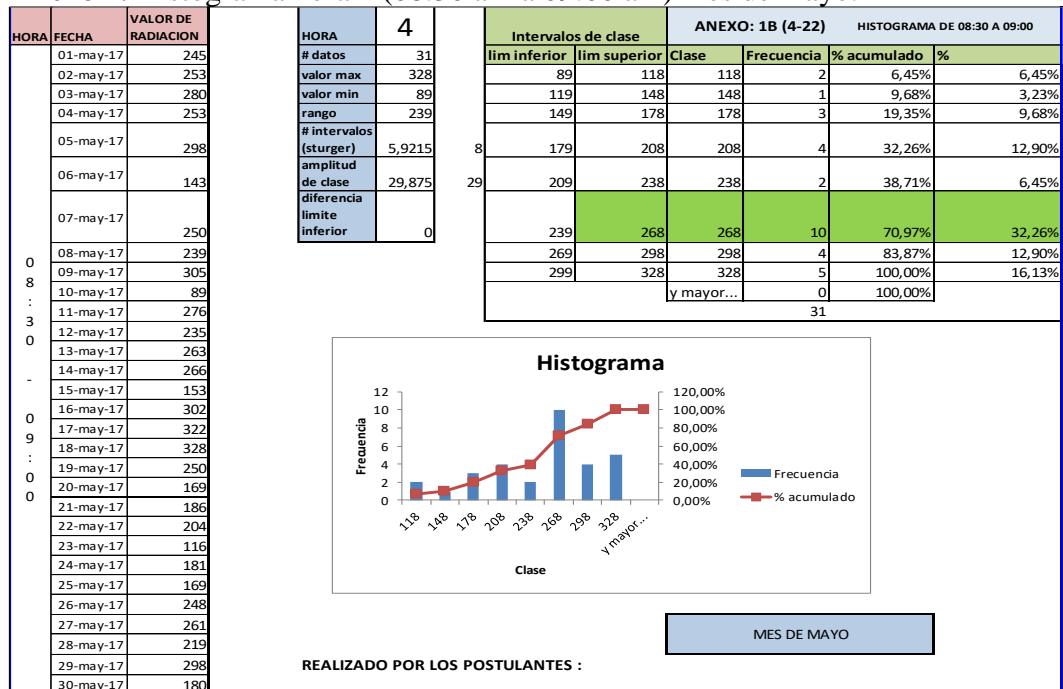
## Determinación del potencial fotovoltaico mes de mayo.

### Anexo 1. Histograma hora 3 (08:00 am a 08:30 am) mes de mayo.



Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 2. Histograma hora 4 (08:30 am a 09:00 am) mes de mayo.



Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 3. Histograma hora 5 (09:00 am a 09:30 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	5	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (5-22)			HISTOGRAMA DE 09:00 A 09:30	
					lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-may-17	236	# datos	31	132	181	181	2	6,45%	6,45%
	02-may-17	331	valor max	527	182	231	231	4	19,35%	12,90%
	03-may-17	227	valor min	132	232	281	281	7	41,94%	22,58%
	04-may-17	360	rango	395	282	331	331	9	70,97%	29,03%
	05-may-17	527	# intervalos (sturger)	5,9215	332	381	381	5	87,10%	16,13%
	06-may-17	272	amplitud de clase	49,375	382	431	431	2	93,55%	6,45%
	07-may-17	364	diferencia limite inferior	0	432	481	481	0	93,55%	0,00%
	08-may-17	273			482	531	531	2	100,00%	6,45%
	09-may-17	486					y mayor...	0	100,00%	
	10-may-17	132						31		
	11-may-17	207								
	12-may-17	227								
	13-may-17	344								
	14-may-17	216								
	15-may-17	282								
	16-may-17	267								
	17-may-17	278								
	18-may-17	284								
	19-may-17	392								
	20-may-17	313								
	21-may-17	251								
	22-may-17	325								
	23-may-17	176								
	24-may-17	296								
	25-may-17	284								
	26-may-17	415								
	27-may-17	337								
	28-may-17	301								
	29-may-17	311								
	30-may-17	252								

MES DE MAYO

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 4. Histograma hora 6 (09:30 am a 10:00 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	6	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (6-22)			HISTOGRAMA DE 09:30 A 10:00	
					lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-may-17	436	# datos	31	154	212	212	1	3,23%	3,23%
	02-may-17	456	valor max	623	213	271	271	6	22,58%	19,35%
	03-may-17	280	valor min	154	272	330	330	4	35,48%	12,90%
	04-may-17	356	rango	469	331	389	389	9	64,52%	29,03%
	05-may-17	516	# intervalos (sturger)	5,9215	390	448	448	5	80,65%	16,13%
	06-may-17	331	amplitud de clase	58,625	449	507	507	3	90,32%	9,68%
	07-may-17	347	diferencia limite inferior	0	508	566	566	1	93,55%	3,23%
	08-may-17	431			567	625	625	2	100,00%	6,45%
	09-may-17	623					y mayor...	0	100,00%	
	10-may-17	154						31		
	11-may-17	264								
	12-may-17	419								
	13-may-17	474								
	14-may-17	266								
	15-may-17	341								
	16-may-17	218								
	17-may-17	247								
	18-may-17	253								
	19-may-17	593								
	20-may-17	344								
	21-may-17	285								
	22-may-17	364								
	23-may-17	301								
	24-may-17	377								
	25-may-17	365								
	26-may-17	466								
	27-may-17	417								
	28-may-17	403								
	29-may-17	284								
	30-may-17	265								

MES DE MAYO

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 5. Histograma hora 7 (10:00 am a 10:30 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	7	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (7-22)			HISTOGRAMA DE 10:00 A 10:30		
			# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
	01-may-17	370	valor max	729	159	230	230	2	6,45%	6,45%	
	02-may-17	454	valor min	159	231	302	302	1	9,68%	3,23%	
	03-may-17	445	rango	570	303	374	374	8	35,48%	25,81%	
	04-may-17	333	# intervalos (sturger)	5,9215	375	446	446	9	64,52%	29,03%	
	05-may-17	502	amplitud de clase	71,25	447	518	518	5	80,65%	16,13%	
	06-may-17	422	diferencia limite inferior	0	519	590	590	4	93,55%	12,90%	
	07-may-17	390			591	662	662	0	93,55%	0,00%	
	08-may-17	507			663	734	734	2	100,00%	6,45%	
	09-may-17	569					y mayor...	0	100,00%		
	10-may-17	159						31			
	11-may-17	415									
	12-may-17	355									
	13-may-17	472									
	14-may-17	423									
	15-may-17	432									
	16-may-17	228									
	17-may-17	343									
	18-may-17	351									
	19-may-17	694									
	20-may-17	293									
	21-may-17	400									
	22-may-17	342									
	23-may-17	499									
	24-may-17	573									
	25-may-17	561									
	26-may-17	729									
	27-may-17	358									
	28-may-17	365									
	29-may-17	438									
	30-may-17	577									

MES DE MAYO

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 6. Histograma hora 8 (10:30 am a 11:00 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	8	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (8-22)			HISTOGRAMA DE 10:30 A 11:00		
			# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
	01-may-17	353	valor max	765	215	283	283	1	3,23%	3,23%	
	02-may-17	736	valor min	215	284	352	352	5	19,35%	16,13%	
	03-may-17	490	rango	550	353	421	421	9	48,39%	29,03%	
	04-may-17	565	# intervalos (sturger)	5,9215	422	490	490	8	74,19%	25,81%	
	05-may-17	455	amplitud de clase	68,75	491	559	559	3	83,87%	9,68%	
	06-may-17	393	diferencia limite inferior	0	560	628	628	3	93,55%	9,68%	
	07-may-17	312			629	697	697	0	93,55%	0,00%	
	08-may-17	504			698	766	766	2	100,00%	6,45%	
	09-may-17	596					y mayor...	0	100,00%		
	10-may-17	215						31			
	11-may-17	475									
	12-may-17	339									
	13-may-17	765									
	14-may-17	466									
	15-may-17	403									
	16-may-17	298									
	17-may-17	366									
	18-may-17	374									
	19-may-17	558									
	20-may-17	289									
	21-may-17	401									
	22-may-17	427									
	23-may-17	457									
	24-may-17	420									
	25-may-17	408									
	26-may-17	579									
	27-may-17	288									
	28-may-17	460									
	29-may-17	410									
	30-may-17	475									

MES DE MAYO

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo7. Histograma hora 9 (11:00 am a 11:30 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION
	01-may-17	421
	02-may-17	710
	03-may-17	603
	04-may-17	366
	05-may-17	783
	06-may-17	826
	07-may-17	375
1	08-may-17	334
1	09-may-17	993
:	10-may-17	285
:	11-may-17	643
0	12-may-17	404
0	13-may-17	738
-	14-may-17	573
-	15-may-17	836
1	16-may-17	614
1	17-may-17	372
3	18-may-17	380
0	19-may-17	382
0	20-may-17	386
	21-may-17	696
	22-may-17	519
	23-may-17	497
	24-may-17	376
	25-may-17	364
	26-may-17	694
	27-may-17	600
	28-may-17	541
	29-may-17	454
	30-may-17	454

HORA	9
# datos	31
valor max	993
valor min	285
rango	708
# intervalos (sturjer)	5,9215
amplitud de clase	88,5
diferencia limite inferior	0

Intervalos de clase		ANEXO: 1B (9-22)				HISTOGRAMA DE 11:00 A 11:30	
lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%		
285	373	373	5	16,13%	16,13%		
374	462	462	9	45,16%	29,03%		
463	551	551	4	58,06%	12,90%		
552	640	640	4	70,97%	12,90%		
641	729	729	4	83,87%	12,90%		
730	818	818	2	90,32%	6,45%		
819	907	907	2	96,77%	6,45%		
908	996	996	1	100,00%	3,23%		
		y mayor...	0	100,00%			
			31				

**MES DE MAYO**

**REALIZADO POR LOS POSTULANTES :**

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 8. Histograma hora 10 (11:30 am a 12:00 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION
	01-may-17	474
	02-may-17	526
	03-may-17	382
	04-may-17	349
	05-may-17	457
	06-may-17	531
	07-may-17	496
1	08-may-17	302
1	09-may-17	685
:	10-may-17	243
:	11-may-17	362
3	12-may-17	455
0	13-may-17	547
0	14-may-17	363
1	15-may-17	541
1	16-may-17	642
2	17-may-17	566
0	18-may-17	574
0	19-may-17	825
	20-may-17	410
	21-may-17	396
	22-may-17	372
	23-may-17	439
	24-may-17	533
	25-may-17	521
	26-may-17	808
	27-may-17	1057
	28-may-17	660
	29-may-17	521
	30-may-17	503

HORA	10
# datos	31
valor max	1057
valor min	243
rango	814
# intervalos (sturjer)	5,9215
amplitud de clase	101,75
diferencia limite inferior	0

Intervalos de clase		ANEXO: 1B (10-22)				HISTOGRAMA DE 11:30 A 12:00	
lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%		
243	344	344	2	6,45%	6,45%		
345	446	446	8	32,26%	25,81%		
447	548	548	12	70,97%	38,71%		
549	650	650	3	80,65%	9,68%		
651	752	752	3	90,32%	9,68%		
753	854	854	2	96,77%	6,45%		
855	956	956	0	96,77%	0,00%		
957	1058	1058	1	100,00%	3,23%		
		y mayor...	0	100,00%			
			31				

**MES DE MAYO**

**REALIZADO POR LOS POSTULANTES :**

Realizado por: Los Postulantes



### Anexo 9. Histograma hora 11 (12:00 am a 12:30 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	11	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (11-22)		HISTOGRAMA DE 12:00 A 12:30		
			# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-may-17	363	valor max	1018	144	253	253	2	6,45%	6,45%
	02-may-17	689	valor min	144	254	363	363	2	12,90%	6,45%
	03-may-17	446	rango	874	364	473	473	11	48,39%	35,48%
	04-may-17	397	# intervalos (sturger)	5,9215	474	583	583	6	67,74%	19,35%
	05-may-17	553	amplitud de clase	109,25	584	693	693	4	80,65%	12,90%
	06-may-17	578	diferencia limite inferior	0	694	803	803	3	90,32%	9,68%
	07-may-17	736			804	913	913	0	90,32%	0,00%
1	08-may-17	189			914	1023	1023	3	100,00%	9,68%
2	09-may-17	509					y mayor...	0	100,00%	
:	10-may-17	144						31		
0	11-may-17	416								
:	12-may-17	348								
0	13-may-17	717								
-	14-may-17	424								
1	15-may-17	571								
2	16-may-17	959								
:	17-may-17	607								
0	18-may-17	615								
3	19-may-17	951								
:	20-may-17	440								
0	21-may-17	439								
	22-may-17	382								
	23-may-17	658								
	24-may-17	406								
	25-may-17	394								
	26-may-17	552								
	27-may-17	407								
	28-may-17	1018								
	29-may-17	576								
	30-may-17	433								

**Histograma**

El histograma muestra la frecuencia (eje Y izquierdo, 0-12) y el porcentaje acumulado (eje Y derecho, 0,00%-120,00%) para las clases de radiación (eje X). Las barras azules representan la frecuencia y la línea roja con cuadrados el porcentaje acumulado. El eje X incluye valores como 253, 363, 473, 583, 693, 803, 913, 1023 y 'y mayor...'. El eje Y izquierdo va de 0 a 12, y el eje Y derecho de 0,00% a 120,00%.

MES DE MAYO

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 10. Histograma hora 12 (12:30 am a 13:00 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	12	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (12-22)		HISTOGRAMA DE 12:30 A 13:00		
			# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-may-17	315	valor max	990	241	334	334	5	16,13%	16,13%
	02-may-17	484	valor min	241	335	428	428	3	25,81%	9,68%
	03-may-17	665	rango	749	429	522	522	8	51,61%	25,81%
	04-may-17	305	# intervalos (sturger)	5,9215	523	616	616	5	67,74%	16,13%
	05-may-17	358	amplitud de clase	93,625	617	710	710	7	90,32%	22,58%
	06-may-17	669	diferencia limite inferior	0	711	804	804	1	93,55%	3,23%
	07-may-17	728			805	898	898	1	96,77%	3,23%
1	08-may-17	286			899	992	992	1	100,00%	3,23%
2	09-may-17	594					y mayor...	0	100,00%	
:	10-may-17	241						31		
3	11-may-17	665								
:	12-may-17	302								
0	13-may-17	503								
-	14-may-17	632								
1	15-may-17	662								
3	16-may-17	513								
:	17-may-17	598								
0	18-may-17	606								
0	19-may-17	990								
	20-may-17	530								
	21-may-17	512								
	22-may-17	476								
	23-may-17	831								
	24-may-17	433								
	25-may-17	421								
	26-may-17	438								
	27-may-17	388								
	28-may-17	704								
	29-may-17	488								
	30-may-17	530								

**Histograma**

El histograma muestra la frecuencia (eje Y izquierdo, 0-9) y el porcentaje acumulado (eje Y derecho, 0,00%-120,00%) para las clases de radiación (eje X). Las barras azules representan la frecuencia y la línea roja con cuadrados el porcentaje acumulado. El eje X incluye valores como 334, 428, 522, 616, 710, 804, 898, 992 y 'y mayor...'. El eje Y izquierdo va de 0 a 9, y el eje Y derecho de 0,00% a 120,00%.

MES DE MAYO

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 11. Histograma hora 13 (13:00 am a 13:30 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	13	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (13-22)			HISTOGRAMA DE 13:00 A 13:30	
			# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-may-17	511	valor max	1052	218	322	322	2	6,45%	6,45%
	02-may-17	360	valor min	218	323	427	427	3	16,13%	9,68%
	03-may-17	1051	rango	834	428	532	532	7	38,71%	22,58%
	04-may-17	249	# intervalos (sturges)	5,9215	533	637	637	3	48,39%	9,68%
	05-may-17	349	amplitud de clase	104,25	638	742	742	5	64,52%	16,13%
	06-may-17	805	diferencia limite inferior	0	743	847	847	4	77,42%	12,90%
	07-may-17	846			848	952	952	2	83,87%	6,45%
1	08-may-17	556			953	1057	1057	5	100,00%	16,13%
3	09-may-17	1006					y mayor...	0	100,00%	
:	10-may-17	218							31	
0	11-may-17	1011								
:	12-may-17	491								
0	13-may-17	374								
-	14-may-17	998								
1	15-may-17	798								
3	16-may-17	553								
:	17-may-17	469								
0	18-may-17	477								
3	19-may-17	1052								
:	20-may-17	553								
0	21-may-17	485								
	22-may-17	734								
	23-may-17	863								
	24-may-17	674								
	25-may-17	662								
	26-may-17	667								
	27-may-17	445								
	28-may-17	901								
	29-may-17	436								
	30-may-17	690								

**Histograma**

Frecuencia

% acumulado

Clase

MES DE MAYO

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 12. Histograma hora 14 (13:30 am a 14:00 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	14	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (14-22)			HISTOGRAMA DE 13:30 A 14:00	
			# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-may-17	596	valor max	1121	180	297	297	4	12,90%	12,90%
	02-may-17	263	valor min	180	298	415	415	2	19,35%	6,45%
	03-may-17	1121	rango	941	416	533	533	6	38,71%	19,35%
	04-may-17	362	# intervalos (sturges)	5,9215	534	651	651	5	54,84%	16,13%
	05-may-17	693	amplitud de clase	117,63	652	769	769	5	70,97%	16,13%
	06-may-17	505	diferencia limite inferior	0	770	887	887	3	80,65%	9,68%
	07-may-17	577			888	1005	1005	3	90,32%	9,68%
1	08-may-17	452			1006	1123	1123	3	100,00%	9,68%
3	09-may-17	856					y mayor...	0	100,00%	
:	10-may-17	180							31	
0	11-may-17	961								
3	12-may-17	572								
:	13-may-17	274								
0	14-may-17	1065								
-	15-may-17	498								
1	16-may-17	243								
4	17-may-17	641								
:	18-may-17	649								
0	19-may-17	789								
0	20-may-17	667								
	21-may-17	418								
	22-may-17	655								
	23-may-17	498								
	24-may-17	741								
	25-may-17	729								
	26-may-17	908								
	27-may-17	527								
	28-may-17	900								
	29-may-17	337								
	30-may-17	842								

**Histograma**

Frecuencia

% acumulado

Clase

MES DE MAYO

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 13. Histograma hora 15 (14:00 am a 14:30 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	15	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (15-22) HISTOGRAMA DE 14:00 A 14:30				
			# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-may-17	543	valor max	1106	200	313	313	7	22,58%	22,58%
	02-may-17	226	valor min	200	314	427	427	5	38,71%	16,13%
	03-may-17	1071	rango	906	428	541	541	2	45,16%	6,45%
	04-may-17	348	# intervalos (sturges)	5,9215	542	655	655	2	51,61%	6,45%
	05-may-17	200	amplitud de clase	113,25	656	769	769	3	61,29%	9,68%
	06-may-17	407	diferencia limite inferior	0	770	883	883	4	74,19%	12,90%
	07-may-17	923			884	997	997	4	87,10%	12,90%
1	08-may-17	271			998	1111	1111	4	100,00%	12,90%
4	09-may-17	477						0	100,00%	
:	10-may-17	275								
0	11-may-17	987								
0	12-may-17	521								
0	13-may-17	235								
-	14-may-17	1012								
1	15-may-17	400								
4	16-may-17	284								
:	17-may-17	992								
3	18-may-17	1106								
:	19-may-17	978								
0	20-may-17	855								
0	21-may-17	822								
1	22-may-17	629								
4	23-may-17	295								
:	24-may-17	856								
3	25-may-17	844								
:	26-may-17	691								
0	27-may-17	722								
0	28-may-17	1059								
1	29-may-17	338								
4	30-may-17	708								

**Histograma**

Frecuencia (blue bars) and % acumulado (red line with squares) are plotted against Clase. The x-axis labels are 313, 427, 541, 655, 769, 883, 997, 1111, and y mayor... The y-axis ranges from 0 to 8 for frequency and 0,00% to 120,00% for cumulative percentage.

MES DE MAYO

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 14. Histograma hora 16 (14:30 am a 15:00 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	16	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (16-22) HISTOGRAMA DE 14:30 A 15:00				
			# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-may-17	377	valor max	1036	100	217	217	6	19,35%	19,35%
	02-may-17	456	valor min	100	218	335	335	3	29,03%	9,68%
	03-may-17	1006	rango	936	336	453	453	5	45,16%	16,13%
	04-may-17	192	# intervalos (sturges)	5,9215	454	571	571	4	58,06%	12,90%
	05-may-17	100	amplitud de clase	117	572	689	689	6	77,42%	19,35%
	06-may-17	364	diferencia limite inferior	0	690	807	807	0	77,42%	0,00%
	07-may-17	558			808	925	925	4	90,32%	12,90%
1	08-may-17	212			926	1043	1043	3	100,00%	9,68%
4	09-may-17	139								
:	10-may-17	376								
3	11-may-17	1036								
:	12-may-17	362								
0	13-may-17	474								
0	14-may-17	954								
-	15-may-17	357								
1	16-may-17	551								
5	17-may-17	919								
:	18-may-17	909								
0	19-may-17	327								
:	20-may-17	834								
0	21-may-17	581								
1	22-may-17	574								
5	23-may-17	203								
:	24-may-17	655								
0	25-may-17	643								
0	26-may-17	582								
1	27-may-17	301								
5	28-may-17	922								
:	29-may-17	208								
0	30-may-17	580								

**Histograma**

Frecuencia (blue bars) and % acumulado (red line with squares) are plotted against Clase. The x-axis labels are 217, 335, 453, 571, 689, 807, 925, 1043, and y mayor... The y-axis ranges from 0 to 7 for frequency and 0,00% to 120,00% for cumulative percentage.

MES DE MAYO

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 15. Histograma hora 17 (15:00 am a 15:30 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	17	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (17-22)			HISTOGRAMA DE 15:00 A 15:30		
			# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
	01-may-17	308	valor max	943	120	222	222	6	19,35%	19,35%	
	02-may-17	777	valor min	120	223	325	325	6	38,71%	19,35%	
	03-may-17	923	rango	823	326	428	428	3	48,39%	9,68%	
	04-may-17	400	# intervalos (sturger)	5,9215	429	531	531	3	58,06%	9,68%	
	05-may-17	120	amplitud de clase	102,88	532	634	634	2	64,52%	6,45%	
	06-may-17	445	diferencia limite inferior	0	635	737	737	2	70,97%	6,45%	
	07-may-17	152			738	840	840	6	90,32%	19,35%	
1	08-may-17	155			841	943	943	3	100,00%	9,68%	
5	09-may-17	182					y mayor...	0	100,00%		
:	10-may-17	377									
0	11-may-17	943									
:	12-may-17	296									
0	13-may-17	808									
:	14-may-17	877									
-	15-may-17	438									
1	16-may-17	698									
5	17-may-17	786									
:	18-may-17	776									
3	19-may-17	279									
0	20-may-17	233									
:	21-may-17	622									
0	22-may-17	376									
:	23-may-17	208									
-	24-may-17	640									
1	25-may-17	628									
5	26-may-17	757									
:	27-may-17	282									
3	28-may-17	773									
0	29-may-17	295									
:	30-may-17	490									
0	31-may-17	195									

**Histograma**

Frecuencia (blue bars), % acumulado (red line)

MES DE MAYO

**REALIZADO POR LOS POSTULANTES :**

FRANKLIN CANDO      JHONY YUGSI      TUTOR: MSC. JAVIER PROAÑO

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 16. Histograma hora 18 (15:30 am a 16:00 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	18	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (18-22)			HISTOGRAMA DE 15:30 A 16:00		
			# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
	01-may-17	414	valor max	875	97	194	194	6	19,35%	19,35%	
	02-may-17	725	valor min	97	195	292	292	3	29,03%	9,68%	
	03-may-17	532	rango	778	293	390	390	3	38,71%	9,68%	
	04-may-17	161	# intervalos (sturger)	5,9215	391	488	488	5	54,84%	16,13%	
	05-may-17	111	amplitud de clase	97,25	489	586	586	6	74,19%	19,35%	
	06-may-17	569	diferencia limite inferior	0	587	684	684	1	77,42%	3,23%	
	07-may-17	317			685	782	782	5	93,55%	16,13%	
1	08-may-17	157			783	880	880	2	100,00%	6,45%	
5	09-may-17	97					y mayor...	0	100,00%		
:	10-may-17	550									
3	11-may-17	512									
0	12-may-17	397									
:	13-may-17	754									
-	14-may-17	505									
1	15-may-17	562									
6	16-may-17	721									
:	17-may-17	166									
0	18-may-17	156									
:	19-may-17	447									
0	20-may-17	202									
:	21-may-17	680									
0	22-may-17	219									
:	23-may-17	322									
1	24-may-17	707									
6	25-may-17	695									
:	26-may-17	875									
0	27-may-17	436									
:	28-may-17	821									
0	29-may-17	297									
:	30-may-17	468									

**Histograma**

Frecuencia (blue bars), % acumulado (red line)

MES DE MAYO

**REALIZADO POR LOS POSTULANTES :**

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 17. Histograma hora 19 (16:00 am a 16:30 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	19	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (19-22)			HISTOGRAMA DE 16:00 A 16:30		
			# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
	01-may-17	665	valor max	803	38	133	133	6	19,35%	19,35%	
	02-may-17	246	valor min	38	134	229	229	5	35,48%	16,13%	
	03-may-17	123	rango	765	230	325	325	7	58,06%	22,58%	
	04-may-17	229	# intervalos (sturger)	5,9215	326	421	421	4	70,97%	12,90%	
	05-may-17	152	amplitud de clase	95,625	422	517	517	0	70,97%	0,00%	
	06-may-17	364	diferencia limite inferior	0	518	613	613	3	80,65%	9,68%	
	07-may-17	542			614	709	709	4	93,55%	12,90%	
1	08-may-17	128			710	805	805	2	100,00%	6,45%	
6	09-may-17	338					y mayor...	0	100,00%		
:	10-may-17	740						31			
0	11-may-17	223									
0	12-may-17	638									
0	13-may-17	254									
-	14-may-17	117									
1	15-may-17	357									
6	16-may-17	526									
:	17-may-17	48									
3	18-may-17	38									
0	19-may-17	141									
0	20-may-17	306									
	21-may-17	253									
	22-may-17	133									
	23-may-17	224									
	24-may-17	291									
	25-may-17	279									
	26-may-17	686									
	27-may-17	547									
	28-may-17	692									
	29-may-17	392									
	30-may-17	803									

MES DE MAYO

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 18. Histograma hora 20 (16:30 am a 17:00 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	20	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (20-22)			HISTOGRAMA DE 16:30 A 17:00		
			# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
	01-may-17	204	valor max	700	28	112	112	5	16,13%	16,13%	
	02-may-17	174	valor min	28	113	197	197	9	45,16%	29,03%	
	03-may-17	587	rango	672	198	282	282	4	58,06%	12,90%	
	04-may-17	120	# intervalos (sturger)	5,9215	283	367	367	4	70,97%	12,90%	
	05-may-17	83	amplitud de clase	84	368	452	452	2	77,42%	6,45%	
	06-may-17	199	diferencia limite inferior	0	453	537	537	1	80,65%	3,23%	
	07-may-17	70			538	622	622	5	96,77%	16,13%	
1	08-may-17	100			623	707	707	1	100,00%	3,23%	
6	09-may-17	251					y mayor...	0	100,00%		
:	10-may-17	297						31			
3	11-may-17	571									
0	12-may-17	196									
0	13-may-17	181									
-	14-may-17	558									
1	15-may-17	192									
7	16-may-17	173									
:	17-may-17	38									
0	18-may-17	28									
0	19-may-17	346									
	20-may-17	515									
	21-may-17	117									
	22-may-17	201									
	23-may-17	436									
	24-may-17	147									
	25-may-17	135									
	26-may-17	570									
	27-may-17	351									
	28-may-17	576									
	29-may-17	445									
	30-may-17	700									

MES DE MAYO

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 19. Histograma hora 21 (17:00 am a 17:30 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	21	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (21-22) HISTOGRAMA DE 17:00 A 17:30				
			# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-may-17	105	valor max	570	11	80	80	13	41,94%	41,94%
	02-may-17	76	valor min	11	81	150	150	6	61,29%	19,35%
	03-may-17	399	rango	559	151	220	220	2	67,74%	6,45%
	04-may-17	60	# intervalos (sturges)	5,9215	221	290	290	2	74,19%	6,45%
	05-may-17	42	amplitud de clase	69,875	291	360	360	3	83,87%	9,68%
	06-may-17	73	diferencia limite inferior	0	361	430	430	2	90,32%	6,45%
	07-may-17	13			431	500	500	2	96,77%	6,45%
1	08-may-17	53			501	570	570	1	100,00%	3,23%
7	09-may-17	69					y mayor...	0	100,00%	
:	10-may-17	480								
0	11-may-17	299								
:	12-may-17	101								
0	13-may-17	79								
-	14-may-17	198								
1	15-may-17	66								
7	16-may-17	55								
:	17-may-17	21								
3	18-may-17	11								
0	19-may-17	275								
:	20-may-17	70								
0	21-may-17	132								
	22-may-17	117								
	23-may-17	348								
	24-may-17	154								
	25-may-17	142								
	26-may-17	292								
	27-may-17	263								
	28-may-17	446								
	29-may-17	419								
	30-may-17	570								

**Histograma**

Frecuencia (blue bars) and % acumulado (red line with squares) are plotted against Clase (80, 150, 220, 290, 360, 430, 500, 570, y mayor...). The x-axis represents the class limits, and the y-axis represents frequency (0 to 14) and cumulative percentage (0,00% to 120,00%).

MES DE MAYO

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 20. Histograma hora 22 (17:30 am a 18:00 am) mes de mayo.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	22	Intervalos de clase	ANEXO: 1B (22-22) HISTOGRAMA DE 17:30 A 18:00				
			# datos	31	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-may-17	25	valor max	374	7	52	52	19	61,29%	61,29%
	02-may-17	33	valor min	7	53	98	98	7	83,87%	22,58%
	03-may-17	80	rango	367	99	144	144	1	87,10%	3,23%
	04-may-17	14	# intervalos (sturges)	5,9215	145	190	190	1	90,32%	3,23%
	05-may-17	17	amplitud de clase	45,875	191	236	236	0	90,32%	0,00%
	06-may-17	20	diferencia limite inferior	0	237	282	282	2	96,77%	6,45%
	07-may-17	7			283	328	328	0	96,77%	0,00%
1	08-may-17	23			329	374	374	1	100,00%	3,23%
7	09-may-17	20					y mayor...	0	100,00%	
:	10-may-17	261								
3	11-may-17	65								
0	12-may-17	24								
:	13-may-17	34								
0	14-may-17	41								
-	15-may-17	13								
1	16-may-17	7								
8	17-may-17	17								
:	18-may-17	7								
0	19-may-17	20								
0	20-may-17	20								
	21-may-17	97								
	22-may-17	47								
	23-may-17	85								
	24-may-17	66								
	25-may-17	54								
	26-may-17	92								
	27-may-17	272								
	28-may-17	187								
	29-may-17	112								
	30-may-17	374								

**Histograma**

Frecuencia (blue bars) and % acumulado (red line with squares) are plotted against Clase (52, 98, 144, 190, 236, 282, 328, 374, y mayor...). The x-axis represents the class limits, and the y-axis represents frequency (0 to 20) and cumulative percentage (0,00% to 120,00%).

MES DE MAYO

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

## Determinación del potencial fotovoltaico mes de septiembre.

### Anexo 21. Datos de radiación mes de septiembre.

RADIACION MES DE SEPTIEMBRE 2017 SECTOR SAN JOSE																						
ANEXO: 5A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
FECHA	07:30	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00
01-sep-17	55	115	125	90	195	287	368	369	388	530	674	519	432	706	776	470	636	754	378	377	252	24
02-sep-17	72	117	112	235	374	274	251	277	348	558	787	637	425	424	289	537	261	333	122	94	143	64
03-sep-17	69	198	324	367	607	507	368	438	381	670	620	497	244	498	642	718	704	627	236	288	136	3
04-sep-17	62	84	181	182	314	374	671	700	523	486	489	924	293	587	681	1022	734	761	639	457	315	33
05-sep-17	56	146	336	461	580	689	392	876	856	687	446	1105	1137	837	959	909	806	499	169	35	62	84
06-sep-17	82	176	281	320	564	710	611	592	533	655	743	434	395	328	372	283	753	817	621	116	37	15
07-sep-17	73	96	137	337	545	646	750	816	906	597	548	719	798	971	837	840	677	144	67	38	29	11
08-sep-17	57	104	262	304	315	289	276	306	396	817	315	410	386	331	401	709	777	478	510	178	74	67
09-sep-17	80	123	196	265	397	461	645	577	562	616	583	493	556	372	356	272	131	175	147	268	121	58
10-sep-17	55	114	180	213	274	243	337	659	349	352	426	644	614	345	362	461	325	334	569	364	55	20
11-sep-17	78	137	203	236	297	266	360	636	326	329	403	621	591	322	345	444	308	317	552	347	38	3
12-sep-17	36	72	99	398	518	640	742	785	481	632	488	609	352	416	955	119	361	130	97	140	61	6
13-sep-17	52	108	184	211	274	511	897	589	1087	1125	1022	897	689	587	465	325	285	417	128	98	115	56
14-sep-17	43	103	109	97	150	275	358	415	486	680	805	645	540	449	344	668	457	429	285	179	120	108
15-sep-17	87	102	173	187	270	354	314	446	476	548	604	465	476	375	480	582	507	616	647	516	248	27
16-sep-17	69	99	186	210	234	468	576	347	387	558	525	683	777	981	798	795	568	583	501	294	346	158
17-sep-17	36	92	168	195	258	495	881	573	1055	1093	990	865	657	555	433	357	317	449	160	130	147	88
18-sep-17	53	83	170	194	218	452	560	331	371	542	509	699	793	997	814	811	584	599	517	310	362	174
19-sep-17	53	93	150	222	373	359	458	418	480	337	226	176	145	336	517	485	296	525	633	553	417	180
20-sep-17	72	116	118	208	265	314	294	492	761	562	673	350	393	551	598	658	315	243	192	184	146	44
21-sep-17	75	128	254	279	387	365	447	521	441	537	749	381	691	489	405	621	301	243	189	99	77	19
22-sep-17	45	89	91	181	238	287	321	519	788	589	700	323	366	524	571	631	342	270	219	211	173	37
23-sep-17	25	59	96	136	237	286	313	262	370	531	565	353	306	276	305	286	394	473	662	370	126	61
24-sep-17	22	66	242	661	446	604	380	478	465	467	463	522	593	365	164	179	285	358	465	279	98	56
25-sep-17	46	89	159	264	315	661	526	446	328	604	380	478	465	467	463	522	593	365	164	259	78	64
26-sep-17	40	83	153	258	309	655	520	440	322	598	374	494	481	483	479	538	609	381	180	275	94	48
27-sep-17	32	75	145	250	301	647	512	460	342	618	394	492	479	481	477	501	572	344	143	238	75	58
28-sep-17	95	113	180	272	441	617	730	393	625	522	915	515	969	553	1051	977	947	96	132	125	54	13
29-sep-17	49	94	117	128	131	100	204	222	273	366	352	381	557	536	348	189	177	119	60	54	59	15
30-sep-17	99	156	243	341	447	568	895	748	625	892	325	458	526	912	815	356	452	365	156	115	23	18

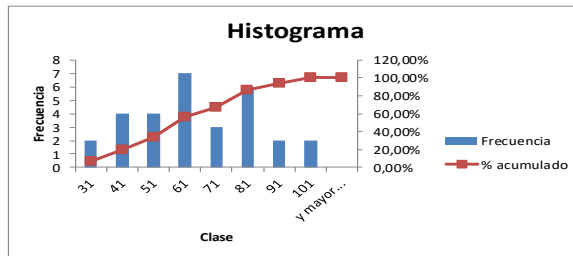
REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

RADIACION  
MES DE SEPTIEMBRE

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 22. Histograma hora 1 (07:00 am a 07:30 am) mes de septiembre.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	1	Intervalos de clase	ANEXO: 5B (1-22) HISTOGRAMA DE 07:00 A 07:30				
			# datos	30	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-sep-17	55	valor max	99	22	31	31	2	6,67%	6,67%
	02-sep-17	72	valor min	22	32	41	41	4	20,00%	13,33%
	03-sep-17	69	rango	77	42	51	51	4	33,33%	13,33%
	04-sep-17	62	# intervalos (sturjer)	5,8745	52	61	61	7	56,67%	23,33%
	05-sep-17	56	amplitud de clase	9,625	62	71	71	3	66,67%	10,00%
	06-sep-17	82	diferencia limite inferior	0	72	81	81	6	86,67%	20,00%
	07-sep-17	73			82	91	91	2	93,33%	6,67%
0	08-sep-17	57			92	101	101	2	100,00%	6,67%
7	09-sep-17	80					y mayor..	0	100,00%	
:	10-sep-17	55								
0	11-sep-17	78								
0	12-sep-17	36								
-	13-sep-17	52								
	14-sep-17	43								
0	15-sep-17	87								
7	16-sep-17	69								
0	17-sep-17	36								
3	18-sep-17	53								
0	19-sep-17	53								
	20-sep-17	72								
	21-sep-17	75								
	22-sep-17	45								
	23-sep-17	25								
	24-sep-17	22								
	25-sep-17	46								
	26-sep-17	40								
	27-sep-17	32								
	28-sep-17	95								
	29-sep-17	49								
	30-sep-17	99								



MES DE SEPTIEMBRE

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 23. Histograma hora 2 (07:30 am a 08:00 am) mes de septiembre.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	2	Intervalos de clase	ANEXO: 5B (2-22) HISTOGRAMA DE 07:30 A 08:00				
			# datos	30	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-sep-17	115	valor max	198	59	76	76	4	13,33%	13,33%
	02-sep-17	117	valor min	59	77	94	94	8	40,00%	26,67%
	03-sep-17	198	rango	139	95	112	112	6	60,00%	20,00%
	04-sep-17	84	# intervalos (sturjer)	5,8745	113	130	130	7	83,33%	23,33%
	05-sep-17	146	amplitud de clase	17,375	131	148	148	2	90,00%	6,67%
	06-sep-17	176	diferencia limite inferior	0	149	166	166	1	93,33%	3,33%
	07-sep-17	96			167	184	184	1	96,67%	3,33%
	08-sep-17	104			185	202	202	1	100,00%	3,33%
	09-sep-17	123					y mayor..	0	100,00%	0,00%
	10-sep-17	114								
	11-sep-17	137								
	12-sep-17	72								
	13-sep-17	108								
	14-sep-17	103								
	15-sep-17	102								
	16-sep-17	99								
	17-sep-17	92								
	18-sep-17	83								
	19-sep-17	93								
	20-sep-17	116								
	21-sep-17	128								
	22-sep-17	89								
	23-sep-17	59								
	24-sep-17	66								
	25-sep-17	89								
	26-sep-17	83								
	27-sep-17	75								
	28-sep-17	113								
	29-sep-17	94								
	30-sep-17	156								

**Histograma**

Frecuencia

Clase

MES DE SEPTIEMBRE

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

FRANKLIN CANDO      JHONY YUGSI      TUTOR: MSC. JAVIER PROAÑO

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 24. Histograma hora 3 (08:00 am a 08:30 am) mes de septiembre.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	3	Intervalos de clase	ANEXO: 5B (3-22) HISTOGRAMA DE 08:00 A 08:30				
			# datos	30	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-sep-17	125	valor max	336	91	121	121	7	23,33%	23,33%
	02-sep-17	112	valor min	91	122	152	152	4	36,67%	13,33%
	03-sep-17	324	rango	245	153	183	183	8	63,33%	26,67%
	04-sep-17	181	# intervalos (sturjer)	5,8745	184	214	214	4	76,67%	13,33%
	05-sep-17	336	amplitud de clase	30,625	215	245	245	2	83,33%	6,67%
	06-sep-17	281	diferencia limite inferior	0	246	276	276	2	90,00%	6,67%
	07-sep-17	137			277	307	307	1	93,33%	3,33%
	08-sep-17	262			308	338	338	2	100,00%	6,67%
	09-sep-17	196					y mayor..	0	100,00%	
	10-sep-17	180								
	11-sep-17	203								
	12-sep-17	99								
	13-sep-17	184								
	14-sep-17	109								
	15-sep-17	173								
	16-sep-17	186								
	17-sep-17	168								
	18-sep-17	170								
	19-sep-17	150								
	20-sep-17	118								
	21-sep-17	254								
	22-sep-17	91								
	23-sep-17	96								
	24-sep-17	242								
	25-sep-17	159								
	26-sep-17	153								
	27-sep-17	145								
	28-sep-17	180								
	29-sep-17	117								
	30-sep-17	243								

**Histograma**

Frecuencia

Clase

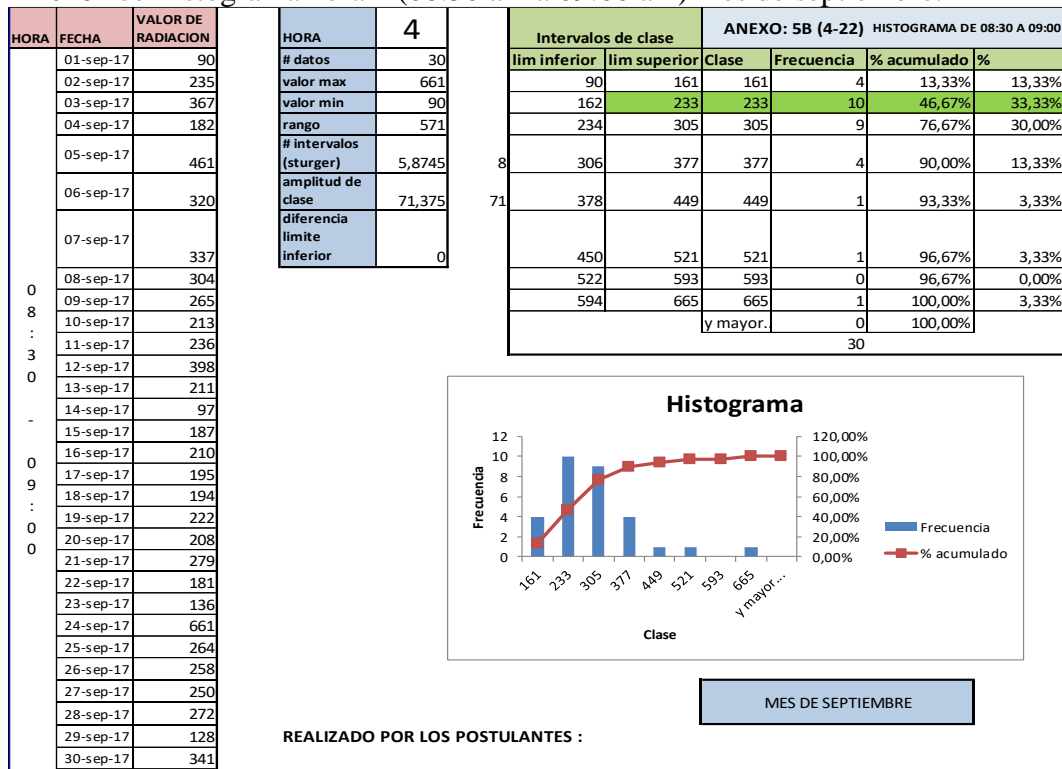
MES DE SEPTIEMBRE

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

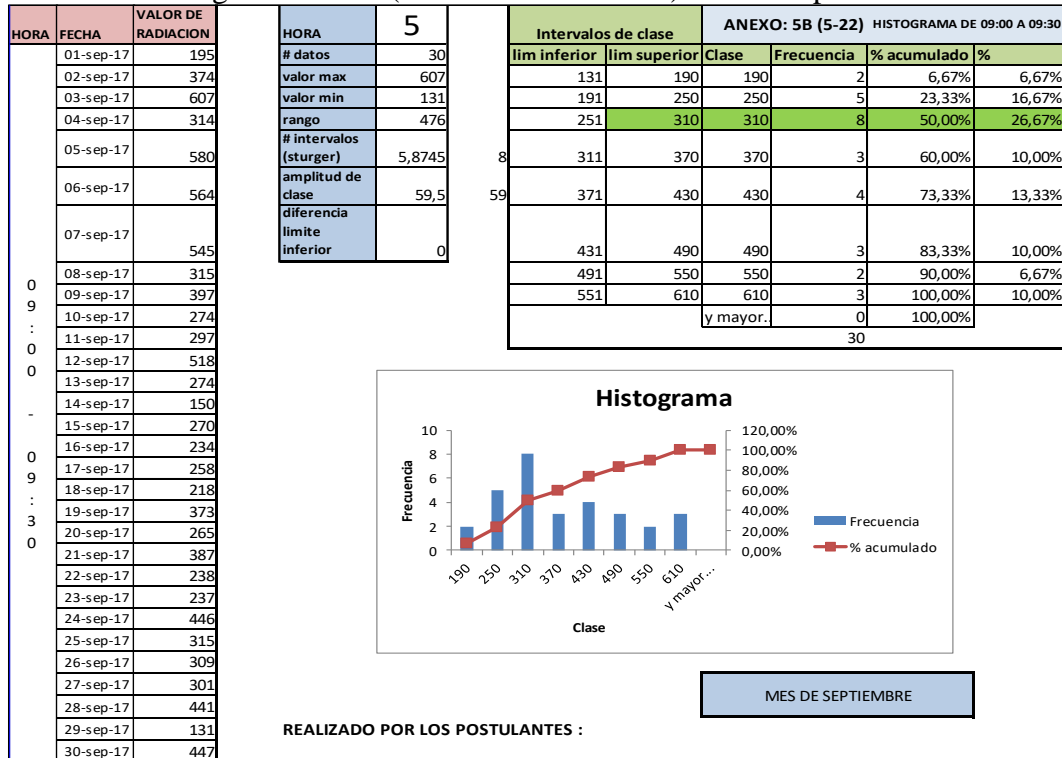


### Anexo 25. Histograma hora 4 (08:30 am a 09:00 am) mes de septiembre.



Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 26 Histograma hora 5 (09:00 am a 09:30 am) mes de septiembre.



Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 27 Histograma hora 6 (09:30 am a 10:00 am) mes de septiembre.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	6	Intervalos de clase	ANEXO: SB (6-22) HISTOGRAMA DE 09:30 A 10:00					
			# datos	30	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
09:30	01-sep-17	287	valor max	710	100	175	175	1	3,33%	3,33%	
	02-sep-17	274	valor min	100	176	251	251	1	6,67%	3,33%	
	03-sep-17	507	rango	610	252	327	327	8	33,33%	26,67%	
	04-sep-17	374	# intervalos (sturjer)	5,8745	328	403	403	4	46,67%	13,33%	
	05-sep-17	689	amplitud de clase	76,25	404	479	479	3	56,67%	10,00%	
	06-sep-17	710	diferencia limite inferior	0	480	555	555	3	66,67%	10,00%	
	07-sep-17	646									
	08-sep-17	289									
	09-sep-17	461									
	10-sep-17	243									
	11-sep-17	266									
	12-sep-17	640									
	13-sep-17	511									
	14-sep-17	275									
	15-sep-17	354									
	16-sep-17	468									
	17-sep-17	495	y mayor...		631	707	707	6	96,67%	20,00%	
	18-sep-17	452	y mayor...		632	707	707	1	100,00%		
	19-sep-17	359	y mayor...				y mayor...		30		
	20-sep-17	314	y mayor...				y mayor...				
	21-sep-17	365	y mayor...				y mayor...				
	22-sep-17	287	y mayor...				y mayor...				
	23-sep-17	286	y mayor...				y mayor...				
	24-sep-17	604	y mayor...				y mayor...				
	25-sep-17	661	y mayor...				y mayor...				
	26-sep-17	655	y mayor...				y mayor...				
	27-sep-17	647	y mayor...				y mayor...				
	28-sep-17	617	y mayor...				y mayor...				
	29-sep-17	100	y mayor...				y mayor...				
	30-sep-17	568	y mayor...				y mayor...				

MES DE SEPTIEMBRE

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :  
FRANKLIN CANDO                      JHONY YUGSI                      TUTOR: MSC. JAVIER PROAÑO

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 28 Histograma hora 7 (10:00 am a 10:30 am) mes de septiembre.

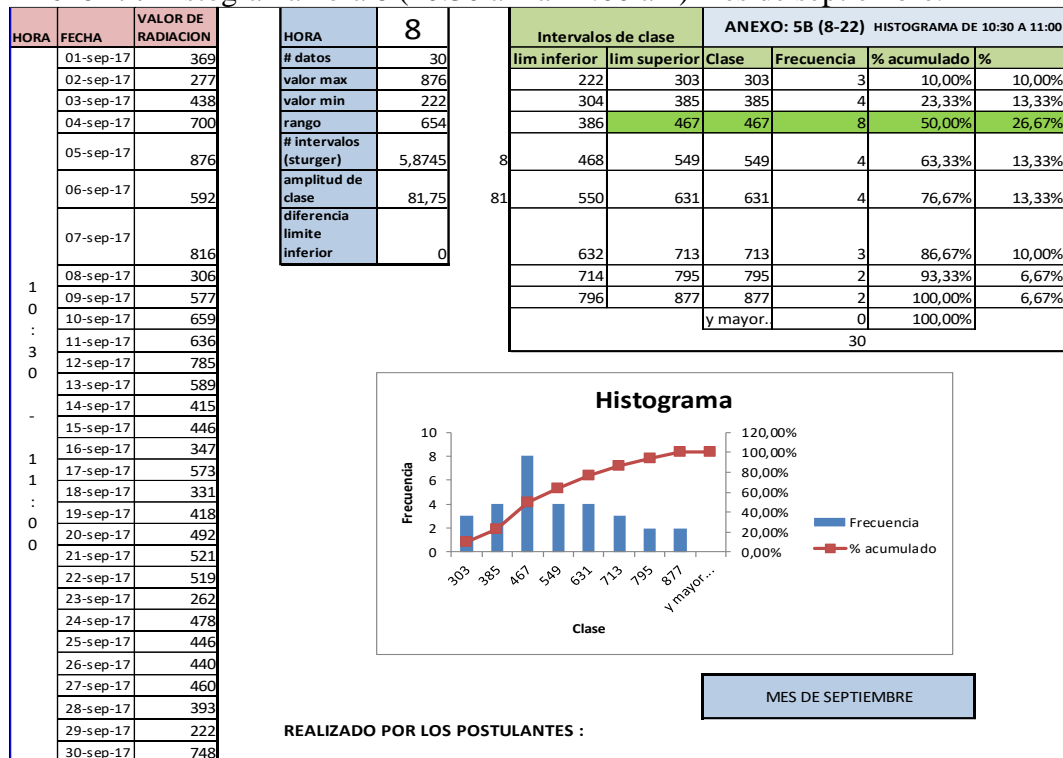
HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	7	Intervalos de clase	ANEXO: SB (7-22) HISTOGRAMA DE 10:00 A 10:30					
			# datos	30	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
10:30	01-sep-17	368	valor max	897	204	290	290	3	10,00%	10,00%	
	02-sep-17	251	valor min	204	291	377	377	9	40,00%	30,00%	
	03-sep-17	368	rango	693	378	464	464	4	53,33%	13,33%	
	04-sep-17	671	# intervalos (sturjer)	5,8745	465	551	551	3	63,33%	10,00%	
	05-sep-17	392	amplitud de clase	86,625	552	638	638	3	73,33%	10,00%	
	06-sep-17	611	diferencia limite inferior	0	639	725	725	2	80,00%	6,67%	
	07-sep-17	750									
	08-sep-17	276									
	09-sep-17	645									
	10-sep-17	337									
	11-sep-17	360									
	12-sep-17	742									
	13-sep-17	897									
	14-sep-17	358									
	15-sep-17	314									
	16-sep-17	576									y mayor...
	17-sep-17	881	y mayor...				y mayor...		0	100,00%	
	18-sep-17	560	y mayor...				y mayor...				
	19-sep-17	458	y mayor...				y mayor...				
	20-sep-17	294	y mayor...				y mayor...				
	21-sep-17	447	y mayor...				y mayor...				
	22-sep-17	321	y mayor...				y mayor...				
	23-sep-17	313	y mayor...				y mayor...				
	24-sep-17	380	y mayor...				y mayor...				
	25-sep-17	526	y mayor...				y mayor...				
	26-sep-17	520	y mayor...				y mayor...				
	27-sep-17	512	y mayor...				y mayor...				
	28-sep-17	730	y mayor...				y mayor...				
	29-sep-17	204	y mayor...				y mayor...				
	30-sep-17	895	y mayor...				y mayor...				

MES DE SEPTIEMBRE

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

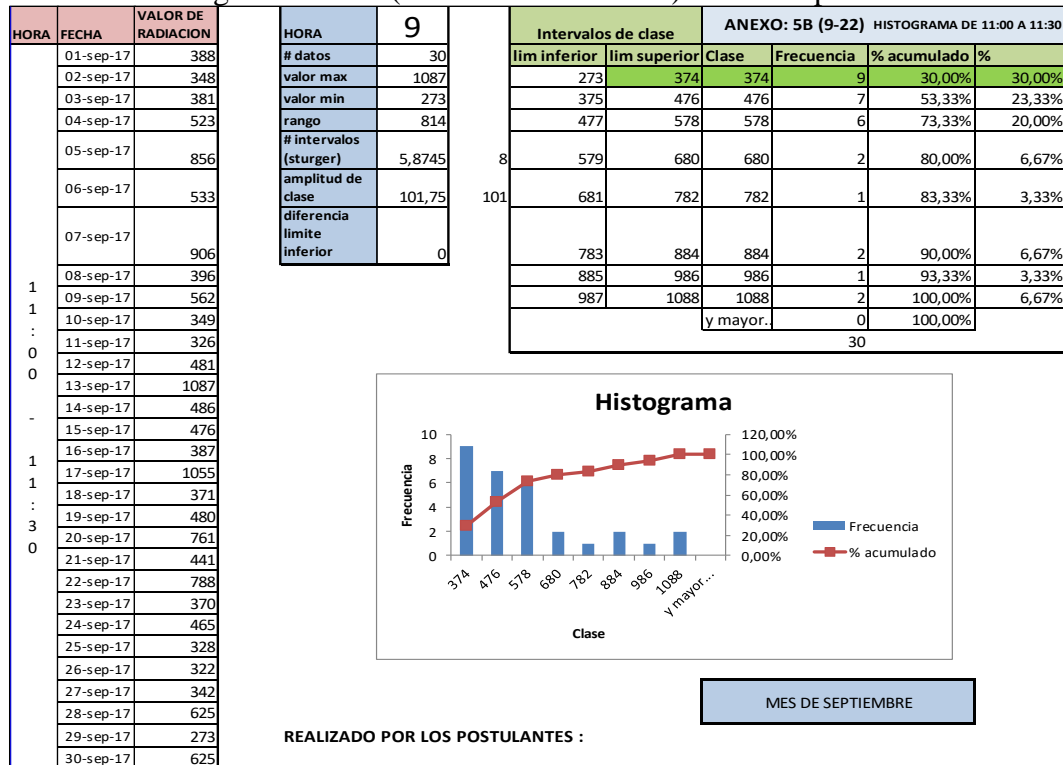
Realizado por: Los Postulantes

**Anexo 29. Histograma hora 8 (10:30 am a 11:00 am) mes de septiembre.**



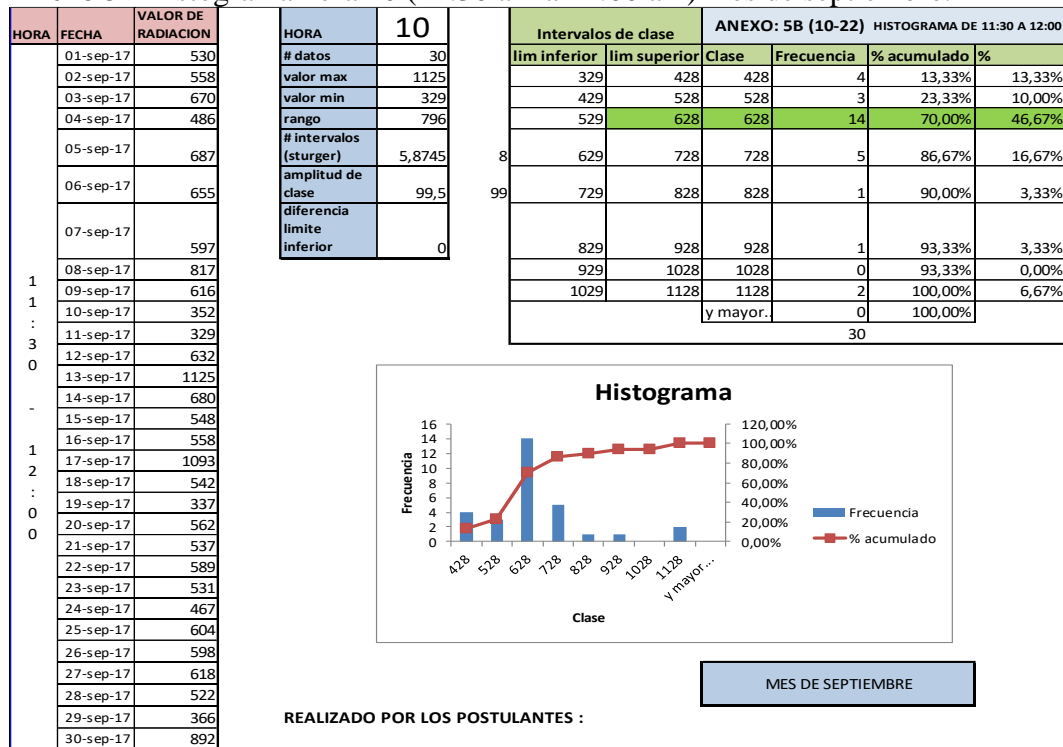
Realizado por: Los Postulantes

**Anexo 30 Histograma hora 9 (11:00 am a 11:30 am) mes de septiembre.**



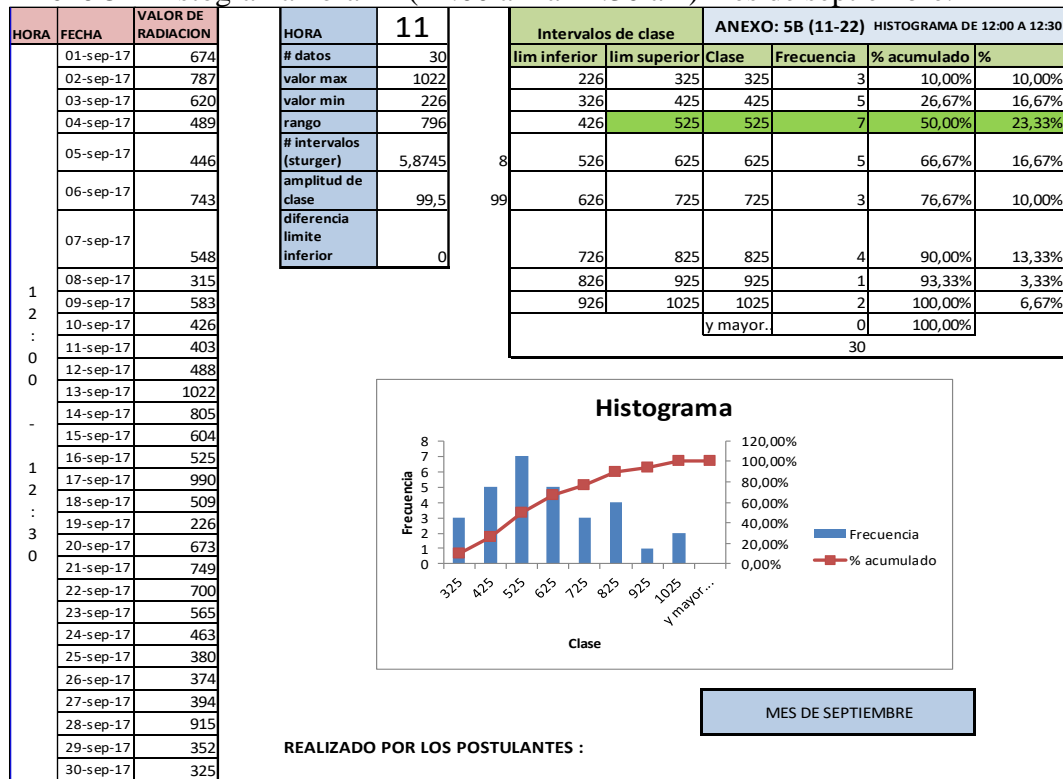
Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 31 Histograma hora 10 (11:30 am a 12:00 am) mes de septiembre.



Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 32 Histograma hora 11 (12:00 am a 12:30 am) mes de septiembre.



Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 33 Histograma hora 12 (12:30 am a 13:00 am) mes de septiembre.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	12	Intervalos de clase	ANEXO: 5B (12-22) HISTOGRAMA DE 12:30 A 13:00				
			# datos	30	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-sep-17	519	valor max	1105	176	291	291	1	3,33%	3,33%
	02-sep-17	637	valor min	176	292	407	407	5	20,00%	16,67%
	03-sep-17	497	rango	929	408	523	523	12	60,00%	40,00%
	04-sep-17	924	# intervalos (sturger)	5,8745	524	639	639	3	70,00%	10,00%
	05-sep-17	1105	amplitud de clase	116,125	640	755	755	5	86,67%	16,67%
	06-sep-17	434	diferencia limite inferior	0	756	871	871	1	90,00%	3,33%
	07-sep-17	719	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>8</p> <p>115</p> </div> </div>							
	08-sep-17	410								
	09-sep-17	493								
	10-sep-17	644								
	11-sep-17	621								
	12-sep-17	609								
	13-sep-17	897								
	14-sep-17	645								
	15-sep-17	465								
	16-sep-17	683								
	17-sep-17	865								
	18-sep-17	699								
	19-sep-17	176								
	20-sep-17	350								
	21-sep-17	381								
	22-sep-17	323								
	23-sep-17	353								
	24-sep-17	522								
	25-sep-17	478								
	26-sep-17	494								
	27-sep-17	492								
	28-sep-17	515								
	29-sep-17	381								
	30-sep-17	458								
					<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">MES DE SEPTIEMBRE</div>					

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 34 Histograma hora 13 (13:00 am a 13:30 am) mes de septiembre.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	13	Intervalos de clase	ANEXO: 5B (13-22) HISTOGRAMA DE 13:00 A 13:30				
			# datos	30	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-sep-17	432	valor max	1137	145	268	268	2	6,67%	6,67%
	02-sep-17	425	valor min	145	269	392	392	5	23,33%	16,67%
	03-sep-17	244	rango	992	393	516	516	8	50,00%	26,67%
	04-sep-17	293	# intervalos (sturger)	5,8745	517	640	640	7	73,33%	23,33%
	05-sep-17	1137	amplitud de clase	124	641	764	764	3	83,33%	10,00%
	06-sep-17	395	diferencia limite inferior	0	765	888	888	3	93,33%	10,00%
	07-sep-17	798	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>8</p> <p>123</p> </div> </div>							
	08-sep-17	386								
	09-sep-17	556								
	10-sep-17	614								
	11-sep-17	591								
	12-sep-17	352								
	13-sep-17	689								
	14-sep-17	540								
	15-sep-17	476								
	16-sep-17	777								
	17-sep-17	657								
	18-sep-17	793								
	19-sep-17	145								
	20-sep-17	393								
	21-sep-17	691								
	22-sep-17	366								
	23-sep-17	306								
	24-sep-17	593								
	25-sep-17	465								
	26-sep-17	481								
	27-sep-17	479								
	28-sep-17	969								
	29-sep-17	557								
	30-sep-17	526								
					<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">MES DE SEPTIEMBRE</div>					

REALIZADO POR LOS POSTULANTES :

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 35 Histograma hora 14 (13:30 am a 14:00 am) mes de septiembre.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	14	Intervalos de clase	ANEXO: 5B (14-22) HISTOGRAMA DE 13:30 A 14:00				
			# datos	30	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-sep-17	706	valor max	997	276	366	366	7	23,33%	23,33%
	02-sep-17	424	valor min	276	367	457	457	5	40,00%	16,67%
	03-sep-17	498	rango	721	458	548	548	7	63,33%	23,33%
	04-sep-17	587	# intervalos (sturger)	5,8745	549	639	639	5	80,00%	16,67%
	05-sep-17	837	amplitud de clase	90,125	640	730	730	1	83,33%	3,33%
	06-sep-17	328	diferencia limite inferior	0	731	821	821	0	83,33%	0,00%
	07-sep-17	971								
	08-sep-17	331								
	09-sep-17	372								
	10-sep-17	345								
	11-sep-17	322								
	12-sep-17	416								
	13-sep-17	587								
	14-sep-17	449								
	15-sep-17	375								
	16-sep-17	981								
	17-sep-17	555								
	18-sep-17	997	REALIZADO POR LOS POSTULANTES :							
	19-sep-17	336								
	20-sep-17	551								
	21-sep-17	489								
	22-sep-17	524								
	23-sep-17	276								
	24-sep-17	365								
	25-sep-17	467								
	26-sep-17	483								
	27-sep-17	481								
	28-sep-17	553								
	29-sep-17	536								
	30-sep-17	912								

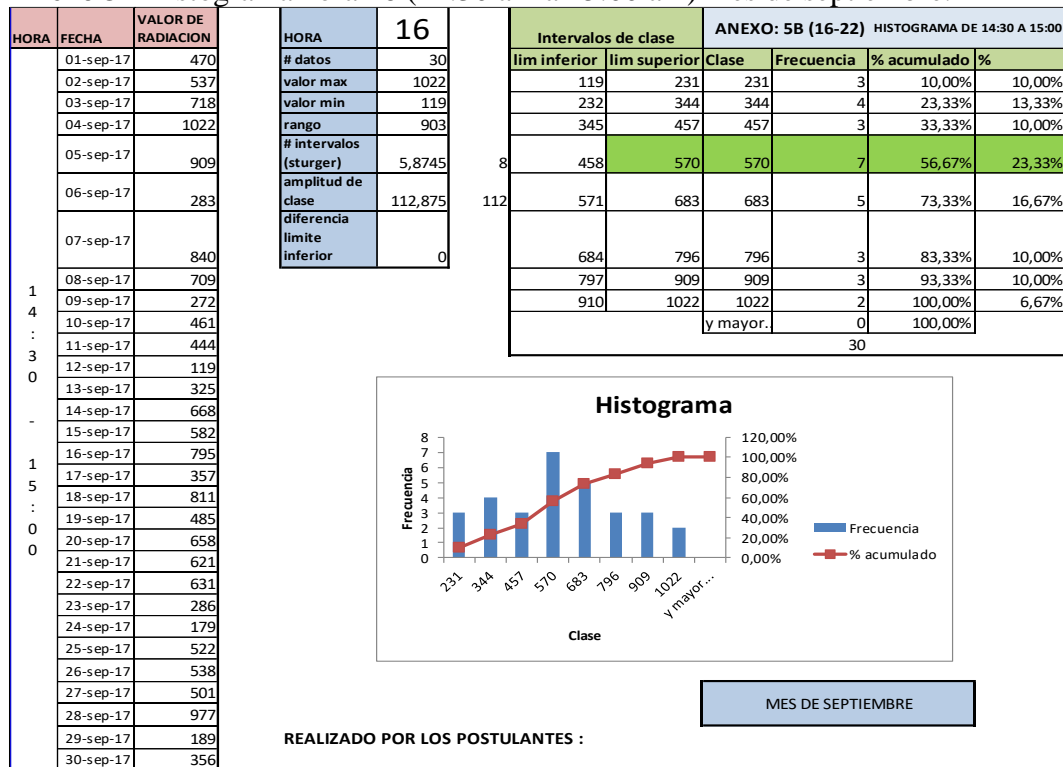
Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 36 Histograma hora 15 (14:00 am a 14:30 am) mes de septiembre.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	15	Intervalos de clase	ANEXO: 5B (15-22) HISTOGRAMA DE 14:00 A 14:30				
			# datos	30	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
	01-sep-17	776	valor max	1051	164	274	274	1	3,33%	3,33%
	02-sep-17	289	valor min	164	275	385	385	8	30,00%	26,67%
	03-sep-17	642	rango	887	386	496	496	8	56,67%	26,67%
	04-sep-17	681	# intervalos (sturger)	5,8745	497	607	607	3	66,67%	10,00%
	05-sep-17	959	amplitud de clase	110,875	608	718	718	2	73,33%	6,67%
	06-sep-17	372	diferencia limite inferior	0	719	829	829	4	86,67%	13,33%
	07-sep-17	837								
	08-sep-17	401								
	09-sep-17	356								
	10-sep-17	362								
	11-sep-17	345								
	12-sep-17	955								
	13-sep-17	465								
	14-sep-17	344								
	15-sep-17	480								
	16-sep-17	798								
	17-sep-17	433	REALIZADO POR LOS POSTULANTES :							
	18-sep-17	814								
	19-sep-17	517								
	20-sep-17	598								
	21-sep-17	405								
	22-sep-17	571								
	23-sep-17	305								
	24-sep-17	164								
	25-sep-17	463								
	26-sep-17	479								
	27-sep-17	477								
	28-sep-17	1051								
	29-sep-17	348								
	30-sep-17	815								

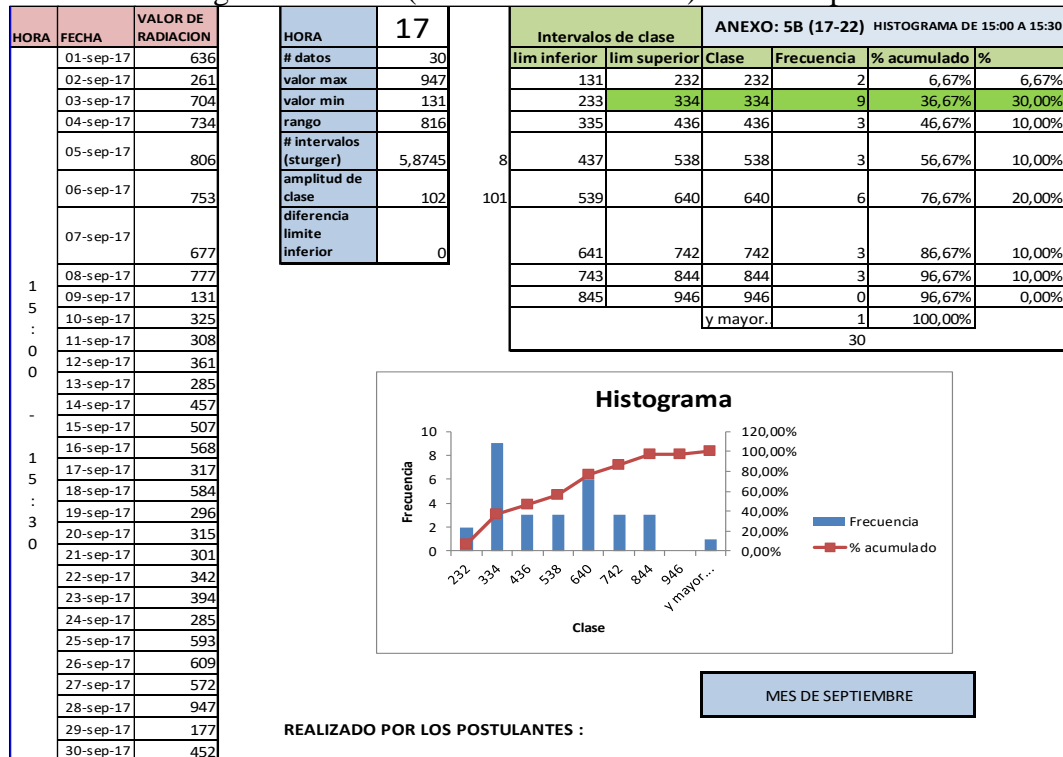
Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 37 Histograma hora 16 (14:30 am a 15:00 am) mes de septiembre.



Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 38 Histograma hora 17 (15:00 am a 15:30 am) mes de septiembre.



### Anexo 39 Histograma hora 18 (15:30 am a 16:00 am) mes de septiembre.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	18	Intervalos de clase	ANEXO: 5B (18-22) HISTOGRAMA DE 15:30 A 16:00					
			# datos	30	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
1 : 5 : 3 0 : - 1 6 : 0 0 : 1 6 : 0 0 : 1 6 : 0 0	01-sep-17	754	valor max	817	96	185	185	5	16,67%	16,67%	
	02-sep-17	333	valor min	96	186	275	275	3	26,67%	10,00%	
	03-sep-17	627	rango	721	276	365	365	7	50,00%	23,33%	
	04-sep-17	761	# intervalos (sturjer)	5,8745	366	455	455	4	63,33%	13,33%	
	05-sep-17	499	amplitud de clase	90,125	456	545	545	4	76,67%	13,33%	
	06-sep-17	817	diferencia limite inferior	0	546	635	635	4	90,00%	13,33%	
	07-sep-17	144				636	725	725	0	90,00%	0,00%
	08-sep-17	478				726	815	815	2	96,67%	6,67%
	09-sep-17	175						y mayor..	1	100,00%	
	10-sep-17	334									30
	11-sep-17	317									
	12-sep-17	130									
	13-sep-17	417									
	14-sep-17	429									
	15-sep-17	616									
	16-sep-17	583									
	17-sep-17	449									
	18-sep-17	599									
	19-sep-17	525									
	20-sep-17	243									
	21-sep-17	243									
	22-sep-17	270									
	23-sep-17	473									
	24-sep-17	358									
	25-sep-17	365									
	26-sep-17	381									
	27-sep-17	344									
	28-sep-17	96									
	29-sep-17	119									
	30-sep-17	365									

**Histograma**

MES DE SEPTIEMBRE

**REALIZADO POR LOS POSTULANTES :**

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 40 Histograma hora 19 (16:00 am a 16:30 am) mes de septiembre.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	19	Intervalos de clase	ANEXO: 5B (19-22) HISTOGRAMA DE 16:00 A 16:30					
			# datos	30	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
1 : 6 : 0 0 : - 1 6 : 0 0 : 1 6 : 0 0	01-sep-17	378	valor max	662	60	135	135	6	20,00%	20,00%	
	02-sep-17	122	valor min	60	136	211	211	9	50,00%	30,00%	
	03-sep-17	236	rango	602	212	287	287	3	60,00%	10,00%	
	04-sep-17	639	# intervalos (sturjer)	5,8745	288	363	363	0	60,00%	0,00%	
	05-sep-17	169	amplitud de clase	75,25	364	439	439	1	63,33%	3,33%	
	06-sep-17	621	diferencia limite inferior	0	440	515	515	3	73,33%	10,00%	
	07-sep-17	67				516	591	591	3	83,33%	10,00%
	08-sep-17	510				592	667	667	5	100,00%	16,67%
	09-sep-17	147						y mayor..	0	100,00%	
	10-sep-17	569									
	11-sep-17	552									
	12-sep-17	97									
	13-sep-17	128									
	14-sep-17	285									
	15-sep-17	647									
	16-sep-17	501									
	17-sep-17	160									
	18-sep-17	517									
	19-sep-17	633									
	20-sep-17	192									
	21-sep-17	189									
	22-sep-17	219									
	23-sep-17	662									
	24-sep-17	465									
	25-sep-17	164									
	26-sep-17	180									
	27-sep-17	143									
	28-sep-17	132									
	29-sep-17	60									
	30-sep-17	156									

**Histograma**

MES DE SEPTIEMBRE

**REALIZADO POR LOS POSTULANTES :**

Realizado por: Los Postulantes



### Anexo 41 Histograma hora 20 (16:30 am a 17:00 am) mes de septiembre.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	20	Intervalos de clase	ANEXO: 5B (20-22) HISTOGRAMA DE 16:30 A 17:00							
			# datos	30	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%			
	01-sep-17	377	valor max	553	35	99	99	6	20,00%	20,00%			
	02-sep-17	94	valor min	35	100	164	164	5	36,67%	16,67%			
	03-sep-17	288	rango	518	165	229	229	4	50,00%	13,33%			
	04-sep-17	457	# intervalos (sturger)	5,8745	230	294	294	7	73,33%	23,33%			
	05-sep-17	35	amplitud de clase	64,75	295	359	359	2	80,00%	6,67%			
	06-sep-17	116	diferencia limite inferior	0	360	424	424	3	90,00%	10,00%			
	07-sep-17	38											
	08-sep-17	178											
	09-sep-17	268											
	10-sep-17	364											
	11-sep-17	347											
	12-sep-17	140											
	13-sep-17	98											
	14-sep-17	179											
	15-sep-17	516											
	16-sep-17	294											
	17-sep-17	130											
	18-sep-17	310											
	19-sep-17	553											
	20-sep-17	184											
	21-sep-17	99											
	22-sep-17	211											
	23-sep-17	370											
	24-sep-17	279											
	25-sep-17	259											
	26-sep-17	275											
	27-sep-17	238											
	28-sep-17	125											
	29-sep-17	54											
	30-sep-17	115											
					y mayor:						0	100,00%	
											30		

**Histograma**

MES DE SEPTIEMBRE

**REALIZADO POR LOS POSTULANTES :**  
 FRANKLIN CANDO      JHONY YUGSI      TUTOR: MSC. JAVIER PROAÑO

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 42 Histograma hora 21 (17:00 am a 17:30 am) mes de septiembre.

HORA	FECHA	VALOR DE RADIACION	HORA	21	Intervalos de clase	ANEXO: 5B (21-22) HISTOGRAMA DE 17:00 A 17:30							
			# datos	30	lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%			
	01-sep-17	252	valor max	417	23	72	72	9	30,00%	30,00%			
	02-sep-17	143	valor min	23	73	122	122	9	60,00%	30,00%			
	03-sep-17	136	rango	394	123	172	172	5	76,67%	16,67%			
	04-sep-17	315	# intervalos (sturger)	5,8745	173	222	222	1	80,00%	3,33%			
	05-sep-17	62	amplitud de clase	49,25	223	272	272	2	86,67%	6,67%			
	06-sep-17	37	diferencia limite inferior	0	273	322	322	1	90,00%	3,33%			
	07-sep-17	29											
	08-sep-17	74											
	09-sep-17	121											
	10-sep-17	55											
	11-sep-17	38											
	12-sep-17	61											
	13-sep-17	115											
	14-sep-17	120											
	15-sep-17	248											
	16-sep-17	346											
	17-sep-17	147											
	18-sep-17	362											
	19-sep-17	417											
	20-sep-17	146											
	21-sep-17	77											
	22-sep-17	173											
	23-sep-17	126											
	24-sep-17	98											
	25-sep-17	78											
	26-sep-17	94											
	27-sep-17	75											
	28-sep-17	54											
	29-sep-17	59											
	30-sep-17	23											
					y mayor:						0	100,00%	
											30		

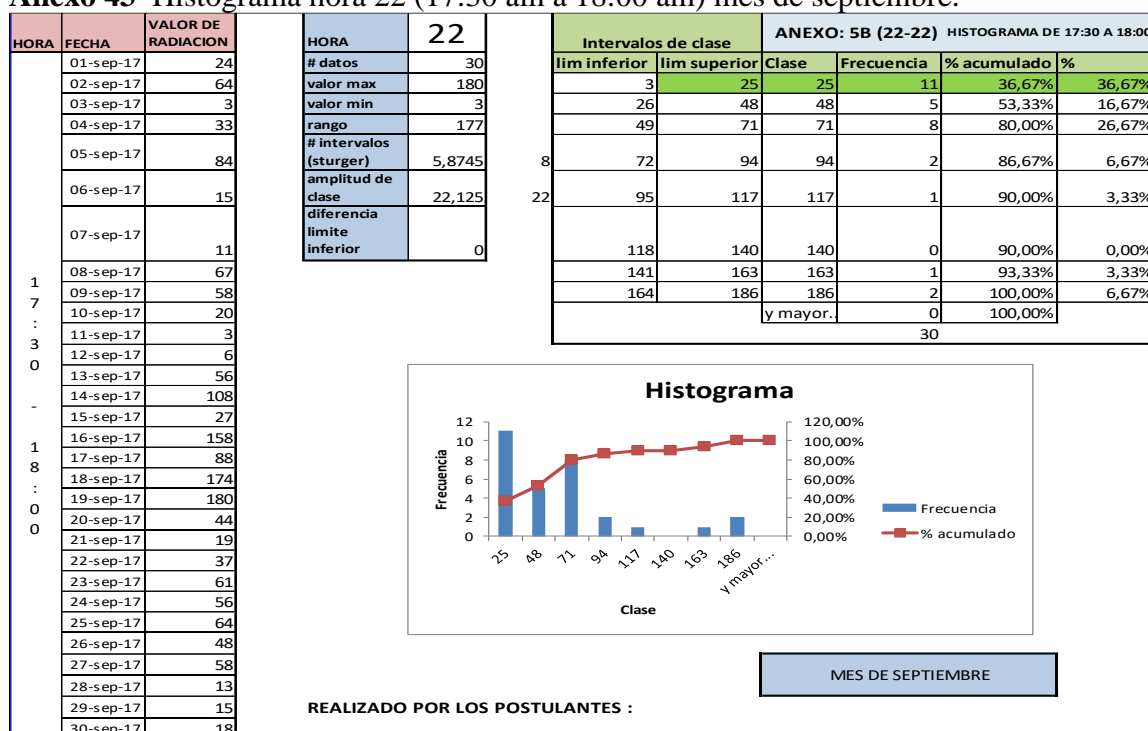
**Histograma**

MES DE SEPTIEMBRE

**REALIZADO POR LOS POSTULANTES :**

Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 43 Histograma hora 22 (17:30 am a 18:00 am) mes de septiembre.



Realizado por: Los Postulantes

### Anexo 44 Datos de radiación determinados mediante histogramas de frecuencia para el mes de junio.

HORA	RADIACION
07:00 - 07:30	61
07:30 - 08:00	94
08:00 - 08:30	183
08:30 - 09:00	233
09:00 - 09:30	310
09:30 - 10:00	327
10:00 - 10:30	377
10:30 - 11:00	467
11:00 - 11:30	374
11:30 - 12:00	628
12:00 - 12:30	525
12:30 - 13:00	523
13:00 - 13:30	516
13:30 - 14:00	548
14:00 - 14:30	496
14:30 - 15:00	570
15:00 - 15:30	334
15:30 - 16:00	365
16:00 - 16:30	211
16:30 - 17:00	294

17:00 - 17:30	122
17:30 - 18:00	25

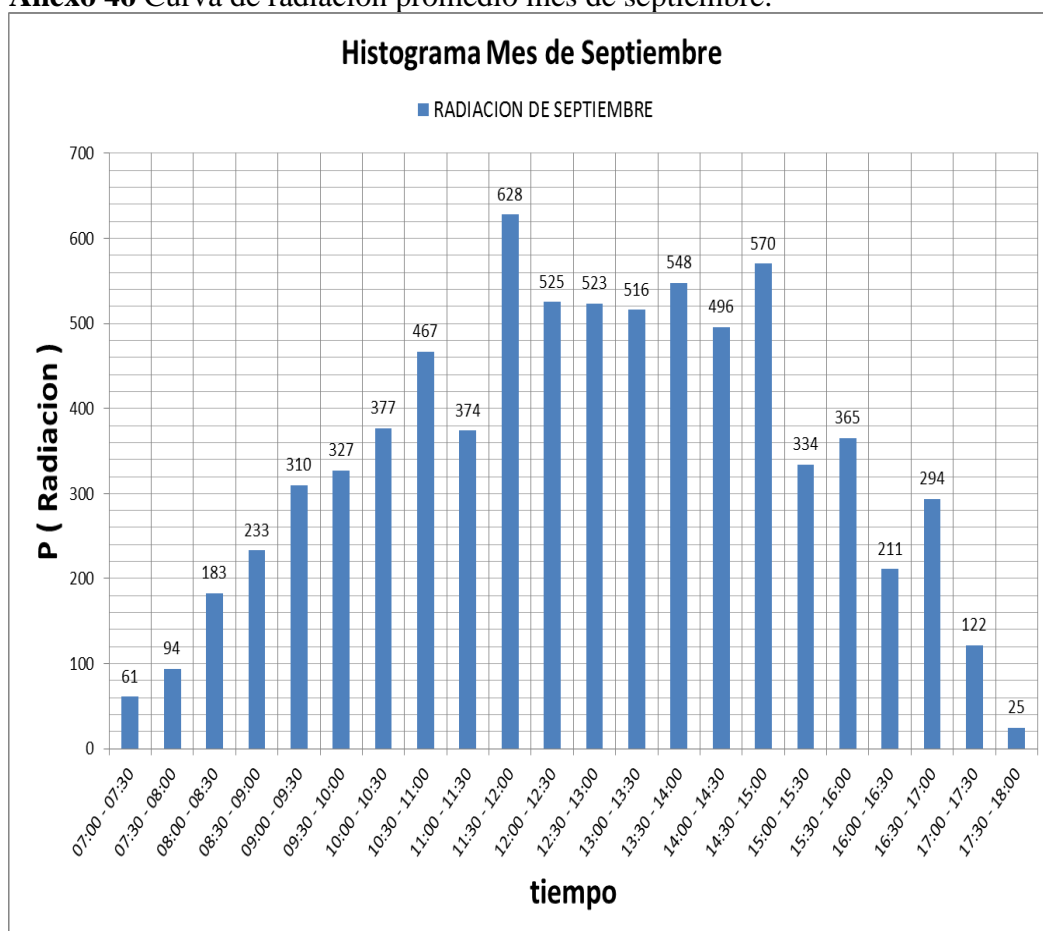
Realizado por: Los postulantes

**Anexo 45 Valores máximos y mínimos con y sin promedio mes de junio.**

<b>Máx.</b>	<b>628</b>
<b>min</b>	25
<b>Valores máximo y mínimo del mes de Septiembre 2017 sin aplicar histograma</b>	
<b>Máx.</b>	1137
<b>min</b>	3

Realizado por: Los postulantes

**Anexo 46 Curva de radiación promedio mes de septiembre.**



Realizado por: Los postulantes

Anexo 47 Catálogos de equipos utilizados en sistemas de generación fotovoltaica.

# MILLENNIUM®

Freedom

Never Needs Water  
Maintenance-Free

## 31DC115

**DEEP CYCLE BATTERY**

GROUP 31  
VOLTAGE 12 V  
10H CAPACITY 115 A  
20H CAPACITY 121 A

**MAIN APPLICATIONS:**


STATIONARY STAND-BY POWER  
ALARM SYSTEMS  
PHOTOVOLTAIC  
CABLE TV  
AGV

MODELO			DIMENSIONES			VOLTIOS	CAPACIDADES ELÉCTRICAS			
CÓDIGO	CAJA	CUBIERTA	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTO (mm)		20 Horas (amp)	10 Horas (amp)	5 Horas (amp)	1 Hora (amp)
31DC115	31	I	330	170	245	12	121	115	98	59

**Presentación:** La Millennium 31-DC-115 es una batería libre de mantenimiento, de ciclo profundo con electrolito líquido diseñada específicamente para sistemas de almacenamiento y respaldo de energía.

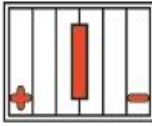
La Millennium 31-DC-115 debe de ser colocada con la cubierta hacia arriba, y puede ser configurada en red en serie o en paralelo según el requerimiento de voltaje y profundidad de descarga. Los ciclos de vida de esta batería dependen de los parámetros de carga a la cual ésta sea sometida. Las cargas de nivelación (Equalizing) pueden ser necesarias de forma mensual si el porcentaje de descarga de la batería supera un 40%. Estas baterías deben de ser protegidas de cualquier tipo de exceso de temperaturas.

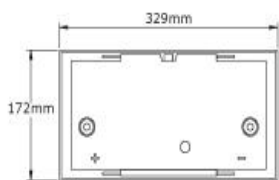


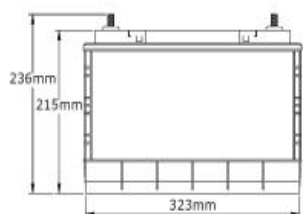
**Características:**

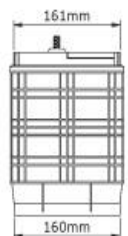
- Rejillas de Plomo-Calcio de alta calidad.
- Placas Positivas con 23% de mayor grosor que las placas de arranque.
- Pasta de alta densidad diseñada para soportar grandes esfuerzos.
- Placas ensobradas con separadores de polietileno (polyethylene) de alta porosidad.
- 430 cc de capacidad de reserva de electrolito por celda.
- Caja y Cubierta de Polipropileno de alta resistencia a los golpes y temperaturas
- Cubierta de válvula regulada con supresor de llama para mayor seguridad.
- Terminales de Perno de Acero Inoxidable de 3/8"

**Polaridad:**









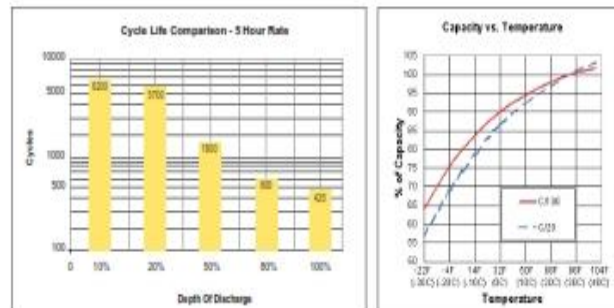
**Principales Aplicaciones:** Centrales repetidoras de telecomunicaciones, centrales telefónicas, sistemas de televisión por cable, estaciones de radio y televisión, subestaciones de telefonía móvil, subestaciones eléctricas, estaciones transformadoras, sistemas de alarma, sistemas informáticos, UPS, antenas, vallas publicitarias, señalización vial, seguridad industrial, bancos de respaldo, paneles solares, cajeros automáticos, telégrafo y télex, equipos quirúrgicos y de monitoreo médico, radares, cables submarinos, enlaces hertzianos, telemando, centrales térmicas, centrales hidroeléctricas e iluminación de emergencia en lugares públicos (cines, teatros, bancos, hospitales, escaleras de emergencia, etc.).



## AlphaCell RE Front Terminal

Specifications	
Cells Per Unit:	6
Voltage Per Unit:	12
Weight (lbs/kg):	AlphaCell 170 RE: 115/52 AlphaCell 200 RE: 131/60
Operating Temperature Range (with temperature compensation):	Discharge: -40°F (-40°C) to +160°F (71°C) Charge: -10°F (-23°C) to +140°F (60°C)
Optimal Operating Temperature Range:	+74°F (23°C) to +80°F (27°C)
Recommended Maximum Charging Current Limit:	30 amperes @ 50% DOD
Float Charging Voltage:	13.62 to 13.8 Vdc/unit Average at 77°F (25°C)
Equalization and Cycle Service Charging and Current Limits:	14.4 to 14.8 Vdc/unit Average at 77°F (25°C)
Maximum AC Ripple (Charger):	0.5% RMS or 1.5% P-P of float charge voltage recommended for best results Maximum voltage allowed = 4% P-P Maximum current allowed = C/20 RMS (20 Amps)
Self Discharge:	Battery can be stored up to 6 months at 77°F (25°C) before a freshening charge is required. Batteries stored at temperatures greater than 77°F (25°C) will require recharge sooner than batteries stored at lower temperatures.
Temperature Compensation Factor (Charging):	+3 mV/F per cell when operating below 77°F (25°C) -3 mV/F per cell when operating above 77°F (25°C)
Terminal:	Threaded copper alloy insert terminal to accept 1/4"-20 UNC bolt
Terminal Hardware Initial Torque:	110 In.-lbs (12.4 N-m)
Dimensions H x D x W (in/mm):	AlphaCell 170 RE: 11.14 x 22.01 x 4.95/ 282.96 x 559.05 x 125.73 AlphaCell 200 RE: 12.00 x 22.01 x 4.95/ 320.04 x 559.05 x 125.73

12 Volts Ampere Hour Capacity to 1.75 Volts Per Cell @ 77°F (25°C)										
Discharge in Hours	1	3	4	5	8	12	20	24	40	100
AlphaCell 170 RE	89.1	114.2	120.6	125.9	137	145.3	153.6	157	163.9	169.6
AlphaCell 200 RE	103	132	139.6	145.5	156.4	166	176	181.4	189.6	200



For contact information visit [www.alpha.com](http://www.alpha.com)

The Alpha Group >	North America	Europe, Middle East & Africa			Asia Pacific	Latin & South America
USA Tel: +1 360 847 2380 Fax: +1 360 871 4036	Cyprus Tel: +357 25 373 875 Fax: +357 52 329 595	Germany Tel: +49 5122 7989 9 Fax: +49 5122 7989 21	Lithuania Tel: +370 5 210 5291 Fax: +370 5 210 5292	P.R. China Tel: +852 2736 8883 Fax: +852 2169 7568	Colomb USA office	
Canada Tel: +1 854 436 5900 Fax: +1 854 436 1233	Russia Tel: +7 495 825 2644 Fax: +7 495 918 1349	United Kingdom Tel: +44 1273 501110 Fax: +44 1273 656670				

Alpha Technologies reserves the right to make changes to the products and information contained in this document without notice.  
Copyright © 2011 Alpha Technologies. All Rights Reserved. Alpha® is a registered trademark of Alpha Technologies.

049-355-10-A001 (5/11)

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### Parámetros eléctricos

	TS-MPPT-45	TS-MPPT-60
• Corriente máxima de batería	45 amp.	60 amp.
• Entrada nominal máxima del panel	12 Voltios 24 Voltios 48 Voltios	600 Watts 1200 Watts 2400 Watts
	800 Watts 1600 Watts 3200 Watts	

	TS-MPPT-45 y TS-MPPT-60
• Rendimiento pico	99%
• Voltaje nominal del sistema	12, 24, 36 o 48 VCC
• Voltaje máximo del panel a circuito abierto	150 VCC
• Rango de voltaje de servicio de batería	8-72 VCC
• Consumo propio máximo	4 Watts
• Protección contra picos transitorios	4500 Watts/conector

### Protecciones electrónicas

- Panel solar: Sobrecarga, cortocircuito, alto voltaje
- Batería: Alto voltaje
- Alta temperatura
- Descargas atmosféricas y picos transitorios
- Corriente inversa (de noche)

### Carga de batería

• Algoritmo de carga	4 etapas
• Etapas de carga	Principal (a corriente constante), absorción, flotante, equalización (balance de carga)
• Compensación de temperatura	
Coeficiente	-5 mV/°C/celda (25° de ref.)
Rango	-30 °C a +80 °C
Selector de carga	Absorción, flotante, equalización, HVD

Nota: Incluye sensor remoto de temperatura.

### Características físicas

• Dimensiones	29.1 x 13.0 x 14.2 cm 11.4 x 5.1 x 5.6 pulgadas
• Peso	4.2 kg / 9.2 libras
• Medida máxima del conductor	35 mm² / 2 AWG
• Aberturas para conductos	M20; ½, 1, 1-¼ pulgadas
• Caja	Tipo 1 (para interiores, ventilada) IP20

### Condiciones ambientales

- Temperatura ambiente -40 °C a +45 °C
- Temperatura de almacenamiento -55 °C a +100 °C
- Humedad 100%, sin condensación
- Protección climática Encapsulado de epoxi  
Revestimiento normalizado  
Terminales para atmósfera marina



### Conectores de comunicación

	TS-MPPT-45	TS-MPPT-60
• MeterBus	Si	Si
• RS-232	Si	Si
• EIA-485	No	Si
• Ethernet	No	Si

### Opciones

- Instrumento 2 TriStar (TS-M-2)
- Instrumento remoto 2 TriStar (TS-RM-2)
- Centralizador de instrumentos (HUB-1)
- Excitador de relés (RD-1)

### Normas

- Cumple con normas CE
- Inscrito en ETL (UL1741)
- Cumple con Parte 15, Clase B de FCC
- Cumple con el Código Eléctrico Nacional de EE.UU. (NEC)
- Cumple con RoHS
- Fabricado en una planta aprobada por normas ISO 9001.

**GARANTÍA:** Cinco años de garantía. Comuníquese con Morningstar o su distribuidor autorizado para obtener los términos completos de la garantía.

**DISTRIBUIDOR AUTORIZADO DE MORNINGSTAR:**

**MORNINGSTAR**  
corporation

8 Pheasant Run  
Newtown, PA 18940 USA  
Tel.: +1 215-321-4457 Fax: +1 215-321-4458  
E-mail: info@morningstarcorp.com  
Website: www.morningstarcorp.com





## TRISTAR MPPT™

### CONTROLADOR DE PANELES SOLARES CON DETECCIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA POTENCIA



45 o 60 amperios  
hasta 150 Voltios  
a circuito abierto

Producto mostrado con instrumento opcional.

El controlador de paneles solares **TriStar MPPT** de Morningstar, con tecnología **TrakStar Technology™**, es un avanzado controlador de carga de baterías con capacidad de detección del punto de máxima potencia (MPPT) para paneles fotovoltaicos independientes de la red eléctrica, de hasta 3 KW de potencia. Este controlador tiene un incomparable rendimiento pico del 99% y mucho menos pérdidas de energía que otros controladores MPPT del mercado.

El **TriStar MPPT** aplica un avanzado algoritmo de seguimiento de carga para extraer la máxima potencia del panel fotovoltaico. Hace un barrido extremadamente rápido de toda la curva I-V para determinar la ubicación del pico de potencia. Este producto es el primer controlador de paneles fotovoltaicos con conexión Ethernet integrada para acceder a la Internet. También ofrece hasta 200 días de registro de datos.

#### Principales características y beneficios

##### ■ Máxima extracción de energía

La tecnología **TrakStar MPPT** ofrece:

- Detección del punto de potencia pico superior al de otros controladores MPPT
- Barrido rápido de toda la curva I-V
- Reconocimiento de varios picos de potencia durante periodos de sombra o en instalaciones combinadas de grupos de paneles fotovoltaicos
- Excelente respuesta a la salida del sol y con bajo nivel de irradiación solar

##### ■ Fiabilidad extremadamente alta

- Factor térmico de alto margen, sin ventiladores de enfriamiento
- Diseño con circuitos en paralelo para reducir la sobrecarga y prolongar la vida útil de los componentes electrónicos
- Sin relés mecánicos
- Tiene protección contra cortocircuito en el panel
- Inductores encapsulados en epoxi y tarjetas de circuito impreso con revestimiento normalizado

##### ■ Muy alto rendimiento

- Rendimiento pico del 99%
- Algoritmo exclusivo de seguimiento de carga que reduce al mínimo las pérdidas de energía
- Bajo consumo energético
- Servicio continuo a plena carga a 45 °C sin pérdida de capacidad nominal
- Selectos componentes electrónicos de alta capacidad para reducir las pérdidas por calentamiento

##### ■ Funciones completas de interconexión en red y comunicaciones

Permite monitorear el sistema, registrar datos y ajustar parámetros. Utiliza protocolo **MODBUS™** de configuración abierta y software **MS View** de Morningstar.

- **Meterbus:** Para comunicaciones entre productos compatibles de Morningstar
- **Conexión serie RS-232:** Para conectar a una computadora personal
- **EIA-485:** Para comunicaciones entre varios dispositivos comunes a un bus colector
- **Ethernet:** Para conexión a la Internet o a una red local. Visualización con programa navegador de la Internet y envío de mensajes y texto.

##### ■ Registro de mediciones y datos

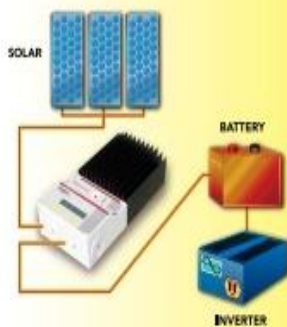
- El instrumento opcional **TriStar** y el instrumento remoto brindan datos detallados de operación, alarmas y fallas
- Indicación de estado del sistema en pantalla de tres LEDs
- Hasta 200 días de registro de datos vía instrumentos o conectores de comunicación

Estado del sistema:

53.60V	28C	54.2A
2867W		MPPT

Registro de datos:

Today	Batt	Day: -1	Batt
	46.4 Vmin		47.2 Vmin
Today	Solar	Day: -1	Solar
	58.9 Amax		56.8 Amax
Today	Solar	Day: -1	Solar
	107.2 Vmax		105.5 Vmax

**CHARGE CONTROL**

- Constant voltage series PWM design to provide highly efficient battery charging
- 4-stage charging to increase battery capacity and life: bulk charge, PWM regulation, float and equalize
- Parallel for larger solar arrays up to 300 amps or more

**LOAD CONTROL**

- Starts large loads including motors and pumps with no damage to controller
- Allows inrush current to 300 amps
- Electronic short-circuit and overload protection with automatic reconnect
- LVD is current compensated and has a delay to avoid false disconnects

**DIVERSION CONTROL**

- May be used for solar, wind or hydroelectric
- To protect against battery overcharge, excess energy is diverted from primary battery to a secondary battery or alternate DC resistive load
- PWM reduces power into diversion load during overcurrent conditions

**Electrical Specifications**

- Rated solar, load or diversion current:
 

TriStar-45	45A
TriStar-60	60A
- System Voltage 12-48V
- Accuracy
 

12/24V:	±0.1% ±50mV
48V:	±0.1% ±100mV
- Min. voltage to operate 9V
- Max. solar voltage (Voc) 125V
- Self-consumption:
 

Controller	<20mA
Meter	7.5mA

**Environmental Specifications**

- Operating ambient temperature:
 

Controller	-40°C to +60°C
Meter	-40°C to +60°C
- Storage temperature: -55°C to +85°C
- Humidity: 100% (non-condensing)
- Tropicalization: Conformal coating on both sides of all printed circuit boards

**Electronic Protections**

- Reverse polarity protection (any combination)
- Short-circuit protection
- Overcurrent protection
- Lightning and transient surge protection using 4500W transient voltage suppressors
- High temperature protection via automatic current reduction or complete shut down
- Prevents reverse current from battery at night

**Mechanical Specifications**

- Dimensions: Height: 26.0cm/10.3 inch  
Width: 12.7cm/5.0 inch  
Depth: 7.1cm/2.8 inch
- Weight: 1.6 kg/3.5 lb
- Largest Wire: 35mm<sup>2</sup>/2 AWG
- Conduit knockouts: Eccentric 2.5/3.2 cm (1.0/1.25 inch)
- Enclosure: Type 1, indoor rated

**TriStar Options:**

- **TriStar Meter** — 2 x 16 display mounts to controller and provides system and controller information, data logging, bar graphs and choice of 5 languages

12.2V	25c	12.2A	V	14.4V	1135	7A
1214.5A	71000	A		12.2V	11.1	30%

- **TriStar Remote Meter** — Includes 30 meters of cable for mounting meter away from the controller
- **Remote Temperature Sensor** — Provides temperature compensated charging by measuring temperature at the battery (10 meter cable)

**Certifications**

- CE Compliant
- UL Listed (UL 1741)
- cUL (CSA-C22.2 No.107.1-95)
- Complies with U.S. National Electric Code
- Manufactured in a certified ISO 9001 facility



**WARRANTY:** Five year warranty period. Contact Morningstar or your authorized distributor for complete terms.

**AUTHORIZED MORNINGSTAR DISTRIBUTOR:**



1098 Washington Crossing Road  
Washington Crossing, PA 18977 USA  
Tel: 215-321-4457 Fax: 215-321-4458  
E-mail: info@morningstarcorp.com  
Website: www.morningstarcorp.com

PRINTED IN USA 2122-01-12/07





# TRISTAR™

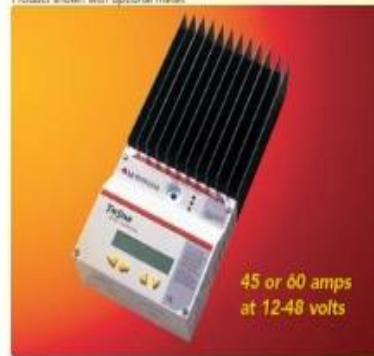
## THREE-FUNCTION SOLAR CONTROLLER

Morningstar's *TriStar Controller* is a three-function controller that provides reliable solar battery charging, load control or diversion regulation. The controller operates in one of these modes at a time and two or more controllers may be used to provide multiple functions.

The TriStar uses advanced technology and automated production to provide exciting new features at a competitive cost. The optional TriStar meter is the most sophisticated and informative controller meter on the market. The controller is UL listed and is designed for both solar home systems and professional applications.



Product shown with optional meter



45 or 60 amps  
at 12-48 volts

### Key Features and Benefits

#### Highest Reliability

Large heat sink **1** and conservative design enables operating at full ratings to 60°C. No need to de-rate.

#### More Power

Ratings to 60A at 48VDC will handle solar arrays up to 4kW.

#### Communications Capability

RS-232 **2** connects to a personal computer for custom settings, data logging and remote monitoring and control.

#### Fully Adjustable

DIP switch **3** provides user with a choice of 7 different digital presets and custom settings via RS-232.

#### Extensive Electronic Protections

Fully protected against reverse polarity, short circuit, overcurrent, high temperature and overvoltage.

#### Simple Mechanical Interface

Larger power terminals **4** and conduit knockouts **5**. Extra space for wire turns. Fits on power panels.

#### Better Battery Charging

Connecting battery sense wires **6** and optional remote temperature sensor **7** will improve control accuracy. Constant voltage series PWM algorithm increases battery capacity and life.

#### More Information

3 LEDs **8** to indicate status, faults and alarms. Optional meter **9** displays extensive system and controller information, automatic self-test and reset capabilities. Meter connection via RJ-11 phone jack **10**.

#### Easy to Reset

Pushbutton **11** provides manual reset and stop/start battery equalization or load disconnect.

#### Low Telecom Noise

DIP switch setting will change PWM to "On-Off" battery charging.

# Power

## AlphaCell RE Front Terminal

VRLA Battery for Renewable Energy Storage

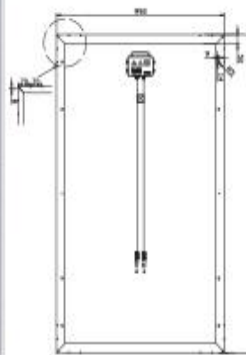


- Front terminal access design for ease of maintenance and installation
- High-density pasted plates for high cycle life
- Low calcium Lead/Tin alloy plates for efficient gas recombination for long life in both cycling and float applications
- Reduced headspace for higher energy density, in cabinet or rack applications
- Thermally welded case-to-cover bond to eliminate leakage
- UL-recognized component

The AlphaCell RE valve regulated lead acid battery is designed for high power density and renewable energy cycling applications. Absorbent Glass Mat (AGM) technology for efficient gas recombination of up to 99% and freedom from electrolyte maintenance. The AlphaCell RE also features low profile terminals with threaded copper alloy inserts providing reduced maintenance and increased safety.



## SIMAX 156 Solarmodule SQP672-250W



### Mechanical Characteristics

Solar Cell	Polycrystalline silicon 156x156(mm)
No. of Cells	72 ( 6 x 12 )
Dimensions	1640 x 992 x 40 (mm)
Weight	19.2 kg
Front Glass	3.2mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy

### Output

Cable Type	Ø = 4 mm <sup>2</sup>
Lengths	L = 900 mm
Junction Box	PV - JB003 MC4

### Temperature Coefficients

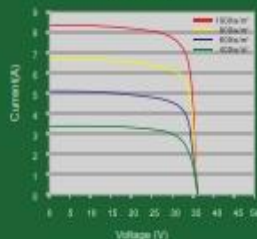
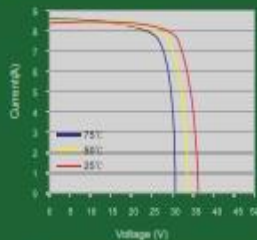
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45 ± 2°C
Temperature Coefficient of ( $P_{max}$ )	-0.39% / °C
Temperature Coefficient of ( $V_{oc}$ )	-0.34% / °C
Temperature Coefficient of ( $I_{sc}$ )	0.035% / °C



Photon

Parameters	SQP672-250W
Peak power [Wp] $P_{max}$	250W
Power Tolerance	0~+/-3%
Module Efficiency (%)	15.2%
Open circuit voltage [V] $V_{oc}$	43.5
Maximum Power Voltage [V] ( $V_{mpv}$ )	36.2
Maximum Power Current [A] ( $I_{mpv}$ )	6.91
Short circuit Current [A] ( $I_{sc}$ )	7.52

STC: Irradiance : 1000 W/m<sup>2</sup>; Spectrum AM 1.5; Cell temperature: 25°C; Wind 0 m/s



- Provide the best solutions for photovoltaic power generation and technical support
- Provide Cost-effective products
- Provide 12 Years Quality Warranty
- Power out ≥ 90% in 10 years
- Power out ≥ 80% in 25 years

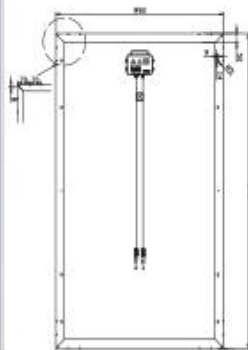
Simax Green New Energy (Europa) GmbH  
 Mergenthaler Allee 23 / 25  
 65760 Eschborn / Germany  
 Tel.: +49 6196 9739 525  
 Fax: +49 6196 9929 864  
 info@simaxsolar.com  
 www.simaxsolar.de

Simax (Suzhou) Green New Energy Co., Ltd  
 Address: No. 567 Suzhou Road, Taicang city,  
 Jiangsu province, China  
 P.C.: 215400  
 Tel: +86 512 5337 8555  
 Fax: +86 512 5337 8556  
 info@simaxsolar.com  
 www.simaxsolar.com

Simax (Australia) Green New Energy Pty Ltd  
 5/78 Frankston Gardens Drive,  
 Carrum Downs, VIC 3210  
 Tel: +61 03 9708 2400  
 Fax: +61 03 9708 2402  
 info@simaxsolar.com  
 www.simaxsolar.com.au



## SIMAX 156 Solarmodule (SP660-230W-235W-240W-245W-250W)



### Mechanical Characteristics

Solar Cell	Polycrystalline silicon 156x156(mm)
No. of Cells	60 ( 6 x 10 )
Dimensions	1640 x 992 x 40 / 50 (mm)
Weight	20 kg
Front Glass	3.2mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy

### Output

Cable Type	Ø = 4 mm <sup>2</sup>
Lengths	L = 900 mm
Junction Box	PV - JB003 MC4

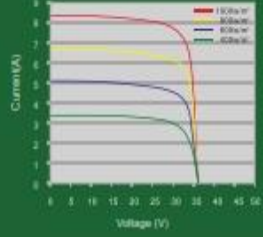
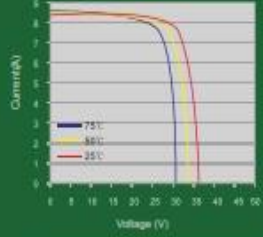
### Temperature Coefficients

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45 ± 2°C
Temperature Coefficient of (P <sub>max</sub> )	-0.39% / °C
Temperature Coefficient of (V <sub>oc</sub> )	-0.34% / °C
Temperature Coefficient of (I <sub>sc</sub> )	0.035% / °C



Parameters	SP660-230	SP660-235	SP660-240	SP660-245	SP660-250
Peak power [Wp] P <sub>max</sub>	230W	235W	240W	245W	250W
Power Tolerance	0~+3%	0~+/-3%	0~+/-3%	0~+/-3%	0~+/-3%
Module Efficiency (%)	14.3%	14.5%	14.7%	14.9%	15.2%
Open circuit voltage [V] V <sub>oc</sub>	36.6	37.2	37.2	37.2	37.8
Maximum Power Voltage [V] (V <sub>mpv</sub> )	29.5	30.0	30.0	30.0	30.5
Maximum Power Current [A] (I <sub>mpv</sub> )	7.80	7.83	8.00	8.17	8.20
Short circuit Current [A] (I <sub>sc</sub> )	8.42	8.46	8.65	8.74	8.85

STC: Irradiance : 1000 W/m<sup>2</sup>; Spectrum AM 1.5; Cell temperature: 25°C; Wind 0 m/s



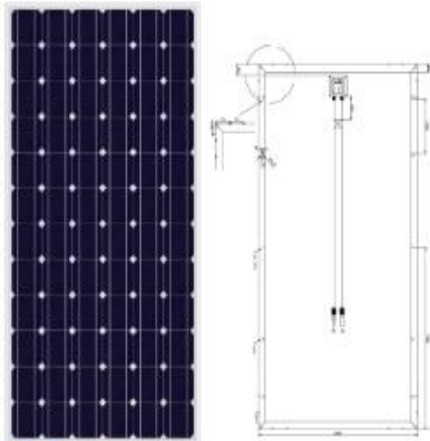
- Provide the best solutions for photovoltaic power generation and technical support
- Provide Cost-effective products
- Provide 12 Years Quality Warranty
- Power out ≥ 90% in 10 years
- Power out ≥ 80% in 25 years

Simax Green New Energy (Europa) GmbH  
 Mergenthaler Allee 23 / 25  
 65760 Eschborn / Germany  
 Tel.: +49 6196 9739 525  
 Fax: +49 6196 9929 004  
 info@simaxsolar.com  
 www.simaxsolar.de

Simax (Suzhou) Green New Energy Co.,Ltd  
 Address: No. 567 Suzhou Road, Taicang city,  
 Jiangsu province, China  
 P.C.: 215400  
 Tel: +86 512 5337 8555  
 Fax: +86 512 5337 8556  
 info@simaxsolar.com  
 www.simaxsolar.com

Simax (Australia) Green New Energy Pty Ltd  
 578 Frankston Gardens Drive,  
 Carum Downs, VIC 3210  
 Tel: +61 03 9706 2400  
 Fax: +61 03 9706 2402  
 info@simaxsolar.com  
 www.simaxsolar.com.au

## SIMAX 125 Monocrystalline Solar Module (SM572-165W-195W)



### Mechanical Characteristics

Solar Cell	Monocrystalline silicon solar cell 125x125(mm)
No. of Cells	72(6x12)
Dimensions	1580x808x45/35/50(mm)
Weight	15.5kg
Front Glass	3.2mm(0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy

### Output

Cable Type	$\phi=4\text{mm}^2$
Lengths	L=900mm
Junction Box	PV-GZX0601 MC3 or MC4

### Temperature Coefficients

Nominal Operating Cell Temperature(NOCT)	$45\pm 2^\circ\text{C}$
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.052%/°C

## Electrical Specifications

Parameters	SM572-165	SM572-170	SM572-175	SM572-180	SM572-185	SM572-190	SM572-195
Peak power P <sub>max</sub> (W)	165±3%	170±3%	175±3%	180±3%	185±3%	190±3%	195±3%
Open circuit voltage Voc(V)	42.7	43.3	43.3	43.9	43.9	44.5	44.5
Max. power voltage V <sub>mp</sub> (V)	35	35.5	35.5	36.0	36.0	36.5	36.5
Max. power current I <sub>mp</sub> (A)	4.71	4.79	4.93	5.00	5.14	5.21	5.34
Short circuit current Isc(A)	5.04	5.08	5.21	5.30	5.45	5.52	5.77
Dimensions(L*W*H)	1580*808*45/35/50						
Weight(kg)	15.5						
Max. open-circuit (A)	10						
Min. system voltage (V)	1000V DC						
Application Class	Class A						
Mono-crystalline silicon solar cell	125*125*0.18mm						
No. of cells and connections	72 series						
No. of bypass diodes	3						
Bypass diode rating (A)	10						
Bypass diode max. junction temperature(°C)	200						
Bypass diode thermal resistance(°C/W)	3.0						
STC	Irradiance:1000W/m <sup>2</sup> , Cell temperature:25°C, AM1.5						
Maximum No. of series connection	22						
Maximum No. of parallel connection	2						

# MILLENNIUM®

Freedom Never Needs Water  
Maintenance-Free

## 31DC115

### DEEP CYCLE BATTERY

GROUP	31
VOLTAGE	12 V
10H CAPACITY	115 A
20H CAPACITY	121 A

### MAIN APPLICATIONS:

- STATIONARY STAND-BY POWER
- ALARM SYSTEMS
- PHOTOVOLTAIC
- CABLE TV
- AGV

Tabla1



Tabla2

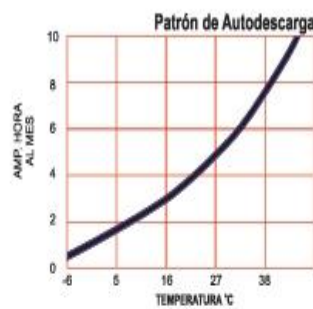


Tabla3

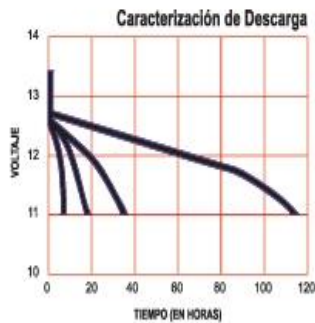


Tabla4



Tabla5

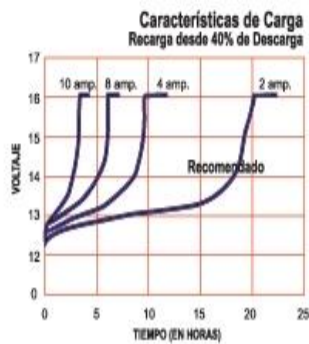


Tabla6

