



**UNIVERSIDAD CÁTOLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

TEMA:

**Diseño y Estudio de Un Sistema Autónomo de Seguridad Utilizando Paneles
Fotovoltaicos Para Sectores Sin Servicio Eléctrico.**

AUTOR:

Cisneros Flores, Israel Alejandro

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título en
**INGENIERO ELÉCTRICO-MECÁNICO CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TUTOR:

Ing. Ruilova Aguirre, María Luzmila

Guayaquil – Ecuador

21 de marzo de 2019



**UNIVERSIDAD CÁTOLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Cisneros Flores, Israel Alejandro** como requerimiento para la obtención del título en **Ingeniero Eléctrico-Mecánico con Mención en Gestión Empresarial Industrial**

TUTOR:

ING. RUILOVA AGUIRRE, MARIA LUZMILA

DIRECTOR DE CARRERA

ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO

Guayaquil, a los 21 días del mes de marzo de 2019



UNIVERSIDAD CÁTOLICA

DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Cisneros Flores, Israel Alejandro

DECLARO QUE:

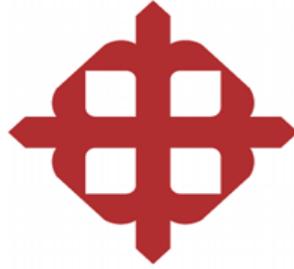
El trabajo de titulación “**Diseño y Estudio de Un Sistema Autónomo de Seguridad Utilizando Paneles Fotovoltaicos Para Sectores Sin Servicio Eléctrico.**” previo a la obtención del título en **Ingeniero Eléctrico-Mecánico con Mención en Gestión Empresarial Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del trabajo de titulación.

Guayaquil, a los 21 días del mes de marzo de 2019.

AUTOR:

CISNEROS FLORES, ISRAEL ALEJANDRO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, Cisneros Flores, Israel Alejandro

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación, “**Diseño y Estudio de Un Sistema Autónomo de Seguridad Utilizando Paneles Fotovoltaicos Para Sectores Sin Servicio Eléctrico.**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 21 días del mes de marzo de 2019

AUTOR:

CISNEROS FLORES, ISRAEL ALEJANDRO

REPORTE URKUND

The screenshot displays the URKUND web interface. The top navigation bar includes the URKUND logo and the user name 'Orlando Philco Asqui (orlando.philco)'. The main content area is divided into two columns. The left column contains document metadata: 'Documento: TESIS ALEJANDRO CISNEROS FLORES.docx (D47870587)', 'Presentado: 2019-02-12 14:32 (-05:00)', 'Presentado por: orlandophilco_7@hotmail.com', 'Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com', and 'Mensaje: Rnv: TESIS ALEJANDRO CISNEROS FLORES.docx'. A progress bar indicates '0%' completion. The right column, titled 'Lista de fuentes Bloques', lists sources with columns for 'Categoria' and 'Enlace/nombre de archivo'. Sources include 'Tesis Luis Quinzo Lucas.docx', 'ZAMORA HIDALGO CRISTIAN ROBERTO 3A.pdf', and two URLs from 'www.dexen.mx' and 'www.alternative-energy-tutorials.com'. Below the document details, a preview of the document content is visible, showing the title 'UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICO-MECANICA' and the topic 'TEMA: Diseño y Estudio de Un Sistema Autonomo de Seguridad Utilizando Paneles Fotovoltaicos Para Sectores Sin Servicio Elctrico.'.

Reporte Urkund del trabajo de titulación “**Diseño y Estudio de Un Sistema Autónomo de Seguridad Utilizando Paneles Fotovoltaicos Para Sectores Sin Servicio Eléctrico.**” del estudiante **Cisneros Flores, Israel Alejandro** al % de coincidencias.

Atentamente,

Ing, Orlando Philco Asqui

Revisor

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por hacer realidad este gran logro académico

A mi familia por brindarme un gran apoyo y llenarme de consejos sabios

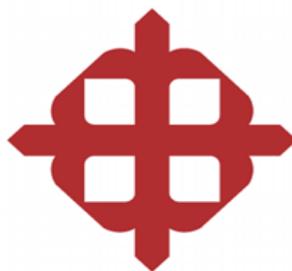
A los docentes y directivos por su gran labor y dedicación

Cisneros Flores, Israel Alejandro

DEDICATORIA

A Dios por darme salud y guiarme hacia un buen camino, a mi familia por ser el pilar fundamental en mi vida y por darme una gran educación.

Cisneros Flores Israel Alejandro



UNIVERSIDAD CÁTOLICA

DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____
ING. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESUS, M.S.c.
DECANO

f. _____
ING. PHILCO ASQUI, LUIS ORLANDO M.S.c.
COORDINADOR DE TITULACIÓN

f. _____
ING. MARTILLO ASEFFE JOSÉ ALFONSO M.G.c.
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1.....	2
INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Antecedentes	3
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Objetivos del Problema de Investigación.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.	4
1.4 Metodología.....	4
CAPÍTULO 2: ENERGÍAS RENOVABLES.....	5
2.1 Energía Renovable.....	5
2.1 Clasificación de la Energía Renovable.	5
2.2 Energía Eólica	5
2.2.1 Velocidad del Viento	6
2.2.2 Potencia en el Viento.....	6
2.2.3 Tamaño de Turbinas Eólicas.	7
2.3 Energía Mareomotriz	7
2.3.1 Método de Extracción de Energía Mareomotriz.....	8
2.3.2 Represa Mareomotriz	9
2.3.3 Cerca de Marea.	9
2.4 Biomasa	10
2.4.1 Energía Potencial en la Biomasa	12
2.4.2 Biomasa a Partir de Residuos.....	12
2.4.3 Ventajas y Desventajas de la Biomasa.....	12
2.5 Energía Geotérmica.....	13
2.5.1 Tipos de Sistemas Geotérmicos	13
2.5.2 Campos Geotermiales de Vapor	14
2.5.3 Fuentes de Calor	14
2.5.4 Reservorio y Suministro Hídrico.	14
2.5.5 Ventajas y Desventajas de la Energía Geotérmica.	14
2.6 Energía Hidráulica.	15
2.6.1 Categorías de una Planta Hidroeléctrica.	16
2.6.2 Componentes del Sistema de Energía Hidroeléctrica.	17
2.6.3 Ventajas y Desventajas de la Energía Hidroeléctrica	18
2.7 Biocombustibles	19
2.7.1 Ventajas y Desventajas de los Biocombustibles.	21
CAPÍTULO 3.....	23

ENERGÍA SOLAR.....	23
3.1 La Fuente de la Energía Solar.....	23
3.2 Tecnología que Explota la Energía Solar.....	24
3.3 Energía Solar Térmica.....	24
3.3.1 Sistema Solar de Calentamiento de Agua.	24
3.3.3 Sistemas de Termosifón.	26
3.4 Reflector Parabólico.	26
3.5 Central Térmica Solar.....	26
3.6 Pintura Fotovoltaica.....	27
3.7 Paneles Fotovoltaicos.....	27
3.7.1 Desempeño.....	29
3.7.2 Tolerancia de Potencia.....	29
3.7.3 Clasificación PTC.....	29
3.8 Eficiencia en Celdas Solares.....	29
3.9 Clasificación de los Paneles Solares.	30
3.9.1 Paneles Monocristalinos.....	30
3.9.2 Paneles Policristalinos.....	30
3.9.3 Célula Solar de Película Fina.....	30
3.10 Tipo de conexión en paneles solares.....	31
3.10.1 Conexión en serie.....	31
3.10.2 Conexión en Paralelo.....	31
3.11 Dependencia de la Irradiancia y sus Características.....	32
3.12 Distribución de Radiación Solar.....	33
3.13 Definición Angular.....	34
3.14 Conexión Fuera de la Red.....	35
3.15 Conjunto Fotovoltaico.....	36
3.16 Controlador de Carga.....	37
3.17 Calculo de Cargas.....	38
3.18 Días de Autonomía.....	39
3.20 Baterías.....	39
3.21 Inversores.....	41
CAPÍTULO 4.....	42
SISTEMAS DE SEGURIDAD.....	42
4.1 Cámaras de Seguridad.....	42
4.1.1 Cámara tipo bala.....	42
4.1.2 Cámara domo.....	43
4.1.3 Cámaras con Montura C.....	43

4.1.4 Cámaras de red	43
4.1.5 Cámaras de Alta Resolución.....	43
4.2 Sensores de Movimiento.	44
4.2.1 Sensor Infrarrojo Pasivo.....	44
4.2.2 Sensores de Microondas.....	44
4.2.3 Sensores Duales.	44
4.2.4 Sensores Reflectivos de Área.	45
4.2.5 Sensores Ultrasónicos.....	45
4.3 Sistemas de Alarma.	45
4.3.1 Bocinas neumáticas.	45
4.3.2 Sirenas Electrónicas.	46
CAPÍTULO 5.....	47
CONEXIONES INALÁMBRICAS.	47
5.1 WLAN	47
5.2 WPAN	48
5.3 WMAN	48
5.4 WWAN.....	48
CAPÍTULO 6.....	49
DISEÑO TÉCNICO	49
6.1 Selección de equipo a usar	49
6.2 Cálculo de Carga Total Diaria.	55
6.3 Cálculo de Pérdidas Totales.	56
6.4 Cálculo de Paneles Solares Requeridos.....	58
6.5 Calculo del Banco de Baterías.	61
6.6 Regulador a Implementarse	63
6.7 Selección del Inversor.	64
6.8 Selección de cableado.....	64
6.9 Configuración de Redes.....	65
6.10 Configuración de las Cámaras.	67
6.11 Costo total del proyecto	69
CAPÍTULO 7.....	70
7.2 Recomendaciones.....	71
Bibliografía	72
ANEXOS.....	74

Índice de Gráficos

Figura 2.1	Tamaño relativo de turbinas eólicas.....	7
Figura 2.2	Principales características de formación de biomasa.....	11
Figura 3.1	Composición de una celda solar.....	28
Figura 3.2	Curva de Intensidad-voltaje de 3 paneles conectados en serie.....	31
Figura 3.3	Curva de Intensidad-voltaje de 3 paneles conectados en paralelo....	32
Figura 3.4	Distribución mundial de irradiancia solar anual.....	34
Figura 3.5	Definición angular en paneles solares.....	35
Figura 3.6	Esquema de conexión de un sistema fotovoltaico fuera de red.....	36
Figura 3.7	Controlador MPPT.....	38
Figura 4.1	Insolación anual promedio del Ecuador.....	59
Figura 4.2	Parámetros de irradiancia mensual e inclinación angular en el cantón Las Naves.....	60

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Categorías de Plantas Hidroeléctricas.....	17
Tabla 6.1 Cálculo de carga total.....	55
Tabla 6.2 Costo total del proyecto.....	69

RESUMEN

Debido a la elevada tasa de delincuencia y carencia de interconexión eléctrica en varios sectores del país, se ha decidido diseñar un sistema autónomo de vigilancia fuera de red, alimentado por energía solar, de esa manera se hará uso de una energía limpia con bajo índice de contaminación.

En este trabajo de titulación, se realizará un repaso a las energías renovables y analizaremos los componentes necesarios para realizar un sistema fotovoltaico fuera de red. Se hará un breve estudio a los sistemas de seguridad, con el objetivo de que cubran la mayor área posible, también se analizarán las cargas totales para poder determinar los dispositivos adecuados para que puedan alimentar al sistema de una manera óptima.

Se explicará el funcionamiento e instalación de los transmisores de datos inalámbricos y se creará un diagrama eléctrico para una fácil implementación del proyecto.

Palabras clave: ENERGÍA RENOVABLE, PANELES FOTOVOLTAICOS, SEGURIDAD, AUTÓNOMO, RED, INSTALACIÓN.

ABSTRACT

Due to high crime rate and electrical interconnection lacking in several areas of the country, it has been decided to design an autonomous system of an off-grid surveillance system powered by solar energy, thus using clean energy with a low level of pollution.

In this thesis, we will cover renewable energies which will be carried out and we will analyze the necessary components to install an off-grid photovoltaic system. A brief study will be made of the security systems, covering the largest possible area, the total loads will also be analyzed in order to determine the appropriate devices so that they can feed the system in an optimal way.

The operation and installation of the wireless data transmitters will be explained, and an electrical diagram will be created for an easy implementation of the project

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La energía es un recurso muy importante para el desarrollo de un país, esta se puede derivar de varios medios, los cuales se pueden clasificar en energías no renovables como el gas natural, petróleo, carbón. Y renovables, tales como la energía solar, energía eólica, energía geotérmica, biomasa y mareomotriz. Gran parte de la tecnología proviene de tiempos remotos, tales como ruedas hidráulicas, fuego controlado, molinos de viento, sin embargo, el uso de ciertos recursos y su importancia no fue reconocido hasta recientemente y no eran tan convencionales como en el caso de la energía solar, tras el descubrimiento del efecto fotovoltaico en 1887.

La energía solar es la clave para un futuro con energía limpia. Todos los días el sol nos abastece mucha más energía de lo que necesitamos para alimentar a todo el planeta y a diferencia de los combustibles fósiles, esta no es limitada. La única limitación de la energía solar es nuestra habilidad para convertirla en electricidad de una manera eficiente y de bajo costo.

En Ecuador, el 85% de la energía que se produce es renovable y se ha abastecido principalmente de energía hidroeléctrica y se prevé alcanzar un 93% utilizando recursos naturales, dejando atrás la producción de energía contaminante.

La posición geográfica de Ecuador tiene un gran beneficio, ya que, al encontrarse en la mitad del mundo, la radiación es constante durante todos los meses con ciertas variaciones en el invierno.

El propósito de este trabajo de titulación es diseñar y estudiar un sistema autónomo de seguridad por medio de paneles fotovoltaicos para sectores remotos con difícil acceso o que carezcan de interconexión al Sistema Nacional Interconectado.

1.1 Antecedentes

El cantón Las Naves se encuentra ubicado en la provincia de Bolívar, este se encuentra a 593 metros sobre el nivel del mar y pertenece a la llanura costera, relativamente plana, y se asienta en un bosque tropical. Debido a esto, la gran parte de sus habitantes optan por alimentar el comercio del país por medio de la agricultura,

No obstante, muchos de estos sectores tienen difícil acceso a la red eléctrica pública y gran parte de sus habitantes sienten inseguridad al no tener la posibilidad de instalar un sistema de seguridad debido al alto costo de su instalación. Aprovechando la constante radiación solar, se considera oportuno la instalación de un sistema de seguridad por medio de paneles fotovoltaicos

1.2 Planteamiento del problema

Los altos índices de delincuencia y la falta de acceso al interconectado en varios sectores del cantón Las Naves, hacen que muchos de sus habitantes que se dedican a la agricultura, se sientan vulnerables. El diseño de un sistema de seguridad autónomo por medio de paneles fotovoltaicos tratará de cubrir ciertas necesidades de sus habitantes.

1.3 Objetivos del Problema de Investigación.

1.3.1 Objetivo General

Estudiar y diseñar un sistema autónomo de seguridad usando paneles fotovoltaicos para sectores sin acceso al interconectado

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Calcular la carga total que se va a utilizar y la potencia requerida.
- Determinar los componentes adecuados considerando el costo-beneficio para poder abastecer a las cargas de una manera óptima.
- Analizar las ventajas y desventajas de la implementación de paneles fotovoltaicos.

1.4 Metodología.

La metodología que se va a implementar es este trabajo de titulación, será analítica y descriptiva.

Descriptiva ya que recolectaremos datos para poder describir correctamente las características de los equipos que deben instalarse a través de los datos implementados por los fabricantes, se realizarán tablas para calcular ordenadamente la potencia total de las cargas requeridas.

La metodología analítica nos permitirá obtener respuestas significativas a través del estudio para poder llevar a cabo exitosamente la implementación de forma optima

CAPÍTULO 2: ENERGÍAS RENOVABLES

2.1 Energía Renovable

La energía renovable proviene de recursos naturales o procesos que se reabastecen constantemente, tales como la luz solar, viento y la lluvia. Es conocida como una energía limpia

2.1 Clasificación de la Energía Renovable.

Hay muchas formas de energía renovable. Muchas de estas energías renovables dependen de una manera u otra de la radiación solar.

La energía eólica e hidroeléctrica es el resultado directo del calentamiento diferencial de la superficie del planeta el cual conlleva que el aire se traslade (viento) y se formen precipitaciones a medida que se eleva el aire.

La energía solar es la conversión directa de los rayos del sol por medio del uso de paneles o colectores.

La biomasa es la energía almacenada por los rayos solares en las plantas. Otras energías renovables que no dependen directamente de la energía solar es la energía geotérmica, la cual es el resultado de la descomposición radiactiva en la corteza que se combina con el calor acumulado en la tierra, y la energía mareomotriz, es una conversión de la energía gravitacional.

2.2 Energía Eólica

La energía cinética del viento es acumulada por medio de turbinas para generar electricidad. Entre los varios tipos de energía renovable, la energía eólica es el segundo recurso de energía más avanzado tecnológicamente, el primero es la energía hidráulica.

Aunque hay un significativo potencial para convertir la energía eólica en electricidad, todavía hay que ocuparse de algunas limitaciones antes de que se pueda llegar a su máximo potencial.

El viento circula por todo el planeta, sin embargo, no lo hace constantemente. De hecho, este tiene que mantener cierta velocidad para que este sea eficaz y pueda trabajar una turbina para que esta genere energía. (Ghosh y Prelas 2011, p. 1)

2.2.1 Velocidad del Viento

Ningún otro factor es más importante para la cantidad de energía eólica disponible de una turbina de viento que la velocidad del viento. Debido a que la potencia del viento es una función cubica de la velocidad del viento, los cambios en velocidad producen un profundo efecto en la potencia. (Gipe 2004, p. 34)

2.2.2 Potencia en el Viento

Es muy importante tener un concepto claro sobre qué factores influyen en la potencia del viento.

Al igual que el agua, el viento posee una masa, pero en muy poca cantidad por el hecho de ser más denso, es más difuso. La energía cinética le da al viento la habilidad de desarrollar un trabajo.

Cuando el viento golpea un objeto, este ejerce una fuerza mientras intenta moverlo fuera del camino. Una cantidad de la energía cinética es otorgada o transferida, causando que el objeto se mueva. Y cuando esta lo hace, se puede decir que ha desarrollado un trabajo.

La cantidad de energía en el viento es una función de su velocidad y su masa. A más velocidad, más energía habrá disponible. (Gipe 2004)

2.2.3 Tamaño de Turbinas Eólicas.

El tamaño del rotor en las turbinas eólicas cumple un factor muy importante. Hoy en día el tamaño del diámetro del rotor va desde 0,5 metros hasta maquinas gigantes que alcanzan los 100 metros y son capaces de entregar hasta 3MW.

Turbinas pequeñas son subdivididas en micro, mini, y tamaño doméstico. Las microturbinas son las mas pequeñas con un diámetro menor a 1.25 metros y pueden entregar hasta 10KW.

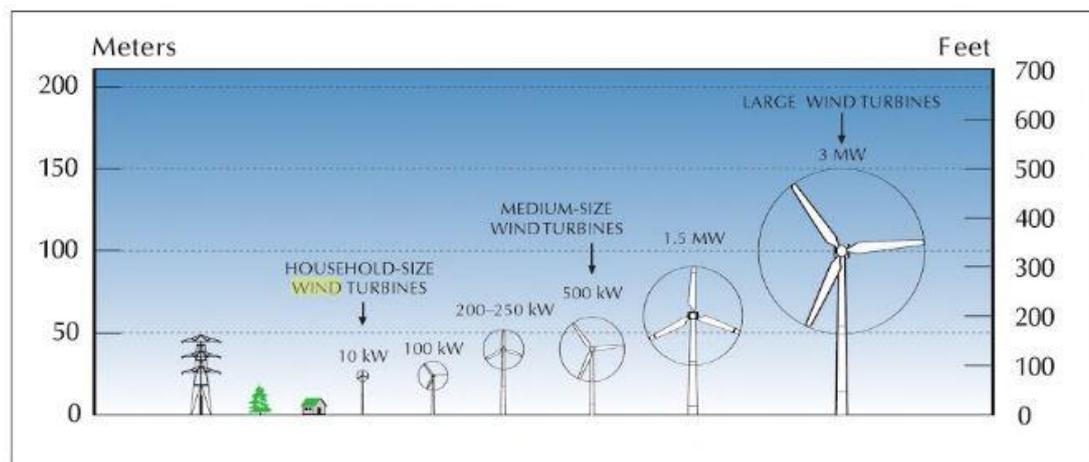


Figura 2.1: Tamaño relativo de turbinas eólicas
Fuente: (Gipe 2004, p. 9)

2.3 Energía Mareomotriz

La rotación de la tierra en su eje genera largas fuerzas centrífugas. Esto da como resultado que el diámetro de la tierra en el Ecuador sea aproximadamente 21km más grande que el de los polos, y también aumenta la profundidad de los mares en el Ecuador en relación con el de los polos.

Esta variación de profundidad no varía con el tiempo, excepto que la velocidad de rotación de la tierra disminuye muy lentamente por lo que puede considerarse constante y no da a lugar a mareas.

Las mareas son generadas por la rotación de la tierra dentro del campo gravitacional de la luna y el sol. La pérdida de energía como calor, debido a la fricción causada por las mareas parece haber ayudado a incrementar el tiempo de rotación de la tierra desde sus principios el cual solo tenía 8 horas hasta el valor presente de 24 horas. («Developments in Tidal Energy» 1990)

2.3.1 Método de Extracción de Energía Mareomotriz.

- a. Estuarios en los cuales grandes cantidades de agua fluyen a causa del alto rango de las mareas y se capturan detrás de las presas, la rotación de las turbinas se da gracias a la energía potencial del agua almacenada
- b. Se puede extraer energía similar al por medio de la energía cinética del agua en movimiento similar al de la energía eólica. (Mendi, Rao y SEELAM 2016)

Estos 2 métodos tienen sus ventajas y sus desventajas. También existe la posibilidad de utilizar técnicas de bombeo a las presas para obtener una mejor eficiencia y para equilibrar la demanda eléctrica.

Los dispositivos que normalmente se usan pueden variar en forma, tamaño y especificaciones. Se los clasifica en 3 tipos:

- a. Represas mareomotrices que por medio de largos muros, compuertas o presas, capturan y almacenan la energía potencial del océano.
- b. Cercas de marea las cuales explotan directamente las corrientes submarinas de rápido flujo para generar energía.
- c. Dispositivos de marea que se posicionan dentro de una corriente de marea. (Mendi, Rao y SEELAM 2016)

2.3.2 Represa Mareomotriz

Esta implica la construcción de una presa de pared muy baja también llamada presa de marea, creando un recinto cerrado. Su parte inferior se encuentra en el fondo marino y su parte superior esta justo encima de su nivel de altura máximo registrado en el año. La barrera tiene túneles cortados y el mar fluye entre ellos de forma controlada por medio del uso de compuertas de esclusa, tanto en la entrada como en la salida. En el interior de estos túneles se encuentran los generadores de turbina que giran cuando el agua los atraviesa para llenar o vaciar el depósito de marea y generar energía.

2.3.3 Cerca de Marea.

La instalación de una cerca de marea consiste en un cruce entre un sistema de corriente de turbina y una barrera de marea. A diferencia de las turbinas que se colocan individualmente sumergidas en el fondo del océano, estas están formadas por turbinas de eje vertical, la cuales se posicionan individualmente dentro de una estructura similar a una cerca. El propósito de la cerca de marea es aprovechar la energía cinética de las mareas submarinas. («Tidal Fence and Underwater Tidal Fence Turbines» 2016)

2.3.4 Ventajas y Desventajas de la Energía Mareomotriz.

Ventajas:

- No producen polución, tiene poca contaminación visual
- El sistema mareomotriz es fiable y predecible, esto le da una ventaja sobre el sistema de paneles solares y sistemas eólicos.
- Las salidas de energía son precisas y se pueden calcular con antelación, esto permite una buena adaptación con el sistema existente de redes eléctricas.

- Es un recurso sustentable y renovable. Disminuye la dependencia sobre el uso de combustibles fósiles.
- Las corrientes costeras proporcionan una densidad de energía 4 veces mayor que el aire, lo cual quiere decir que una turbina de 20 metros de diámetro generaría la misma energía que un molino de viento con un diámetro de 80 metros.

Desventajas:

- Inundaciones y cambios climáticos
- Las turbinas pueden acabar con un 15% de los peces dentro de esa área.
- Altos costo de instalación y generación
- Las presas podrían interrumpir las rutas migratorias de los animales marinos y también las rutas de navegación.

2.4 Biomasa

La biomasa está definida como formas de carbono no fósiles que contienen energía y que incluye toda la vegetación de la tierra y del mar, así también como todo el desperdicio municipal, residuos forestales, agrícolas, biosólidos municipales y algunos desperdicios industriales. En resumen, la biomasa es todo el material orgánico no fósil que posee un contenido de energía química intrínseca.

El objetivo principal de la energía por biomasa es reemplazar el combustible fósil en aplicaciones específicas, este sistema no puede ejecutar efectivamente su objetivo si la energía disponible de salida para el consumidor es menor que el total de cantidad necesaria de insumos de energía no renovable. (Klass 1998)

Las principales características de como la biomasa es usada como un recurso de energía y combustible, está ilustrado en la Fig. 3.1. Tradicionalmente, la biomasa es cosechada para alimentos, materiales de construcción, fibra o también se la deja en áreas de crecimiento para descomposición natural.

El contenido de energía de la biomasa puede ser desviado en vez de aplicarlo directamente en sistemas de combustión. Otra opción puede ser en plantar ciertas especies de biomasa tales como el árbol tropical de caucho, el cual grandes hidrocarburos de alta energía son formados dentro de la especie por mecanismos naturales bioquímicos.

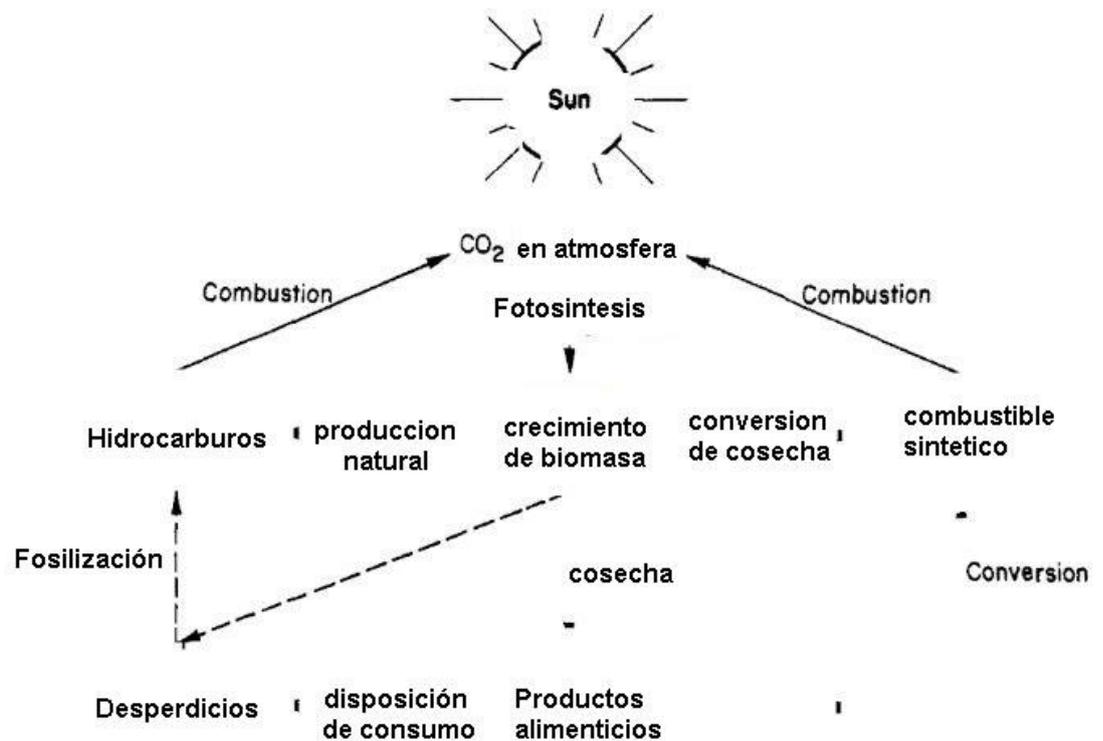


Figura 2.2: Principales características de formación de biomasa
Fuente: (Klass 1998, p. 31)

2.4.1 Energía Potencial en la Biomasa

Es muy importante examinar la cantidad de energía y biocombustibles que se puede obtener por medio de la biomasa y compararla con la demanda de combustibles fósiles. Así se podría tener un estimado de la demanda energética que debe cumplirse para ciertos tipos de biomasa particulares.

2.4.2 Biomasa a Partir de Residuos

Este es un gran recurso de energía renovable. Consiste en un amplio rango de materiales que incluyen los desechos de las empresas, desechos municipales, residuos forestales, abono animal y biomasa muerta la cual ocurre por ciclo natural. Muchos de estos desechos pueden atentar con la salud y causar problemas ambientales si no son deshechos correctamente.

2.4.3 Ventajas y Desventajas de la Biomasa.

Ventajas

- Siempre habrá biomasa disponible debido a los desperdicios o descomposición.
- La biomasa es una parte del ciclo de carbono, el carbono de la atmosfera es absorbido por las plantas para realizar la fotosíntesis y cuando estas decaen o son quemadas, el carbono regresa a la atmosfera, así que hay un balance entre la cantidad de carbono que el combustible de la biomasa libera y la cantidad que es extraído del mismo.
- La energía obtenida por biomasa es barata comparada al carbón o al petróleo. Usualmente esta tiene un costo de 1/3 menos que los combustibles fósiles que realizan el mismo trabajo. Esto conlleva a un gran ahorro a largo plazo.

Desventajas

- La necesidad de producir energía a gran escala puede llevar a la deforestación debido a la quema de árboles el cual podría destruir el hábitat de muchas plantas y animales.
 - La polución que se crea a partir de la biomasa puede ser tan mala comparada con la de combustibles fósiles, no se puede concretar que esta sea totalmente limpia.
 - Productos del biodiesel como el etanol, el cual es producido por la biomasa, es relativamente ineficiente comparado con la gasolina. Este tiene que ser mezclado con gasolina para poder ser utilizado en motores de combustión, además, este tiene un impacto negativo a largo plazo hacia los motores.
- («Pros and Cons of Biomass Energy - Conserve Energy Future» 2015)

2.5 Energía Geotérmica

Los recursos geotérmicos pueden ser descritos como reservorios dentro del planeta, en los cuales el calor es obtenido y puede ser utilizado para generar energía.

El reservorio geotérmico puede ser obtenido por el calor de las rocas solidas asi también como los fluidos que llenan las grietas dentro de las rocas.

2.5.1 Requisitos Para Un Sistema Geotérmico.

Los principales requisitos para que exista un sistema geotérmico son (1) un gran recurso de calor, (2) una reserva para acumular el calor, y (3) una barrera para soportar todo el calor almacenado. (Gupta y Roy 2006)

2.5.2 Campos Geotermales de Vapor

La mayoría de los campos geotermales contienen agua a muy altas temperaturas sobrepasando los 100 grados centígrados. Cuando esta agua es extraída a la superficie, existe una reducción de presión, generando grandes cantidades de vapor y una combinación entre agua y vapor saturado, el radio de variación depende del lugar donde se lo extrae. (Gupta y Roy 2006)

2.5.3 Fuentes de Calor

Los campos geotermales de vapor se encuentran situados en regiones con actividades volcánicas recientes.

Las intrusiones del magma a altas temperaturas a profundidades de unos pocos a varios kilómetros de la superficie de la tierra permiten que el calor necesario se acumule. (Gupta y Roy 2006)

2.5.4 Reservorio y Suministro Hídrico.

Para formar un reservorio adecuado de calor, el magma debe encontrar estratos rocosos permeables rellenos de agua. Dentro del reservorio, corrientes de vapor y agua a altas temperaturas son establecidas para que haya un buen intercambio de calor. (Gupta y Roy 2006)

2.5.5 Ventajas y Desventajas de la Energía Geotérmica.

Ventajas

- Se considera que la energía geotérmica es amigable con el medio ambiente y no causa significantes cantidades de polución

- No se requiere combustibles en ninguna fase de su producción o extracción.
- La energía geotérmica extrae calor del agua a altas temperaturas, el vapor que proviene de esta agua mueve las turbinas que producen electricidad. Para extraer esta energía se requiere una cantidad substancial de tuberías que deben permanecer bajo tierra. Gracias a muchos avances tecnológicos, la energía geotérmica es la que causa menos impacto en la superficie terrestre.
- Los reservorios geotérmicos son repletados naturalmente, por lo tanto, son renovables.

Desventajas

- Los principales destinos son excepcionalmente en zonas específicas, así que no se puede encontrar centrales geotérmicas fuera de estas áreas.
 - El proceso por seguir no es tan simple, hacer perforaciones en rocas calientes es extremadamente complicado.
 - Los costos iniciales son elevados, para la implementación en una vivienda promedio, se necesita una inversión inicial de \$10000 a \$20000
 - Las plantas geotermales en casos muy extremos pueden causar terremotos.
- («Pros and Cons of Geothermal Energy - Conserve Energy Future» 2015)

2.6 Energía Hidráulica.

La energía que se genera a partir del agua por una hidroeléctrica y convertida en electricidad, no es más que la energía potencial contenida en la masa del agua debido a su elevación. Esta elevación se calcula con referencia al nivel del mar la cual es lo más bajo que usualmente corre el agua. La energía del agua se libera mientras fluye cuesta abajo y se disipa por varios caminos gracias a la energía cinética. La erosión,

ruido, turbulencia y el flujo de las partículas de limo, son la evidencia de la energía siendo disipada.

Una turbina hidráulica puede extraer esta energía y utilizarla para producir electricidad.

La elevación inicial del agua que fluye por su curso es el resultado de la energía solar que calienta la superficie de los lagos y mares, causando evaporación la cual se dirige hacia la atmosfera como vapor de agua. Terminado este proceso, todo este vapor se eleva hacia la atmosfera, formando nubes. Los cambios de presión y movimientos dentro de la atmosfera transportan las nubes alrededor del planeta y eventualmente mucha de esta agua es regresada a la superficie del planeta en forma de lluvia. Es esta lluvia que alimenta todos los canales de agua en el planeta y provee energía que puede ser utilizada en las plantas hidroeléctricas. Se podría decir que la energía hidráulica es una forma de energía solar. (Breeze 2018)

2.6.1 Categorías de una Planta Hidroeléctrica.

Las plantas hidroeléctricas pueden variar de tamaño, desde las más pequeñas que pueden generar varios kilowatts hasta las más grandes que pueden llegar a generar miles de mega watts.

Las especificaciones que se usan para construir estas plantas pueden variar. Las grandes plantas siempre serán construidas para adaptarse en un sitio en particular y es probable que todos sus componentes se adapten a ese proyecto en específico. Las pequeñas plantas usualmente usan componentes comerciales para mantener sus costos de operación bajos.

Las plantas hidroeléctricas se pueden categorizar de acuerdo con su tamaño.

Tabla 2.1

Categorías de Plantas Hidroeléctricas

Micro	1kW – 100kW
Mini	100kW – 1MW
Pequeña	1MW a 10 – 30 MW
Grande	Superior a 10 – 30 MW

2.6.2 Componentes del Sistema de Energía Hidroeléctrica.

Presa

Esta es la parte más importante de la planta. La presa se construye alrededor del río el cual debe tener suficiente flujo de agua durante todo el año. La presa debería ser colocada en un lugar con una altura considerable donde se pueda almacenar suficiente agua para aprovechar el poder de la energía potencial

Reservorio de agua

Es donde se almacena el agua. Este ayuda a incrementar la altura de la cascada natural, esta usualmente modifica el equilibrio del río, pero también proporciona más energía potencial al agua para un mejor desempeño de la planta.

Compuerta

Estas son construidas en el interior de la presa. Esta controla el paso del agua que se traslada hacia la unidad de generación. Cuando esta se abre, el agua se dirige hacia la turbina. También cumplen la función de cerrar el flujo de agua dentro de la turbina cuando sea necesario.

Embalse

Es donde se retiene el agua mediante una presa.

El agua en el embalse contiene energía cinética y energía potencial. La energía cinética se genera por el flujo del agua y la energía potencial se desarrolla gracias a la altura del agua.

Turbina

Cuando el agua golpea las espadas de la turbina, esta energía resultante de la energía potencial y cinética, hacen que estas giren. La rotación de estas espadas hace que también gire el cigüeñal que está fijado en el generador, esto genera una potencia de salida. La mayoría de las plantas hidroeléctricas poseen más de una unidad generadora de potencia. Existen varios tipos de turbinas, como la Pelton, Francis, Kaplan, etc. El tipo de turbina que se debe utilizar depende del cabezal hidráulico disponible, la capacidad de generar potencia y la cantidad de agua a almacenarse.

Transformador

La corriente debe ser transformada por el generador a un voltaje más alto. Todos los transformadores contienen 2 bobinas, de suministro y de salida. El voltaje final depende del número de vueltas que tenga la bobina

2.6.3 Ventajas y Desventajas de la Energía Hidroeléctrica

Ventajas

- El precio de la energía producida en la planta no depende de los precios internacionales del mercado.

- La mejor ventaja de las plantas hidroeléctricas es que no necesitan combustible para su operación, todo funciona a través del agua.
- Tienen una larga vida, existen actualmente estaciones con más de 100 años operativos.
- El agua de la presa puede ser utilizado para el riego de sectores agrícolas próximos a la planta en el caso que exista un largo periodo de sequía.

Desventajas

- Para construir una represa hidroeléctrica se necesita una gran área debido al tamaño de la presa, la locación de la turbina y conexión de la red principal. Grandes áreas forestales tienen que ser destruidas para localizar todo el equipamiento necesario y esto conlleva a un gran impacto negativo en el ecosistema.
- Mucha flora y fauna depende del flujo continuo del río, muchos árboles deben ser cortados.
- Existen muchas posibilidades que los peces y otras especies marinas pasen a través de la red y sean aplastados por la turbina. Para evitar este problema se construye un paso cerca de la presa para que los peces circulen en temporadas de reproducción.
- La locación para el implemento de una represa debe ser muy específico, con abundante flujo de agua y una altura útil.

2.7 Biocombustibles

Los biocombustibles se derivan de materiales biológicos, pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos, se producen a partir de plantas y animales, estos son sustentables

así que pueden ser reemplazados a corto plazo. Los combustibles fósiles toman alrededor de 10 a 100 millones de años, por lo tanto, el combustible fósil que se consume hoy en día es energía solar ancestral.

La energía derivada de la vegetación debe ser intrínsecamente neutral en carbono, ya que el carbono acumulado en las plantas por la fijación del dióxido de carbono a causa de la fotosíntesis, es liberado cuando este es quemado. (Scragg 2009)

El biocombustible gaseoso, metanol, se produce gracias a la digestión anaeróbica de las aguas residuales en los vertederos, es usado para la generación de electricidad y en sistemas de calefacción y energía.

Los biocombustibles líquidos son utilizados como reemplazo de los combustibles fósiles petróleo y diésel. Hoy en día se los puede categorizar en biocombustibles de tres generaciones.

La primera generación de biocombustibles es el etanol como reemplazo del petróleo y el biodiesel.

El etanol es producido del azúcar o del almidón que se extrae de cultivos como la caña de azúcar, el maíz, el trigo y la remolacha azucarera y puede ahorrar 30-80% de emisiones de gas de efecto invernadero a comparación del petróleo.

El biodiesel es producido a partir de aceite vegetal y grasa animal y puede ahorrar entre 44 y 70% de emisiones de gas de efecto invernadero a comparación del diésel.

El problema con la generación de biodiesel de primera generación es la cantidad de energía usada para producir o convertir los cultivos en biocombustibles.

La segunda generación de biocombustible es el etanol producido directamente de la lignocelulosa o la gasificación de la misma y desperdicios de materiales orgánicos de desecho que producen diésel, metanol y éter dimetílico.

La tercera generación de biocombustibles es hidrogeno, producido por gasificación, lignocelulosa o directamente por microalgas o biodiesel producido base al aceite acumulado por las microalgas. Estas dos últimas generaciones no afectan los cultivos pero para llevarlas a producción se necesita capital y estudio. (Scragg 2009)

2.7.1 Ventajas y Desventajas de los Biocombustibles.

Ventajas

- Los biocombustibles se pueden producir localmente en la mayoría de países, lo cual disminuye la dependencia de energía extranjera.
- Puede ser elaborado por medio de una gran variedad de materiales como el desperdicio agrícola, estiércol y otros subproductos.
- La combustión del biodiesel produce una pequeña cantidad de carbono con pocas toxinas, lo cual lo hace una alternativa ideal para preservar la calidad de la atmosfera y polución ambiental.
- El biocombustible ha ido bajando su costo haciéndolo mucho más asequible que la gasolina y otros combustibles fósiles. De hecho, el etanol es actualmente más económico que el diésel y la gasolina.

-

Desventajas

- Aunque los biocombustibles pueden ser limpios para quemar, los procesos para producir el combustible, incluyendo la maquinaria necesaria para plantar los cultivos y las plantas para producir combustible, generan grandes emisiones de carbono, además, la tala de árboles para cultivar biocombustibles aumenta las emisiones de carbono

- Se necesitan grandes cantidades de agua para la irrigación de los cultivos de biocombustible así también para elaborar el combustible
- Los biocombustibles tienen una salida de energía menor que los combustibles tradicionales, por lo tanto, se necesitan grandes cantidades

CAPÍTULO 3

ENERGÍA SOLAR

El sol es una fuente inagotable muy importante, hoy en día se está empleando más tecnología para generar electricidad a partir de la energía solar. En muchos lugares del planeta se está utilizando la energía solar como fuente de energía como una alternativa renovable a las convencionales no hidráulicas.

Técnicamente la energía solar posee un gran potencial para cumplir la demanda energética global si la tecnología de su recolección y suministro estuviera fácilmente disponible.

3.1 La Fuente de la Energía Solar.

En el centro del sol existe una alta actividad nuclear que genera grandes cantidades de radiación. Esta radiación genera fotones como energía luminosa. Estos fotones carecen de masa pero poseen grandes cantidades de energía y momento.

Estos fotones llevan diferentes haces de luz, algunos llevan luz invisible (infra roja y ultra-violeta) y otros llevan luz visible como la luz blanca.

Se estima que el tiempo que toma un fotón en ser expulsado desde el núcleo hasta fuera de la superficie es de 1 millón de años, una vez expulsado, estos viajan por el espacio a una velocidad de 1080 millones de kilómetros por hora y llegan a la tierra en aproximadamente 8 minutos.

Durante su viaje hasta la tierra, estos fotones pueden colisionar o ser desviados por otras partículas, y estos pueden ser destruidos al contacto con cualquier cosa que pueda absorber radiación, generando calor.

Nuestra atmosfera absorbe muchos de estos fotones antes de que alcancen la superficie de la tierra, es por esta razón que el calor incrementa al medio día, cuando el sol está por encima de nosotros, los fotones solo tienen que sobrepasar una fina capa de atmosfera, comparado al final del día cuando se pone el sol, los fotones tienen que sobrepasar una capa mucho más gruesa de atmosfera para llegar a la superficie. (Boxwell 2010)

3.2 Tecnología que Explota la Energía Solar

En la actualidad existen tres métodos para aprovechar la energía solar, energía solar térmica, paneles fotovoltaicos y pintura fotovoltaica.

3.3 Energía Solar Térmica.

Dentro de la energía solar térmica se incluye aplicaciones para sistemas de calentamiento de agua, cocina, desinfección solar de agua y central térmica solar, la cual implica concentrar y rastrear los rayos solares por medio de espejos.

3.3.1 Sistema Solar de Calentamiento de Agua.

Los calentadores solares de agua están diseñados para recolectar la energía solar y aumentar la temperatura para transferirla a un fluido, este sistema posee tanques recolectores y colectores solares. Existen dos tipos de sistemas solares de calentamiento, los activos y los pasivos

Activos.

Sistema de circulación directa

Las bombas circulan el agua a través de los colectores, y dentro del hogar. Este sistema es muy usado en lugares donde las temperaturas son raramente bajas.

Sistema de circulación indirecta

Las bombas circulan un fluido transferente de calor anticongelante a través de los colectores y un intercambiador de calor. Esto calienta el agua que luego fluye en la vivienda. Son muy populares en lugares donde las temperaturas tienden a ser demasiado bajas.

Pasivos

Los sistemas de calentamiento son más económicos, pero no son tan eficientes como los activos. Sin embargo, los sistemas pasivos son más confiables y tienen una vida más larga.

Existen dos tipos de sistemas pasivos

3.3.2 Sistema Colector Integral Pasivo

El colector y el tanque se combinan en una sola unidad por lo que no se requiere bomba de circulación ni controles electrónicos ya que el agua del grifo domestica se calienta y se puede almacenar dentro de las unidades de almacenamiento de calor y colección combinados.

3.3.3 Sistemas de Termosifón.

El agua caliente se eleva y el agua fría se hunde. Este colector debe ser instalado por debajo del tanque de almacenamiento para que el agua caliente suba al tanque. Este sistema es más caro que el sistema colector integral pasivo.

3.4 Reflector Parabólico.

Los reflectores parabólicos es un colector de energía termal diseñado para capturar la radiación directa del sol sobre una superficie hacia un pequeño punto focal, incrementando la energía solar.

Los reflectores parabólicos son crean fácilmente doblando una lámina de material reflectivo o perfectamente pulido en una forma parabólica.

Para reducir las pérdidas de calor, se usa un tubo negro metálico de calor dentro de un tubo de vidrio sellado. El tubo de calor contiene un fluido de transferencia de calor el cual es bombeado a un circuito que se encuentra dentro del tubo, absorbiendo el calor mientras circula.

Estos pueden generar temperaturas muy altas de una manera más eficiente que los paneles, ya que el área de absorción es más pequeña. El fluido de transferencia que circula dentro del tubo es una combinación de agua con otros aditivos o aceites térmicos alcanzando una temperatura sobre los 200 grados.

3.5 Central Térmica Solar.

Esta implica concentrar y rastrear los rayos solares por medio de espejos (usualmente parabólicos o por platos) hacia un fluido lo cual lo evapora y se expande, usándolo para empujar una turbina. La temperatura del fluido puede alcanzar hasta 800 grados c. La gran ventaja de los centrales térmicos solares es que la energía del sol es

convertida en calor, la cual puede ser rápidamente almacenada a diferencia de los paneles fotovoltaicos ya que la electricidad es más difícil de almacenar. (Letcher y Fthenakis 2018, p. 6)

3.6 Pintura Fotovoltaica

Se puede aplicar en cualquier superficie que capte la energía del sol transformándola así en electricidad. Es similar a la pintura común, a diferencia que contiene millones de piezas hechas de materiales fotosensibles sobre ella. Su instalación es más fácil y más barata.

El principal problema con la pintura solar es su eficiencia, lo cual todavía no la hace comercialmente viable. Esta varía entre 3-8% de eficiencia, a comparación con los paneles tradicionales de silicio que operan con un alrededor de 18% de eficiencia.

3.7 Paneles Fotovoltaicos.

Los paneles solares producen electricidad usando el efecto fotovoltaico. Para crear este efecto, dos capas de un material semiconductor deben de ser combinadas.

Una capa debe tener un número reducido de electrones. Cuando se exponen a la luz, muchos de los fotones son absorbidos por el material el cual excita a los electrones causando su traslado de una capa a otra. Cuando esto sucede, se genera una pequeña corriente eléctrica.

El material semiconductor que se usa para construir una celda solar es el silicio. Obleas muy finas de silicio son cortadas y pulidas. Se agregan impurezas a algunas de estas obleas con el fin de cambiar su propiedad eléctrica causando un desequilibrio en el electrón.

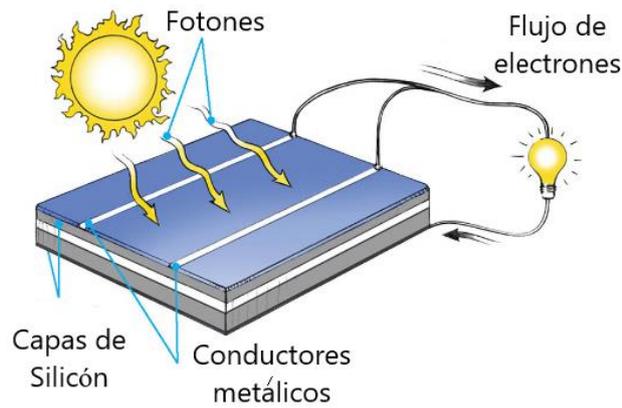


Figura 3.1: Composición de una celda solar
Fuente: (Burdick y Schmidt 2017, p. 4)

Estas obleas son alineadas para crear una celda solar. Franjas metálicas conductoras son introducidas a través de estas celdas para absorber la corriente eléctrica.

Cuando un fotón golpea la celda solar, puede realizar una de tres acciones: ser absorbida por la celda, ser reflejado fuera de la celda o pasar directamente a través de la celda.

Cuando los fotones son absorbidos por el silicio, los electrones saltan de una capa a otra causando una corriente eléctrica.

Mientras más fotones sean absorbidos por una célula solar, más grande será la corriente generada.

Las celdas solares generan mayor parte de su electricidad cuando hay luz solar directa. También pueden generar electricidad en días nublados e incluso algunos sistemas pueden generar cantidades pequeñas de electricidad con la plena luz de la luna.

Estas celdas solares deben ser unidas para que generen cantidades útiles de electricidad, creando un panel solar o más conocido como panel fotovoltaico. (Boxwell 2010)

3.7.1 Desempeño

El desempeño de un módulo es definido por su salida de potencia. Esto equivale a su producción de energía y se la define en watts. Un módulo clasificado en 250 watts es capaz de generar 250 watts de electricidad DC. Existen algunos índices que califican el desempeño de un panel que se describen en la placa del fabricante.

3.7.2 Tolerancia de Potencia

Es una clasificación que provee información aproximada sobre el desempeño del módulo. Una tolerancia de potencia de $+ / - 5\%$ quiere decir que el módulo puede funcionar $\%5$ por encima o debajo de su índice STC (pruebas en condiciones estándar).

3.7.3 Clasificación PTC

Son similares al índice STC pero se basan principalmente en condiciones más reales

3.8 Eficiencia en Celdas Solares

La eficiencia se refiere al porcentaje de irradiancia solar que es transformada en electricidad por las celdas solares. Las celdas solares de silicio cristalino poseen entre 15% y 20% de eficiencia. Se puede decir que mientras más eficiencia posee un módulo, es mejor, pero no siempre es el caso.

La eficiencia en celdas solares se degrada con el tiempo, dependiendo su material fotovoltaico, produciendo menos energía con el pasar de los años.

3.9 Clasificación de los Paneles Solares.

Existen tres tipos de paneles fotovoltaicos. Los módulos convencionales que se fabrican con uno o dos tipos de silicio: monocristalino y policristalino, y las células solares de película fina.

3.9.1 Paneles Monocristalinos

Los paneles monocristalinos, como su nombre lo indica, se crean a partir de una única estructura continua de cristal. Se los caracteriza por poseer un solo color plano.

Se fabrican por medio del proceso Czochralski donde una semilla de cristal silícea es sumergida en un recipiente de silicio fundido, se la extrae formando una estructura cristalina sólida alrededor de la semilla en forma de lingote en rodajas finas, lo que se conoce como una oblea de silicio. Estas son transportadas a la celda.

Estos paneles tienen una eficiencia mayor debido a su fabricación con silicio de alta calidad.

La eficiencia de estos paneles es típicamente 15–20%

3.9.2 Paneles Policristalinos.

Son menos costosos debido a su proceso de fabricación, para crearlos también se comienza con una semilla de cristal de silicio sumergida en un recipiente con silicio fundido, a diferencia de los monocristalinos, la semilla se deja enfriar.

3.9.3 Célula Solar de Película Fina.

Para su producción se coloca una sustancia fotovoltaica en una superficie sólida como el vidrio. Esta sustancia puede variar y actualmente ya es comercializada.

Los ejemplos más comunes entre las sustancias fotovoltaicas son:

- Telururo de cadmio
- Silicio desestructurado
- CIGS (material compuesto por Galio, Cobre, Indio y Selenio)
- Las películas finas solares son las más baratas debido a su baja eficiencia de 7-13%
-

3.10 Tipo de conexión en paneles solares

Existen dos tipos de instalaciones en los paneles solares serie y paralelo

3.10.1 Conexión en serie

Parámetros y curva característica de intensidad-voltaje cuando tres células solares están conectadas en serie.

Se puede ver que los voltajes de la celda aumentan mientras que la corriente permanece constante.

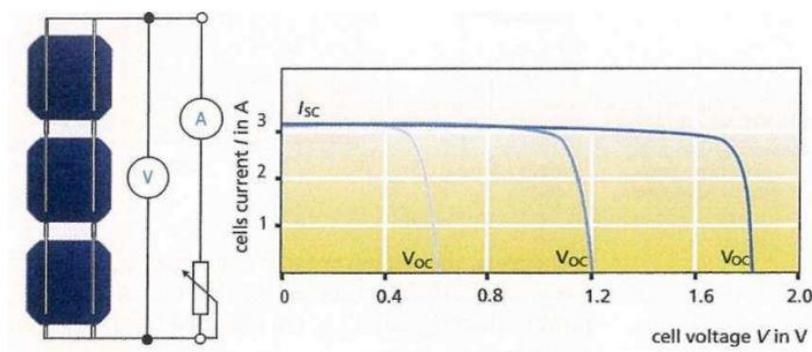


Figura 3.2: Curva de Intensidad-voltaje de 3 paneles conectados en serie
Fuente: (Sonnenenergie (Dgs) 2012, p. 85)

3.10.2 Conexión en Paralelo

Aquí, la tensión permanece constante y la corriente aumenta. Es raro tener módulos fotovoltaicos en los que solo una célula esté conectada a otra debido a la baja tensión.

Varias células solares siempre se conectan primero en serie para formar una cadena, y esta cadena se conecta entonces en paralelo a un módulo. Con grandes módulos fotovoltaicos, dos o más cadenas de células solares, cada una con 36 células solares, a menudo se conectan en paralelo.

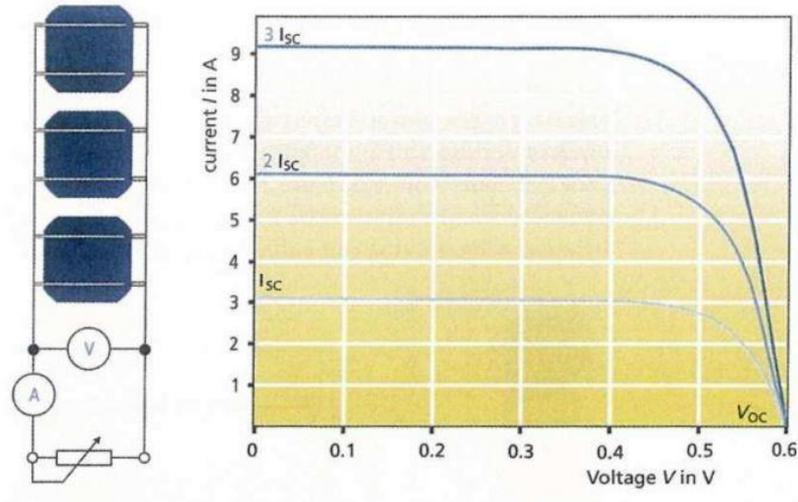


Figura 3.3: Curva de Intensidad-voltaje de 3 paneles conectados en paralelo.
Fuente: (Sonnenenergie (Dgs) 2012, p. 86)

3.11 Dependencia de la Irradiancia y sus Características.

La salida eléctrica y las curvas intensidad-voltaje de los módulos fotovoltaicos dependen de las temperaturas y la irradiancia, así que los módulos normalmente solo se cargan parcialmente durante su operación. Durante el transcurso de un día la irradiancia varía más que la temperatura. Los cambios en la irradiancia afectan la corriente del módulo. Sobre todo, porque la corriente depende directamente de la irradiancia. Cuando la irradiancia se reduce a la mitad, la electricidad generada también se reduce a la mitad.

3.12 Distribución de Radiación Solar

El sol suministra energía en forma de radiación, sin esta la vida en el planeta no existiría.

El sol es un gran reactor de fusión nuclear, solo una pequeña proporción (aproximadamente 2 millonésimas) de radiación del sol llega a la superficie de nuestro planeta.

La intensidad de la radiación solar fuera de la atmosfera de la tierra depende principalmente de la distancia entre el sol y la tierra. En el transcurso de un año esto varía entre 1.47×10^8 km y 1.52×10^8 km. Como resultado, la irradiancia E fluctúa entre $1325\text{W}/\text{m}^2$ y $1412\text{W}/\text{m}^2$.

El valor promedio se conoce como constante solar.

Constante solar: $E = 1367\text{W} / \text{m}^2$

Este nivel de irradiancia no se alcanza en la superficie de la Tierra. La atmosfera de la tierra reduce la insolación por reflexión, absorción (por ozono, vapor de agua, oxígeno) y dióxido de carbono) y dispersión (causada por moléculas de aire, partículas de polvo o contaminación). Con buen tiempo al mediodía, la irradiancia puede alcanzar $1000\text{W} / \text{m}^2$ en la superficie de la tierra. Este valor es relativamente independiente de la ubicación. La insolación máxima, ocurre en días parcialmente nublados, soleados. Como resultado de la radiación solar que refleja el paso de las nubes, la insolación puede alcanzar un máximo de $1400\text{W} / \text{m}^2$ por cortos periodos. Si el contenido de energía de radiación solar se suma a lo largo de un año, esto da la radiación global anual en kWh / m^2 .

Este valor varía mucho según la región, como se muestra en la figura.

Algunas regiones en el ecuador alcanzan valores superiores a 2300kWh / m² por año, mientras que el sur de Europa recibe una radiación solar anual máxima de 1700kWh / m² y Alemania obtiene un promedio de 1040kWh / m². En Europa hay importantes variaciones estacionales que se aprecian principalmente en la diferencia entre verano e invierno. (Sonnenenergie (Dgs) 2012)

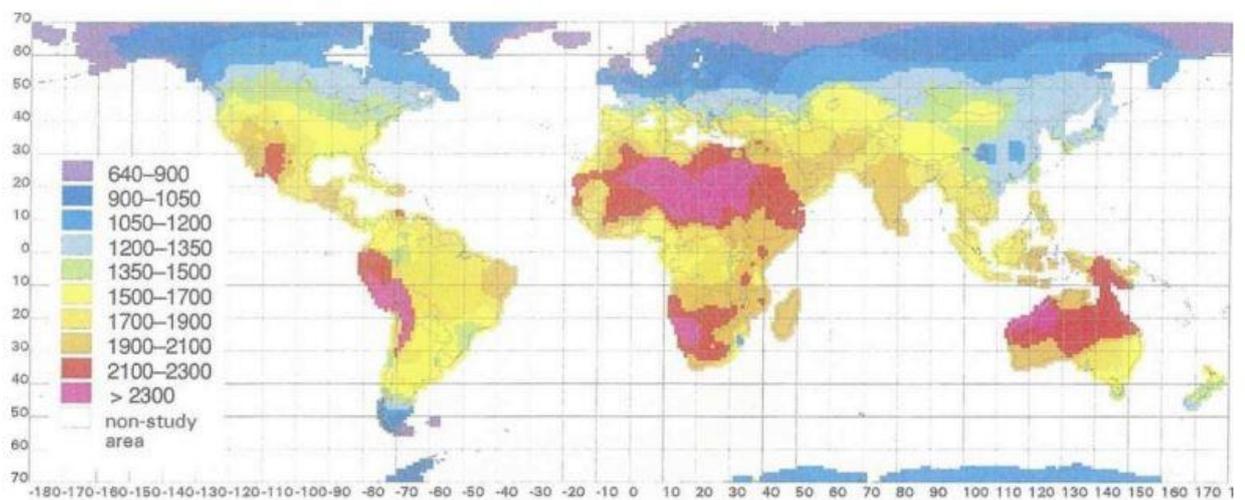


Figura 3.4: Distribución mundial de irradiación solar anual
Fuente: (Sonnenenergie (Dgs) 2012)

3.13 Definición Angular

Es muy importante saber la trayectoria del sol para poder calcular los valores de irradiación y los rendimientos de los sistemas de energía solar.

La altitud del sol se puede describir en cualquier locación por la altitud solar y el Acimut solar. Cuando se habla de sistemas de energía solar, el sur se da generalmente $a = 0^\circ$.

Los ángulos hacia el este se indican con un signo negativo (este: $a = -90^\circ$). Hacia el oeste, los ángulos se dan sin un signo (o con un signo positivo) (oeste: $A = 90^\circ$). (Sonnenenergie (Dgs) 2012)

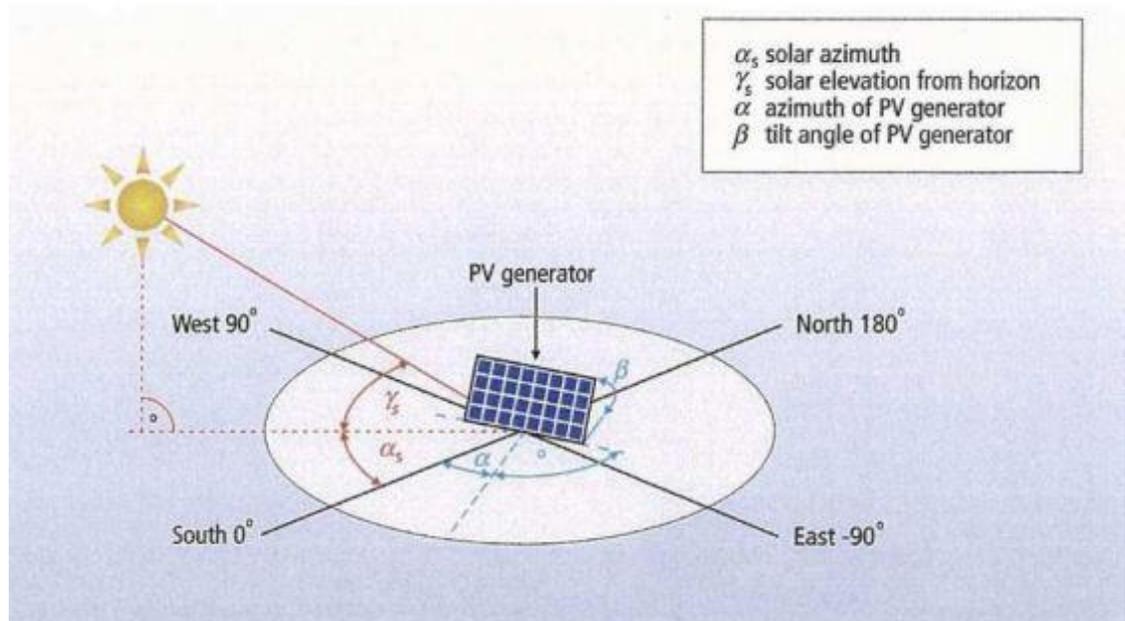


Figura 3.5: Definición angular en paneles solares
Fuente: (Sonnenenergie (Dgs) 2012)

3.14 Conexión Fuera de la Red

Un sistema fuera de la red no está conectado a la red eléctrica y, por lo tanto, requiere almacenamiento de la batería. Un sistema solar sin conexión a la red debe diseñarse de manera adecuada para que genere suficiente energía durante todo el año y tenga suficiente capacidad de batería para cumplir con los requisitos de la casa, incluso en las profundidades del invierno cuando hay menos luz solar.

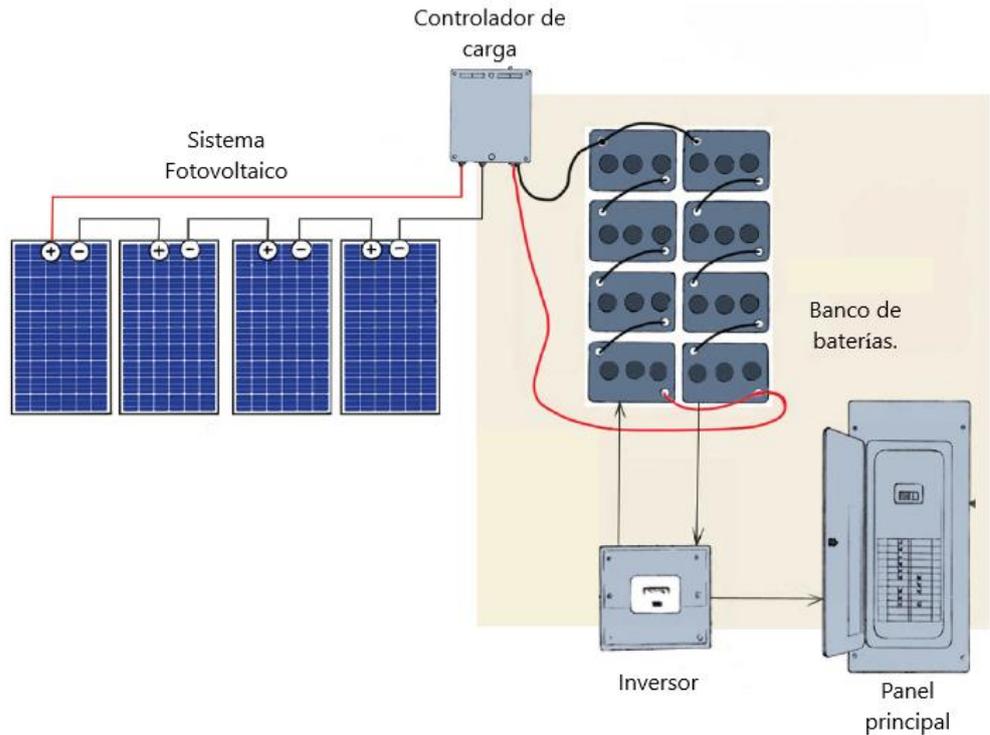


Figura 3.6: Esquema de conexión de un sistema Fotovoltaico fuera de red.
Fuente: (Burdick y Schmidt 2017, p. 163)

El alto costo de las baterías y los inversores hace que los sistemas fuera de la red sean mucho más caros que los sistemas en la red, por lo que generalmente solo se necesitan en áreas más remotas que están lejos de la red eléctrica. Sin embargo, los costos de las baterías se están reduciendo rápidamente, por lo que ahora hay un mercado creciente para los sistemas de baterías solares fuera de la red, incluso en ciudades y pueblos.

Los principales requisitos para montar un sistema de paneles fotovoltaicos fuera de red, son los siguientes:

3.15 Conjunto Fotovoltaico

La estructura de los conjuntos Fotovoltaicos fuera de red es la misma comparada a la estructura que trabaja con soporte del sistema de red interconectado, a diferencia

que esta posee menos cableado. Esta consiste en un numero de paneles fotovoltaicos, el cual alimentara el sistema.

3.16 Controlador de Carga

Los controladores de carga son necesarios para instalar un sistema de paneles fotovoltaicos fuera de red, por ejemplo, si un sistema de paneles tiene una salida de 91 voltios y la el banco de baterías está calificado en 48 voltios, el controlador de carga se encarga de regular la cantidad y el ritmo de carga que las baterías requieren a cada momento.

Existen muchos tipos de controladores de carga que varían en costo y capacidad. Los únicos que son altamente recomendados para un sistema de paneles fotovoltaicos fuera de red, son los controladores MPPT, los cuales pueden recibir un voltaje de entrada (del conjunto fotovoltaico) superior al voltaje de salida (el voltaje que se dirige a las baterías).

Otro tipo de controladores son los controladores de voltaje de carga fija, estos requieren que el voltaje del conjunto fotovoltaico sea el mismo que el voltaje de las baterías. Este tipo es comúnmente usado en sistemas pequeños de paneles solares. (Burdick y Schmidt 2017)



Figura 3.7: Controlador MPPT
Fuente: (Burdick y Schmidt 2017, p. 155)

3.17 Calculo de Cargas.

Las cargas eléctricas son el acumulativo total del uso diario eléctrico en el hogar.

Se lo calcula multiplicando el vataje de cada aparato eléctrico por el uso promedio en horas que se le dará durante todo el día. En el caso de aparatos eléctricos que no tienen un uso frecuente diario, se calcula el promedio diario de acuerdo con el uso semanal. Por ejemplo, una secadora que tiene un uso semanal de 2 horas, tendría un uso diario de 0.28 ($2/7 = 0.28$). Se tiene que sumar todas las cargas para encontrar el total diario en kilowatt-hora (kWh) utilizado. (Burdick y Schmidt 2017)

Para determinar el vataje de cada carga, es necesario revisar las especificaciones de cada aparato electrónico entregadas por el fabricante, en el caso que solo conozcamos el amperaje, se lo tiene que multiplicar por el voltaje, comúnmente es 120. Por

ejemplo, si tenemos un ventilador eléctrico y el fabricante especifica que trabaja con 3.0 amperios, entonces multiplicamos 3 amperios x 120 voltios = 360 watts.

El vataje es la medida de consumo instantáneo de una carga. Para convertir el vataje en uso actual de energía, se debe agregar un factor de tiempo: un ventilador de 360 watts trabajando por 3 horas, utiliza 1080 vatios-hora. Este valor se divide para 1000 para encontrar los kilovatios-hora: $1080/1000 = 1.08$ kWh.

Se debe usar kWh para calcular el total de cargas eléctricas en el hogar. (Burdick y Schmidt 2017)

3.18 Días de Autonomía.

Este es un tema muy importante en instalaciones fotovoltaicas fuera de red. Determina cuantos días las cargas pueden ser alimentadas mientras no haya luz solar.

Esto lo determina principalmente el banco de baterías, usualmente el objetivo es 3 días de autonomía, tomando en cuenta el costo-beneficio, aunque eso depende del requerimiento del usuario.

3.20 Baterías.

Existen muchos tipos, precios, tamaños, características y comportamiento de baterías, usualmente las baterías funcionan de una manera diferente en cada sistema fotovoltaico a causa de la temperatura, irradiancia solar variable y condiciones de carga eléctrica.

El tiempo de vida de una batería es de 5 a 8 años en promedio, aunque se predice que algunos nuevos modelos podrían durar entre 10 a 15 años.

Se recomienda usar solo baterías estacionarias, las cuales están diseñadas para las profundas descargas regulares de un sistema fotovoltaico.

Las baterías de arranque, como las baterías de carro, están diseñadas para recibir rápidas ráfagas de descarga al encender el vehículo, seguido de una recarga inmediata mientras el motor este encendido. Los profundos ciclos de carga y descarga de un sistema fotovoltaico podrían acabar inmediatamente con una batería de carro.

3.20.1 Mantenimiento

Todas las baterías deberían ser monitoreadas cada cierto tiempo para asegurarse que se están cargando y descargando correctamente. Las únicas baterías que necesitan mantenimiento manual son las baterías de ácido-plomo.

3.20.2 Costo

Ciertos bancos de baterías podrían costar entre \$2000 hasta \$10000. Muchas de las más caras están diseñadas en durar hasta 15 años o más, pero la mayoría tienen una vida aproximada entre 5 a 8 años.

3.20.3 Tamaño.

Usualmente el tamaño no es un factor muy importante para un sistema fotovoltaico, ya que las baterías permanecen almacenadas en un cuarto de utilidad. Las baterías son pesadas, pesan desde 60 libras, las más pequeñas, hasta 400 a 600 libras para uso industrial y todas deben estar alojadas en una tapadera con ventilación.

3.20.4 Capacidad.

La capacidad de una batería es medida en amperio-horas. Las baterías estándares para sistemas fotovoltaicos suelen tener una capacidad individual entre 100 a 500 amperios horas.

Para saber cómo las amperio-horas de una batería, se traducen a vatios-hora o kilovatios-hora usables, se debe multiplicar los amperio-hora por el voltaje de la batería.

3.20.5 Ciclo de Vida y Profundidad de Descarga

Los ciclos de vida de una batería estiman cuantos ciclos completos de carga y descarga puede tener una batería. Bajo condiciones normales, en el caso de sistemas de paneles fotovoltaicos, una batería puede tener entre 500 hasta 3000 ciclos.

Las baterías de ciclo profundo tienen un periodo de duración mayor, si no se descargan más del 50% hasta 80% por cada ciclo, dependiendo del tipo de batería. Las baterías de plomo y ácido deben ser descargadas hasta un 50% mientras que las baterías de níquel-hierro (NiFe) pueden tolerar hasta un 80% de descarga.

3.20.6 Cerramientos Para Baterías.

Las baterías contienen niveles mortales de electricidad que pueden ser transmitidos simplemente al tocar los terminales de dos baterías con algún material conductor, por lo que se recomienda tenerlas aisladas en un compartimiento especial. Estas también pueden emitir explosivos gases de hidrogeno durante su carga y descarga, por lo tanto, deben ser ventiladas para expulsar el hidrogeno hacia los exteriores.

3.21 Inversores.

Los inversores para los sistemas aislados de paneles solares son similares para los sistemas interconectados, a diferencia que están diseñados para un bajo voltaje de entrada DC, usualmente 12, 24 o 48 voltios. Esto es porque los inversores reciben el voltaje DC directamente desde el banco de baterías, mas no del sistema interconectado.

CAPÍTULO 4

SISTEMAS DE SEGURIDAD

Son redes de dispositivo y componentes electrónicos integrados que trabajan en conjunto para proteger un área determinada contra posibles intrusos.

Un sistema típico de seguridad para un hogar incluye:

4.1 Cámaras de Seguridad.

Estas se encuentran disponible tanto alámbricas como inalámbricas, las cámaras de vigilancia pueden ser usadas tanto en interiores como en exteriores y también existen varios modelos dependiendo de su uso.

Las cámaras con conexión alámbrica son las más comunes y se conectan directamente a una grabadora que se enlaza a un router con conexión a internet y usualmente tienen un cable de energía.

Las cámaras inalámbricas más conocidas como cámaras inalámbricas IP, colectan y envían datos a una conexión inalámbrica. Estas cámaras usualmente se alimentan por una batería integrada y son 100% inalámbricas.

4.1.1 Cámara tipo bala.

Se las denomina así por su apariencia cilíndrica la que se asemeja a una bala. Se utiliza espacialmente en situación en donde se requiere una visión de larga distancia.

Usualmente se las instala bajo cubiertas y pueden tener protección contra el polvo, suciedad u otros elementos naturales.

Estas vienen equipadas con un lente fijo y se la puede montar fácilmente con un soporte.

4.1.2 Cámara domo.

Al igual que las cámaras tipo bala, las cámaras domo tienen una forma única y son más discretas. Estas también pueden usarse en interiores y en exteriores.

Las cámaras domo ofrecen las mismas características que las tipo bala, a diferencia que tienen ciertas ventajas. Estas cámaras tienen un ángulo de visión mucho más amplio, también son más resistentes a cualquier tipo de manipulación a comparación con otros tipos de cámaras.

Las cámaras domo pueden tener tecnología de visión nocturna, detección de calor y movimiento. También se pueden conectar a una grabadora DVR o NVR.

4.1.3 Cámaras con Montura C

El lente de esta cámara puede ser intercambiable, el tipo de lente va de acuerdo con cada aplicación. Las cámaras con montura C pueden cubrir una distancia superior a 12 metros con el uso de lentes especiales, a diferencia de las cámaras de circuito cerrado que pueden cubrir una distancia máxima de 10 metros.

4.1.4 Cámaras de red.

Las imágenes de estas cámaras se envían directamente a un servidor por medio de internet y el contenido puede ser revisado por medio de una computadora o un celular, aun cuando el propietario no se encuentra en la misma locación.

4.1.5 Cámaras de Alta Resolución.

Principalmente son utilizadas en bancos o casinos debido a su gran resolución. Mandan imágenes con muy alta calidad para poder identificar claramente los rostros y

ayudan a detectar conductas indebidas, permitiendo al usuario acercarse para mayor claridad en el caso que deba ser usado como prueba en la corte.

4.2 Sensores de Movimiento.

El objetivo principal de los sensores de movimiento es detectar algún intruso y enviar una señal de alerta. Varios sistemas de seguridad pueden programarse para grabar eventos y trabajar en conjunto con sistemas de vigilancia.

Existen varios tipos de sensores, entre los cuales tenemos:

4.2.1 Sensor Infrarrojo Pasivo.

Detecta la energía infrarroja (calor corporal). Cuando el sistema está protegido, los sensores se activan. Una vez que el sensor se calienta, puede detectar el calor y movimientos en sus alrededores, creando una red protegida. Si un objeto en movimiento bloquea algunas zonas de la red y los cambios en niveles de energía varían rápidamente, los sensores se activan.

4.2.2 Sensores de Microondas.

Estos envían pulsos de microondas y mide la reflexión de un objeto en movimiento. Estos cubren un área más extensa que los sensores infrarrojo-pasivos, pero suelen ser más vulnerables a interferencias eléctricas.

4.2.3 Sensores Duales.

Los sensores de movimiento pueden tener características variadas para reducir la posibilidad de una falsa alarma. Un sensor infrarrojo puede ser combinado con un sensor de microondas para un mejor desempeño. Cada uno se desempeña en diferentes

áreas del espectro, uno es activo y el otro es pasivo. Los sensores duales tienen bajas probabilidades de causar una falsa alarma, ya que, para que esto ocurra, ambos sensores deben ser activados.

4.2.4 Sensores Reflectivos de Área.

Estos emiten señales por medio de una luz LED. Usando la reflexión, estos sensores miden la distancia del objeto y detecta si este está dentro del área designada.

4.2.5 Sensores Ultrasónicos.

Estos envían señales de sonido superior a 20Khz (fuera del rango auditivo) y esperan la reflexión de las ondas, calculando así la distancia.

4.3 Sistemas de Alarma.

Son dispositivos que producen ruidos con alta amplitud que se utilizan para advertir situaciones de emergencia. Tradicionalmente se los monta en ubicaciones fijas.

Su uso es variado ya que existe sistemas de alarma para advertir la llegada de un tornado, servicio de emergencia y para sistemas de seguridad para el hogar.

Existen 2 tipos de alarmas.

4.3.1 Bocinas neumáticas.

Poseen dos componentes, un estator y un cortador, tienen un agujero en su interior. Estos dispositivos giran en el interior de la sirena previniendo y permitiendo el paso alternadamente, creando una presión de aire comprimido que dispara un sonido fuerte.

4.3.2 Sirenas Electrónicas.

Estas contienen un modulador, circuitos de oscilador y un amplificador que ayudan a regular la alarma producida. Sintetizan un tono de sirena específico el cual después es amplificado por medio de unos altavoces que no forman parte de la sirena en específico

CAPÍTULO 5

CONEXIONES INALÁMBRICAS.

Permite una conexión sin cables entre dispositivos para poder compartir aplicaciones e información. Este tipo de conexión brinda la facilidad de movimiento y la capacidad de extender aplicaciones a diferentes partes de un área.

Al igual que con las redes basadas en cable o fibra óptica, las redes inalámbricas comparten información entre dispositivos informáticos. Esta información podría ser una base de datos, correos, archivos, páginas web, transmisión de video o voz.

Existen varios tipos de sistema de conexión inalámbrica, entre ellos tenemos:

5.1 WLAN

La red de área local inalámbrica provee una conexión de alta velocidad dentro de una región pequeña, como edificaciones o un campus. Esta red ganó popularidad a mediados de 1980 cuando la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos decidió proveer una licencia libre de las bandas para uso industrial, medio y científico (ISM). Estas bandas son propensas a interferencias.

El primer estándar 802.11 ofrecía una transmisión de datos hasta de 2Mbps, utilizando cualquier extensión de espectro de transmisión en las bandas ISM o transmisiones infrarrojas.

En septiembre de 1999, se hicieron 2 suplementos fueron aprobados por el IEEE (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica). El primer estándar, 802.11b, extendió el desempeño de la capa física del existente 2.4GHz, ofreciendo una transmisión de datos hasta 11 Mbps. El segundo estándar, 802.11a, apuntaba a extender la transmisión de datos (de 20 a 54 Mbps) en la capa física de la banda de 5 GHz. (Papadimitriou et al. 2003)

En la actualidad, el estándar 802.11ac, referido como Gigabit WiFi, trabaja en la banda de 5 GHz con una velocidad máxima (Teóricamente) de 1.3 Gbps.

5.2 WPAN

La red inalámbrica de área personal son redes de corto alcance que usan la tecnología Bluetooth. Usualmente la red de área personal permite una conexión con un rango aproximado de 10 metros.

Una característica importante de la red inalámbrica de área personal es la capacidad de bloquear a otros dispositivos cercanos de manera selectiva, impidiendo interferencias innecesarias y accesos no autorizados a la información.

5.3 WMAN

Las redes inalámbricas de áreas metropolitanas permiten una conexión dentro de un área metropolitana tales como diferentes edificios en una ciudad las cuales pueden ser apoyadas por cableados de cobre o fibra.

5.4 WWAN

Las redes inalámbricas de áreas extensas pueden abarcar una gran cobertura, como ciudades o países, por medio de múltiples satélites o antenas estáticas atendidas por una ISP (Servicio Proveedor de Internet). Este sistema también es categorizado como sistema 2G (segunda generación)

CAPÍTULO 6
DISEÑO TÉCNICO

6.1 Selección de equipo a usar

Cámara de interiores.

Marca: Yi	
Modelo: Dome Camera	
Resolución	1920 x 1080
Lente	DFOV 112
Audio	Micrófono y parlante incluido
Decodificación	H.264 High Profile
Banda WiFi	802.11bgn 2.4 GHz
Consumo de Energía	4.0W (Max)
Visión Nocturna	Infrarrojo + Leds no invasivas
Costo	\$47.99

Cámara de Exteriores.

Marca: Foscam Modelo: FI9928P	
Resolución	1920 x 1080
Consumo de Energía	20W (Max.)
Sensor	Sony 1/2.8"CMOS
Tipo de Lente	f:2.8mm, F:2.6
Angulo de Visión	Horizontal: 40° - 105° Diagonal: 48 - 125
Frame Rate	25 fps
Estándar Inalámbrico	IEEE802.11b/g/n
Tasa de transmisión	IEEE802.11b: 11Mbps(Max.); IEEE802.11g: 54Mbps(Max.); IEEE802.11n: 150Mbps(Max.).
Zoom óptico	4x
Temperatura de operación	-20°C ~ 60° (-4°F ~ 140°F)
Visibilidad Nocturna	6 focos leds infrarrojos, rango hasta 60 metros
Precio	\$150

Luz exterior

Marca: W-LITE	
Modelo: 4000LM	
Tipo de luz	Super Bright Led Chip
Voltaje de entrada	85-256V/50 -60Hz (110V & 120V)
Temperatura de Luz	6000K-6500K (Luz diurna)
Angulo de Haz	120 grados
Rango del Sensor	15 metros
Rango de Proyección	15 metros
Consumo de energía	50W
Precio	\$38.60



Punto de acceso

Marca: tp-link Modelo: EAP225-Outdoor	
Antena	2.4GHz; 2 x 3dBi 5GHz; 2 x 4dBi
Consumo de energía	10.5W
Estándar Inalámbrico	IEEE 802.11 a/b/g/n/ac
Tasa de señal	802.11ac: 5G:6.5 Mbps a 867Mbps(MCS0-MCS9,NSS = 1 a 2 VHT20/40/80) 2.4G:78Mbps to 300Mbps (MCS8-MCS9 VHT20/40, NSS=1 a 3) 802.11g: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps 802.11b: 1, 5.5, 11Mbps 802.11a: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
Precio	\$76.99



Router

Marca: Netgear	
Modelo: Nighthawk AC1750	
Consumo de energía	42W
Temperatura de operación	0 a 40 C
Frecuencia de operación	2.4 GHz 2.412–2.462 GHz (US) 2.412–2.472 GHz (Japan) 2.412–2.472 GHz (Europe ETSI) 5 GHz 5.18–5.24 + 5.745–5.825 GHz (US) 5.18–5.24 GHz (Europe ETSI)
Precio	\$89.99



Focos

Marca: Philips	
Modelo: 455576	
Voltaje	120V
Consumo de energía	1.8W
Temperatura de color	2700K
Tiempo de vida	10000
Costo	\$12.99



Alarma

Marca: Epsilont	
Modelo: SD-30W	
Consumo de energía	30W
Potencia de sonido	120dB
Precio	\$24.95



6.2 Cálculo de Carga Total Diaria.

Tabla 6.1

Cálculo de carga total

Cargas	Wattage	Número de Unidades	Uso Diario (Horas/Día)	Carga total diaria (Wh/Día)
Cámaras de vigilancia Interior	4W	2	24	192
Cámara de vigilancia exterior	20W	5	24	2400
Alarma	30W	1	0.14	4.2
Focos Interiores	1.8W	6	8	86.4
Router	42W	1	24	1008
Extensión de Señal	10.5W	2	24	504
Focos Exteriores	50W	8	1.5	600
Carga total				4,794 W/hr
Potencia Total	611.8W			

Panel Solar

Modelo	Potencia nominal	Voltaje en circuito abierto	Corriente en corto circuito	Voltaje en potencia nominal	Corriente en potencia nominal	Eficiencia del modulo
Merkasol	150W	22.6V	8.90A	18.2V	8.52A	15.72%



6.3 Cálculo de Pérdidas Totales.

Se debe hacer un cálculo aproximado para medir el desempeño final de nuestro sistema de paneles fotovoltaicos fuera de red, estas pérdidas se deben a causa algunos factores de cada uno de sus elementos.

El rendimiento del sistema fotovoltaico viene definido por:

$$R = (1 - K_B - K_C - K_R - K_X) \cdot \left(1 - \frac{K_A \cdot N}{P_D}\right)$$

Donde:

- **Kb:** coeficiente de pérdidas de los acumuladores
 - Se utiliza un factor de 5% donde no hay descargas profundas
 - Se utiliza un factor de 10% cuando el sistema demanda descargas profundas
- **Kc:** coeficiente de perdidas en el convertidor
 - Se utiliza un factor de 5% cuando se trata de un convertidor senoidal puro, en óptimas condiciones
 - Se utiliza un factor de 10% en otras condiciones.
- **KR:** coeficiente de perdidas en el regulador.
 - Se utiliza usualmente un valor del 10%, basado en la tecnología que emplea.
- **Kx:** agrupa varias perdidas, tales como: efecto Joule, rendimiento de la red, etc.
 - Se utiliza un coeficiente entre 5% a 15% como un valor referencial.
- **Ka:** Coeficiente diario de auto descarga
 - 0.2% para baterías de Ni-Cd
 - 0.5% en baterías estacionarias (acido-plomo)
 - 0.12% en baterías de descarga profunda
- **N:** Días de autonomía del sistema
 - Número de días donde la instalación deba operar con una mínima irradiación, en la cual el sistema tendrá que consumir más energía de la que los paneles serán capaces de generar
 - Se toma entre 2 a 5 días como un valor referencial.
- **Pd:** Profundidad de descarga de las baterías. Referente a la capacidad nominal del acumulador, esta va decreciendo con cada ciclo de carga y descarga.

- No debe excederse de un 80%

Tomando en cuenta todas las especificaciones de nuestro sistema y empleando todas las pérdidas de la instalación, consideramos una pérdida no contemplada de 5%. Estimamos 3 días de autonomía, analizando el costo-beneficio, tenemos:

$$R = (1 - 0.05 - 0.05 - 0.10 - 0.05) \cdot \left(1 - \frac{0.005 \times 3}{0.8}\right)$$

$$R = 0.736$$

6.4 Cálculo de Paneles Solares Requeridos.

Para calcular el consumo máximo de energía se debe considerar un factor de seguridad de sobredimensionado, debemos tomar en cuenta algunos factores tales como el polvo, suciedad, degradación de los paneles y fallos en los cableados.

Se puede considerar un porcentaje entre 15% a 25%. En este sistema, vamos a considerar un factor de 15%.

$$E_{maxD} = f \cdot S \cdot \frac{E_{cons}}{V_B}$$

Donde:

E_{maxD} : Máximo de energía que se consume durante todo el día, incluyendo el factor de seguridad. (Ahd)

- E_{cons} : Energía total consumida en el día (Wh/día)
- V_B : Tensión del sistema que trabajaran las baterías.

Entonces:

$$E_{maxD} = 1.15 \cdot \frac{4794 \text{ Wh/día}}{12V}$$

$$E_{maxD} = 459.42 \approx 460 \text{ Ahd}$$

Para garantizar un diseño óptimo, debemos tener a consideración las pérdidas calculadas anteriormente.

$$E_{MAX} = \frac{E_{maxD}}{R}$$

Donde:

- E_{MAX} : Energía máxima (Ahd)
- R: Total de pérdidas.

Entonces:

$$E_{MAX} = \frac{460}{0.736}$$

$$E_{MAX} = 625 \text{ Ahd}$$

Se prosigue a calcular la energía que el panel solar proporciona, debemos tener en cuenta las especificaciones del panel que nos proporciona el fabricante, así también como las horas solar pico dependiendo de nuestra zona geográfica.

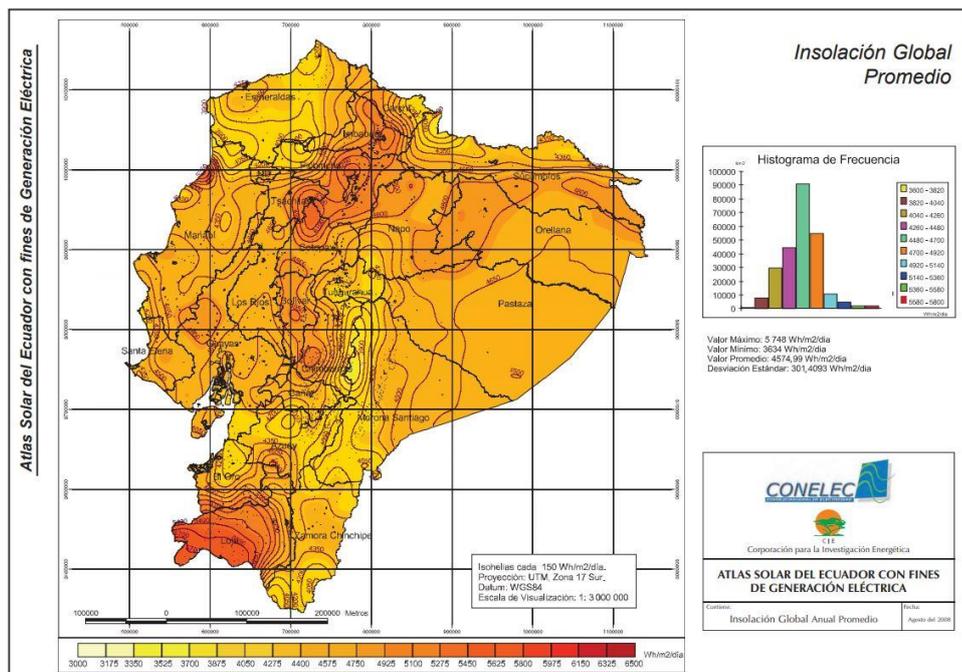


Figura 4.1 Insulación anual promedio del Ecuador
Fuente: (CONELEC, 2008)

PARAMETER	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
SI_EF_TILTED_SURFACE_NEG14	2.79	2.5	2.31	2.71	2.92	2.8	2.8	2.69	2.3	2.2	2.71	2.8	2.63
SI_EF_TILTED_SURFACE_0	4.15	4.1	4.7	4.58	4.13	3.7	3.8	4.18	4.3	3.9	4.16	4.03	4.15
SI_EF_TILTED_SURFACE_1	4.16	4.1	4.7	4.59	4.14	3.8	3.8	4.2	4.3	3.9	4.17	4.04	4.16
SI_EF_TILTED_SURFACE_16	4.24	4.1	4.59	4.62	4.3	3.9	4	4.27	4.2	3.9	4.23	4.14	4.21
SI_EF_TILTED_SURFACE_90	2.27	1.9	1.61	2.02	2.31	2.3	2.2	2.07	1.6	1.7	2.19	2.3	2.05
SI_EF_OPTIMAL	4.24	4.2	4.7	4.63	4.3	4	4	4.27	4.3	3.9	4.23	4.14	4.23
SI_EF_OPTIMAL_ANG	15	9	1	-11	-20	-23	-21	-14	-3	6	13	16	-2
SI_EF_TILTED_ANG_ORT	S	S	S	N	N	N	N	N	N	S	S	S	N

Figura 4.2 Parámetros de irradiancia mensual e inclinación angular en el cantón Las Naves.
Fuente: (NASA, 2019)

Se expresa por la siguiente ecuación:

$$E_{Sp} = \eta_{sp} \cdot I_{Max} \cdot H_{sp}$$

Donde:

- E_{Sp} : Energía del panel solar (Ahd)
- η_{sp} : Rendimiento del panel.
- I_{Max} : Corriente máxima proporcionada por el fabricante.
- H_{sp} : Horas solar pico de la zona geográfica.

Entonces:

$$E_{Sp} = 0.9 \cdot 8.52 \cdot 4.5$$

$$E_{Sp} = 34.50 \approx 35 \text{ Ahd}$$

Ahora debemos calcular el número de ramas en serie y paralelo que debe tener nuestro sistema para poder abastecer energéticamente todas las cargas requeridas.

Donde:

$$N_{pp} \geq \frac{E_{MAX}}{E_{Sp}}$$

N_{pp} : Numero de paneles en paralelo

Entonces:

$$N_{pp} \geq \frac{625 \text{ Ahd}}{35 \text{ Ahd}}$$

$$N_{pp} \geq 17$$

El número de paneles en serie que se adapten a la tensión del sistema, tomando en cuenta la tensión del banco de baterías, es dada por la siguiente ecuación.

$$N_{ps} \geq \frac{V_B}{V_m}$$

Donde:

- V_B : Tensión del banco de baterías.
- V_m : Tensión del módulo.

Entonces:

$$N_{ps} \geq \frac{12}{12}$$

$$N_{ps} \geq 1$$

6.5 Calculo del Banco de Baterías.

Para instalar el banco de baterías, debemos tener en cuenta la energía máxima de nuestro sistema y la capacidad de la batería que vamos a utilizar.

Para determinar la capacidad del banco de baterías, usamos la siguiente ecuación.

$$C_b \geq \frac{E_{MAX} * N}{P_d}$$

Donde:

- C_b : Capacidad del banco de baterías (Ah)
- E_{MAX} : Energía máxima
- N: Días de autonomía
- P_d : Profundidad máxima de descarga

Entonces:

$$C_b \geq \frac{625 * 3}{0.8}$$

$$C_b \geq 2,343.75 \approx 2,344 \text{ Ah}$$

La cantidad de baterías que se debe instalar en paralelo se obtiene con la capacidad total del banco de baterías y la capacidad nominal de cada batería

$$C_{bp} \geq \frac{C_b}{C_n}$$

Donde:

- C_n : Capacidad nominal de cada batería.

En este sistema fotovoltaico, usaremos baterías de ciclo profundo AGM modelo UB-4D, las cuales tienen una tensión de 12V y una capacidad de 200Ah



Entonces:

$$C_{bp} \geq \frac{2344}{200}$$

$$C_{bp} \geq 11.7 \approx 12 \text{ Baterias}$$

Para calcular el número de baterías que se debe instalar en serie, debemos dividir la tensión del sistema y la tensión nominal de la batería.

$$\text{Cantidad de baterias en serie} \geq \frac{12V}{12V}$$

$$\text{Cantidad de baterias en serie} \geq 1$$

6.6 Regulador a Implementarse

Para elegir un regulador que cumpla los requerimientos de nuestro sistema, debemos conocer la tensión en la que se va a trabajar y la corriente máxima del circuito del sistema.

La corriente que soportara nuestro regulador se obtiene a partir de la corriente del sistema fotovoltaico, la obtenemos de las especificaciones del panel que nos proporciona el fabricante (I_{cc}) multiplicado por el número de paneles que se encuentran en paralelo.

Hay que tener en cuenta un margen de seguridad para que el regulador no trabaje con la máxima corriente del sistema. En este caso usaremos un valor del 10% para nuestro sistema.

Calculamos la corriente con la siguiente ecuación:

$$I_R = 1.1 * I_{CC} * N_{pp}$$

Donde:

- I_R : Corriente del regulador multiplicado por el margen de seguridad (A)
- I_{CC} : Corriente en corto circuito del panel fotovoltaico (A)

Entonces:

$$I_R = 1.1 * 8.90 * 17$$

$$I_R = 166.43 \approx 167(A)$$

6.7 Selección del Inversor.

Todos los sistemas de paneles fotovoltaicos tienen uno o más inversores para convertir la energía DC generada por los paneles a AC para un uso doméstico. Cada inversor tiene una eficiencia que varía de acuerdo a su tecnología, esta eficiencia varía entre 85% a 95%

Para poder elegir un inversor óptimo para nuestro sistema fuera de red, este debe tener una potencia nominal mayor al consumo total de la corriente alterna de la instalación.

Debe cumplirse la siguiente ecuación:

$$P_I \geq \sum P_E * \text{Numero de equipos}$$

Donde:

- P_I : Potencia de nuestro inversor (W)
- P_E : Potencia de las cargas (W)

De acuerdo a las características de nuestro sistema, tenemos que la potencia total de todas las cargas es de 611.8W, entonces debemos usar un inversor de 12V a 110v con una potencia de 650W.

6.8 Selección de cableado

- Observando las especificaciones del panel, que nos otorga el fabricante, tenemos que la corriente en corto circuito es de 8.90 A, se debe aplicar un factor de seguridad, en este caso será de 1.25%.

Entonces:

$$8.90 \times 17 = 151.3 \times 1.25 = 189.25 A$$

Usamos un conductor tipo **THHW AWG 3/0**

- El cableado que va desde el regulador hasta la batería, teniendo una corriente de salida de 167A, es:

THHW AWG 2/0

- Para calcular el tipo de conductor que va del banco de baterías hacia el inversor el cual posee una potencia continua de 650W, es:

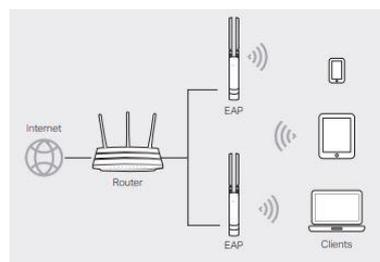
$$(1.25)\left(\frac{650W}{12V \times 0.95}\right) = 71.27A$$

El conductor por usarse sería **THHW AWG #6**, este tiene una capacidad de conducción hasta de 100A.

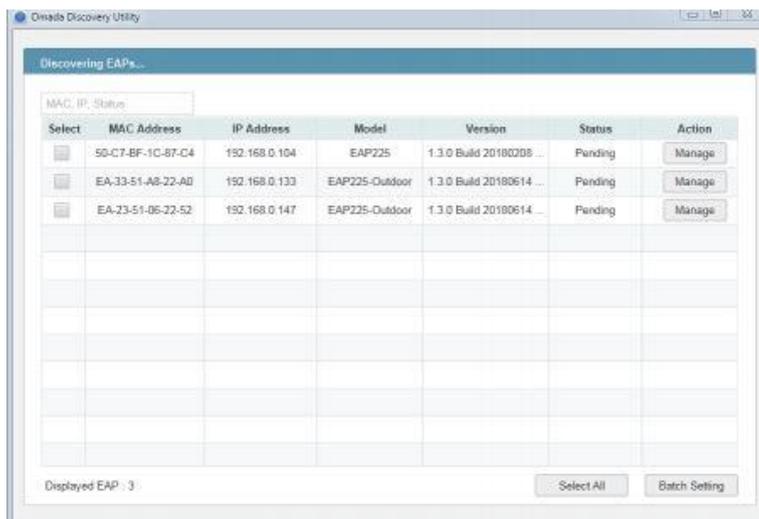
6.9 Configuración de Redes

En este caso, tomaremos como ejemplo un terreno de 3 hectáreas (600x50). Los puntos de acceso seleccionados, tienen un alcance de mas de 300 metros cada uno, en la red de 5GHz, así que no tendrán problema en enlazarse para cubrir toda el área requerida.

Una vez conectado los componentes, se prosigue a configurar la red inalámbrica de la siguiente manera



Se conecta los puntos de acceso al router para que estos puedan amplificar la señal y desde una computadora realizamos la configuración del sistema



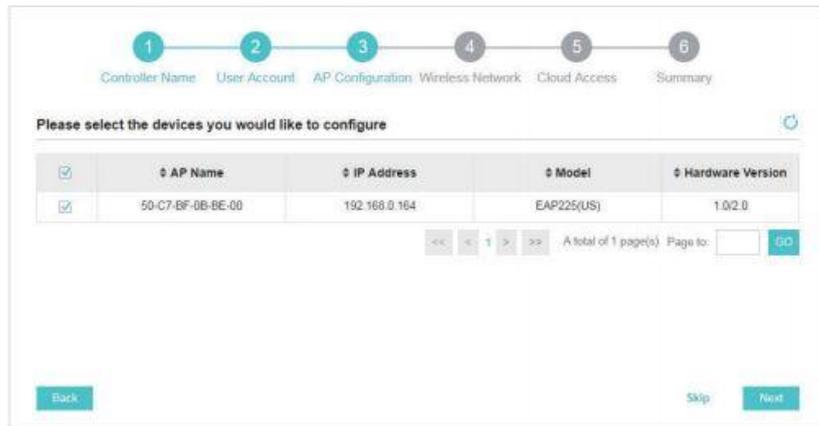
Automáticamente se van a detectar las redes disponibles para la configuración de los puntos de acceso e ingresamos por medio de la I.P.



Se accede al controlador de los puntos de acceso.



Se debe seleccionar el dispositivo que se desea configurar en el caso que se desee cambiar algún parámetro de la red.



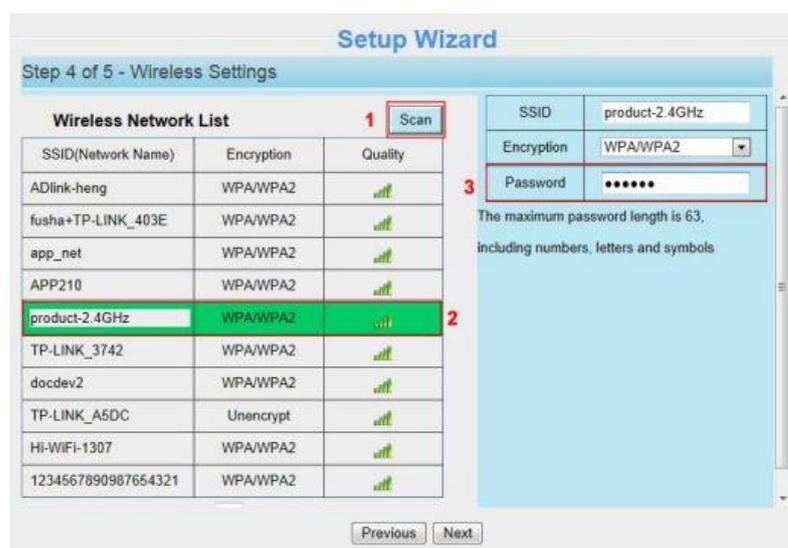
6.10 Configuración de las Cámaras.

Las cámaras de exteriores aceptan protocolos tanto HTTP como HTTPS.

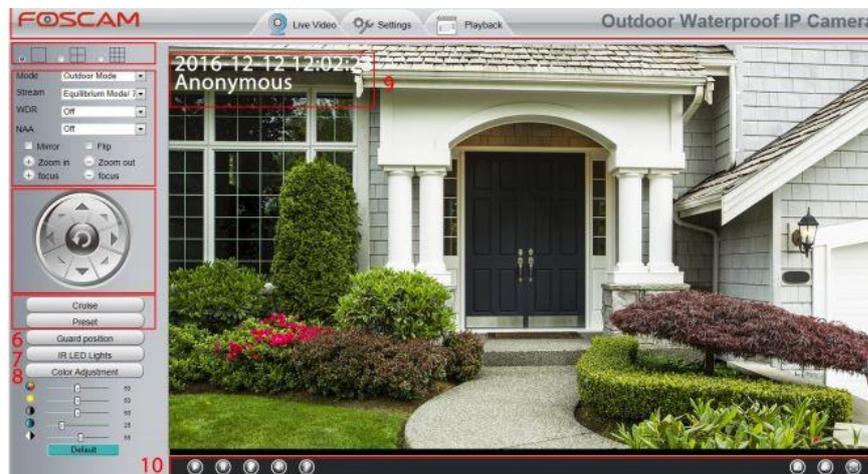
Para establecer una conexión HTTPS debemos acceder a la configuración de redes y se debe elegir al puerto 443 el cual es predeterminado.



Luego debemos escanear las redes disponibles para detectar los puntos de acceso que se encuentran dentro del rango para establecer una conexión inalámbrica.



Una vez conectada a la red, se podrá visualizar lo que está captando la cámara en tiempo real.



Después se debe acceder a la configuración de la aplicación para poder detectar todas las cámaras que se encuentran dentro de la red y poder tener una previsualización.

Cameras On LAN		Refresh
	anonymous(192.168.11.193) FI9821W for ebuyer (192.168.11.241) anonymous(192.168.11.203) anonymous(192.168.11.243)	Refresh
The 1st Camera	This Camera	
The 2nd Camera	anonymous(192.168.11.203)	
The 3rd Camera	FI9821W for ebuyer (192.168.11.241)	
The 4th Camera	anonymous(192.168.11.203)	
The 5th Camera	None	
The 6th Camera	None	
The 7th Camera	None	
The 8th Camera	None	
The 9th Camera	None	

Note: If you want to access your camera remotely, make sure you are able to access it separately through a browser.

Una vez ingresadas todas las cámaras, podremos monitorear el lugar y elegir parámetros de grabación. Se puede acceder a la información almacenada en las tarjetas SD de cada cámara, desde cualquier computadora o teléfono.



6.11 Costo total del proyecto

Tabla 6.2

Costo total del proyecto

Equipo	Valor Unitario	Cantidad	Total
Cámaras exteriores	\$150	5	\$750
Puntos de acceso	\$77.99	2	\$155,98
Cámaras interiores	\$47	2	\$94
Router	\$89.99	1	\$89,99
Alarma	\$24.95	1	\$24,95
Focos exteriores	\$38	5	\$38
Focos interiores	\$12.99	6	\$190
Paneles solares	\$127	17	\$2159
Baterías	\$375	12	\$4500
Inversor	\$250	1	\$250
Controlador de Carga	\$186	1	\$186
Valor Total			\$6.300,51

CAPÍTULO 7

7.1 Conclusiones

Se determina que, de acuerdo a los datos de insolación solar en nuestra región, la implementación de paneles solares es factible, tomando en cuenta el costo-beneficio del sistema.

Se concluye que la instalación del sistema y la configuración de redes no fue un proceso complicado, siempre y cuando se sigan correctamente las instrucciones y se implementen todos los factores de seguridad.

Se considera que la implementación de paneles solares es una inversión oportuna a largo plazo.

7.2 Recomendaciones

Primordialmente se debe hacer un estudio de las cargas que sean necesarias dentro del sistema para poder reducir la potencia requerida por el inversor y por consiguiente disminuir el precio de la instalación.

Realizar un diagrama que nos permita una fácil implementación del sistema.

Cotizar cargas con el mínimo consumo de energía tales como iluminación Led, ya que esto nos proporcionara al final un gran ahorro al adquirir los componentes adecuados que alimentan al sistema.

Se debe tener un uso eficiente y prudente del consumo de energía.

Estudiar el lugar donde se implementará el sistema de seguridad para adquirir el equipo correcto que cubra la mayor área posible.

Bibliografía

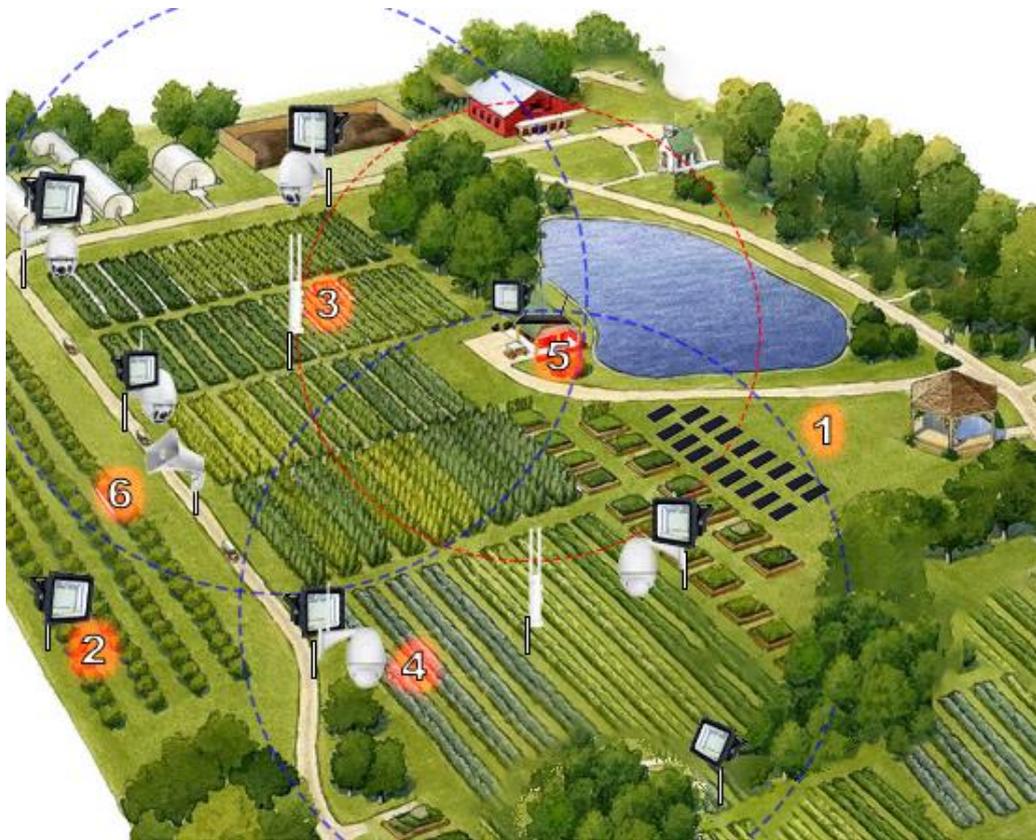
- BOXWELL, M., 2010. Solar Electricity Handbook: A Simple, Practical Guide to Solar Energy - Designing and Installing Photovoltaic Solar Electric Systems. S.l.: Greenstream Publishing. ISBN 978-1-907670-00-8.
- BREEZE, P., 2018. Hydropower. S.l.: Academic Press. ISBN 978-0-12-812907-4.
- BURDICK, J. y SCHMIDT, P., 2017. Install Your Own Solar Panels: Designing and Installing a Photovoltaic System to Power Your Home. S.l.: Storey Publishing. ISBN 978-1-61212-826-9.
- CONELEC, 2008. Insolación Global Promedio de Ecuador. 2008. S.l.: s.n.
- Developments in Tidal Energy: Proceedings of the Third Conference on Tidal Power Organized by the Institution of Civil Engineers and Held in London on 28-29 November 1989, 1990. S.l.: Thomas Telford. ISBN 978-0-7277-1571-5.
- GHOSH, T.K. y PRELAS, M.A., 2011. Energy Resources and Systems: Volume 2: Renewable Resources. S.l.: Springer Science & Business Media. ISBN 978-94-007-1402-1.
- GIPE, P., 2004. Wind Power: Renewable Energy for Home, Farm, and Business, 2nd Edition. S.l.: Chelsea Green Publishing. ISBN 978-1-60358-163-9.
- GUPTA, H.K. y ROY, S., 2006. Geothermal Energy: An Alternative Resource for the 21st Century. S.l.: Elsevier. ISBN 978-0-08-046564-7.
- KLASS, D.L., 1998. Biomass for Renewable Energy, Fuels, and Chemicals. S.l.: Elsevier. ISBN 978-0-08-052805-2.
- LETCHER, T.M. y FTHENAKIS, V.M., 2018. A Comprehensive Guide to Solar Energy Systems: With Special Focus on Photovoltaic Systems. S.l.: Academic Press. ISBN 978-0-12-811480-3.
- MENDI, V., RAO, S. y SEELAM, J., 2016. Tidal Energy: A Review. . S.l.: s.n.,
- NASA, [sin fecha]. Tabla de Irradiancia Solar. [en línea]. [Consulta: 2 febrero 2019]. Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
- PAPADIMITRIOU, G.I., POMPORTSIS, A.S., NICOPOLITIDIS, P. y OBAIDAT, M.S., 2003. Wireless Networks. S.l.: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-470-85802-8.
- Pros and Cons of Biomass Energy - Conserve Energy Future. [en línea], 2015. [Consulta: 19 marzo 2019]. Disponible en: <https://www.conserve-energy-future.com/pros-and-cons-of-biomass-energy.php>.
- Pros and Cons of Geothermal Energy - Conserve Energy Future. [en línea], 2015. [Consulta: 19 marzo 2019]. Disponible en: <https://www.conserve-energy-future.com/pros-and-cons-of-geothermal-energy.php>.

SCRAGG, A.H., 2009. Biofuels: Production, Application and Development. S.l.: CABI. ISBN 978-1-84593-727-0.

SONNENENERGIE (DGS), D.G.F., 2012. Planning and Installing Photovoltaic Systems: A Guide for Installers, Architects and Engineers. S.l.: Routledge. ISBN 978-1-136-55986-0.

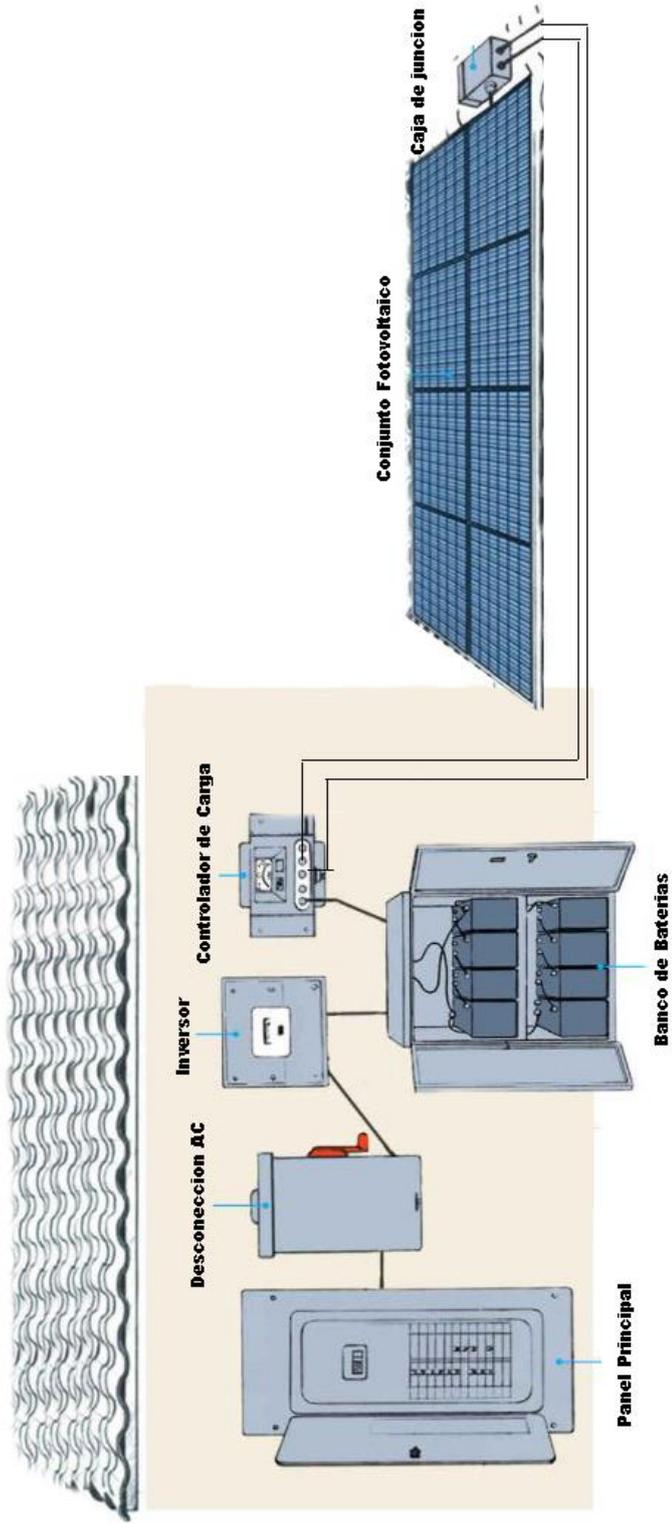
Tidal Fence and Underwater Tidal Fence Turbines. Alternative Energy Tutorials [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 15 enero 2019]. Disponible en: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/tidal-energy/tidal-fence.html>.

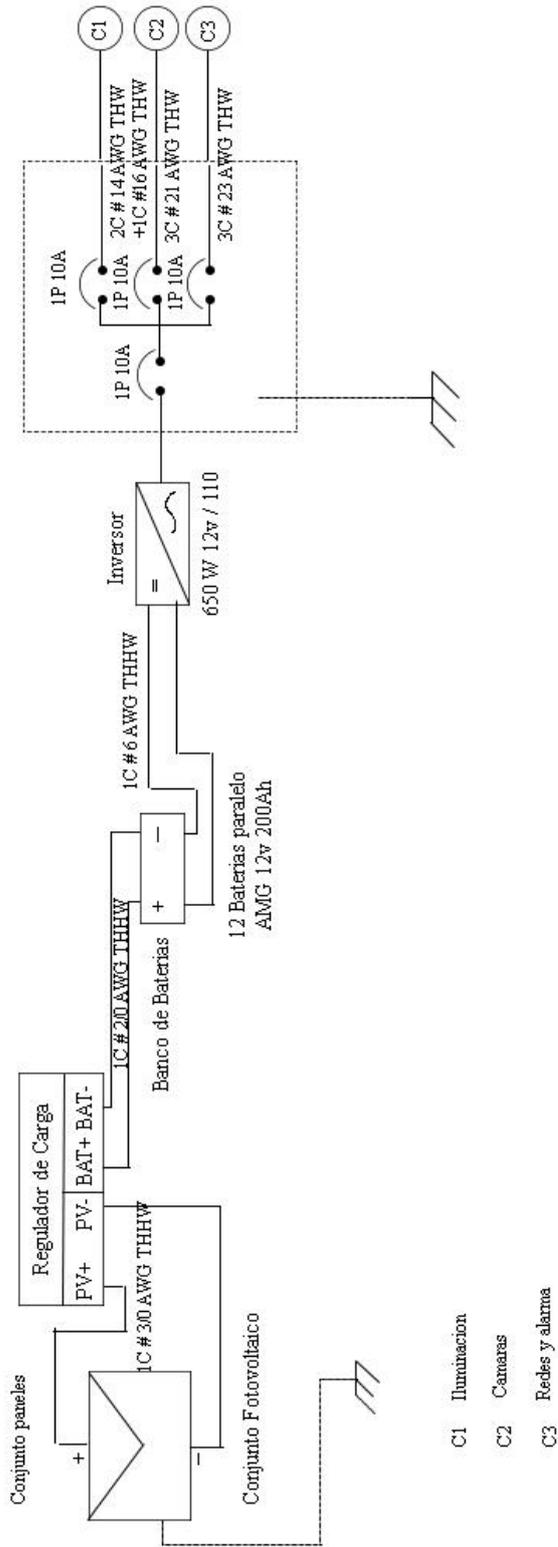
ANEXOS



Terreno de 3 hectáreas (600x50)

1. Conjunto de paneles solares en serie
 2. Reflectores Led con sensor
 3. Punto de acceso
 4. Cámaras de exteriores de largo alcance
 5. Router
 6. Alarma
- Rango de alcance de los puntos de acceso
- Rango de alcance del Router







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, **Cisneros Flores, Israel Alejandro** con C.C: # **1803535812** autor/a del trabajo de titulación: **Diseño y Estudio de Un Sistema Autónomo de Seguridad Utilizando Paneles Fotovoltaicos Para Sectores Sin Servicio Eléctrico**, Previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánico 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, 21 de marzo de 2019

f. _____

Nombre: **Cisneros Flores, Israel Alejandro**

C.C: **1803535812**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño y Estudio de Un Sistema Autónomo de Seguridad Utilizando Paneles Fotovoltaicos Para Sectores Sin Servicio Eléctrico.		
AUTOR(ES)	Cisneros Flores, Israel Alejandro		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Ruilova Aguirre, María Luzmila		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico Mecánico		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico-Mecánico con Mención en Gestión Empresarial Industrial		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	21 de marzo de 2019	No DE PÁGINAS:	76
ÁREAS TEMÁTICAS:	Energía Renovable, Sistema Fotovoltaico, Paneles solares, Sistema de Seguridad		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Energía Renovable, Paneles Fotovoltaicos, Seguridad, Autónomo, Red, Instalación.		
RESUMEN/ABSTRACT			
<p>Debido a la elevada tasa de delincuencia y carencia de interconexión eléctrica en varios sectores del país, se ha decidido diseñar un sistema autónomo de vigilancia fuera de red, alimentado por energía solar, de esa manera se hará uso de una energía limpia con bajo índice de contaminación.</p> <p>En este trabajo de titulación, se realizará un repaso a las energías renovables y analizaremos los componentes necesarios para realizar un sistema fotovoltaico fuera de red. Se hará un breve estudio a los sistemas de seguridad, con el objetivo de que cubran la mayor área posible, también se analizarán las cargas totales para poder determinar los dispositivos adecuados para que puedan alimentar al sistema de una manera óptima.</p> <p>Se explicará el funcionamiento e instalación de los transmisores de datos inalámbricos y se creará un diagrama eléctrico para una fácil implementación del proyecto.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593993983387	E-mail: alej.cisneros@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Philco Asqui, Luis Orlando		
	Teléfono: +593-9-80960875		
	E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			