



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA:**

Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial

**TÍTULO:**

**“Análisis técnico y económico para la implementación de energía solar  
para viviendas de la urbanización Cataluña”**

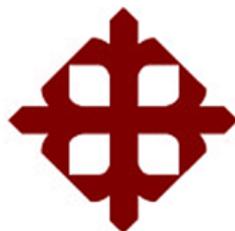
**AUTOR:**

**Arévalo Morales Harry Josué**

**TUTOR:**

**Ing. Hidalgo Aguilar Jaime Rafael**

**Guayaquil, Ecuador 2016**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA:**

Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Harry Josué Arévalo Morales, como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial.

**TUTOR**

---

Ing. Hidalgo Aguilar Jaime Rafael

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

Ing. Heras Sánchez Miguel Armando, M. Sc.

**Guayaquil, Marzo del año 2016**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA:**

Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Harry Josué Arévalo Morales**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación “Análisis técnico y económico para la implementación de energía solar para viviendas de la urbanización Cataluña” previa a la obtención del Título de Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

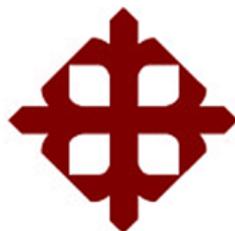
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, Marzo del año 2016**

**EL AUTOR**

---

Harry Josué Arévalo Morales



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA:**

Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Harry Josué Arévalo Morales**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “Análisis técnico y económico para la implementación de energía solar para viviendas de la urbanización Cataluña”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, Marzo del año 2016**

**EL AUTOR**

---

Harry Josué Arévalo Morales



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA:**

Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial

**CALIFICACIÓN**

---

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco en primer lugar a Dios por darme salud y la fuerza necesaria para llegar a esta etapa de mi carrera y vida por no haberme abandonado ni un momento.

A mi Familia, a Mis Padres y a mí hermano que han estado ahí siempre brindándome el apoyo necesario para poder cumplir siempre con mis objetivos, dándome buenos consejos a lo largo de mi vida, dándome fuerzas para seguir adelante para así culminar mi carrera profesional. A mi novia por su apoyo incondicional en este momento trascendental de mi vida.

A mis Profesores de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil quienes me han compartido sus conocimientos y me han formado como un excelente profesional, agradecerles a mis amigos de la carrera que me brindaron sus motivaciones y ayuda necesaria.

También quiero Agradecer a la Empresa ENERGYFUTUR ENERGÍAS RENOVABLES ECUADOR S.A por haberme ayudado para la realización de esta tesis.

A todos, Muchas Gracias.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a Dios, por la sabiduría y fuerzas que me dio para culminar mi carrera profesional, que me guio paso a paso para el éxito.

A mis padres Harry Arévalo Guillen y Damaris Morales de Arévalo que siempre me han dado su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida, a mi hermano y a mi novia les dedico este trabajo de tesis.

Este trabajo es por y para Ustedes.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIV
RESUMEN .....	XV
ABSTRACT .....	XVI
CAPITULO I.....	1
1.1    Justificación.....	1
1.2    Planteamiento del Problema .....	1
1.3    Objetivos. ....	1
1.3.1Objetivo General.....	1
1.3.2 Objetivos Específicos .....	1
1.4    Tipo de Investigación .....	2
1.5    Hipótesis .....	2
1.6    Metodología.....	2
CAPÍTULO II .....	3
MARCO TEÓRICO .....	3
2.1    Definiciones. ....	3
Celda Fotovoltaica .....	3

Conductor.....	3
Energía Eléctrica .....	3
Energía Renovable .....	3
Insolación.....	4
Insolación difusa .....	4
Insolación directa .....	4
Inversor .....	4
Módulo o panel solar fotovoltaico .....	4
Potencia eléctrica .....	4
Regulador de carga.....	5
Tensión eléctrica .....	5
2.2 Energías Renovables no Convencionales.....	5
2.2.1 Ventajas de las Energías Renovables.....	7
2.2.2 Desventajas de la Energía Renovable .....	7
2.3 Energía Solar .....	7
2.3.1 Tecnologías del uso de energía solar .....	8
2.3.1.1 Solar Pasiva.....	8
2.3.1.2 Solar Térmica.....	8
2.3.1.3 Solar hibrida.....	8
2.3.1.4 Solar Eólica.....	8

2.3.1.5 Solar Fotovoltaica .....	9
2.4 Datos generales de un sistema de procreación solar .....	9
2.5 Fundamentos de tecnología fotovoltaica .....	10
2.6 Principio de funcionamiento de la energía solar fotovoltaica .....	12
2.6.1 Ventajas de la energía solar fotovoltaica .....	12
2.6.2 Desventajas de la energía solar fotovoltaica .....	13
2.7 Célula solar .....	13
2.7.1 Características básicas .....	13
2.7.2 Parámetros fundamentales de la célula solar .....	14
✓ Corriente de iluminación ( <b><i>IL</i></b> ) .....	14
✓ Corriente de oscuridad .....	14
✓ Tensión de circuito abierto ( <b><i>VOC</i></b> ) .....	14
✓ Corriente de Cortocircuito ( <b><i>ISC</i></b> ) .....	15
2.7.3 Fabricación .....	15
2.7.4 Tipos .....	16
2.8 Esquema de un sistema de generación solar .....	17
2.8.1 Panel Solar .....	17
2.8.1.1 Potencia de la célula fotovoltaica .....	19
2.8.1.2 Agrupamiento y conexión de paneles .....	19
2.8.2 Regulador de voltaje de carga .....	21

2.8.2.1 Tipos .....	22
2.8.3 Batería o acumulador.....	23
2.8.3.2 Tipos de baterías .....	25
2.8.4 Inversor.....	26
2.9 Usos y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica.....	28
2.9.1 Sistemas aislados a la red eléctrica .....	28
2.9.1.1 Mantenimiento.....	29
2.9.1.2 Aplicaciones .....	30
2.9.2 Sistemas conectados a la red eléctrica .....	32
2.9.2.1 Mantenimiento .....	33
2.9.2.2 Aplicaciones.....	33
CAPÍTULO III .....	35
RADIACIÓN Y AUTOCONSUMO SOLAR .....	35
3.1 Radiación solar en el Ecuador.....	35
Ventajas de la energía solar en el Ecuador .....	36
Desventajas de la energía solar en el Ecuador.....	36
3.2 Radiación solar en la zona Daular .....	37
3.3 Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo .....	38
3.3.1 Componentes de los sistemas de autoconsumo fotovoltaico inyectado a red.....	39

3.3.2 Tipos de Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo .....	40
3.3.2.1 Autoconsumo Instantáneo con control sobre sobre la inyección a red.....	40
3.3.2.2 Autoconsumo diferido con acumulación de energía. ....	41
3.3.2.3. Instalaciones aisladas a la red eléctrica. ....	41
3.3.2.4 Instalaciones con acoplamiento AC a la red.....	42
3.4 La medición neta, saldo neto, balance neto o net metering.....	42
3.4.1 Balance Neto.....	43
3.5 Ventajas y Beneficios de las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo conectadas a la red. ....	44
3.6 Inclinación y orientación del panel fotovoltaico.....	46
3.7 Estructuras y Accesorios .....	48
3.8 Toma a Tierra.....	49
3.9 Seguridad y Cableado.....	49
3.10 Características de la vivienda Objeto de estudio.....	50
CAPÍTULO IV .....	51
CÁLCULOS DE CARGAS ELÉCTRICAS PARA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED .....	51
4.1 Cargas eléctricas de la vivienda .....	51
4.2 Consumo eléctrico de la vivienda. ....	52
4.3 Cálculos.....	54

4.3.1 Cálculo de Rendimiento (Performance Ratio) del sistema fotovoltaico .....	54
4.3.2 Cálculo de Número de paneles solares .....	57
4.3.3 Cálculo de distribución de paneles.....	58
4.3.3.1 Determinación de paneles en serie. ....	59
4.3.4 Determinación de paneles en paralelo. ....	62
4.4 Agrupación de paneles solares. ....	62
4.5 Selección de equipos para el sistema fotovoltaico de autoconsumo. ....	63
4.6 Presupuesto económico del proyecto. ....	64
CAPÍTULO V.....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
Conclusiones:.....	66
Recomendaciones: .....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS.....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 TIPOS DE FUENTE DE ENERGÍA .....	6
FIGURA 2 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS .....	9
FIGURA 3 ENERGÍA DEL SOL .....	10
FIGURA 4 CÉLULA FOTOVOLTAICA .....	14
FIGURA 5 ESQUEMA DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA .....	17
FIGURA 6 ELEMENTOS DE PANEL FOTOVOLTAICO .....	18
FIGURA 7 CAJA DE CONEXIONES DE PANELES SOLARES .....	20
FIGURA 8 REGULADOR DE CARGA .....	23
FIGURA 9 INVERSOR .....	27
FIGURA 10 ESQUEMA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO .....	32
FIGURA 11 ESQUEMA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED .....	34
FIGURA 12 UBICACIÓN ZONA DAULAR .....	38
FIGURA 13 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO .....	39
FIGURA 14 BALANCE NETO .....	44
FIGURA 15 CONSUMO ELÉCTRICO .....	53
FIGURA 16 CURVA DE RADIACIÓN SOLAR .....	53
FIGURA 17 PANEL SOLAR PANASONIC .....	63
FIGURA 18 INVERSOR INGETEAM .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 PANELES SEGÚN TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN .....	18
TABLA 2 TIPOS DE BATERÍAS .....	26
TABLA 3 MODELOS DE BATERÍAS .....	26
TABLA 4 CARGAS ELÉCTRICAS DE LA VIVIENDA.....	52
TABLA 5 TIEMPO DE OPERACIÓN DE CARGAS ELÉCTRICAS.....	54
TABLA 6 CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE LA CÉLULA .....	55
TABLA 7 RENDIMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	56
TABLA 8 PRESUPUESTO ECONÓMICO DEL PROYECTO SIN IVA .....	65

## RESUMEN

Este trabajo de graduación está relacionado con el estudio de energía solar tanto técnico como económico para una vivienda residencial de modelo DALI, es decir la implementación de paneles solares fotovoltaicos para autoconsumo de la vivienda en la urbanización Cataluña del cantón Daule.

La radiación solar en la zona de la aurora en el km 12 y medio vía a Samborondón donde se encuentra ubicada la vivienda, es suficiente para proporcionar las condiciones de este proyecto, lo que se puede aprovechar de gran manera y así obtener electricidad limpia.

La finalidad de este proyecto, es enfocar el uso de la energía solar como recurso renovable en las viviendas, así mismo implementar otra forma de obtener electricidad con esta fuente de energía y así colaborar al medio ambiente.

En el primer capítulo se empezara con la justificación, planteamiento del problema, objetivos, tipos de investigación, la metodología con la que se realizara el proyecto, y objetivos.

El segundo capítulo es el que está relacionado con el marco teórico de nuestro proyecto, el tercer capítulo se analiza la parte técnica del proyecto, capítulo cuatro con los cálculos y parte económica del proyecto, para finalmente el capítulo cinco para conclusiones y recomendaciones.

## **ABSTRACT**

This graduation work is related to the study of both technical and economic solar energy for residential housing model DALI, the implementation of photovoltaic solar panels for self-consumption of housing in Cataluña urbanization Daule canton.

Solar radiation in the area of the aurora at km 12 and a half Samborondón where the housing is located, is sufficient to provide the conditions of this project, which can be exploited in a big way and get clean electricity.

The purpose of this project is to focus the use of solar energy as a renewable resource in homes, likewise implement another way to get electricity from this energy source and thus help the environment.

In the first chapter it is started with justification, problem statement, objectives, types of research, the methodology with which the project was carried out, and objectives.

The second chapter is the one that is related to the theoretical framework of our project, the third chapter the technical part of the project is analyzed, Chapter Four with calculations and economics of the project, to finally chapter five for conclusions and recommendations.

## **CAPITULO I**

### **1.1 Justificación**

Esta investigación está relacionada con el estudio de energía solar para una vivienda, es decir la instalación de paneles solares fotovoltaicos para autoconsumo de vivienda tipo residencial.

La finalidad de este proyecto, es enfocar el uso de la energía solar como recurso renovable en las viviendas, así mismo implementar otra forma de obtener electricidad con esta fuente de energía y así colaborar al medio ambiente, ya que este recurso no genera contaminación y por lo tanto el uso de energía eléctrica limpia.

### **1.2 Planteamiento del Problema**

La radiación solar en la zona de la aurora en el km 12 y medio vía a Samborondón donde se encuentra ubicada la vivienda, es suficiente para proporcionar las condiciones de este proyecto, además debido al elevado costo de energía eléctrica en la zona permitirá al usuario un ahorro a futuro en la planilla eléctrica, gracias a la energía solar.

### **1.3 Objetivos.**

#### **1.3.1 Objetivo General.**

- Realizar el estudio técnico y económico de la implementación de energía solar fotovoltaica a una casa de tipo residencial de modelo DALI.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Detallar las características de los elementos a utilizarse.

- Establecer las dimensiones de los diferentes parámetros para la implementación.
- Analizar de la potencia eléctrica a conectarse a los paneles solares.
- Realizar un análisis del costo del proyecto.
- Identificar si es viable el proyecto.

#### **1.4 Tipo de Investigación**

En la presente investigación se utilizaran los siguientes tipos de investigación:

- Investigación documental.
- Investigación de campo.

#### **1.5 Hipótesis**

Se logrará una alternativa de utilizar energía eléctrica solar limpia mediante la energía solar y así colaborar con el medio ambiente evitando el deterioro de la capa de ozono.

#### **1.6 Metodología**

La investigación que se muestra, pertenece a una investigación de procedimiento teórico y práctico.

El estudio es práctico de carácter documental y de tipo analítico.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Definiciones.**

##### **Celda Fotovoltaica**

Componente que convierte la luz del sol (fotones) en electricidad.

##### **Conductor**

El conductor eléctrico es un material que brinda escasa resistencia al camino de la electricidad. En general son aleaciones con electrones de forma libre que ceden el movimiento de cargas. Para el paso de la energía eléctrica, así también como para cualquier instalación para utilizar en área doméstica o industrial, los mejores conductores son de oro y plata, pero exigido a su alto costo, los materiales en general son de cobre (de manera de cables de uno o diferentes hilos) o de aluminio

##### **Energía Eléctrica**

Cantidad de vatios hora (Wh) o kilovatios hora (kWh) que trabaja un aparato eléctrico durante un tiempo. Es decir es la potencia de los equipos por el tiempo.

##### **Energía Renovable**

Son aquellas fuentes de energía que no se agotan, con la particularidad que presumen un mínimo daño al ambiente.

**Insolación**

Es la proporción de energía solar que llega a una superficie, medida en vatio/hora/metro cuadrado. La insolación que finaliza en la superficie terrestre puede ser directa o difusa.

**Insolación difusa**

Es la radiación que proviene del cielo como producto de la propagación de la radiación solar en la atmósfera.

**Insolación directa**

Es la que proviene de forma directa del sol. Es la que acogemos cuando los rayos solares no se disipan a su paso por la atmósfera terrestre.

**Inversor**

El desempeño del inversor es de cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje de salida de corriente alterna, con magnitud y frecuencia que desee el usuario.

**Módulo o panel solar fotovoltaico**

Grupo de celdas solares interconectadas en una unidad sellada.

**Potencia eléctrica**

Es la capacidad nominal de los equipos eléctricos. La unidad de medida es el vatio (W), el kilovatio (kW) o el megavatio (Mw).

### **Regulador de carga**

Se lo denomina unidad de control o control de carga. Dispositivo que maneja el flujo de corriente hasta la batería y de ahí hacia los dispositivos para protección de sobrecargas y sobre descargas.

### **Tensión eléctrica**

Es la diferencia de potencial eléctrico que existe entre los bornes eléctricos de conexión, para que de esta manera la corriente eléctrica pase por dicha instalación. La unidad de medida es el voltio.

## **2.2 Energías Renovables no Convencionales**

La Energía renovable es el recurso que se obtiene de las fuentes naturales que no se agotan. Se llama renovable porque se encuentran siempre en renovación por medios naturales y porque se relaciona de ciclos cercados, que también a su vez dependen de factores externos a la capa terrestre donde es aprovechada la energía renovable.

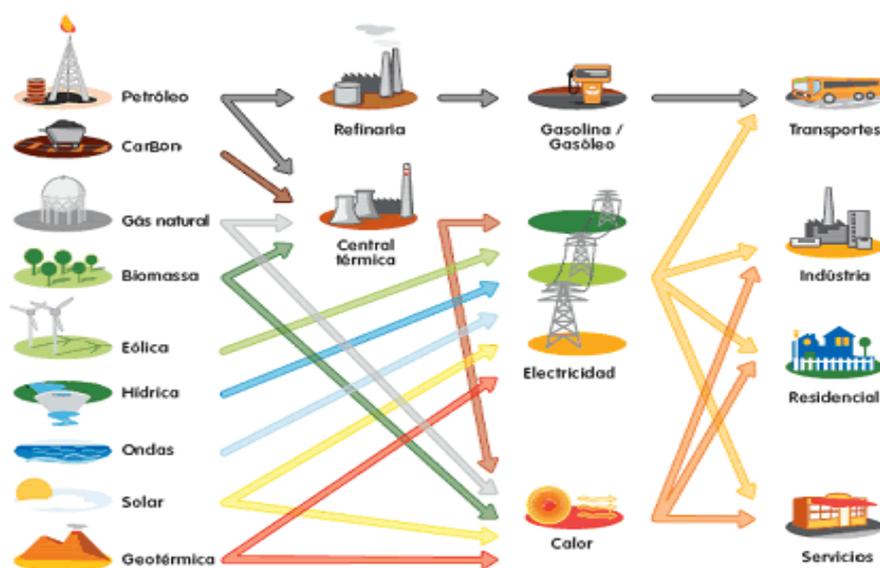
Entre las fuentes más principales de energía renovable están las que vienen directamente del sol y aquellas vinculadas con los océanos.

La irradiación solar es el motor para el movimiento de las masas de agua y aire, así como de la vida. Son las que provienen de la energía solar, las energías eólicas, hidráulicas, fotovoltaica, biomasa, térmica, etc.

Por otro parte, la energía geotérmica se produce por el calentamiento interno de la tierra. Es la energía que se propaga desde el centro del planeta tierra hacia sus capas externas.

Los mares son masas de agua en constante movimiento que se producen de dos maneras. El movimiento total, es decir se mueve como un solo objeto de lado a lado, este acontecimiento se denomina marea, causado por el fenómeno de la luna a la tierra. El beneficio de la energía producida por las mareas se denomina energía mareomotriz.

La llamada energía undimotriz utiliza el movimiento externo debido a las corrientes de aire que se encuentran con el agua de los océanos, el agua se sube formando olas. Por otro lado la energía mareotérmica comprende el recalentamiento de la superficie marina debido a las radiaciones del sol y beneficiarse de las diferencias de temperaturas a variadas profundidades del mar.(Cañar, 2014)



**Figura 1** Tipos de fuente de Energía

**Fuente:** <http://tiposdeenergia.info/wpcontent/uploads/2012/08/cicloEnergia.png>

### **2.2.1 Ventajas de las Energías Renovables**

- ✓ Optimizan la garantía del suministro energético, ya que favorecen a la variación y abastecimiento al utilizar recursos energéticos propios.
- ✓ Las energías renovables son cumplidas con el medio ambiente, a discrepancia de las energías arrancadas de los combustibles fósiles o la energía nuclear.
- ✓ Colaborar el progreso de actividades industriales y económicas a la altura regional tanto en lo que se representa al ciclo de inversión como a la de explotación.

### **2.2.2 Desventajas de las Energías Renovables**

- ✓ Dificultades de disponibilidad: No continuamente se dispone de ellas cuando es preciso su consumo. Requieren de almacenamiento.
- ✓ La inversión preliminar forzosa puede, en determinados asuntos, hacer que el sistema no sea conveniente o que sean necesarios extensas etapas de amortización.
- ✓ La internalización en los precios de sus ventajas sociales o medioambientales, lograría que fuesen más competitivas con las energías convencionales.

## **2.3 Energía Solar**

La denominada energía solar es la que se produce en el sol cuando átomos de hidrógeno se mezclan para conformar átomos más pesados de helio. Al concluir esta conversión, una parte se transforma en helio final y otra se ausenta en radiación luminosa. Esta radiación luminosa es emitida por el sol hacia todos los caminos. Al planeta tierra llega menos de 1% de esta radiación.

La energía solar es una de los recursos más limpios ya que al ser utilizada no produce contaminación ni efectos adversos al medio ambiente, como el ruido y gases tóxicos.(Administración de Asuntos de Energéticos, 2011)

### **2.3.1 Tecnologías del uso de energía solar**

#### **2.3.1.1 Solar Pasiva**

Esta utiliza y combina materiales de construcción, proyecta y coloca una estructura para que los requisitos de iluminación, calefacción y enfriamiento sean mínimos.(Administración de Asuntos de Energéticos, 2011)

#### **2.3.1.2 Solar Térmica**

Esta energía utiliza la radiación solar en forma de calor y luz para emitir aire caliente, agua caliente o generar electricidad por el vapor.(Administración de Asuntos de Energéticos, 2011)

#### **2.3.1.3 Solar híbrida**

Mezcla la energía solar con otra energía. Según la energía con la que se mezcle es una hibridación:

Renovable: Biomasa, eólica.

No renovable: Combustible fósil.(Administración de Asuntos de Energéticos, 2011)

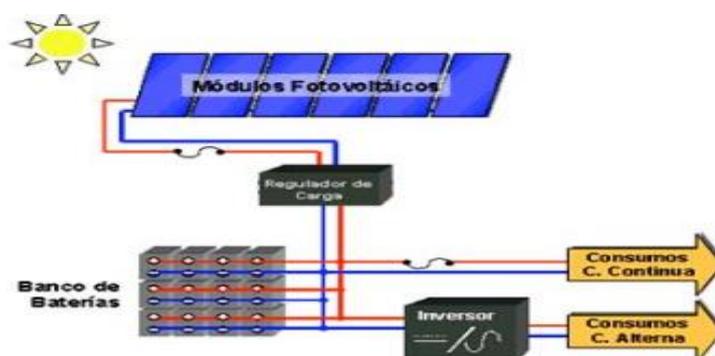
#### **2.3.1.4 Solar Eólica**

La utilización del recurso solar se da a cabo mediante el aire contenido dentro de una torre que en su base contiene aerogeneradores, en el transcurso del día esta

torre es calentada por el sol, calentándose también el aire de adentro formando una corriente de aire ascendente dentro de la torre y la absorción que esta crea en la base de la torre ventila y enfría la edificación.(Administración de Asuntos de Energéticos, 2011)

### 2.3.1.5 Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica genera electricidad, de forma indirecta, en el proceso de transformación a carbohidratos en la biomasa, pero el espectro de luz clara del sol puede aprovecharse para generar electricidad, por medio de celdas fotovoltaicas. (Administración de Asuntos de Energéticos, 2011)

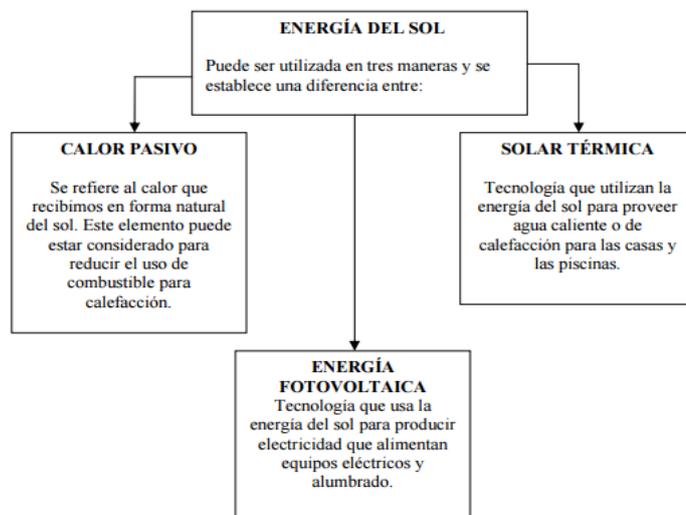


**Figura 2** Módulos Fotovoltaicos

**Fuente:** <http://www.pr.gov/NR/rdonlyres/7D186B25-6D8E-480A-94037187F0AAFE85/0/EnregiaSolar08.pdf>

### 2.4 Datos generales de un sistema de procreación solar

La energía del sol es gratuita y aprovechable de diferentes maneras, a continuación se puede observar un cuadro sinóptico donde se reparte la manera de que se explota la energía solar.(Rivera, 2012)



**Figura 3** *Energía del Sol*

**Fuente:** <http://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2106/1/UPSGT000288.pdf>

## 2.5 Fundamentos de tecnología fotovoltaica

Es viable transformar en forma directa la energía solar en energía eléctrica por un asunto fotovoltaico. La fotovoltaica está ligado a un conjunto de técnicas fundada en circuito integrado (Foto= luz, Voltaico= voltaje) que convierte energía derivado de la luz solar directamente en corriente eléctrica, y puede utilizar ya sea de manera rápida o contenida en una batería para su uso futuro. El efecto fotovoltaico es la reproducción de una fuerza electromotriz (f.e.m) como conclusión de la filtración de la radiación ionizante.

Los elementos para transformación de la energía que se utiliza para cambiar la luz del sol en electricidad por efecto fotovoltaico, son llamados celdas fotovoltaicas o celdas solares; entonces, una celda fotovoltaica es un transductor que transforma la energía del sol en electricidad y esto es fundamentalmente un diodo semiconductor apto para desenvolver un voltaje de 0.5-1.0V y una densidad de

corriente de 20-40 mA/cm<sup>2</sup>, depende también de los materiales utilizados y del estado de la luz solar.

El efecto solar fotovoltaico se puede analizar en manera natural en una diversidad de materiales, pero los que tienen una mejor función en la luz solar son los semiconductores. Cuando los fotones de la luz solar son filtrados en un semiconductor, se inventan electrones libres (también agujeros) con energías más elevadas que los electrones que brindan un vínculo en una base de cristal. Una vez que estos pares de hoyos de electrones libres son inventados, debe haber un campo eléctrico para incitar estos electrones de energía más elevadas a brotar fuera del semiconductor para desplegar un trabajo conveniente. En una celda solar peculiar esto se puede realizar mediante el uso de nexos de p-n. Es cierto que si un campo eléctrico existe mediante un nexo de p-n, este campo almacena a los electrones en un rumbo y los hoyos en otra.

Las celdas fotovoltaicas están elaboradas de materiales semiconductores, generalmente de silicio, para estas celdas solares se tiene un tipo de obleas delgadas de semiconductor especialmente tratadas para realizar un campo eléctrico negativo por un lado y positivo por el otro lado.

La corriente generada por la celda fotovoltaica es una corriente en forma directa (C.D), la cual se puede transformar cuando sea necesario en corriente alterna (C.A) con la colaboración de un equipo llamado inversor. La principal desigualdad entre el método fotovoltaico y otros tipos de energía del sol es que el fotovoltaico utiliza la energía del sol de forma directa en luz solar, y las otras tecnologías usan el calor del sol; las celdas fotovoltaicas tienen un mantenimiento reducido y una

prolongada vida, no tiene piezas en movimiento y sus elementos son de electrónica de etapa sólida, esto hace capaz utilizar los sistemas fotovoltaicos en lugares remotos en donde los recursos son pocos.

En forma general, el precio de la energía fotovoltaica parcialmente es elevado, sin considerar que existe ciertos manejos para las cuales la tecnología es selecta sobre otras debido a su utilidad de menor impacto ambiental para construir electricidad sin perjudicar al ambiente o emitir ruido. (Rivera, 2012)

## **2.6 Principio de funcionamiento de la energía solar fotovoltaica**

La transformación fotovoltaica se fundamenta en el efecto fotoeléctrico, es decir, en el cambio de la energía lumínica procedente del sol en energía eléctrica. Para llevar a cabo esta transformación se usan unos elementos llamados células solares, compuestos por materiales semiconductores en los que simuladamente se ha creado un campo eléctrico inmutable. El material más manejado es el Silicio, estas células ligadas en serie o paralelo crean un panel solar encargado de proveer la tensión y la corriente que se acomode a la demanda. (García, 2007)

### **2.6.1 Ventajas de la energía solar fotovoltaica**

- ✓ Al no elaborarse un tipo de combustión, no se forman contaminantes atmosféricos en el punto de manejo, además no se producen efectos como la lluvia ácida, efecto invernadero por CO<sub>2</sub>, etc.
- ✓ El Silicio, unidad básica para la elaboración de las células fotovoltaicas, es muy exuberante, no siendo forzoso explotar yacimientos de forma intensa.

- ✓ Al ser una energía básicamente de espacio local, impide pistas, cables, postes, no se solicitan grandes tendidos eléctricos, y su impacto visual es poco. Tampoco tiene unos requerimientos de suelo necesario desmedidamente grandes.
- ✓ Usualmente se origina la energía con desaparición total de ruidos.
- ✓ No obliga provisión exterior (combustible) ni presencia notable de otros tipos de recursos (agua, viento).

### **2.6.2 Desventajas de la energía solar fotovoltaica**

- ✓ Produce un Impacto en el desarrollo de fabricación de las placas: Extracción del Silicio, fabricación de las células.
- ✓ Se da Explotaciones conectadas a red: Exigencia de grandes extensiones de terreno Impacto visual.

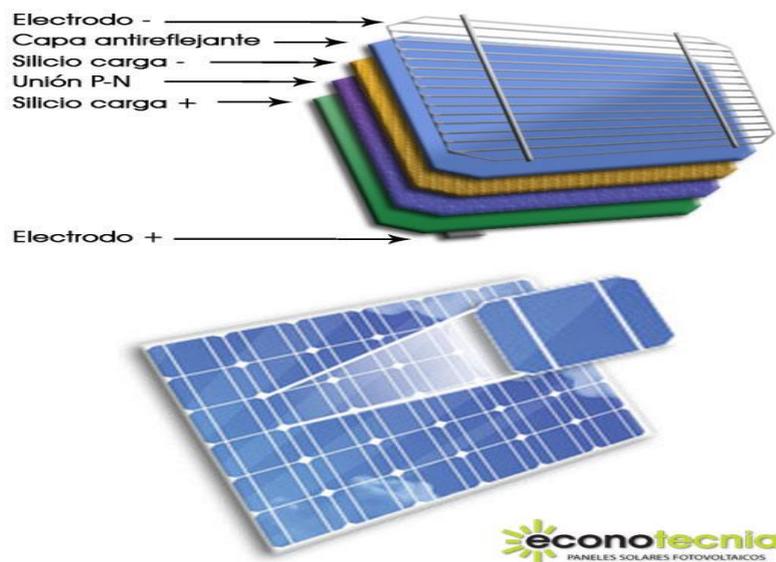
## **2.7 Célula solar**

### **2.7.1 Características básicas**

La unidad principal de cualquier tipo de instalación de energía solar fotovoltaica es el generador, que se lo denomina célula solar. Se identifica por transformar en forma directa la electricidad de fotones que se originan se la luz del sol. Su función se basa en el efecto fotovoltaico.

Esta célula solar actúa como un diodo: la parte que se encuentra exhibida a la radiación solar es la N, y la parte colocada en la franja de oscuridad, la P. Los terminales de conexión de la célula se encuentran sobre cada una de las partes del diodo: la parte de la cara que corresponde a la zona P se halla metalizada por

completo (no recibe luz), por otro lado la zona N el metalizado tiene forma de peine para que así la radiación solar llegue al semiconductor. (Labarta, 2012)



**Figura 4** Célula fotovoltaica

Fuente: [http://econotecnia.com/uploads/celula\\_fotovoltaiica.jpg](http://econotecnia.com/uploads/celula_fotovoltaiica.jpg)

### 2.7.2 Parámetros fundamentales de la célula solar

✓ **Corriente de iluminación ( $I_L$ )**

La corriente creada cuando incide la radiación solar en la célula solar.

✓ **Corriente de oscuridad**

Se debe a la remezcla de los pares electrón-hueco que se genera en el interior del semiconductor.

✓ **Tensión de circuito abierto ( $V_{OC}$ )**

El máximo voltaje que se consigue en los extremos de las células solares, que sucede cuando no está conectada a ninguna carga.

✓ **Corriente de Cortocircuito ( $I_{SC}$ )**

Es el máximo valor de la corriente que pasa por la célula solar. Esto sucede cuando sus terminales están en cortocircuito.

Cuando una célula solar está conectada a una carga, los valores de voltaje e intensidad se alteran. Existe dos de ellos para la cual la potencia concedida sea máxima:  $V_m$  (voltaje máximo) e  $I_m$  (Intensidad máxima), que siempre son menores que  $V_{oc}$  e  $I_{sc}$ . Entonces la fórmula para hallar la potencia máxima que puede conceder la célula solar es:

$$P_m = V_m I_m$$

Esto nos permite concretar un parámetro de la célula solar que toma el nombre de factor de forma (FF) y se calcula de la siguiente forma:

$$FF = \frac{V_m I_m}{V_{oc} I_{sc}}$$

Entonces el factor forma es la razón entre la máxima potencia que puede conceder la célula a la carga y el producto del voltaje de circuito abierto y la corriente de cortocircuito. En las células solares más usuales, los valores propios de FF son 0,7 o 0,8.(Labarta, 2012)

### 2.7.3 Fabricación

Desde de las rocas abundantes en cuarzo, por ejemplo cuarcita se obtiene silicio de elevada pureza (de cerca del 99%) y se funde.

Después de ser fundido se comienza la cristalización, como resultado se obtiene lingotes de silicio cristalino

El proceso de corte es muy trascendental ya que puede crear pérdidas de hasta el 50% de material.

Tras el proceso de corte se realiza al decapado, que radica en eliminar las irregularidades y fallas debidos al corte, así como los residuos de polvo o virutas que pudieran existir.

Cuando está limpia se le ejecuta un tratamiento que no se refleja, para obtener una superficie que absorba más eficiente la radiación solar.

Formación de la unión p-n mediante la degradación de varios materiales (boro y fósforo corrientemente), y su composición en la estructura de silicio cristalino.

Finalmente suministra a la célula de contactos eléctricos apropiados.(Garcia, 2007)

#### 2.7.4 Tipos

- **Silicio Mono cristalino**: es un material de silicio distinguido por una disposición ordenada y habitual de átomo, de forma que solo tiene una situación cristalina, es decir, todos los átomos están ubicados simétricamente. Se -Si (single cristal). Son de un color azulado oscuro y con un cierto brillo metálico. Alcanzan provechos de hasta el 17%.
- **Silicio policristalino**: silicio situado sobre otro sustrato, como una capa de 10-30 micrómetros y dimensión de grano entre 1 micrómetro y 1 mm. Las orientaciones de alineación van cambiando cada cierto tiempo durante la fase de degradación. Alcanzan rendimientos de hasta el 12%.
- **Silicio amorfo**: es un compuesto hidrogenado de silicio, no cristalino, situado sobre otra sustancia con un espesor de 1 micrómetro. No existe estructura

cristalina de forma ordenada, y el silicio se ha situado sobre un soporte transparente en forma de una capa fina. Muestran un color marrón y gris oscuro. Las células de silicio amorfo (no cristalino) parecen tener unas aspectos de futuro muy tranquilizadoras. Esta tecnología admite disponer de células de muy estrecho espesor y elaboración más simple y barata, aunque con eficacia del 6-8%. Su primordial campo de aplicación en la actualidad se encuentra en la alimentación de relojes, calculadoras, etc. (Labarta, 2012)

## 2.8 Esquema de un sistema de generación solar



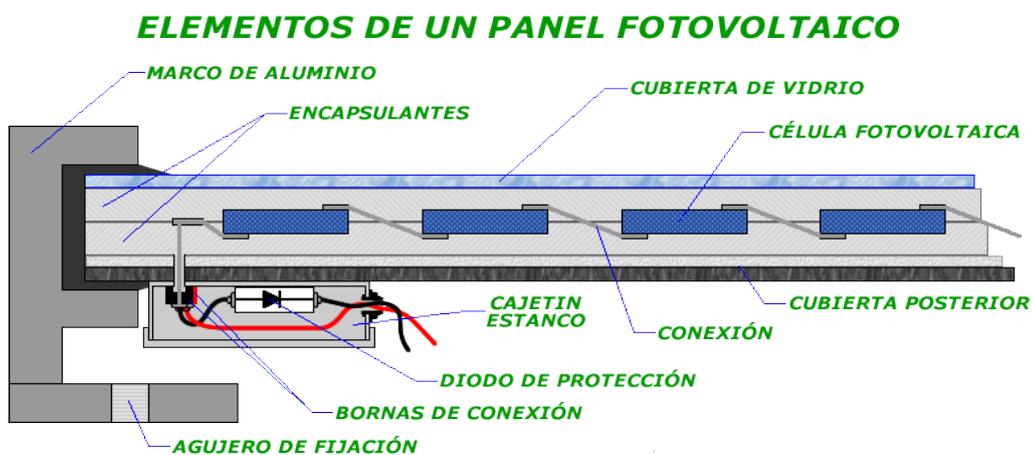
**Figura 5** Esquema de Instalación Fotovoltaica

**Fuente:** <http://www.teleobjetivo.org/wpcontent/uploads/2012/05/fotovoltaica-funcionamiento1.jpg>

Un sistema de producción de energía solar está conformado por:

### 2.8.1 Panel Solar

El panel fotovoltaico está constituido por un grupo de células, enlazadas eléctricamente, encapsuladas, y acopladas sobre una estructura de apoyo. Suministra una salida de conexión, un voltaje continuo, y se diseña para valores determinados de voltaje, que determinara el voltaje en el que va a operar el sistema fotovoltaico solar. (González, 2013)



**Figura 6** Elementos de Panel Fotovoltaico

**Fuente:** [https://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home\\_main\\_frame/04\\_componen/01\\_generador/01\\_basico/images/elem\\_panel.gif](https://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/04_componen/01_generador/01_basico/images/elem_panel.gif)

Los tipos de módulos fotovoltaicos provienen por la tecnología de elaboración de las células y son primordialmente:

Silicio Cristalino

Silicio Amorfo

**Tabla 1** Paneles según Tecnología de Fabricación

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

**Fuente:** <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

### **2.8.1.1 Potencia de la célula fotovoltaica**

La potencia que provee una célula de medida regular (ejemplo de 10 x 10 cm) es bastante reducida (en torno a 1 o 2 W), por lo que habitualmente será obligatorio tener que vincular muchas de ellas con el propósito de suministrar la potencia necesaria al sistema fotovoltaico solar. Es de este acontecimiento donde proviene la definición de panel fotovoltaico.

De acuerdo a la conexión eléctrica que elaboremos de las células fotovoltaicas, podemos tener diferentes probabilidades:

- Las conexiones en serie de las células admitirán agrandar el voltaje final en los límites de las células semejantes.
- La conexión en paralelo permitirá agrandar la intensidad total del conjunto.(González, 2013)

### **2.8.1.2 Agrupamiento y conexión de paneles**

Dependiendo de la instalación que estemos elaborando, y del empleo para que se ha diseñado el equipo, está la posibilidad de utilizar un panel o un conjunto de paneles que se instalarán agrupados sobre un determinado soporte y conectados entre sí eléctricamente.

En aplicaciones de escasa potencia, es posible hasta el uso de paneles solares flexibles, que cederán aplicaciones como alimentar un equipo de comunicaciones, recargar la batería de un teléfono, etc. Cuando solicitamos una potencia alta que no se puede conseguir con único modulo fotovoltaico, se acude a la conexión en grupo de varios paneles solares.

La conexión de los paneles solares se ejecuta por la parte posterior de estos mismos, en una caja de conexiones preparada para tal objetivo. Esta caja de conexión contiene los diodos de protección (diodos de bypass) que solo dejarán conducir la corriente en un sentido, y se resistirán a la circulación de la misma en el sentido contrario.

Tiene varios objetivos:

- Evitar que las baterías de la instalación se descarguen a través de los paneles.
- Impedir que se invierta el flujo de corrientes entre bloques interconectados en paralelo cuando en alguno de ellos se origina una sombra.
- Salvaguardar particularmente cada panel de posibles daños ocasionados por sombras parciales que se originen por circunstancias especiales. (Labarta, 2012)



**Figura 7** *Caja de Conexiones de Paneles Solares*

**Fuente:** [http://www.solarweb.net/forosolar/attachments/fotovoltaica-sistemas-aislados-la-red/916d1240215212-fotografias-instalacionesfotovoltaicasaisladas-img\\_1661.jpg](http://www.solarweb.net/forosolar/attachments/fotovoltaica-sistemas-aislados-la-red/916d1240215212-fotografias-instalacionesfotovoltaicasaisladas-img_1661.jpg)

### **2.8.2 Regulador de voltaje de carga**

Este dispositivo protege de sobre voltajes o sobre corrientes tanto en el panel solar como a la carga normalizando su nivelación de voltaje o interrumpiendo el servicio.(Rivera, 2012)

El regulador de voltaje comprueba continuamente el estado de carga de las baterías y normaliza la potencia de la carga de las mismas para prolongar su vida rentable. También crea alarmas del estado de carga.

Los reguladores de ahora incluyen microcontroladores para la buena misión de un sistema fotovoltaico. Su programa fabricado posibilita una inspección capaz de ajustarse a las diferentes situaciones de manera instantánea, autorizando la alteración manual de sus medidas de actividad para instalaciones exclusivas. Inclusive los hay que graban datos que admiten conocer cuál ha sido el progreso de la instalación durante un tiempo definitivo.

Para esto, consideran los valores de voltaje, temperatura, intensidad de carga y descarga, y volumen del acumulador.

Coexisten dos ejemplos de reguladores de carga, los lineales y los conmutados.

Dado que los módulos solares tienen una tensión nominal mayor que la de la batería, si no existiera el regulador se podrían provocar sobredescargas.

La razón de que esta tensión nominal de los paneles solares sea así debe ser primordialmente a dos razones:

- Amortiguar posibles rebajas de tensión por el aumento de temperatura,
- Asegurar la carga correcta de la batería. Para ello la tensión  $V_{oc}$  del panel deberá ser mayor que la tensión nominal de la batería.

El dimensionado de la instalación solar fotovoltaica se ejecuta de manera que se afirme el abastecimiento de energía en las malas condiciones de luminosidad del sol. Para ello se toma de referencia los valores de irradiación en el invierno. Esto puede inducir que en verano la energía contribuida por los módulos solares sea en ocasiones casi el doble de los cálculos apreciados, por lo que, si no se conecta el regulador entre los paneles y las baterías, la exuberancia de corriente alcanzaría llegar incluso a hacer hervir el electrolito de los acumuladores, con el peligro que ello conlleva. (Santamaria, 2010)

### 2.8.2.1 Tipos

- **Según la tecnología del interruptor:** relé electromecánico, estado sólido (MOSFET, IGBT...).
- **Según estrategia de desconexión del consumo:** por tensión, por algoritmo de cálculo del estado de carga, por otros algoritmos de gestión de la energía.
- Según posición del interruptor de control de generación: serie y paralelo.

Los fabricantes nos facilitan los valores de trabajo del regulador sobre una hoja de características. En estas hojas saldrán:

- Características físicas del regulador: peso, dimensiones, material empleado con su construcción, etc.
- Características eléctricas

- Normas de seguridad.

También hay que estimar otros tipos de aspectos, como pueden ser medidas de seguridad, etc. El regulador debe resguardar tanto a la instalación como a las personas que lo operen, por lo que deberá cargar sistemas que provean las medidas de seguridad apropiadas para cada uno de las situaciones. Los fabricantes nos suministran también este tipo de información.



**Figura 8** Regulador de Carga

Fuente: [https://cleanpress.files.wordpress.com/2010/04/regulador12a\\_2.jpg](https://cleanpress.files.wordpress.com/2010/04/regulador12a_2.jpg)

### 2.8.3 Batería o acumulador

El oficio principal de las baterías en un sistema de generación solar fotovoltaico es la de almacenar la energía que se provoca durante las horas de luz para poder ser manejada en la noche o durante etapas extendidas de mal época.

Otra trascendental función de las baterías es la de proporcionar una intensidad de corriente privilegiada a la que el dispositivo fotovoltaico puede conceder. Tal como el caso de un motor, que en el instante del arranque puede demandar una corriente de 4 a 6 veces su corriente nominal durante unos cortos segundos.

Las baterías son recargadas desde la electricidad generada por los paneles solares, por medio de un regulador de carga, y puede conceder su energía a la salida de la instalación, donde será consumida.(Marianella Garcia Villas, 1999)

Tres son los objetivos que tienen las baterías en las instalaciones fotovoltaicas:

- Acumular energía durante un determinado número de días
- Suministrar una potencia instantánea alta.
- Establecer la tensión de trabajo de la instalación.

Uno de los parámetros más destacados para tener en cuenta a la hora de preferir un acumulador o batería es la capacidad. Esta se define como la cantidad de electricidad que se puede conseguir en una descarga completa de la batería partiendo de un curso de carga total del mismo. Se mide en amperios hora (Ah). (Marianella Garcia Villas, 1999)

#### Parámetros

- Eficiencia de carga

Es la relación entre la energía usada para recargar la batería y la energía verdaderamente acumulada. Importa que sea un valor lo más alto posible. Si la eficiencia es baja, será necesario crecer el número de paneles solares para conseguir los resultados deseados.

- Autodescarga

Concierno al proceso mediante el acumulador, sin estar en uso, tiende a descargarse.

- Profundidad de descarga

Se refiere a la cantidad de energía, en tanto por ciento, que se consigue de la batería durante una establecida descarga, partiendo del acumulador completamente cargado. Está depende con la duración o vida útil del acumulador. Si los ciclos de descarga son breves, la duración del acumulador será mayor que si se la somete a descargas profundas.

Aparte de los parámetros eléctricos, las características que son deseables para las baterías a usar en las instalaciones solares son:

- Buena resistencia al ciclado
- Bajo mantenimiento
- Buen funcionamiento con corrientes pequeñas
- Amplia reserva de electrolito
- Depósito para materiales desprendidos
- Vasos transparentes

### **2.8.3.2 Tipos de baterías**

Las baterías se numeran en función de la tecnología de fabricación y de los electrolitos utilizados.

**Tabla 2**Tipos de Baterías

Tipo de batería	Tensión por vaso (V)	Tiempo de recarga	Autodescarga por mes	N.º de ciclos	Capacidad (por tamaño)	Precio
Plomo-ácido	2	8-16 horas	< 5 %	Medio	30-50 Wh/kg	Bajo
Ni-Cd (níquel-cadmio)	1,2	1 hora	20 %	Elevado	50-80 Wh/kg	Medio
Ni-Mh (níquel-metal hydride)	1,2	2-4 horas	20 %	Medio	60-120 Wh/kg	Medio
Li ion (ión litio)	3,6	2-4 horas	6 %	Medio-bajo	110-160 Wh/kg	Alto

Fuente: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

Las baterías que más se usan en las instalaciones fotovoltaicas son las de plomo ácido, por las características que esta presenta. Dentro de estos tipos de batería nos podemos encontrar algunos modelos. (Marianella Garcia Villas, 1999)

**Tabla 3**Modelos de Baterías

TIPO	VENTAJAS	INCONVENIENTES	ASPECTO
Tubular estacionaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclado profundo.</li> <li>• Tiempos de vida largos.</li> <li>• Reserva de sedimentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio elevado.</li> <li>• Disponibilidad escasa en determinados lugares.</li> </ul>	
Arranque (SLI, automóvil)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio.</li> <li>• Disponibilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal funcionamiento ante ciclado profundo y bajas corrientes.</li> <li>• Tiempo de vida corto.</li> <li>• Escasa reserva de electrolito.</li> </ul>	
Solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabricación similar a SLI.</li> <li>• Amplia reserva de electrolito.</li> <li>• Buen funcionamiento en ciclados medios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempos de vida medios.</li> <li>• No recomendada para ciclados profundos y prolongados.</li> </ul>	
Gel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escaso mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deterioro rápido en condiciones de funcionamiento extremas de VL.</li> </ul>	

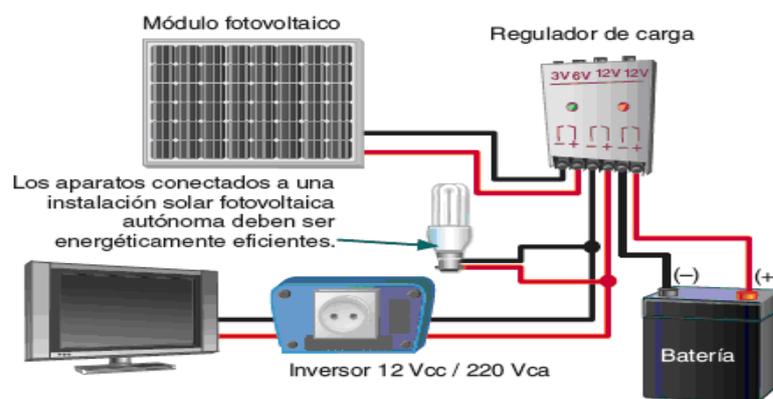
Fuente: <http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>

## 2.8.4 Inversor

Los equipos que convierten la corriente directa a corriente alterna son llamados inversores. El desempeño de un inversor es transformar un voltaje de ingreso C.D a un voltaje proporcionado de salida A.C, con capacidad y frecuencia

deseada. Tanto el voltaje de salida como la de la frecuencia pueden ser estables o inestables. Si se cambia el voltaje de ingreso en C.D y la ganancia del inversor se mantiene firme, es viable conseguir un voltaje variable de salida. Por otro lado, si el voltaje de ingreso en C.D es sostenido y no se lo puede controlar, se puede conseguir un voltaje de salida variable si se altera la ganancia del inversor, esto comúnmente se realiza controlando la modulación de espacioso pulso en el interior del inversor. La ganancia del inversor se puede concretar como la analogía entre el voltaje de salida en C.A y el voltaje de ingreso en C.D.

El uso de inversores es frecuente en aplicaciones industriales aquellas como la propulsión de motores de C.A de velocidad variable, la calefacción por inducción, las fuentes de apoyo y las de poder, alimentaciones sin interrumpir de potencia.(Rivera, 2012)



**Figura 9** Inversor

**Fuente:** <http://www.autoconsumosi.com/wp-content/uploads/partes.bmp>

Las características deseables para un inversor DC-AC la podemos abreviar de la siguiente forma:

- **Alta eficiencia:** debe funcionar correctamente para un extenso rango de potencias.

- **Bajo consumo en vacío:** cuando no hay cargas conectadas.
- **Alta fiabilidad:** resistencia a los picos de arranque

Buena regulación de la tensión y frecuencia de salida: que debe ser conforme con la red eléctrica.

## 2.9 Usos y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica

Hay dos maneras de usar la energía eléctrica generada a partir del efecto fotovoltaico:

- En instalaciones aisladas a la red eléctrica
- En instalaciones conectadas a la red eléctrica convencional (ASIF y Consejería de Economía de Madrid, 2010)

### 2.9.1 Sistemas aislados a la red eléctrica

Son los sistemas que se utilizan en denominados sitios en los que no hay acercamiento a la red eléctrica general y en efecto es más económico un sistema solar fotovoltaico que contar con una línea entre la red eléctrica y el consumidor.

Dado que los paneles solares sólo promueven energía en las horas de radiación solar y la energía se requiere todo el día, es preciso un sistema de baterías.

En el transcurso de las horas con radiación solar hay que generar más energía de la que se requiere para almacenar lo que sobra para después poder usar cuando no se esté produciendo energía. La porción de energía que se requiere almacenar se estima de acuerdo a las situaciones climáticas del sitio y el uso de energía eléctrica. De tal forma que en un sitio donde se encuentre numerosos días con sol al año habrá

que almacenar pequeña cantidad de energía. Si el ciclo sin luz solar es muy extendido, hay que almacenar más cantidad de energía.

La cantidad de paneles solares a ubicar debe deducirse teniendo en consideración:

- La demanda de energía en los meses más adversos.
- Las circunstancias técnicas excelentes de orientación e inclinación de los paneles, de acuerdo a la zona de la instalación.

Para mejorar el sistema es imperioso calcular de forma adecuada la demanda con el propósito de no sobredimensionar la instalación fotovoltaica.

Es apropiado usar artefactos eléctricos y luminaria de poco consumo eléctrico, para que de esta forma el sistema fotovoltaico sea más ahorrador. (ASIF y Consejería de Economía de Madrid, 2010)

### **2.9.1.1 Mantenimiento**

Las operaciones de mantenimiento son:

- Los paneles que forman el generador apenas necesiten mantenimiento, basta limpiarlos con algún producto no abrasivo cuando se muestre suciedad solidificada.
- El regulador de carga no solicita mantenimiento, pero si necesita ser revisado para justificar su buen funcionamiento.
- En las baterías se debe inspeccionar que el nivel de agua del electrolito este dentro de unos límites admisibles. Para restablecer se usa agua desmineralizada o destilada. Se debe examinar su nivel mensualmente en cada uno de los elementos y mantener los bornes de conexión libres de

sulfato. La medida de la densidad del electrolito puede notificar de posibles averías. Actualmente existen baterías sin mantenimiento o de electrolito gelificado que no necesitan reposición de agua.

El inversor no requiere un mantenimiento especial, solamente debe comprobarse su correcto funcionamiento.(ASIF y Consejería de Economía de Madrid, 2010)

### **2.9.1.2 Aplicaciones**

Las más importantes aplicaciones de los sistemas aislados de la red eléctrica son:

- ✓ Aplicaciones espaciales

Desde hace mucho tiempo los satélites y naves espaciales han usado paneles solares fotovoltaicos para alimentar sus equipos electrónicos.

- ✓ Telecomunicaciones

Existen bastantes equipos de telecomunicaciones en zonas de difícil acceso, apartados de la red eléctrica, sostenidos por energía solar fotovoltaica. En estos casos, usualmente, el recurso solar es la más económico y más fiable. Son ejemplos como: repetidores de televisión, equipos de radio, antenas de telefonía móvil, etc.(ASIF y Consejería de Economía de Madrid, 2010)

- ✓ Señalización

La señalización marítima y terrestre es muy importante en los sistemas fotovoltaicos solares. Son muchos los modelos en aeropuertos, señalización de calles y puertos marítimos, etc.

✓ Bombeo

Al estar situados los pozos lejos de la red eléctrica general, el bombeo con energía solar fotovoltaica es una resolución correcta. Estas instalaciones fotovoltaicas se apropian muy bien a las necesidades dado que en los meses con mayor radiación solar, que es regularmente cuando más agua se requiere, es cuando más energía se genera. En estos sistemas de acumulación de energía normalmente es en energía potencial, succionando agua a tanques altos.

✓ Sitios protegidas

En paisajes de hábitat natural, donde por razones de defensa del ambiente se indica la no instalación de tendidos eléctricos aéreos, en algunas situaciones, resulta más factible usar sistemas fotovoltaicos en vez de tendidos eléctricos aéreos o subterráneos.

✓ Electrificación de viviendas aisladas

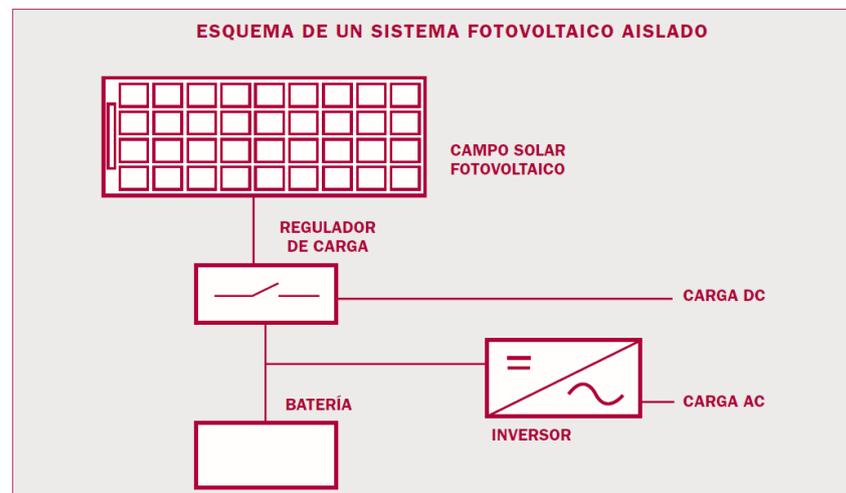
El alejamiento del sitio de consumo a la red general puede formar, en varias situaciones, más beneficioso esta aplicación debido no solo al precio de ubicar la red eléctrica sino además de la clase del abastecimiento eléctrico.

✓ Iluminación de calles y carreteras

La posibilidad de usar sistemas de luminaria independientes de cómoda instalación y pequeña obra civil forma una medida correcta en bastantes veces.

- ✓ Sistemas agrupados para localidades rurales aisladas

Cuando se necesita electrificar una minoría de población rural aislada, la resolución más correcta es instalar un sistema centralizado que gestione y divida la energía de los habitantes de la población. (ASIF y Consejería de Economía de Madrid, 2010)



**Figura 10** Esquema de un Sistema Fotovoltaico Aislado

**Fuente:** <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/energia-solar-fotovoltaica-en-la-comunidad-de-madrid-fenercom.pdf>

### 2.9.2 Sistemas conectados a la red eléctrica

En aquellos sitios donde hay energía eléctrica, la unión a red de los sistemas solares fotovoltaicos favorece a la disminución de difusiones de dióxido de carbono al ambiente. Este modo se acomoda correctamente a la curva de la demanda de energía eléctrica, ya que justo en el tiempo en que más energía producen los paneles solares, cuando hay radiación solar, es cuando más energía eléctrica se requiere.

Al instalar un sistema fotovoltaico solar conectado a la red, se cuenta con una pequeña central eléctrica que suministra kWh verdes (energía limpia) a la red eléctrica para que se gasten allí donde sean requeridos lo que excluye la pérdidas en transporte de electricidad.

En las instalaciones que se conectan a la red, la dimensión de la instalación no obedece al consumo de energía eléctrica de la edificación en particular, lo que facilita de gran manera su diseño. Para medir la instalación es obligatorio conocer el área y la financiación inicial con la que se cuenta.

Es significativo saber que el consumo de energía eléctrica es autónoma de la energía producida por los paneles solares. El cliente sigue comprando la energía eléctrica que consume a la compañía de acuerdo al pliego tarifario.(ASIF y Consejería de Economía de Madrid, 2010)

### **2.9.2.1 Mantenimiento**

En el mantenimiento general se realiza el lavado de los paneles solares, cuando se descubre basura solidada, y la verificación visual de la actividad del inversor. La duración promedio de la instalación es más de treinta años. (ASIF y Consejería de Economía de Madrid, 2010)

### **2.9.2.2 Aplicaciones**

- ✓ Tejados de viviendas

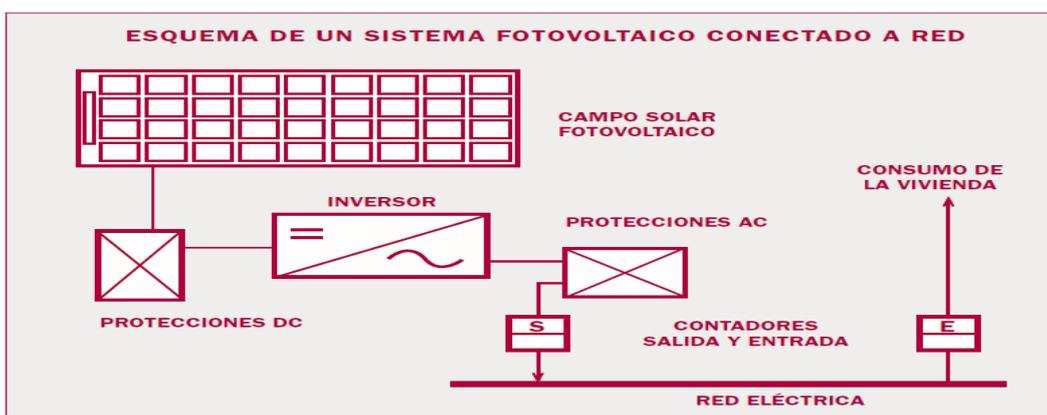
Son sistemas modulares de fácil y rápida instalación donde se utiliza la superficie del tejado de la vivienda para montar los paneles solares. El peso de los módulos sobre la cubierta de la vivienda no supone una sobrecarga para el mismo.

✓ Plantas de producción de electricidad

Las plantas de generación de energía eléctrica son de uso industrial que pueden colocarse en sitios rurales no utilizadas para otras ocupaciones en áreas urbanas como parques o sitios comerciales.

✓ Integración en edificios

Por integración fotovoltaica debemos comprender el reemplazo de piezas arquitectónicas que contienen el componente fotovoltaico, y que además son generadores de electricidad. De manera que es para la aplicación aisladas a red eléctrica, y para las conectadas a ellas, es necesario cuidar la incorporación de los sistemas fotovoltaicos al entorno, rural o urbano. Pero en asuntos urbanos conectados a la red eléctrica, en la que se juntas exigencias urbanísticas a los motivos medioambientales, donde la integración tiene más importancia. (ASIF y Consejería de Economía de Madrid, 2010)



**Figura 11** Esquema de un Sistema Fotovoltaico Conectado a Red

**Fuente:** <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/energia-solar-fotovoltaica-en-la-comunidad-de-madrid-fenercom.pdf>

## CAPÍTULO III

### RADIACIÓN Y AUTOCONSUMO SOLAR

#### 3.1 Radiación solar en el Ecuador

La situación geográfica del Ecuador lo transforma en un país rico con respecto a la energía solar, puesto a que el ángulo de incidencia de la radiación solar es usualmente perpendicular a la superficie ecuatoriana durante todo el año, lo que no sucede con otros países del mundo en la cual el ángulo de incidencia de la radiación solar se altera según las estaciones del año.

Esta importante ventaja relativa del Ecuador se interpreta en la aceptación de una constante y mayor cantidad de radiación solar que cambia dentro del territorio ecuatoriano debido únicamente a condiciones climatológicas y geográficas locales (por ejemplo altura sobre el nivel del mar o presencia de nubosidad).

Desde el mes de agosto del 2008 el Ecuador cuenta con un Atlas de Irradiación Solar desarrollado por la Corporación para la Investigación Energética (CIE) para uso y expansión de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad, ARCONEL. En el Atlas Solar se puede descubrir datos geo referenciados sobre radiación global, difusa y directa en el Ecuador continental, siendo este escrito una valiosa herramienta para desarrollar proyectos de energía solar.

El Atlas de Radiación Solar del Ecuador contiene 39 mapas en formato impreso y digital con una resolución de 1  $Km^2$ , también del referente software de consulta y la base de datos pertinente; contiene información mensual de las radiaciones directa, difusa y global y los promedios anuales en  $Wh/m^2/día$ .(Reinoso, 2014)

En muchos puntos de la geografía Ecuatoriana supera una altura de 1.000 msnm, llegando incluso a zonas con 3.000 msnm o más. Los componentes electrónicos tienen unos rendimientos inferiores a la misma temperatura que en zonas con una altura inferior.

El potencial anual promedio para el territorio Ecuatoriano es de 4,4 a 4,7 kWh/(m<sup>2</sup>\*día) y teniendo un beneficio de una radiación constante prácticamente durante todo el año.

### **Ventajas de la energía solar en el Ecuador**

- ✓ Ecuador presenta una gran estabilidad en cuanto a la radiación anual percibida.
- ✓ Unos índices de irradiancia (W/m<sup>2</sup> ) e irradiación (Wh/m<sup>2</sup> ) elevados, dependiendo de las zonas del país.
- ✓ Por tanto un potencial de generación fotovoltaica importante.
- ✓ Zonas con radiación alta y temperaturas suaves. Favorecen la producción.

### **Desventajas de la energía solar en el Ecuador**

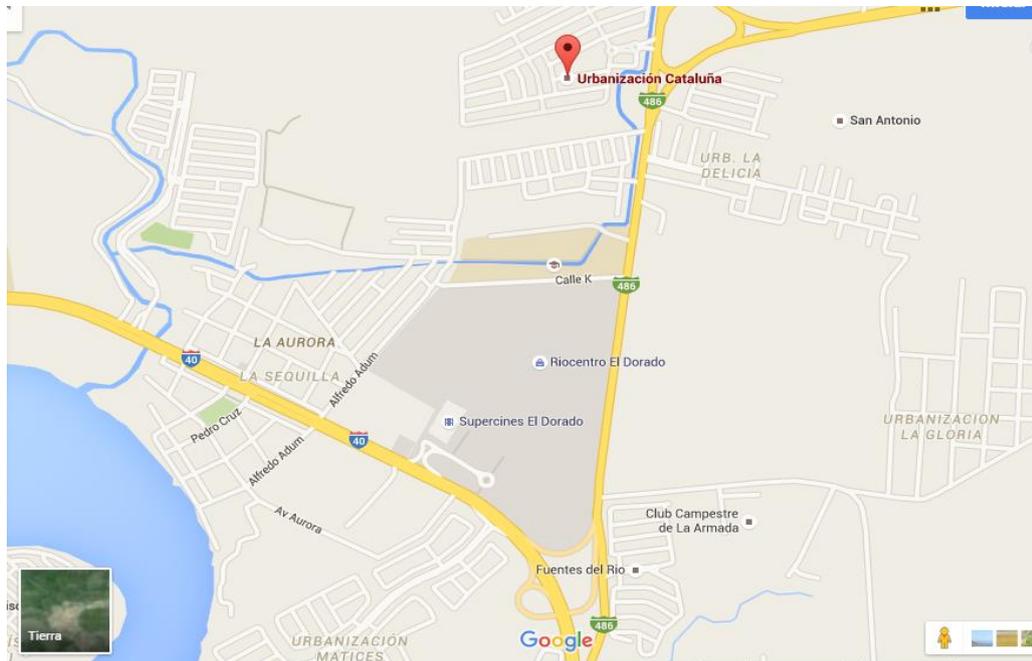
- ✓ No existen mediciones in situ en una distribución espacial o temporal suficientemente amplia y copiosa, como para disponer de una fuente fiable.
- ✓ No permite disponer de una valoración real del potencial del Ecuador en producción energética asociada a la fotovoltaica

### 3.2 Radiación solar en la zona Daular

La zona de la parroquia La Aurora del cantón Daule es de gran desarrollo inmobiliario por las urbanizaciones privadas que se encuentran en la zona así como también de creciente desarrollo comercial. Dentro del Cantón Daule, la vía a Samborondón toma el nombre de León Febres-Cordero que tiene alrededor de 25.000 habitantes, esta parroquia se ubica entre las urbanizaciones privadas desarrolladas desde la Y (en el Km 10 de la vía a Samborondón, dividida a ese cantón Daule) hasta el puente Vicente Rocafuerte y es separada de Pascuales por el río Daule.

Esta zona de gran radiación solar, esta zona era tiempo atrás agrícola-ganadera, donde en la actualidad hay más de 25 urbanizaciones privadas, en este lugar no hay edificios de gran altura, llegando una radiación solar fuerte. Por otra parte nuestro país por estar situado en la Línea Ecuatorial tiene un potencial solar, que la sitúa en niveles muy importantes. Los datos de radiación solar en Ecuador promedio de insolación directa es  $300 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$ . La irradiación en esta zona es de  $4200 \text{ Wh/m}^2$  entonces podemos deducir que en el día hay 4.2 HSP (horas sol pico).

La ventaja en el Ecuador es que la posición del sol permite que los paneles sean colocados horizontalmente y así recibir energía prácticamente 12 horas al día.



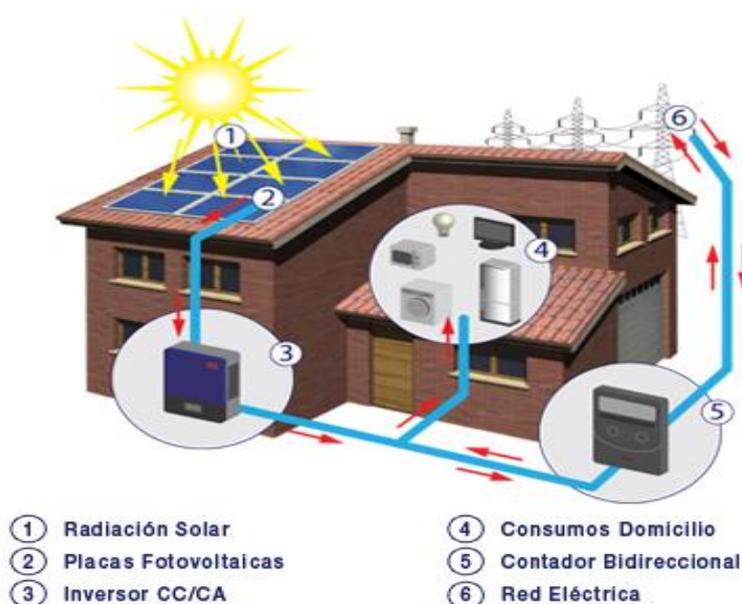
**Figura 12** *Ubicación Zona Daular*

**Fuente:** Google Maps (2016)

### 3.3 Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo

Un sistema solar fotovoltaico para el autoconsumo de una vivienda o empresa, conectada a la red eléctrica, es muy simple: no necesita de baterías y no emite ruidos ni difunde emisiones de humos. Su mantenimiento, es poco, y su fiabilidad está respaldada por el fabricante de los paneles solares. La energía que generan los paneles solares, o la que se consume de forma directa si hay demanda eléctrica, o si bien se inyecta a la red eléctrica. Cuando los paneles solares no generan (no hay demasiada radiación solar) se puede seguir consumiendo electricidad a través de la red eléctrica convencional. El objetivo primordial es que al termino de 12 meses es obtener un balance neto de energía, es decir: se ha generado tanta energía con la instalación solar fotovoltaica como la que se ha consumido.

Además se obtiene energía eléctrica de forma más directa y limpia, así ayudando al medio ambiente. (Sud, Grupo, 2005)



**Figura 13** Instalación Fotovoltaica de Autoconsumo

Fuente: <http://www.amicsterra.org/cache/fc/ee/9a7fbbc542fe93a32611cfa6a382d2a0234.jpeg>

### 3.3.1 Componentes de los sistemas de autoconsumo fotovoltaico

**inyectado a red.**

Una de las principales ventajas de este sistema fotovoltaico es que se requieren menos elementos que en el tema de los sistemas aislados, ya que no necesita de un acumulador o batería, por lo que son más beneficiosos económicamente. Entonces, un sistema fotovoltaico con conexión a red sólo necesita de los siguientes componentes:

**Paneles solares fotovoltaicos**– Son aquellos que transforman la energía solar en electricidad. Los módulos fotovoltaicos generan energía eléctrica en corriente continua (CC).

**Inversores**– Es el elemento que convierte la corriente eléctrica que generan los módulos en corriente alterna para la vivienda.

Los inversores convierten la electricidad de corriente continua, que es como emite los paneles, a corriente alterna para las viviendas. También estos sistemas transforman la corriente eléctrica de 12 V, el voltaje que suele emitir del paneles solares, a 240 V o 120 V que es el que necesitan las viviendas de Europa y América respectivamente.

El inversor puede ser un único elemento que convierte toda la corriente que llega de los paneles solares o también tratarse de microinversores acoplados a cada uno de los paneles solares que convierten de manera individual la corriente generada por cada panel solar.(Sitio Solar, 2013)

### **3.3.2 Tipos de Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo**

Puesto que cada consumidor entrega una curva de demanda distinta así como particularidades con respecto a la disponibilidad de acceso a la red eléctrica. Se diseñan distintas soluciones que se ajustan a cada situación para entregar una adecuada gestión de la energía solar, optimizando la eficiencia, resumiendo la gestión y posibilitando el mayor ahorro de costo posible.(Circutor, 1974)

#### **3.3.2.1 Autoconsumo Instantáneo con control sobre la inyección a red.**

Es Ideal para los edificios con un consumo eléctrico importante en horas diurnas. Los controladores CDP (Control Dinámico de Potencia), adaptan, en todo instante, la potencia máxima de producción de los inversores fotovoltaicos a la

potencia que se consume en el edificio. De esta manera se puede confirmar, como por ejemplo, la no inyección de excedentes energéticos a la red eléctrica, o bien la inyección de la fracción de potencia que acepte la legislación de cada nación.

Este tipo de instalaciones solares fotovoltaicas admite, en diferentes países, la incorporación del sistema fotovoltaico en edificios como parte innata de su red eléctrica interior, transformándose en un elemento de ahorro energético y no como una central de generación de energía eléctrica que solicite algunas capacidades de desocupación a la red a la que se haya conectada.(Circutor, 1974)

### **3.3.2.2 Autoconsumo diferido con acumulación de energía.**

Indispensable para aquellos edificios con un consumo eléctrico importante en las horas nocturnas o poca radiación solar.

### **3.3.2.3. Instalaciones aisladas a la red eléctrica.**

Admite electrificar lugares con dificultoso acceso a la red de distribución eléctrica considerando las necesidades energéticas de distintas tipologías de consumo (residencial, agrícola, turismo, etc.). Las soluciones aisladas de la red brindan un suministro eléctrico de calidad para cualquier uso energético normal, iluminación, electrodomésticos, equipos de potencia, tanto en modo monofásico y trifásico.

La generación híbrida solar – diesel obedeciendo las propiedades del consumo, la gestión profunda de la acumulación y de la demanda admiten optimizar el rendimiento de la instalación y disminuir el uso del grupo electrógeno de soporte.(Circutor, 1974)

#### **3.3.2.4 Instalaciones con acoplamiento AC a la red.**

Los edificios, conectados a la red eléctrica y que disponen de un sistema de generación solar fotovoltaica pueden derivar una parte de la producción solar para ser consumida en horas de poca insolación.

En estos sistemas fotovoltaicos, el control de la carga y descarga de la batería permite disminuir y descartar los excedentes diurnos que puedan ser exportados a la red eléctrica, así como reducir las puntas de potencia solicitadas a la propia red mediante la inyección de potencia originaria del sistema de acumulación.(Circutor, 1974)

#### **3.4 La medición neta, saldo neto, balance neto o net metering.**

Hace un tiempo atrás, en algunos países, legalmente sólo era viable instalar paneles solares para autoconsumo en viviendas o instalaciones que no tuvieran el acceso de conectarse a la red eléctrica. La producción de energía eléctrica y su distribución sólo pertenecía a las compañías eléctricas, motivo por el cual el modelo eléctrico vigente en el planeta es el de las grandes centrales de generación de energía eléctrica, que a través de complejos sistemas de transporte, lo comercializan a los consumidores.

Esta realidad sin embargo ha comenzado a cambiar en los últimos años y en muchos países han evolucionado legislativamente para aceptar a particulares y empresas que no se ubicaran en lugares remotos la instalación de sistemas de energías renovables con los que producir electricidad, para autoconsumo y para inyectarla a la red eléctrica

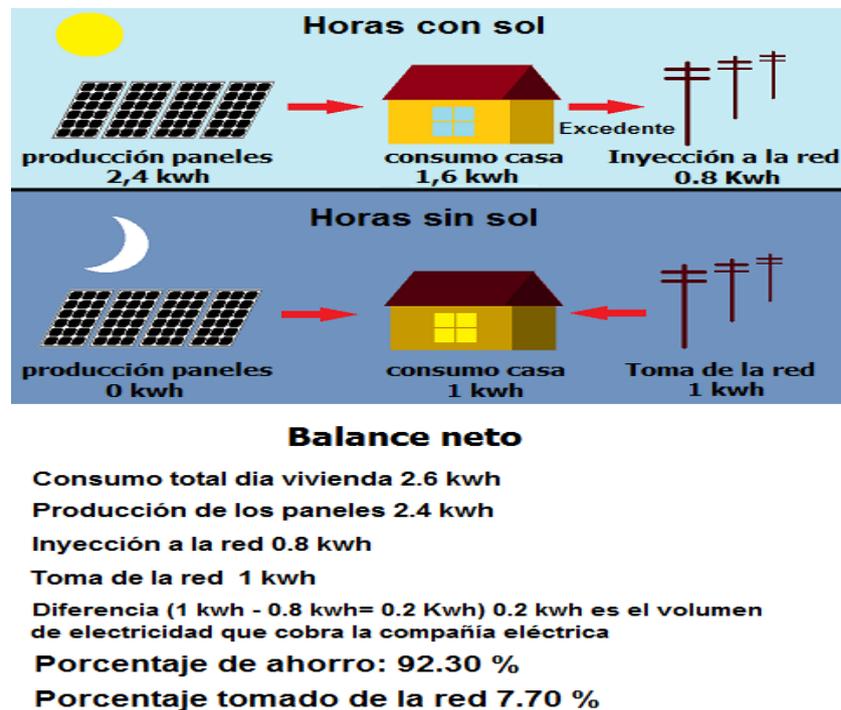
Uno de los esquemas más atractivos, y quizá el de más futuro, es el que se denomina como medición neta, saldo neto o balance neto y que también es llamado en inglés Net Metering.(Sitio Solar, 2013)

### **3.4.1 Balance Neto.**

Es un tipo de conexión entre un pequeño productor de electricidad renovable para autoconsumo (eólica o fotovoltaica) y la red eléctrica general, en el cual se produce un intercambio de energía eléctrica.

Siguiendo este esquema, un usuario instala módulos fotovoltaicos en su vivienda para generar una cantidad de energía eléctrica que consume de forma directa en su vivienda. En el instante en el que sus módulos fotovoltaicos generan más energía eléctrica de la que consume, el usuario invierte los sobrantes de electricidad a la red general. Además, en los instantes en los que se requiera electricidad y los paneles fotovoltaicos no estén produciendo energía, el usuario puede coger de la red general la energía que requiera. En esta situación, el usuario no tiene una batería, sino que recurre a la red general como apoyo para situaciones en los que no puede producir energía eléctrica. Todos los ingresos de energía eléctrica a la red por parte del usuario, así como el volumen de electricidad que este toma de la red son contabilizadas por un contador de doble sentido.

Al final del Día se contabiliza la diferencia entre la energía que ha inyectado el pequeño productor a la red eléctrica general y la que ha tomado de la misma red.  
(Sitio Solar, 2013)



**Figura 14** Balance Neto

Fuente: <http://www.sitiosolar.com/el-autoconsumo-fotovoltaico-inyectado-a-red/>

### 3.5 Ventajas y Beneficios de las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo conectadas a la red.

#### ➤ Ahorro Económico

La fácil instalación de módulos fotovoltaicos para autoconsumo conectado a red general, puede presumir un ahorro en la factura de consumo eléctrico del 60% o 90% en función de la dimensión de la instalación y de su nivel de cubrir la demanda energética. El ahorro viene de que al producir energía eléctrica gratis con la luz solar para autoconsumo, se deja de desembolsar dinero en la compra de esa misma cantidad de energía eléctrica a la compañía distribuidora.

Se ha estimado que el tiempo de ganancia de la inversión en un país como por ejemplo España está en una categoría de entre 7 y 12 años al costo actual de la

energía eléctrica. Esto tomando en cuenta únicamente el ahorro generado y sin examinar la cierta retribución que la venta de sobrantes de energía eléctrica a la compañía distribuidora pueda sobrellevar, lo cual en España aún no está reglamentado, pero en otros países latinos sí.

Reflexionando que un sistema solar fotovoltaico puede trabajar no menos de 20 años, aunque unos modelos de reguladores tienen poca vida útil y tendrán que ser reemplazados antes, a partir de que se efectúe la etapa de retorno, el ahorro económico que genere el sistema será neto.

Actualmente en el Ecuador se está analizando por parte de ARCONEL este tipo de compensación.

Por otro lado, al producir un porcentaje significativo de la electricidad que consume de forma gratuita, el productor doméstico sufre mucho menos los posibles cambios en los costos de electricidad. (Sitio Solar, 2013)

➤ Eficiencia Energética, transporte

Generar la energía eléctrica en el mismo sitio en que se consume resulta más eficaz que generarla de manera centralizada y distribuirla. Se cree que en el transporte y la distribución de la energía eléctrica se desperdicia en torno al 10 % de la misma. Esto presume un gran volumen de dinero, energía gastada y cuando la energía es de origen fósil, una emisión de CO<sub>2</sub> gratuita. (Sitio Solar, 2013)

➤ Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>

Situación que, por ahora está menos presente, sigue siendo de valiosa importancia. Los paneles solares fotovoltaicos, al producir la electricidad a partir de la luz solar, no producen CO<sub>2</sub> en su funcionamiento. La instalación máxima de este sistema fotovoltaico, lo cual en pocos años podría ser una realidad debido a las constantes descensos de precio de los equipos para estas instalaciones, considerara una rebaja significativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.(Sitio Solar, 2013)

➤ Fomento de empleo y Sostenibilidad

El suceso de que la gente pueda producir su propia energía eléctrica para su vivienda a través de módulos fotovoltaicos y agregar a la red general causará la creación y el mantenimiento de un conjunto de empresas instaladoras que generarán empleo de forma local. A su vez se promoverá la industria fotovoltaica, que en algunos países es también local, lo que conllevara que la tecnología del sector siga evolucionando y que se sigan bajando los precios e incrementando la eficiencia. También se admitirá que en un futuro muy cercano la electricidad fotovoltaica resulte más económica que la producida con combustibles fósiles.(Sitio Solar, 2013)

### **3.6 Inclinación y orientación del panel fotovoltaico.**

La radiación solar que incurre sobre un panel solar cambiara con el ángulo que conforme con la radiación. La incitación del recurso solar será enorme cuando la ubicación del panel fotovoltaico sea derecho a la radiación.

El ángulo de inclinación de los rayos solares con relación al plano horizontal es cambiante en el transcurso del período anual (más en verano y poca en invierno) entonces, en aquellas instalaciones donde los módulos estén firmes, estará un ángulo

de inclinación que mejorará la compilación de energía sobre un apoyo anual. Es decir, beneficia encontrar el ángulo de inclinación de los módulos solares respecto a la superficie horizontal que hace máxima la potencia media anual obtenida. En general estos casos el ángulo concuerda con la latitud del sitio de la instalación. Habitualmente se acostumbra a considerar un ángulo superior, alrededor de  $15^\circ$ , en provecho de una mayor atracción durante la época de invierno, en el momento que la irradiación se reduce, a costa de una peor captación en verano, cuando hay mayor volumen de luz solar.

Puede ocurrir que la instalación no vaya a utilizarse durante todo el periodo anual sino sólo en ciertas estaciones. Entonces, si la instalación se va a utilizar en verano es mejor que la inclinación del receptor sea menor que la extensión del sitio, alrededor de  $15^\circ$ .

Ciertamente, las pérdidas del plano horizontal respecto a las que están inclinadas incrementan de forma progresiva a manera que nos aproximamos al norte o al sur. En los polos, las superficies horizontales son ineficaces. Sin embargo, es excesivamente complicado estimar las pérdidas en los climas templados ya que la dimensión de rayos solares difusos es más considerable debido a la existencia de suciedad, vapor de agua y nubes.

La orientación de los módulos no brinda ninguna tipo de ventaja en cuanto a la energía obtenida desde la radiación de forma indirecta. En cambio, debido a que los módulos inclinados perciben la radiación solar de una porción del hemisferio, estos recolectan menos cantidad de luz solar difusa que los destinatarios horizontales.(González, 2013)

Para orientar un panel solar se debe desarrollar de manera que éste conceda la mayor rentabilidad en el transcurso del período anual, por este motivo se aconseja guiarlos con una inclinación que establezca un ángulo con relación a la horizontal igual a la extensión de sitio. De tal manera que el lado a irradiarse vea en sentido opuesto al hemisferio en el que se ubicaran los módulos fotovoltaicos. Es decir un sitio que aparece a una latitud  $2,75^\circ$  sur, debe situar su cara del módulo hacia al norte con un ángulo de  $2,75^\circ$ .

No obstante en el campo práctico es aconsejable que los módulos sean orientados con una inclinación no menos de  $10$  a  $15^\circ$  con relación a la horizontal, esto se cumple para que los módulos se limpien con la lluvia, asimismo este ángulo facilita el mejor rendimiento en el transcurso del mes de poca radiación solar.

Como información adicional el manual de instalación de los paneles solares nos demuestra que hay que tener atención al ángulo de inclinación que nos ayuda para conseguir la máxima cantidad de radiación solar durante un año, el panel solar para este caso debe estar inclinado en un ángulo aproximadamente igual a la latitud de un sitio, y se enfrenta dentro de los  $10^\circ$  hacia el Sur.(González, 2013)

### **3.7 Estructuras y Accesorios**

La estructura que sostiene los paneles solares debe ser de material perdurable a la corrosión y a los factores ambientales (acero galvanizado). La estructura debe ser preparada para resistir el peso de los paneles ( $10 \text{ kg/m}^2$ ) y las cargas de viento y nieve o lluvia. Si se quiere reducir la resistencia al viento, es recomendable distanciar los paneles entre sí a  $1 \text{ cm}$ .

En la actualidad se está elaborando una extensa categoría de estructuras para la instalación de los paneles solares fotovoltaicos en las edificaciones. Estos contienen estructuras de acoplamiento sobre frentes, tejados, azoteas e inclusive tejas fotovoltaicas que inclusive son usadas sustituyendo los tejados normales.

Los nuevos artículos están situados a una más factible incorporación de los paneles solares en las edificaciones y a la modificación del impacto visual.

Los demás accesorios que integra una instalación solar son componentes de seguridad y protecciones como caja de conexiones donde hay diodos de bloqueo, fusibles, magnetotérmicos, etc., de uso corriente en instalaciones de baja tensión, así como el cableado y técnicas de enlazarse usados de forma extensa en este tipo de instalaciones fotovoltaicas.(González, 2013)

### **3.8 Toma a Tierra.**

La toma a tierra de toda instalación eléctrica es muy trascendental ya que define el voltaje que pueda mostrar en un instante dado en las masas metálicas de los elementos, afirmando la intervención de las protecciones y excluyendo el riesgo que presume el mal funcionamiento o deterioro de alguno de los componentes. La puesta a tierra se constituyen primordialmente a fin de delimitar el voltaje que puedan mostrar en un instante dado las masas metálicas, afirmar la intervención de las protecciones y excluir el peligro que presume un deterioro en los materiales eléctricos usados.(González, 2013)

### **3.9 Seguridad y Cableado**

Toda instalación eléctrica, el sistema establece de las necesarias protecciones para asegurar la seguridad del sistema.

La instalación se termina con protecciones eléctricas, cableado y toma a tierra. Se coloca un cuadro eléctrico en el cual van situadas las protecciones e interruptores precisos. Por otro lado la instalación fotovoltaica debe tener su propia puesta de tierra. Los intervalos de cableado deben efectuar con el reglamento electrotécnico de baja tensión en ambos intervalos, el de corriente continua desde el campo fotovoltaico al inversor, y el de corriente alterna desde el inversor a la red eléctrica general.(González, 2013)

### **3.10 Características de la vivienda Objeto de estudio.**

La vivienda se encuentra situada en la Urbanización Cataluña en el km 12 ½ vía a Samborondón de la Parroquia Satélite La Aurora del Cantón Daule, esta urbanización está conformada por 700 casas en una sola etapa, en la urbanización hay 10 modelos de vivienda.

La vivienda que se realizara el estudio para este proyecto es de modelo DALI de 136.00  $m^2$  de terreno y 125.75 $m^2$  de construcción, consta de 2 plantas y las mismas que se detallan a continuación:

#### **Planta Baja**

- Sala, comedor, sala de estar, cocina, patio y cuarto de empleada en la planta baja.

#### **Planta Alta**

- 3 dormitorios, baño y dormitorio master con su respectivo baño en la planta alta.

## **CAPÍTULO IV**

### **CÁLCULOS DE CARGAS ELÉCTRICAS PARA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED**

#### **4.1 Cargas eléctricas de la vivienda**

Para poder realizar los cálculos de diseño de los paneles solares se necesita saber el consumo de energía eléctrica la vivienda, las cargas de la vivienda con que va a trabajar los paneles solares, la curva de consumo nos indicará que cargas tienen más consumo en determinada hora y que cargas tienen menos consumo.

Para este caso tomamos en cuenta las cargas eléctricas más importantes de la vivienda, ya que no es necesario tomar en cuenta todas las cargas porque podemos tomar energía de la red eléctrica convencional para estas mismas, ya que esta instalación es de autoconsumo.

A continuación están las cargas eléctricas de la vivienda con su potencia nominal, tiempo que va a operar y el consumo que tiene cada una.

**Tabla 4** Cargas Eléctricas de la Vivienda

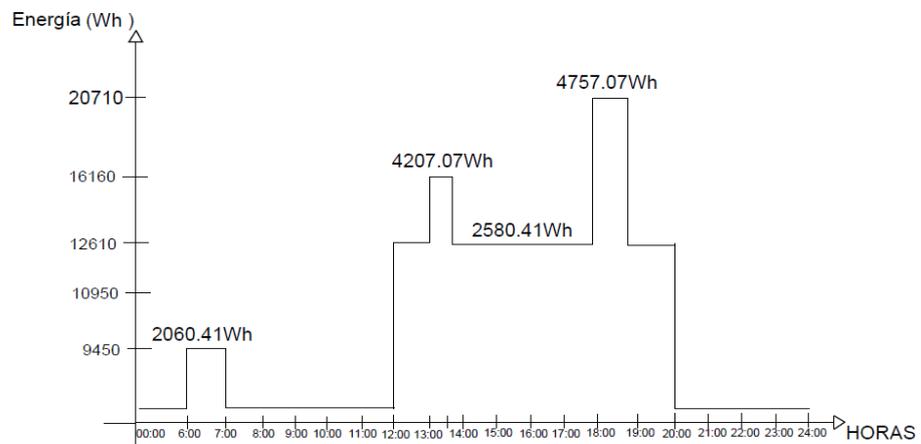
Cargas eléctricas	P(W)	T(H)	E(Wh)
Refrigeradora	290	24	1450
Iluminación	520	8	4160
cocina de inducción	4000	4	8000
Aire acondicionado	2440	6	9760
Bomba de agua	550	1	550
TOTAL			23920 Wh

Fuente: Autor

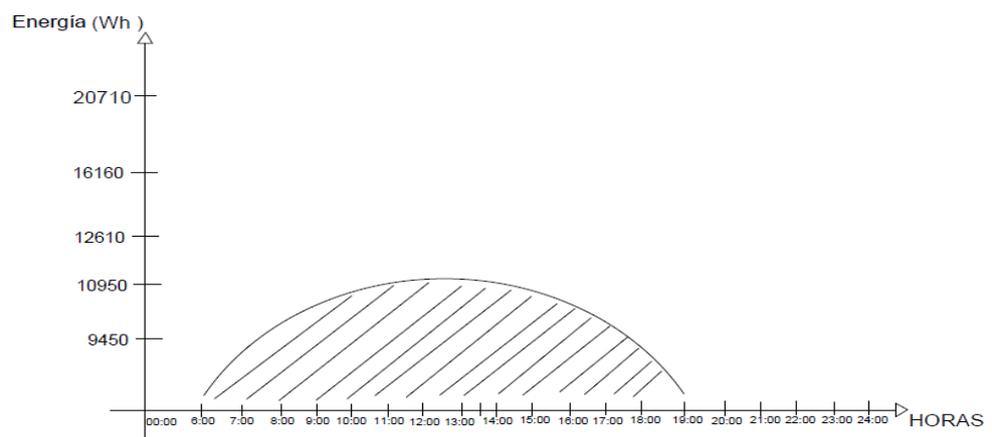
#### 4.2 Consumo eléctrico de la vivienda.

El consumo eléctrico de la vivienda se lo representará mediante un gráfico donde se observa los picos de consumo de las cargas eléctricas en determinadas horas, cual carga eléctrica consume más en el día y también las cargas eléctricas que consumen menos energía, de acuerdo a esto se podrá sacar la energía diaria total de las cargas en el día.

A continuación se observa el gráfico de consumo eléctrico de la vivienda y una representación de la curva de radiación solar para esta vivienda.



**Figura 15** Consumo Eléctrico  
Fuente: Autor



**Figura 16** Curva de radiación Solar  
Fuente: Autor

A continuación, se observa la tabla de las horas en que opera las cargas eléctricas de la vivienda.

**Tabla 5** *Tiempo de Operación de Cargas Eléctricas*

Cargas eléctricas	E (Wh)	Tiempo
Refrigeradora	60,41	24 horas
Iluminación	520	12:00 a 20:00
Aire acondicionado	1626,66667	13:00 A 19:00
Cocina de Inducción	2000	6:00 a 7:00/12:00 a 13:30 / 18:00 a 19:30
Bomba de Agua	550	18:00 a 19:00

**Fuente:** Autor

Total de Energía diaria de las cargas eléctricas= 25.69 kWh

### 4.3 Cálculos

#### 4.3.1 Cálculo de Rendimiento (Performance Ratio) del sistema fotovoltaico.

El rendimiento es el porcentaje con que va a trabajar nuestro sistema fotovoltaico, se calcula las pérdidas por temperatura, por polución, caída de tensión, inversor, etc.

A continuación se procede a calcular la temperatura real de la célula para posteriormente calcular la pérdida por temperatura, para esto necesitamos las características térmicas de la célula.

**Tabla 6** Características Térmicas de la Célula

Características térmicas de la célula	Temperatura
T <sub>onc</sub>	46,5°C
BV <sub>oc</sub>	-0,16
αI <sub>sc</sub>	2,53
γ <sub>pm</sub>	-0,46

**Fuente:** Autor

Se procede a calcular la temperatura real de la célula con los datos obtenidos de las características térmicas y la realiza con la siguiente formula:

$$TC = T_{amb} + I \left( \frac{w}{m^2} \right) \left( \frac{T_{onc} - 20^{\circ}\text{C}}{800 \text{ w}/m^2} \right)$$

$$TC = 31^{\circ}\text{C} + 1000 \left( \frac{w}{m^2} \right) \left( \frac{46,5 - 20^{\circ}\text{C}}{800 \text{ w}/m^2} \right)$$

$$TC = 64,12\%$$

TC → Temperatura real de la célula

T<sub>amb</sub> → Temperatura ambiente

T<sub>onc</sub> → Temperatura de la célula del panel solar

I → Irradiancia

Luego se procede a calcular el porcentaje por pérdida de temperatura y se la calcula con la siguiente fórmula:

$$PT\% = \gamma_p(T_c - 25^\circ\text{C})$$

$$PT\% = -0.46 \text{ } \%/^\circ\text{C} (64,12\% - 25^\circ\text{C})$$

$$PT\% = -17,99\%$$

$PT\% \rightarrow$  Pérdidas de Temperatura en porcentaje

$\gamma_p \rightarrow$  Coeficiente de Temperatura de Potencia máxima

A continuación se procede a calcular las demás pérdidas que tendrá nuestro sistema fotovoltaico:

**Tabla 7** Rendimiento del Sistema Fotovoltaico

PERFORMANCE RATIO		
Parámetros	Perdidas	N
Temperatura	17,99 %	82,01 %
Caída tensión cableado	1,5 %	98,5 %
Polución	6 %	94 %
Mismatch	1,5 %	98,5 %
Error seguidor MPPT	1 %	99 %
Inversor	3,5 %	96,5 %
Otras	1 %	99 %
Total		70,73%

Fuente: Autor

### 4.3.2 Cálculo de Número de paneles solares

Para calcular el número de paneles que necesitamos para este caso, se requiere saber la energía de nuestro campo fotovoltaico y también la energía de cada panel solar con respecto a la hora sol pico, la cual se muestra a continuación:

$$E_{fv} = 36,32 \text{ kWh}$$

$$P_{fv} = \frac{E_{fv}}{HSP}$$

$$P_{fv} = \frac{36,32 \text{ kWh}}{4.2}$$

$$P_{fv} = 8.647 \text{ kW}$$

$E_{fv}$  → Energía del campo fotovoltaico

$P_{fv}$  → Potencia del campo fotovoltaico

Luego procedemos a calcular el número de paneles solares para nuestro sistema fotovoltaico con la siguiente formula:

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{P_{fv}}{P \text{ panel}}$$

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{8647 \text{ W}}{250 \text{ W}}$$

$$N^{\circ} \text{ paneles} = 34.58$$

$$N^{\circ} \text{ paneles} = 35$$

$P_{panel}$  → Potencia máxima del panel

### 4.3.3 Cálculo de distribución de paneles

Para definir la determinación serie-paralelo de los paneles fotovoltaicos, debemos considerar las especificaciones eléctricas, especialmente los valores de tensión y corriente, y su afectación por la temperatura. Es decir valorar la modificación de tensión y corriente respecto a la temperatura ambiente y temperatura del panel. Para ello se utilizará los coeficientes térmicos propios del panel solar.

Es por este motivo que en los cálculos se tendrá en cuenta las temperaturas del panel como razón primordial para establecer el número de paneles solares. Además se utilizara el valor de la temperatura ambiente a efectos prácticos como si fuera temperatura del panel con el propósito de asignar un factor limitante que pudiese generarse de forma temporal en ciertos supuestos.

La temperatura de las células del panel aumenta su temperatura dada la exhibición a la radiación solar y como resultado la corriente eléctrica. Con este incremento de temperatura, la temperatura del módulo logra un valor mayor a la temperatura ambiente, esto se genera en sistema estacionario, sin embargo por situaciones climatológicas, de manera temporal puede suceder que el valor de temperatura del módulo este cercano a la temperatura ambiente y en unos valores de radiación. En el caso de un día alguno, el cual acontece con nubosidad y lluvia en las primeras horas de la mañana, de cara al medio día el cielo libra de manera ágil como resultado de los vientos fuertes en altura, y se percibe el sol en su momento frío. En ese instante los paneles solares se hallan a una temperatura cómoda, la estructura a la cual se encuentran fijados también, no obstante los valores de radiación solar son

superiores, lo que se estarían provocando serían unas condiciones ideales, que si bien serían por un corto espacio de tiempo podrían generarse.

Por esta causa en los cálculos se estima los valores de la temperatura ambiente como temperatura de panel solar, no cómo un componente definitivo de diseño, pero si como un elemento limitante al momento de la elección del número de paneles solares.(Prado, 2015)

#### **4.3.3.1 Determinación de paneles en serie.**

A continuación se procede a realizar los cálculos para determinar el número máximo y mínimo de paneles solares que se puede utilizar en serie, tomando en cuenta en estos cálculos datos del fabricante del panel solar y del inversor que se va a utilizar en este caso.

##### **Datos del Panel:**

Potencia máxima ( $P_{max}$ )= 250 W

Tensión para máxima potencia ( $V_{mp}$ )= 30,2 V

Corriente para máxima potencia ( $I_{mp}$ )= 8,30 A

Tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ )= 37,4 V

Corriente en cortocircuito ( $I_{sc}$ )= 8,86 A

Eficiencia del módulo= 15,2 %

Voltaje máximo del sistema= 1000 V

**Datos del Inversor:**

Rango potencia campo FV recomendado= 8,7-10,3 kWp

Rango de tensión MPP= 100-450 V

Tensión mínima= 215 V

Tensión máxima= 550 V

Corriente máxima= 35 A

Número de entradas= 4

Eficiencia máxima= 97,5%

Ahora se procederá a calcular el número máximo de paneles en serie con la siguiente ecuación tomando en cuenta la temperatura mínima de la zona.

$$N^{\circ} \text{ max - serie} = \frac{V_{\text{maxInv}}}{V_{\text{oc}}(T_{\text{min}})}$$

$$N^{\circ} \text{ max - serie} = \frac{550 \text{ V}}{37.57 \text{ V}}$$

$$N^{\circ} \text{ max - serie} = 15$$

$$V_{\text{oc}}(T_{\text{min}}) = V_{\text{oc}}(25^{\circ}\text{C}) + V_{\text{oc}}(25^{\circ}\text{C}) * \beta V_{\text{oc}}(T_{\text{min}} - 25^{\circ}\text{C})$$

$$V_{\text{oc}}(22^{\circ}\text{C}) = 37,4 + 37,4 * (-0,16 \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}) (22^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C})$$

$$V_{\text{oc}}(22^{\circ}\text{C}) = 37,4(1 + 0,0048)$$

$$V_{\text{oc}}(22^{\circ}\text{C}) = 37.57 \text{ V}$$

$V_{maxInv}$  → Voltaje máximo del inversor

$Voc$  → Voltaje de circuito abierto

$Tmin$  → Temperatura mínima

$\beta Voc$  → Coeficiente de temperatura de Voc

A continuación se procederá a calcular el número mínimo de paneles en serie con la siguiente ecuación tomando en cuenta la temperatura máxima de la zona.

$$N^{\circ} \text{ min} - \text{ serie} = \frac{V_{mpp} \text{ minInv}}{V_{mp} (T_{max})}$$

$$N^{\circ} \text{ min} - \text{ serie} = \frac{100 \text{ V}}{28,94 \text{ V}}$$

$$N^{\circ} \text{ min} - \text{ serie} = 3$$

$$V_{mp}(T_{max}) = V_{mp}(25^{\circ}\text{C}) + V_{mp}(25^{\circ}\text{C}) * \beta V_{pm}(T_{max} - 25^{\circ}\text{C})$$

$$V_{mp}(34^{\circ}\text{C}) = 30,2 + 30,2 * (-0,46 \text{ } \% / ^{\circ}\text{C}) (34^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C})$$

$$V_{mp}(34^{\circ}\text{C}) = 30,2(1 - 0.0414)$$

$$V_{mp}(34^{\circ}\text{C}) = 28,94 \text{ V}$$

$V_{mpp} \text{ minInv}$  → Tensión mínima MPP del inversor

$V_{mp}$  → Voltaje máxima potencia

$T_{max}$  → Temperatura máxima

$\beta V_{pm}$  → Coeficiente de temperatura de potencia máxima

#### 4.3.4 Determinación de paneles en paralelo.

Se procederá a calcular el número máximo de paneles en paralelo del sistema para determinar esto se toma en consideración la temperatura máxima de la zona y se la calcula con la siguiente ecuación.

$$N^{\circ} \text{ paralelo max} = \frac{I \text{ ent inv}}{Isc(Tmax)}$$

$$N^{\circ} \text{ paralelo max} = \frac{35 A}{10,87 A}$$

$$N^{\circ} \text{ paralelo max} = 3$$

$$Isc(Tmax) = Isc(25^{\circ}C) + Isc(25^{\circ}C) * \alpha Isc(Tmax - 25^{\circ}C)$$

$$Isc(34^{\circ}C) = 8,86 + 8,86 * (2,53 \% / ^{\circ}C) (34^{\circ}C - 25^{\circ}C)$$

$$Isc(34^{\circ}C) = 8,86(1 + 0,2277)$$

$$Isc(34^{\circ}C) = 10,87 A$$

$I \text{ ent inv}$  → Corriente de entrada del inversor

$Isc$  → Corriente en cortocircuito

$\alpha Isc$  → Coeficiente de temperatura de  $Isc$

#### 4.4 Agrupación de paneles solares.

Con los cálculos que realizamos podemos determinar de que manera van a estar ordenados nuestros paneles fotovoltaicos y en que forma para que así funcione de la mejor manera nuestro sistema fotovoltaico de autoconsumo. A continuación se

determinara cuantos paneles van en serie y paralelo en nuestro sistema fotovoltaico solar.

Número de paneles en serie= dos filas de 12 y una fila de 11

Número de paneles en paralelo= 3

Número Total de paneles= 35

Los paneles que se utilizaran para este proyecto tienen un área de  $1.5 m^2$  y el espacio total que ocuparan los paneles en el tejado de la vivienda es de  $63 m^2$ .

#### **4.5 Selección de equipos para el sistema fotovoltaico de autoconsumo.**

Para este proyecto es recomendable utilizar el panel Solar de marca Panasonic de modelo estándar VBMS250AE04 con una garantía de fábrica de 10 años.



**Figura 17** Panel Solar Panasonic

**Fuente:** <http://www.panasonic.com/ec/empresas/paneles-solares/estandar/vbms250ae04.html>

Un inversor de marca Ingeteam de 7.5 TL con garantía estándar de 5 años ampliable hasta 25 años, estos equipos son los adecuados para el sistema fotovoltaico.

Los Cables en corriente continua son 2 conductores #8AWG cobre de 600 V y en corriente alterna son 2 conductor #8 y 1 conductor #12 cobre de 600 V los demás accesorios de la instalación vienen incluidos en el presupuesto del proyecto.



**Figura 18** Inversor Ingeteam

**Fuente:** [http://www.ingeteam.it/userfiles/allegati/ingecon\\_sun\\_lite\\_tl\\_datasheet\\_\\_en\\_1431528910.pdf](http://www.ingeteam.it/userfiles/allegati/ingecon_sun_lite_tl_datasheet__en_1431528910.pdf)

#### **4.6 Presupuesto económico del proyecto.**

A continuación se presentará los costos que el presente proyecto tendrá, para ser ejecutado en la urbanización Cataluña de la parroquia La Aurora del cantón Daule, provincia del Guayas.

De esta forma la presente proforma económica nos permitirá conocer de forma más detallada todo el dinero que se invertirá en el proyecto, también demostrar la factibilidad que tiene nuestra propuesta.

En la proforma está el costo de los equipos que se va a utilizar para este proyecto y también está incluida la mano de obra, cables y accesorios para nuestra instalación fotovoltaica de autoconsumo.

**Tabla 8** *Presupuesto Económico del Proyecto sin IVA*

Cantidad	Descripción	Precio
35	Paneles fotovoltaicos Panasonic 250 W	\$14,350
1	Inversor Ingeteam 7.5 TL	\$2,037
1	Instalación del sistema	\$2,000
Total		\$18,387

**Fuente:** Autor

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### **Conclusiones:**

- La energía solar fotovoltaica es uno de los recursos con más futuro de las energías renovables en el mundo. Tiene ventajas como de que no es contaminante con el medio ambiente, no tiene muchos componentes y no necesita demasiado mantenimiento.
- Los paneles solares pueden ser instalados sobre edificios o viviendas ya construidos, pueden producir su energía eléctrica de manera silenciosa y confiable. No produce residuos y no genera ruido.
- A pesar del avance de la tecnología, los precios de una instalación fotovoltaica son elevados todavía en nuestro país.
- La energía generada en la instalación fotovoltaica es una energía limpia (verde) y la instalación va a producir energía de manera constante. No obstante se puede ampliar la instalación del sistema.
- El Aprovechar la energía solar para generar electricidad e inyectarla a la red eléctrica de manera confiable ha sido hace tiempo una aspiración social y económica. Se tiene que considerar requerimientos técnicos, que debe cumplir los elementos de la instalación fotovoltaica, deben ser adecuados al sistema eléctrico actual ecuatoriano.
- Las compañías eléctricas tienen que hacer revisiones y comprobaciones al sistema fotovoltaico antes que se conecte a la redde todas las protecciones

para comprobar que funcionen correctamente, lo que puede ocasionar pruebas unos días.

- Es viable utilizar instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo en la zona de la parroquia La Aurora Cantón Daule y porque a futuro es un ahorro para el cliente en la planilla eléctrica.

#### **Recomendaciones:**

- Se sugiere que el gobierno nacional facilite y retire aranceles para la importación de los equipos fotovoltaicos para que así sea más económico los precios de estos equipos y sea más fácil el acceso a los clientes de estas instalaciones.
- Se recomienda que las instituciones bancarias del país impulsen y creen sistemas de financiamiento para instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo para dar facilidad al cliente de adquirir el sistema.
- Antes de instalar los paneles solares se recomienda comprobar que funcionen correctamente, revisando su voltaje y corriente sean los dados por el fabricante en las especificaciones técnicas. Ya que cuando se instalan en el tejado de una vivienda se da más difícil el acceso para revisiones técnicas.
- Se recomienda revisar la instalación fotovoltaica dos veces al año y realizar mantenimiento preventivo.
- Asesorar sobre el funcionamiento de un sistema fotovoltaico de autoconsumo de parte de la empresa que realiza la instalación al cliente para que así pueda identificar un problema del sistema si este acontece.

## BIBLIOGRAFÍA

Administración de Asuntos de Energéticos. (14 de Mayo de 2011). *Estado Libre Asociado de Puerto Rico*. Recuperado el 01 de Noviembre de 2015, de <http://www.pr.gov/NR/rdonlyres/7D186B25-6D8E-480A-9403-7187F0AAFE85/0/EnregiaSolar08.pdf>

ASIF y Consejería de Economía de Madrid. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica en la comunidad de Madrid*. Recuperado el 06 de 01 de 2016, de <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/energia-solar-fotovoltaica-en-la-comunidad-de-madrid-fenercom.pdf>

Cañar, D. (6 de Abril de 2014). *ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL ECUADOR*. Recuperado el 01 de Noviembre de 2015, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20895/1/Tesis.pdf>

Circutor. (1974). *Soluciones para autoconsumo*. Recuperado el 25 de 01 de 2016, de Tipos de instalación solar fotovoltaica de autoconsumo: [http://circutor.com/docs/Cat\\_Sol\\_Autoconsumo\\_SP.pdf](http://circutor.com/docs/Cat_Sol_Autoconsumo_SP.pdf)

Garcia, R. C. (2007). *Energía Solar FotoVoltaica*. España: FC.

González, D. I. (08 de 04 de 2013). *Análisis Técnico-económico para la generación de energía solarfotovoltaica en el Ecuador y su conexión a red pública*. Recuperado el 30 de 01 de 2016, de Componentes de la instalación fotovoltaica: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/369/1/Tesis.pdf>

Google Maps. (15 de Enero de 2016). *Google*. Obtenido de <https://t.co/sDk87Bmlrs>

Labarta, J. L. (2012). Componentes de una instalación solar fotovoltaica. En *instalaciones solares fotovoltaicas* (págs. 29-32). España: Donostriarra.

Marianella Garcia Villas. (1999). *Energía Solar Fotovoltaica y cooperación al desarrollo*. Madrid: Iepala.

Prado, R. A. (2015). *Dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de generación centralizada conectada a red para la venta de energía en la provincia del Guayas y análisis de viabilidad técnica y económica*.

Recuperado el 10 de 02 de 2016, de Cálculos:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89665/D-84634.pdf>

Reinoso, D. D. (14 de 06 de 2014). *ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN EL ECUADOR*. Recuperado el 13 de 01 de 2016, de

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20895/1/Tesis.pdf>

Rivera, G. V. (11 de 05 de 2012). *Implementación de energía solar y estudio de la energía eólica en puerto roma*. Recuperado el 19 de 11 de 2015, de

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2106/11/UPS-GT000288.pdf>

Santamaria, A. C. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. España.

Sitio Solar. (2013). *El autoconsumo fotovoltaico inyectado a red*. Recuperado el 20 de 01 de 2016, de Ventajas y beneficios de las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo conectadas a la red: <http://www.sitiosolar.com/el-autoconsumo-fotovoltaico-inyectado-a-red/>

Sud, Grupo. (2005). *Autoconsumo con energía solar fotovoltaica*. Recuperado el 21 de 01 de 2016, de Una instalación sencilla:: <http://sud.es/es/autoconsum>

## **ANEXOS**

**Anexo 1:** Diagrama Unifilar de la Instalación fotovoltaica de autoconsumo conectada a red de la vivienda.

**Anexo 2:** Plano urbanístico de la urbanización “Cataluña”

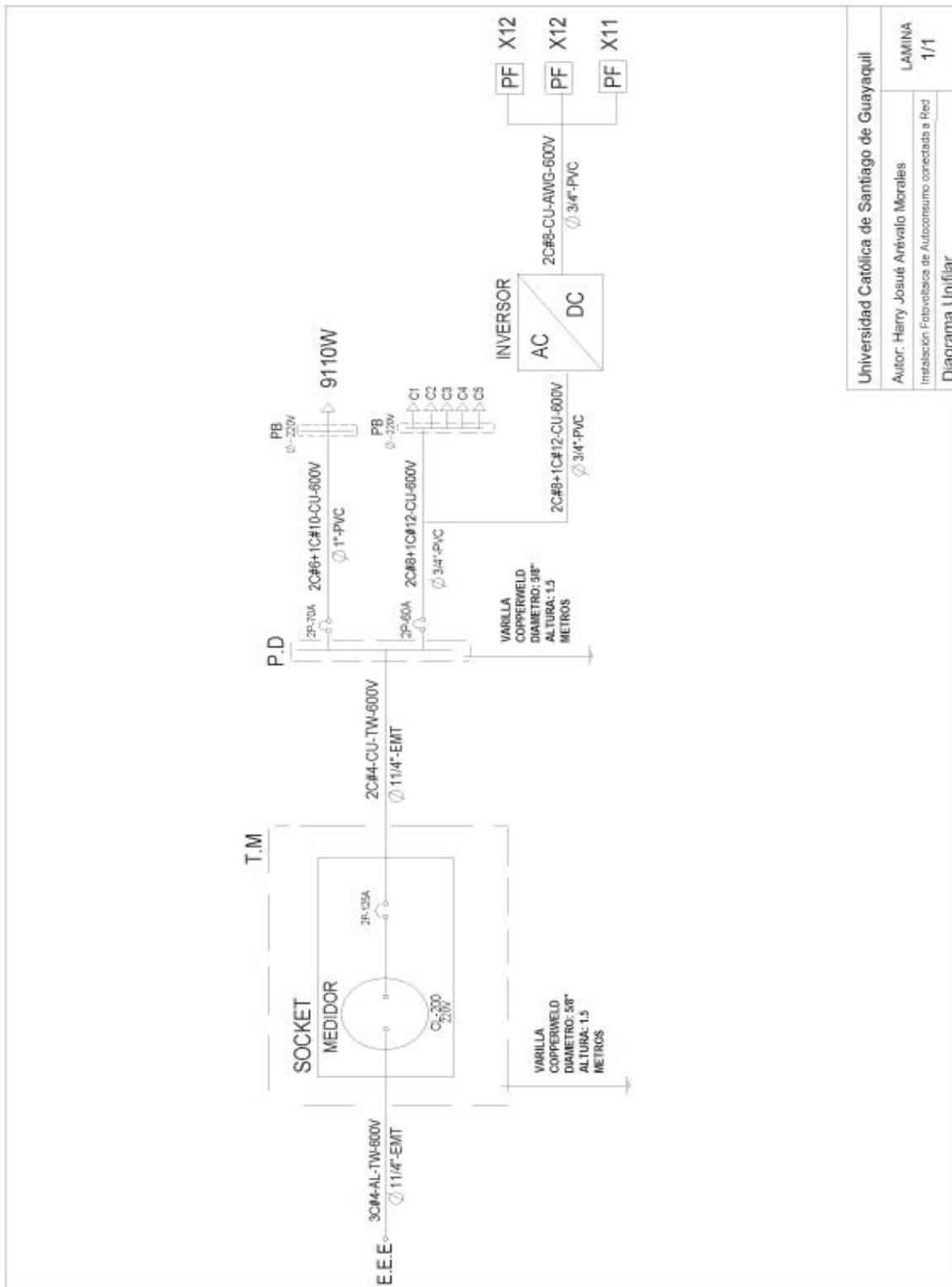
**Anexo 3:** Foto de la vivienda modelo DALI.

**Anexo 4:** Ficha técnica del Inversor.

**Anexo 5:** Ficha técnica del panel solar.

**Anexo 6:** Proforma.

Anexo 1



Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
Autor: Harry Josué Arévalo Morales	LAMINA
Instalación Fotovoltaica de Autoconsumo conectada a Red	1/1
Diagrama Unifilar	

Anexo 2



**Anexo 3**



## Anexo 4

30/11/2015



Paneles Solares Estándar

### Panel Solar Estándar VBMS250AE04

Características Eléctricas	Potencia máxima (Pmax) [W]	250
	Tensión para máxima potencia (Vmp) [V]	30.2
	Corriente para máxima potencia (Imp) [A]	8.30
	Tensión de circuito abierto (Voc) [V]	37.4
	Corriente en cortocircuito (Isc) [A]	8.86
	Conversión de eficiencia del módulo [%]	15.2
	Tolerancia de potencia de salida [%]	+10 / -5 *
	Voltaje máximo del sistema [V]	1000
Nota:	Condiciones estándar: masa de aire 1,5; Irradiancia = 1000 W/m <sup>2</sup> , temperatura del panel = 25° C. * Todos los módulos fabricados y medidos por Panasonic tienen tolerancia positiva en la potencia máxima.	
Características de Temperatura	Temperatura (NOCT) [°C]	46.5

30/11/2015

	Coeficiente de temperatura de Pmax [%/°C]	-0.466
	Coeficiente de temperatura de Voc [V/°C]	-0.16
	Coeficiente de temperatura de Isc [mA/°C]	2.53
Garantía	Potencia de salida	25 años
	De fábrica	10 años
Conector		HOSIDEN HSC2009 (macho), HSC2010 (female)
Largo del cable		900mm (macho), 1200mm (hembra)
Materiales	Celda	Celdas de 6 pulgadas
	Vidrio	Vidrio templado antirreflectante
	Marco	Aluminio plateado anonizado
Certificados		IEC 61730, IEC 61215

Copyright © 2015 Panasonic Latin America, S.A.

## Anexo 5

INGECON

SUN

Lite  
Sin transformador

UNA GRAN  
FAMILIA DE  
INVERSORES  
DESDE 2,5  
HASTA 10 KW

2,5TL / 3TL / 3,3TL / 3,68TL / 4,6TL / 5TL / 6TL /  
7,5TL / 8,2TL / 8,6TL / 10TL

Inversores monofásicos sin transformador, orientada al sector residencial y a grandes proyectos descentralizados.

Amplio rango de potencias AC  
La familia de inversores INGECON<sup>®</sup> SUN Lite TL presenta un mayor rango de potencias de salida para equipos monofásicos, desde 2,5 hasta 10 kW. Como novedad, esta gama de inversores despliega las potencias de 7,5 kW, 8,2 kW, 8,6 kW y 10 kW.

Instalación y mantenimiento sencillos  
Conectores rápidos para la parte de DC (tipo 4) y AC y comunicaciones RS-485 de serie. Permite adecuar la configuración e idioma del inversor a cada país de manera sencilla desde la pantalla del propio inversor.

Los inversores INGECON<sup>®</sup> SUN Lite TL disponen de un datalogger interno para almacenamiento de datos de tres meses con control desde un PC remoto o in situ desde el teclado frontal del inversor a través de su pantalla LCD. LEDs indicadores de estado y alarmas. Ventiladores fácilmente reemplazables por el usuario. Configurable para modo autoconsumo.

Software incluido  
Incluyen sin coste las aplicaciones INGECON<sup>®</sup> SUN Manager, INGECON<sup>®</sup> SUN Monitor y su versión para smartphone iSun Monitor para la monitorización y registro de datos del inversor a través de internet.

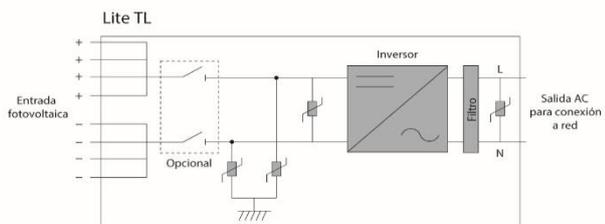
Garantía estándar de 5 años, ampliable hasta 25 años

## PROTECCIONES

- Polarización inversa.
- Sobretensiones en la entrada y la salida mediante descargadores tipo 3.
- Cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Fallo de aislamiento.
- Anti-isla con desconexión automática.

## ACCESORIOS OPCIONALES

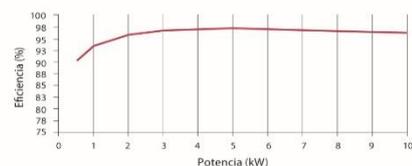
- Seccionador DC.
- Comunicación entre inversores mediante Bluetooth o Ethernet.
- Comunicación remota GSM / GPRS.
- Contacto libre de potencial configurable por display para indicar fallo de aislamiento o conexión a red.

Dimensiones y peso  
(mm)

2,5TL / 3TL	18,3 kg.
3,3TL / 3,68TL	19,7 kg.
4,6TL / 5TL / 6TL	23,3 kg.
7,5TL / 8,2TL / 8,6TL / 10TL	25,2 kg.

## RENDIMIENTO

INGECON<sup>®</sup> SUN 10TL  
V<sub>dc</sub> = 330 V



www.ingeteam.com  
solar.energy@ingeteam.com

**Ingeteam**

INGECON

SUN

Lite sin transformador

	2,5TL	3TL	3,3TL	3,68TL	4,6TL	5TL
<b>Valores de Entrada (DC)</b>						
Rango pot. campo FV recomendado <sup>1)</sup>	2,8 - 3,3 kWp	3,2 - 4 kWp	3,8 - 4,3 kWp	3,9 - 4,8 kWp	5,2 - 6 kWp	5,7 - 6,5 kWp
Rango de tensión MPP	100 - 450 V					
Tensión mínima para Frotec	160 V	195 V	155 V	175 V	145 V	160 V
Tensión máxima <sup>2)</sup>	550 V					
Corriente máxima	17 A	17 A	22 A	22 A	33 A	33 A
Nº entradas	3	3	3	3	4	4
MPPT	1	1	1	1	1	1
<b>Valores de Salida (AC)</b>						
Potencia nominal <sup>3)</sup>	2,7 kW	3 kW	3,63 kW	3,68 kW	5 kW	5,5 kW
Corriente máxima	13 A	13,5 A	17 A	17 A	24,2 A	26,2 A
Tensión nominal	230 / 240 V					
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz					
Coseno-Phi	1	1	1	1	1	1
Coseno-Phi ajustable	Si. Smáx= 2,7 kVA	Si. Smáx= 3 kVA	Si. Smáx= 3,63 kVA	Si. Smáx= 3,68 kVA	Si. Smáx= 5 kVA	Si. Smáx= 5,5 kVA
THD	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
<b>Rendimiento</b>						
Eficiencia máxima	96,6%	96,6%	96,8%	96,8%	97%	97%
Euroeficiencia	95%	95,7%	95,2%	95,2%	96%	96,7%
<b>Datos Generales</b>						
Refrigeración por aire	30 m <sup>3</sup> /h	30 m <sup>3</sup> /h	45 m <sup>3</sup> /h	45 m <sup>3</sup> /h	90 m <sup>3</sup> /h	90 m <sup>3</sup> /h
Consumo en stand-by <sup>4)</sup>	<10 W					
Consumo nocturno	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W
Temperatura de funcionamiento	-20°C a +70°C					
Humedad relativa (sin condensación)	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%
Grado de protección	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65

	6TL	7,5TL	8,2TL	8,6TL	10TL
<b>Valores de Entrada (DC)</b>					
Rango pot. campo FV recomendado <sup>1)</sup>	6,3 - 7 kWp	8,7 - 10,3 kWp	9,5 - 11,2 kWp	10 - 11,8 kWp	11,6 - 13,7 kWp
Rango de tensión MPP	100 - 450 V	100 - 450 V	100 - 450 V	100 - 450 V	100 - 450 V
Tensión mínima para Frotec	190 V	215 V	235 V	245 V	300 V
Tensión máxima <sup>2)</sup>	550 V	550 V	550 V	550 V	550 V
Corriente máxima	33 A	35 A	35 A	35 A	35 A
Nº entradas	4	4	4	4	4
MPPT	1	1	1	1	1
<b>Valores de Salida (AC)</b>					
Potencia nominal <sup>3)</sup>	6 kW	7,5 kW	8,2 kW	8,6 kW	10 kW
Corriente máxima	26,2 A	36,1 A	36,1 A	36,1 A	36,1 A
Tensión nominal	230 / 240 V	208 / 230 / 240 / 277 V <sup>5)</sup>	230 / 240 / 277 V <sup>5)</sup>	240 / 277 V <sup>5)</sup>	277 V
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Coseno-Phi	1	1	1	1	1
Coseno-Phi ajustable	Si. Smáx= 6 kVA	Si. Smáx= 7,5 kVA	Si. Smáx= 8,2 kVA	Si. Smáx= 8,6 kVA	Si. Smáx= 10 kVA
THD	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
<b>Rendimiento</b>					
Eficiencia máxima	97%	97,5%	97,6%	97,7%	98%
Euroeficiencia	96,7%	96,5%	96,6%	96,6%	96,8%
<b>Datos Generales</b>					
Refrigeración por aire	90 m <sup>3</sup> /h	90 m <sup>3</sup> /h	90 m <sup>3</sup> /h	90 m <sup>3</sup> /h	90 m <sup>3</sup> /h
Consumo en stand-by <sup>4)</sup>	<10 W	<10 W	<10 W	<10 W	<10 W
Consumo nocturno	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W
Temperatura de funcionamiento	-20°C a +70°C	-20°C a +70°C	-20°C a +70°C	-20°C a +70°C	-20°C a +70°C
Humedad relativa (sin condensación)	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%
Grado de protección	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65

Notas: <sup>1)</sup> Dependiendo del tipo de instalación y de la ubicación geográfica. <sup>2)</sup> No superior en ningún caso. Considerar el aumento de tensión de los paneles 'Voc' a bajas temperaturas.  
<sup>3)</sup> Potencia AC hasta 45°C de temperatura ambiente. <sup>4)</sup> Tensión configurable a través del display. <sup>5)</sup> Consumo desde el campo fotovoltaico.  
Referencias normativas: CE, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 50178, EN 62109-1, EN 62109-2, FCC Part 15, ROHS/2011, DIN VDE V 0126-1-1, EN 50438, CEI 0-21, DE-AR-N 4105:2011-08, GB 311-1, PO 12.3, AS4777.2, AS4777.3, AS3100, EC 62116.





Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Arévalo Morales Harry Josué, con C.C: # 0940962376 autor/a del trabajo de titulación: “Análisis técnico y económico para la implementación de energía solar para viviendas de la urbanización Cataluña” previo a la obtención del título de **INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA con Mención en Gestión Empresarial Industrial** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, Marzo de 2016

f. \_\_\_\_\_  
Nombre: Arévalo Morales Harry Josué  
C.C: 0940962376



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Análisis técnico y económico para la implementación de energía solar para viviendas de la urbanización Cataluña.		
<b>AUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Arévalo Morales, Harry Josué		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Eléctrico-Mecánica		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Eléctrico-Mecánica		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	16 de Marzo del 2016	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	96
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Radiación solar, Autoconsumo solar conectado a red, Cargas eléctricas.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Energía, sol, radiación solar, autoconsumo, instalación, fotovoltaica, cargas eléctricas, red.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> (150-250 palabras):			
<p>Este trabajo de graduación está relacionado con el estudio de energía solar tanto técnico como económico para una vivienda residencial de modelo DALI, es decir la implementación de paneles solares fotovoltaicos para autoconsumo de la vivienda en la urbanización Cataluña del cantón Daule. La radiación solar en la zona de la aurora en el km 12 y medio vía a Samborondón donde se encuentra ubicada la vivienda, es suficiente para proporcionar las condiciones de este proyecto, lo que se puede aprovechar de gran manera y así obtener electricidad limpia. La finalidad de este proyecto, es enfocar el uso de la energía solar como recurso renovable en las viviendas, así mismo implementar otra forma de obtener electricidad con esta fuente de energía y así colaborar al medio ambiente.</p> <p>En el primer capítulo se empezará con la justificación, planteamiento del problema, objetivos, tipos de investigación, la metodología con la que se realizara el proyecto, y objetivos. El segundo capítulo es el que está relacionado con el marco teórico de nuestro proyecto, el tercer capítulo se analiza la parte técnica del proyecto, capítulo cuatro con los cálculos y parte económica del proyecto, para finalmente el capítulo cinco para conclusiones y recomendaciones.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> 5040322 / 0994574922	E-mail: <a href="mailto:harry-arevalo@hotmail.com">harry-arevalo@hotmail.com</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre:</b> Ing. Philco Asqui, Orlando		
	<b>Teléfono:</b> : 0980960875		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:Orlando.philco@cu.ucsg.edu.ec">Orlando.philco@cu.ucsg.edu.ec</a> / <a href="mailto:orlandophilco_7@hotmail.com">orlandophilco_7@hotmail.com</a>		

#### SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

<b>Nº. DE REGISTRO</b> (en base a datos):	
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL</b> (tesis en la web):	<a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/123456789/211">http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/123456789/211</a>