

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

DISEÑO DE UNA CENTRAL FOTOVOLTAICA PARA ABASTECER LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA GRANJA AVÍCOLA “VILLA” UBICADA EN LA LATACUNGA PARROQUIA JUAN MONTALVO BARRIO SAN JOSÉ.

Fecha de inicio: Abril 2021

Fecha de finalización: Agosto 2021

Lugar de ejecución: Cotopaxi – Latacunga – Parroquia Juan Montalvo - Barrio San José.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA).

Carrera que auspicia: Ingeniería Eléctrica.

Proyecto de investigación vinculado: Análisis crítico de sistemas eléctricos residenciales, comerciales e industriales.

Equipo de Trabajo:

TUTOR DE TITULACIÓN

PhD. Secundino Marrero Ramírez

Domicilio: Latacunga

Cédula de ciudadanía: 175710790-7

Estado civil: Casado

Número telefónico: 0987647713

E-mail: secundino.marrero@utc.edu.ec

COORDINADOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Nombre y Apellidos: Lema Escobar Alexander Fabricio

Domicilio: Latacunga

Fecha de nacimiento: 13/07/1995

Cédula de ciudadanía: 050363043-6

Estado civil: Soltero

Número telefónico: 0995049198

E-mail: alexander.lema6@utc.edu.ec

Área de Conocimiento: Electricidad y Energía.

Línea de Investigación: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub línea de Investigación: Conversión y uso Racional de la Energía Eléctrica.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. PROBLEMA

La principal necesidad que existe en la granja avícola “VILLA” es el abastecimiento de energía, ya que la red de la empresa eléctrica “ELEPCO SA” no llega hasta este lugar porque está en una zona rural de la ciudad de Latacunga, por esta razón se realiza el diseño conceptual de una central fotovoltaica a partir de una fuente renovable útil que es el sol.

2.1.1. Situación Problemática

En nuestro país existe la necesidad de reducir el uso de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, aumentar la generación a partir de fuentes de energía renovables como el sol. La falta de líneas de distribución en sectores rurales de la ciudad de Latacunga genera dificultades en los emprendimientos ya que la energía eléctrica es un servicio público que ayuda a producir y mantener firme una microempresa.

Para la implementación de una granja avícola se necesita un lugar extenso, donde no exista mucha población, ya que este tipo de granjas genera un ambiente poco agradable por los desechos fecales que producen las gallinas.

El costo, el mantenimiento y la contaminación ambiental también sería un factor, ya que en la mayoría de granjas avícolas poseen un generador eléctrico a base de combustible derivado del petróleo (Diesel), y al consumirse genera una gran contaminación ambiental.

La seguridad también es un aspecto muy importante, ya que como este tipo de granjas se encuentra alejadas de la ciudad, la probabilidad de robo es mayor y en la gran mayoría se necesitaría un sistema de vigilancia que ayude a combatir y disminuir este inconveniente. Por

esta razón es necesario la generación de energía limpia a base de la radiación solar para poder satisfacer estas necesidades.

2.2. OBJETIVO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objetivo de estudio

Sistema de generación fotovoltaico.

2.2.2. Campo de acción

Suministro continuo de energía eléctrica.

2.3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

- Los beneficiarios directos son los trabajadores y el dueño de la granja avícola, ya que con la ayuda de esta central fotovoltaica se tendría energía eléctrica y así mejoraría la calidad de vida de las personas que habitan en el lugar y la producción aumentaría.
- Los beneficiarios indirectos son los dueños de las granjas vecinas ya que este instalar una central de generación fotovoltaica motiva a esas personas a invertir en una central de generación limpia y renovable.

2.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La electricidad generada por paneles solares fotovoltaicos es muy importante porque es ilimitada y no contamina, ayuda a tener su propia fuente de energía a los productores que tienen emprendimientos en áreas rurales. Esta central de generación puede ser proporcionada por fuentes naturales y se utiliza en de dos formas distintas, una de las formas de utilizarlo es vender a la red, mientras que la otra se puede consumir directamente.

En la actualidad es muy importante integrar recursos naturales renovables, ya que el cambio climático puede estar en nuestro planeta para proporcionar energía, incorporando una fuente renovable que nos ayuda abastecer las cargas y así se logra reducir la necesidad de utilizar otras fuentes de energía no renovables.

La instalación de una central fotovoltaica es favorable para el medio ambiente ya que no influye factores de daños hacia la salud humana, animal y vegetal. El único argumento que puede ser una contra a cerca de estas instalaciones es la cantidad de suelo que debe ser ocupado para por sus instalaciones. Sin embargo, esto no es un inconveniente real para instalación de este tipo de centrales de generación.

En esta investigación se busca realizar un estudio de factibilidad para el diseño conceptual de una central fotovoltaica que permita el suministro de electricidad a productores y residentes, especialmente en áreas rurales o remotas donde las líneas eléctricas no se pueden alcanzar o es muy difícil conseguirlo.

2.5. HIPÓTESIS

Con la implementación de un sistema solar fotovoltaico se podrá abastecer de energía eléctrica a la granja avícola VILLA.

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. Objetivo General

Realizar el diseño y factibilidad de una central de generación fotovoltaica para el abastecimiento de energía eléctrica a la granja avícola VILLA ubicada en Latacunga parroquia Juan Montalvo barrio San José.

2.6.2. Objetivos Específicos

- Realizar la búsqueda bibliográfica de trabajos asociados y de tecnologías existentes acerca de la generación fotovoltaica.
- Obtener los datos que se requiere para el diseño de una central fotovoltaica a través del levantamiento de información.
- Diseñar una central fotovoltaica para el abastecimiento eléctrico de la granja avícola Villa.
- Evaluar la factibilidad de los resultados técnicos económicos del sistema fotovoltaico.

2.7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS

Tabla 2.1. Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES (tareas)	RESULTADOS ESPERADOS	TÉCNICAS, MEDIOS E INSTRUMENTOS
Realizar la búsqueda bibliográfica de trabajos asociados y de tecnologías existentes acerca de la generación fotovoltaica.	Lectura de materiales bibliográficos para el diseño de una central fotovoltaica.	Conocimiento teórico de una central fotovoltaica.	Bibliotecas virtuales, medios electrónicos, páginas web.
	Revisión de artículos de información sobre la energía fotovoltaica		
Obtener los datos que se requiere para el diseño de una central fotovoltaica a través del levantamiento de información.	Estimación del recurso solar	Datos de radiación de la granja avícola	Datos del programa RETScreen y de la NASA
	Orientación e inclinación del plano generador fotovoltaico		
	Sombras en el plano generador fotovoltaico		
	Estimación del área disponible		
Diseñar una central fotovoltaica para el abastecimiento eléctrico de la granja avícola Villa.	Cálculo de la Potencia instalada a partir del área disponible.	Especificación y cantidad de los paneles, baterías. Datos de regulador de carga e inversor a utilizar.	Datos de la ficha técnica de cada equipo que conforma la central fotovoltaica.
	Cálculo de paneles solares, baterías, regulador de carga e inversor que se necesitara para la central fotovoltaica.		
	Análisis de resultados del diseño de la central fotovoltaica.		
Evaluar la factibilidad de los resultados técnicos económicos del sistema fotovoltaico.	Factibilidad técnica económica del proyecto	Presupuesto de una central fotovoltaica, así como de una extensión red de media tensión.	Cotizaciones y análisis.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este capítulo se da inicio con la revisión de los principales conceptos que forman parte de un sistema fotovoltaico, como es la energía solar, la radiación y su clasificación, la transformación de la energía solar mediante paneles fotovoltaicos, así como la determinación los distintos equipos que forman una central fotovoltaica, principalmente una central fotovoltaica autónomas.

3.1. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

En [1] se explica que en la actualidad hay una exigencia mayor por la inversión y desarrollo de energías menos contaminantes capaces de preservar el medio ambiente y asegurar un desarrollo sostenible reduciendo también la dependencia energética.

En [2] se realizó una central fotovoltaica para conectar a la red de 52,8 MW de potencia nominal en la provincia de *Badajoz* en el término municipal de *Usagre*. Esto parte desde la visión general de apostar por las energías renovables y en particular por la energía fotovoltaica tan de moda hoy en día, ya que potencias mundiales como China y Estados Unidos están apostando por ella estos últimos años con grandes inversiones.

Hoy en día el sol es utilizado como una fuente de energía renovable ya que esta energía se puede aprovechar por medio de captadores como son los paneles fotovoltaicos, colectores térmicos que pueden transformar a energía eléctrica. Es también llamada energía limpia que puede sustituir al uso de los combustibles fósiles para producir electricidad y ayudar a resolver algunos de los problemas más urgentes que afronta la humanidad debido al cambio climático [3].

La energía solar fotovoltaica es la que transforma de una manera directa la luz que llega directamente desde el sol a energía eléctrica empleando la tecnología llamada efecto fotovoltaico, esta energía solar llamada radiación llega directamente sobre una celda fotovoltaica y produce diferencia de potencial eléctrico que hacen que los electrones se muevan de un lugar a otro y así genere corriente eléctrica [4].

[5] El efecto fotovoltaico fue descubierto por el francés *Alexandre Edmond Bequerel* en 1838 cuando tenía sólo 19 años. *Bequerel* experimentaba con una pila y unos electrodos cuando comprobó que la corriente en los electrodos sube justo cuando se exponía al sol. En ese siglo

siguieron los experimentos para identificar la cantidad de electricidad, pero la misma era muy pequeña.

La posibilidad de una aplicación práctica del fenómeno no llegó hasta 1953 cuando *Gerald Pearson de Bell Laboratories*, mientras experimentaba con la electrónica del silicio, fabricó por accidente una celda fotovoltaica basada en este material que resultaba mucho más eficiente que cualquiera [5]. A partir de ese momento, otros dos científicos también de *Bell Laboratories*, *Daryl Chaplin* y *Calvin Fuller* perfeccionaron el invento y realizaron celdas solares de silicio capaces de dotar suficiente energía eléctrica [5].

En [6] manifiesta que el efecto fotovoltaico es la que transformamos en energía eléctrica, procede de la transformación de la radiación solar que alcanza la tierra, el dispositivo que lleva a cabo esta transformación se llama celda solar. Esta transformación se produce por un proceso llamado efecto fotovoltaico y se puede producir tanto en sólidos, líquidos y gases. En la actualidad el silicio es un material sólido que destaca como el principal elemento que se usa para producir energía eléctrica a través del efecto fotovoltaico.

Este efecto fotovoltaico inicia cuando una partícula de luz radiante llamado fotón choca con un electrón de la última orbita de un átomo de silicio. Este último electrón es el de valencia y recibe energía con la que viaja el fotón.

En [7] describe en su investigación que, en el año 2006, Nicaragua dependía en un 75% del petróleo para la generación de energía eléctrica, siendo el país de América Central que poseía la generación de electricidad más baja, al igual que el porcentaje de población con acceso a la electricidad, en las áreas rurales inferior al 40%, mientras que en áreas urbanas alcanzaba el 92%.

En Nicaragua se encuentra en una etapa de crecimiento para cambiar la matriz energética, que gira en torno a la reducción de la dependencia de hidrocarburos, enfocada en el uso de energías renovables. Para el año 2013 alcanzo una generación de más del 50%, planteando como meta generar un 74% a base de recursos renovables para el 2018.

Por ese motivo, surge la idea de diseñar una Minicentral con generación Solar Fotovoltaica en la comunidad de la Fortuna, ubicada en *MiraFlor-Moropotente* al Noreste de la ciudad de Estelí, donde la propuesta ha sido aceptada por el *FOROMiraFlor*, siendo el encargado de la ejecución de proyectos con fuentes renovables en esta área.

Dicho proyecto pretende mejorar la calidad de vida de las personas, proporcionándoles el servicio de energía eléctrica a base de la radiación solar que es transformada en energía eléctrica a través de los paneles fotovoltaicos, la cual está diseñada para generar 2.7kWp a 11 casas y una iglesia de la comunidad la Fortuna [7].

3.2. DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICO

El desarrollo de la energía solar fotovoltaica ha llegado a tener un desarrollo muy grande en Latinoamérica, Chile es uno de los países que tiene la mayor central de generación fotovoltaica de Latinoamérica. Este proyecto se encuentra en el desierto de Atacama, a 37 kilómetros de Copiapó, cuenta con 310000 paneles fotovoltaicos que equivale a una capacidad instalada de 100MW [8].

Para Centroamérica en el país de Nicaragua se construyó la primera central de generación solar fotovoltaica, que está ubicada en la comunidad de la Trinidad a 12 kilómetros de Diriamba. La capacidad de esta central es de 1.38 MW que se logra gracias a 534 paneles, esto beneficiara a 1200 viviendas, que tienen el consumo de 150 kW por cada casa de la zona rural de Diriamba [8].

En Nicaragua, lo anteriormente mencionado se relaciona con las condiciones en las que actualmente se encuentran algunas zonas rurales del país, como es el caso de las comunidades del área protegida de *MiraFlor-Moropotente* en la ciudad de Estelí donde no existe un sistema de interconexión eléctrica a la red, lo cual es un factor determinante que dificulta el desarrollo socioeconómico y el mejoramiento de las condiciones de vida de las personas [9].

La producción de energías renovables y limpias nos ayuda a cuidar el medio ambiente. El consumo de energía a base de estas energías limpias es uno de los más grandes medidores del progreso y bienestar de una sociedad [9].

En [10] dicen que, la energía solar fotovoltaica es el proceso de producción de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos. Los paneles están conformados por diodos con dispositivos semiconductores, los cuales al recibir la radiación solar se excitan y provocan el salto de los electrones, esto provoca una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. La agrupación en serie de algunos de estos fotodiodos nos permite tener voltajes mayores para el uso de dispositivos electrónicos pequeños.

3.3. CENTRALES DE GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

Una central de generación fotovoltaica es la agrupación de equipos solares que se encuentran en un mismo sitio. La instalación de estas centrales permite entregar potencia dependiendo de la demanda que se tiene, pero la potencia aproximada de cada instalación es de 5 kW, si se necesita una potencia mucho mayor en orden de los MW se necesita tener una central de generación con varias instalaciones, eso depende también del área física que se disponga el recurso económico [10].

Una de las ventajas de este tipo de centrales de generación solares es que no contaminan al medio ambiente y no ponen en peligro a la flora y a la fauna. De esta manera no se contamina directamente a la atmósfera con CO_2 ya que otras centrales de generación como: las centrales térmicas que usan combustibles fósiles como el carbón o el gas si emiten mucho nivel de contaminación con CO_2 directamente hacia la atmósfera [10].

[11] Las celdas solares son instrumentos que generan electricidad directamente del sol debido al efecto solar fotovoltaico. Para poder tener energía útil se deben interconectar una cierta cantidad de celdas para crear un panel fotovoltaico.

El conjunto de paneles fotovoltaicos conectados entre sí constituye el generador fotovoltaico. La finalidad de esta configuración es obtener las características de tensión y potencia deseada de acuerdo a los requerimientos de nuestro sistema [11].

3.4. ENERGÍA SOLAR

El sol es una fuente de energía infinita que expone radiación solar para hacer que la energía llegue a la tierra. La radiación solar llega a la tierra con una potencia o irradiancia alrededor de 1353 W/m^2 [12], de los cuales alrededor del 30% al 40% se desperdicia debido a las pérdidas atmosféricas, una de esas pérdidas es por dispersión, la pérdida por absorción y la última es la pérdida meteorológica, para que así finalmente llegue al suelo en un alrededor de 1000 W/m^2 [13].

La radiación solar se puede aprovechar de las siguientes maneras:

- Energía Solar Térmica: es un método para convertir la radiación solar en energía calorífica a través de un colector [14]. Esta tecnología puede generar temperaturas de 45

° C a 300 ° C, por lo que su aplicación va desde la calefacción residencial hasta campos industriales, como la generación de energía [15].

- Energía Solar Fotovoltaica: esta energía es la que se obtiene mediante la transformación directa de la energía solar en electricidad, este proceso se produce en las celdas fotovoltaicas y se denomina efecto fotovoltaico. Para generar este tipo de energía se requiere un generador fotovoltaico, el generador fotovoltaico consiste en la unión de varios paneles ya sea en serie o en paralelo según la necesidad [16].

La irradiación solar total es una medida de la cantidad de radiación solar que llega a la tierra [12]. Es la energía recibida del sol en cada punto sobre la atmósfera terrestre por unidad de área en cada punto en el tiempo, por lo consiguiente la irradiación es la cantidad que cambia en el espacio y el tiempo según la posición de un punto específico de la tierra y su posición relativa al sol y su unidad es el W/m^2 .

3.5. EFECTO FOTOVOLTAICO

El efecto está basado en la electricidad que se generan cuando se captura fotones producidos por la luz solar en materiales semiconductores y así convertirlos en electrones [17].

Dentro de esto están las celdas solares que son elementos semiconductores formados por láminas de silicio, que se dividen en dos regiones; la región superior dopada con átomos pentavalentes (generalmente fósforo) se llama semiconductor N, la composición de la región inferior llamado semiconductor P incluye átomos trivalentes como el boro [16]. En la Figura 3.1 se puede ver la estructura de una celda solar fotovoltaica.

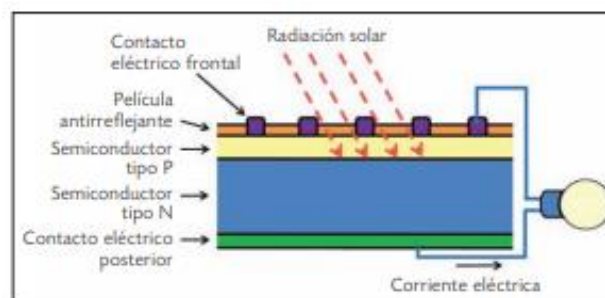


Figura 3.1. Estructura de una celda sola fotovoltaica [18].

Cuando se une la región P y la región N se produce una fuerza que impulsa a los electrones del semiconductor N y lleguen al semiconductor P. En este proceso ya no existirá electrones libres creando así la región de agotamiento o unión P-N, la región N quedará levemente con carga

positiva y la región P con carga negativa, creando así un campo eléctrico; entonces, una vez que ocurre la incidencia solar en la celda solar, los fotones absorbidos pasarán a través de la zona N y entrarán en la zona de agotamiento, esta energía será suficiente para generar pares de electrones huecos, que serán expulsados por el campo eléctrico, esto hará que los electrones en la región N se concentren y la reunión de huecos en la región P sea suficiente para generar diferencia de potencial, y así obtener corriente continua [19].

3.6. RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar se origina a partir de la reacción de fusión termonuclear producida en el núcleo solar y se emite como un conjunto de radiación electromagnética de diferentes longitudes de onda y frecuencias [20].

La radiación solar que llega a la tierra dependerá de factores como; la posición del planeta tierra con respecto al sol, las condiciones meteorológicas, la atmosfera y la materia en suspensión [17].

La radiación solar se puede expresar de acuerdo a los siguientes términos:

3.6.1. La Irradiancia

La Irradiancia es la potencia que se obtiene por medio de la radiación solar durante un instante de tiempo, esta irradiancia se mide en W/m^2 , el valor que llega a la tierra después de pasar por la atmosfera esta aproximadamente entre $1000 W/m^2$ [19].

3.6.2. La Irradiación

La Irradiación es la energía de la radiación solar que cae sobre la superficie dentro de un intervalo de tiempo de un día, la unidad es $Wh/(m^2 \text{ día})$ [19].

a. La radiación solar se clasifica en:

- **Directa:** Es la radiación que incide directamente sobre la Tierra [20].
- **Difusa:** Es la cantidad de radiación que cae sobre la tierra después de ser difundida por la atmósfera, las nubes la lluvia [20].
- **Reflejada o albedo:** Es la cantidad de radiación que es reflejada por la superficie receptora y es captada en posición vertical [21].
- **Global:** Es la suma de las radiaciones; la radiación directa que es cuando está el cielo despejado, radiación difusa que es cuando hay días nublados y la radiación reflejada que

es cuando se dispersa o se refleja por la superficie [21]. En la Figura 3.2 se muestran cómo llega cada una de las radiaciones hasta un panel fotovoltaico.



Figura 3.2. Tipos de radiación solar que llegan a la superficie terrestre [16].

3.7. SISTEMAS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICOS

Los sistemas de generación de energía fotovoltaica, que se consideran fuentes de energía renovable, se diferencian de otros sistemas de generación de energía porque solo utilizan la luz solar en términos de generación de energía [22], que se logra mediante paneles solares, que es donde se produce este efecto.

a. Clasificación de un sistema de generación fotovoltaicos

- **Sistema con conexión a la red eléctrica:** es un sistema fotovoltaico que está conectado directamente a la red y esto hace que no se necesite un sistema de almacenamiento (baterías).
- **Sistema autónomo:** es un sistema fotovoltaico que está aislado de la red eléctrica, este sistema generalmente tiene un sistema de almacenamiento y se ubican en sectores rurales.
- **Sistema híbrido:** es un sistema que utiliza almacenamiento (baterías) a pesar que esté conectado a la red eléctrica.

3.8. TIPOS DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

Un dispositivo fotovoltaico es un conjunto de módulos conectados en serie o en paralelo [22]. La potencia, corriente y voltaje son modificadas de acuerdo al número de paneles solares que están conectados en serie y en paralelo.

3.8.1. Conexión en Serie

Los paneles solares se conectan en serie para elevar el voltaje de salida. La tensión de salida V_s de los paneles conectados en serie es la suma de las tensiones generados por cada panel, como se muestra en (3.1):

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (3.1)$$

Donde V_t es el voltaje total del grupo de paneles y V_n es el voltaje individual de cada panel.

3.8.2. Conexión en paralelo

Los paneles solares se conectan en paralelo para elevar la corriente. El voltaje del grupo de paneles conectados en paralelo es el mismo que el voltaje de un solo panel, la corriente de salida I_t es la suma de cada grupo de paneles conectados en paralelo, como se muestra en (3.2):

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (3.2)$$

Donde I_t es la corriente total del grupo de paneles, e I_n son las corrientes individuales de cada panel.

3.9. COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Los sistemas fotovoltaicos esta formados por varios componentes que son:

- Paneles solares fotovoltaicos
- Regulador de carga
- Sistemas de almacenamiento (baterías)
- Inversor
- Aparatos de protecciones y maniobra
- Sistema de puesta a tierra

3.10. PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Un panel solar es una estructura compuesta por un conjunto de células solares que se pueden conectar en serie o en paralelo. Aunque generalmente se utilizan paneles solares con 60 y 72 celdas solares, un panel solar generalmente puede tener de 40 a 96 celdas solares [17], las dimensiones de los paneles solares se observan en la Figura 3.3.

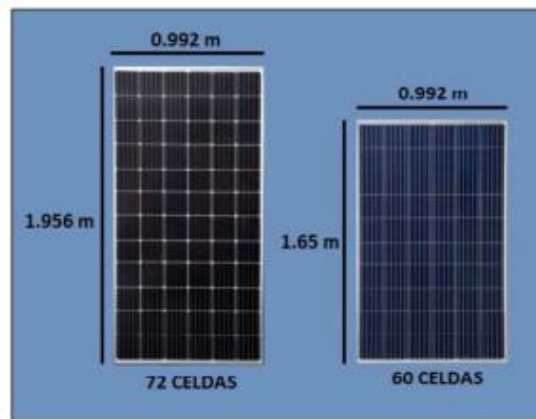


Figura 3.3. Dimensiones de los paneles fotovoltaicos de 72 y 60 celdas [20].

Las celdas deben tener características eléctricas muy iguales para evitar caídas de voltaje en conexiones en paralelo o caídas de corriente en conexiones en serie [23]. Los paneles solares se pueden clasificar según la estructura cristalina de sus celdas fotovoltaicas:

3.10.1. Celdas de silicio monocristalino.

Actualmente son los más utilizados y su principal característica es que tienen una estructura cristalina uniforme. Se obtiene mediante el proceso de fusión del silicio puro y su dopaje de átomo de boro, actualmente la eficiencia de estos paneles está entre el 18% y el 20% lo que hace que el costo sea elevado [24].

3.10.2. Celdas de silicio policristalino.

Estas celdas son muy similares a la del silicio monocristalino. La diferencia es que hay menos etapas de cristalización. La eficiencia de estos paneles va desde el 14% y 16% que hace que el costo sea un poco más bajo, pero no es ineficiente [20].

3.10.3. Celdas de silicio amorfo.

En este tipo de celdas al no estar fabricadas con materiales cristalinos, hace que su eficiencia comienza a bajar cuando está a mucho contacto con la radiación solar. La eficiencia está aproximadamente entre un 10% por lo que el grosor de esta celda es muy delgado y el costo es muy bajo [17].

La figura 3.4 muestra los tipos de paneles fotovoltaicos a partir de la estructura de sus celdas.

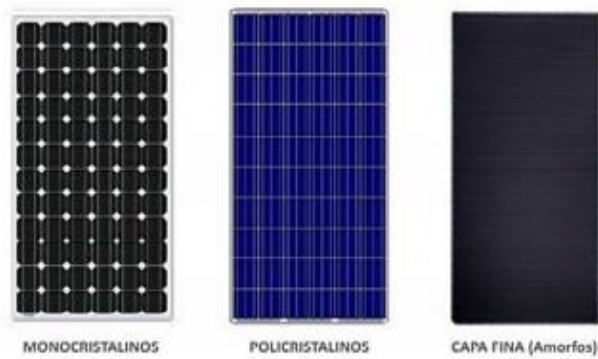


Figura 3.4. Paneles fotovoltaicos de acuerdo a la estructura cristalina de sus celdas [25].

La característica principal del módulo fotovoltaico es la curva de relación corriente-voltaje como se muestra a continuación.

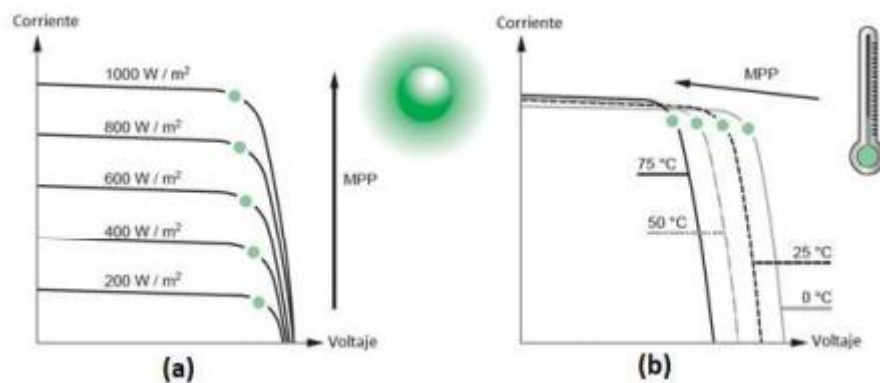


Figura 3.5. Curvas características de corriente-voltaje de un panel fotovoltaico [26].

La curva (a) de la figura 3.5 muestra la relación entre corriente y voltaje, la cual es función de la radiación solar que incide sobre el panel fotovoltaico; por otro lado, en la curva (b) se observa la misma relación, pero es ahora una función de la temperatura. Como se puede observar en ambas figuras, para cada curva existe un punto de máxima potencia, que representa el punto de funcionamiento del panel fotovoltaico, en cuyo punto se proporciona la máxima potencia al receptor [26].

De acuerdo con la curva de relación corriente-voltaje que se ejecuta en condiciones estándar de medición (CEM), se introducen en detalle algunos parámetros técnicos especialmente los parámetros eléctricos de los paneles solares. Estas condiciones son: la irradiancia solar que es de 1000 W / m^2 , la calidad del aire que es 1,5 utilizado para la distribución espectral, y la temperatura unitaria de la celda que es $25 \text{ }^\circ \text{C}$.

De acuerdo a [27], los parámetros técnicos más importantes son:

a. Parámetros eléctricos

- **La potencia Pico (P_{max}):** es la potencia máxima medida en (W_p) que se encuentra a la salida del panel solar fotovoltaico en condiciones estándar.
- **El voltaje de Circuito Abierto (V_{oc}):** es el voltaje máximo medido en (V) que posee el panel fotovoltaico, este voltaje esta medido sin carga conectada y en condiciones estándar.
- **El voltaje de Potencia Máxima (V_{mpp}):** es el voltaje a potencia máxima o potencia pico medido en (V), este voltaje también nos determina si el panel es de 12V o 24V.
- **La corriente de Corto Circuito (I_{sc}):** es la corriente máxima medida en (A), puede ser medida en los bornes del panel fotovoltaico, cuando el voltaje está en cero.
- **La corriente de Potencia Máxima (I_{mpp}):** es la corriente medida en (A) cuando está en potencia máxima.
- **La eficiencia del Módulo:** es el porcentaje de eficiencia con la cual el panel solar convierte la energía del sol en energía eléctrica.

b. Particularidades Térmicas

- **Temperatura Nominal de Operación de la Celda:** es la temperatura en °C que alcanza la celda del panel fotovoltaico cuando se somete a un valor de irradiancia específico: 800 W / m², a una temperatura ambiente de 20 ° C, una distribución espectral de 1,5 y con una velocidad del viento de 1 m / s.
- **Coefficiente de temperatura de la potencia:** es el porcentaje de la potencia de salida cuando varía por cada grado de temperatura que supera los 25°C.
- **Coefficiente voltaje - temperatura:** es el porcentaje del voltaje de circuito abierto que varía por cada grado de temperatura que supere los 25°C.
- **Coefficiente corriente temperatura:** es el porcentaje de variación de la corriente de cortocircuito por cada grado de temperatura que supere los 25°C.

3.11. REGULADOR DE CARGA

Los reguladores de carga se utilizan comúnmente en sistemas fotovoltaicos autónomos, donde se incluye las baterías. Su función es evitar una sobrecarga y descarga excesiva en el dispositivo de almacenamiento, es decir, controla la corriente de entrada del panel solar y regula la intensidad de la carga conectada al sistema, para lograr la vida útil del acumulador [28].



Figura 3.6. Regulador de Carga [28].

3.12. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO O BANCO DE BATERÍAS

El sistema de almacenamiento está diseñado para almacenar la electricidad generada cuando los consumidores no la necesitan, por lo que se puede utilizar en un momento específico. Debido al carácter intermitente de este tipo de energías renovables, es de gran ayuda en los sistemas fotovoltaicos. Las baterías son los dispositivos de almacenamiento que se utilizan comúnmente en los sistemas fotovoltaicos.

Las baterías se pueden usar en combinación con sistemas fotovoltaicos conectados a la red, las baterías se usan más ampliamente en sistemas fotovoltaicos autónomos. Hay una gran cantidad de tipos de baterías en el mercado, sin embargo, las que se usan comúnmente en sistemas fotovoltaicos son baterías de plomo-ácido, níquel-cadmio y litio, y las baterías de litio han aparecido en los últimos años, pero aún tienen costos elevados [29].



Figura 3.7. Baterías para centrales fotovoltaicas [30].

3.13. EL INVERSOR O CONVERTIDOR DE CC/CA

Un inversor es un dispositivo electrónico que recibe corriente continua y la convierte en corriente alterna monofásica o trifásica [27].

La primera clasificación de inversores se basa en la señal de salida que pueden ser: de onda cuadrada, onda modificada y onda senoidal [29]. En las aplicaciones de sistemas fotovoltaicas, se utilizan los inversores de onda senoidal, cuando la carga conectada en el sistema fotovoltaico autónomo es menor a 400W de potencia nominal se utiliza los inversores de onda modificada [27].

- **Los inversores de onda cuadrada:** se basan en una simple entrada de corriente continua, casi sin modulación ni filtrado. La onda resultante tiene un gran contenido en armónicos no deseados [29]. La distorsión armónica total (THD) es muy alta, alrededor del 40%, el rendimiento es aproximadamente del 50 al 60% y la baja potencia de sobrecarga es de 10 al 20% de potencia nominal. Su regulación de voltaje también es muy baja, suelen utilizarse para cargas inductivas más pequeñas o resistivas, aunque ciertos tipos de cargas pueden no funcionar satisfactoriamente, estos inversores son los más económicos.
- **Los inversores de onda semisenoidal o quasisenoidal:** son los que presentan una distorsión armónica del 20% y su tasa de rendimiento es superior al 90%, estos inversores se utilizan para la electrificación en sectores rurales que alimentan electrodomésticos, computadoras y equipos de música [29]. Algunas cargas, como las impresoras láser, los hornos microondas y los relojes, estos inversores posiblemente son un 50% más rápidos, pero pueden causar problemas operativos.
- **El inversor sinusoidal:** estos inversores filtran cuidadosamente la señal generada. Generalmente, son la mejor opción para alimentar cargas de CA, independientemente de la THD o la estabilidad del voltaje [29].

Los equipos de telecomunicaciones o instrumentación delicada pueden requerir su utilización, así como para cargas inductivas como los motores, la forma de onda que llega al motor debe estar lo más cerca posible de una onda senoidal porque el mayor rendimiento que producen se genera cuando el motor está girando, y el primer armónico de la onda senoidal tiene una frecuencia muy alta, ya que el máximo rendimiento del motor se produce por el armónico fundamental que es con una frecuencia de 50 Hz. Cualquier otro armónico presente en la onda que llega al motor no producirá rotación, pero debido al efecto Joule $I^2 * R$, el calor se disipará, lo que provocará que la bobina de cobre y el cuerpo del motor se sobrecalienten, lo que provoca una pérdida de rendimiento. Generalmente, estos armónicos son la causa de la degradación y destrucción del aislamiento de la bobina.

La distorsión armónica total (THD) representa la cantidad de armónicos existentes en una señal [31]. Los inversores de onda senoidal son caracterizados por tener un excelente filtrado en la señal de salida y así es insignificante la distorsión armónica total.

Una central fotovoltaica no siempre tiene que estar compuesto por estos elementos, puesto que se puede excluir algunos de estos, teniendo en cuenta el tamaño y el tipo de carga que se va alimentar.

3.14. INVERSOR FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO

El inversor fotovoltaico autónomo generalmente está conectado al sistema de batería para proporcionar la carga de CA del equipo [27]. Los aspectos importantes a tener en cuenta al elegir un inversor para un sistema fotovoltaico autónomo son:

- El rango de variación permisible del voltaje de entrada (el voltaje de la batería varía de acuerdo con su estado de carga y las condiciones actuales, y la inclusión de un fusible protector para evitar que la batería se cortocircuite en el sistema causará una caída de voltaje en la entrada del inversor).
- Estabilidad del voltaje AC de salida.
- Falta de componentes AC en la entrada del inversor.
- El rendimiento reduce a medida que crece el factor de potencia de carga, es máximo a la potencia nominal y muy bajo a la potencia de carga, el funcionamiento es mucho más bajo que el valor nominal y se reducirá a mayor potencia.

Los electrodomésticos y los equipos eléctricos en general se dividen en dos grupos:

- **Las cargas resistivas:** son aquellas donde la electricidad genera calor en lugar de movimiento. Las cargas típicas de este tipo son lámparas incandescentes o radiadores eléctricos.
- **La carga inductiva:** suelen ser cargas en las que la corriente circula a través de una bobina, generalmente son los motores, pero también existen aparatos electrónicos como televisores, computadoras, etc.

Por lo general, los inversores fotovoltaicos autónomos también integran reguladores de carga, por lo que pueden desconectar el consumo de energía del sistema de batería bajo un cierto grado de carga. Sin embargo, en los sistemas fotovoltaicos, se debe incluir un regulador de carga

adicional para evitar que la batería este sobrecargada. En relación con la fiabilidad, también es necesario marcar el tipo de caja y su grado de protección contra el clima [16].

Los inversores representan aproximadamente el 15,25% del coste de los sistemas fotovoltaicos, por lo que es muy importante un análisis cuidadoso del inversor, su topología y sistema de control.

3.15. CABLEADO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Son los cables presentes en la instalación eléctrica. Al seleccionar, se deben considerar los siguientes factores: su capacidad de transporte de corriente (considerando su temperatura de trabajo), su caída de presión cumple con el límite permisible, es compatible con las condiciones ambientales en las que se encuentra y tiene suficientes propiedades de resistencia mecánica [32].

El 50 % del sistema fotovoltaico son los paneles, estos están instalados al aire libre, por lo que los cables que conectan estos paneles deben tener doble aislamiento y ser capaces de resistir la luz solar, la humedad y una temperatura de 90 ° C [27].

Puede haber partes en que deban estar bajo tierra. En este caso, el cable también debe protegerse de la corrosión y ser adecuado para su uso en lugares húmedos. El cable se puede enterrar directamente o en la tubería [33].

3.16. EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA

Los equipos eléctricos deben tener siempre componentes de control y protección adecuados, y su principal objetivo es proteger al equipo y al personal.

La protección eléctrica puede prevenir sobrecargas, cortocircuitos, fallas de aislamiento o sobrecargas causadas por impactos, dependiendo de su rango de trabajo. Por otro lado, el dispositivo de manipulación permite obtener un aislamiento suficiente en una parte separada del resto del equipo. Puede ocurrir por razones de operación, mantenimiento o emergencia [34].

En los equipos fotovoltaicos, ciertos aspectos hacen que el diseño de los dispositivos de protección y dispositivos de manobra sea diferente a otros equipos eléctricos. El primer aspecto es que, en presencia de luz solar, el panel fotovoltaico no detendrá su producción de energía. El

segundo aspecto es que la corriente de cortocircuito generada en el panel no es alta, al contrario, está limitada por el propio panel [35].

Los principales elementos de protección y control de los equipos fotovoltaicos son los siguientes:

- **Fusibles y portafusibles seccionables:** Un fusible es un dispositivo de protección para evitar sobre corrientes, el fusible se coloca en los terminales de cada cadena o rama del generador, preferiblemente en los dos polos ya que tienen dos funciones, la primera es proteger los paneles solares si es que existen corrientes inversas, esto se debe cuando una de las cadenas comienza a actuar como carga por falla del panel o falla de conexión, la corriente de otras ramas se redirige a este punto. La segunda función es proteger la conexión de los paneles solares en la rama de cualquier sobrecarga.
- **Protección contra sobrevoltajes (SPD):** Este protege a los dispositivos y al personal de las emisiones atmosféricas. Estas descargas producirán sobretensiones transitorias, una vez que el equipo supere el límite especificado activará el equipo, por lo que la sobretensión se conectará inminentemente a tierra.
- **Protección diferencial:** Este protege a las personas cuando ocurre fallas en el aislamiento, otorgando así la seguridad al personal.
- **Interruptor termomagnético general:** Dispositivo de protección contra sobrecargas y cortocircuitos, actúa a través de los efectos magnéticos y térmicos generados por el flujo de corriente durante la falla. El interruptor también es responsable de conectar o desconectar manualmente todo el dispositivo fotovoltaico. Se pueden integrar más equipos de protección y conmutación, en función de la topología y características de la instalación.

3.17. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Los sistemas de puesta a tierra son esenciales para las conexiones eléctricas porque reducen las fluctuaciones de voltaje y aseguran funciones de protección correctas. Generalmente, en un sistema fotovoltaico, el conductor que está conectado a tierra para disipar la corriente de descarga es el conductor negativo [36].

3.18. TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

3.18.1. Sistema fotovoltaico conectados a la red eléctrica

La finalidad de este tipo de sistema fotovoltaico es maximizar la generación de energía eléctrica mediante inyección directa a la red [22]. En la Figura 3.8 se observa cómo está conectado este sistema.



Figura 3.8. Sistema solar fotovoltaico conectado a la red [37].

3.18.2. Sistemas autónomos o aislados

Esta tecnología es muy confiable y muy deseable para áreas remotas de difícil conexión a la red de distribución, por lo que es el sistema independiente más confiable ya sea desde un punto de vista económico o para suministrar energía a lugares inaccesibles [38].

Su configuración dependerá del tipo de corriente requerida, la energía requerida para proporcionar la corriente y la energía que se puede seguir generando si el panel no está expuesto a radiación solar.

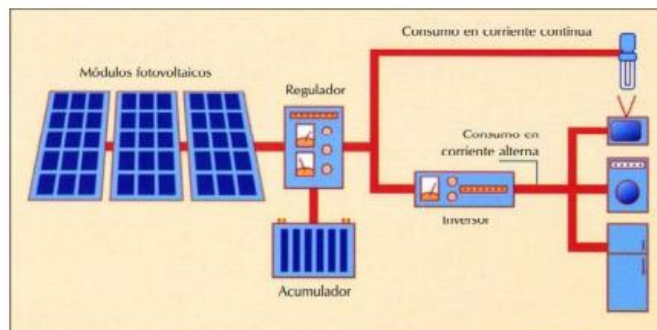


Figura 3.9. Sistema solar fotovoltaico autónomo [13].

3.18.3. Sistemas fotovoltaicos híbridos

El sistema de generación de energía fotovoltaica híbrida es una combinación de energía solar y red eléctrica, estas dos tecnologías están interrelacionadas para hacer un mejor uso de la energía que se genera. Este sistema funciona cuando los generadores dan abastecimiento a todo el consumo, el inversor absorberá la energía que está en exceso y la almacenará en las baterías. Por otro lado, si la energía que generada es insuficiente, el inversor tendrá que tomar la energía que vienen de la red eléctrica para poder abastecer el consumo [39].

3.19. DETERMINACIÓN DEL RECURSO DISPONIBLE

La granja avícola está ubicada en la ciudad de Latacunga, en el sector llamado como sierra centro, que está cercano a la línea ecuatorial, esto nos beneficia ya que podemos dar un gran aprovechamiento de la radiación solar e incorporar una central fotovoltaica.

Es importante tener en consideración el lugar y la superficie que se encuentra disponible, ya que para tener una central de generación fotovoltaica factible se debe tener la menor cantidad de sombras posible.

En esta parte de la investigación se examinará la radiación solar, el comportamiento del sol dependiendo a la ubicación geográfica del sitio de la investigación y posibles sombras producidas por árboles o plantas.

3.19.1. Estimación del recurso solar disponible

Nuestro país el Ecuador, se encuentra en la mitad del planeta, y la gran ventaja es que existe una variación mínima en la posición con respecto al sol, gracias a esto la radiación solar no cambia en todo el año, lo cual es diferente de lo que ocurre en puntos alejados del centro de la tierra [27].

Con respecto a la ubicación geográfica del lugar de estudio y del país, existen fuentes que nos ayudan a verificar el nivel de radiación global. Las siguientes entidades ayudan a dotar de esta información.

- National Aeronautics and Space Administration (NASA)
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL)
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)
- Laboratorio de Energías Renovables de la Escuela Politécnica Nacional

En la tabla 3.1 se especifican los datos de radiación global dados por las entidades antes nombradas estos datos son los promedios mensuales de radiación diaria sobre una superficie horizontal.

Tabla 3.1. Datos de Radiación Solar Global, en kWh/ (m² día) [40].

2017	Entidades			
	ARCONEL kWh / (m ² *día)	NASA kWh / (m ² *día)	INAMHI kWh / (m ² *día)	LAB EPN kWh / (m ² *día)
Enero	4,96	4,13	5,216	4,983
Febrero	4,65	4,33	3,458	4,876
Marzo	4,77	4,58	3,851	5,3420
Abril	4,54	4,37	3,103	4,788
Mayo	4,81	4,15	5,022	4,598
Junio	4,67	4,08	4,806	5,702
Julio	5,55	4,26	5,287	6,009
Agosto	5,48	4,48	7,287	6,013
Septiembre	4,87	4,27	5,863	5,620
Octubre	5,25	4,27	4,819	5,435
Noviembre	5,17	4,35	5,526	5,011
Diciembre	5,17	3,96	4,629	5,236

Los datos globales de radiación solar del ARCONEL [41] y la NASA son datos satelitales, los cuales son diferentes a los datos dados del INAMHI y del laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional que corresponden a datos de campo reales medidos para toda la región sierra.

En la tabla 3.2 (a) y 3.2 (b) se visualiza los datos obtenidos en la granja avícola, tomando en consideración los datos satelitales de la NASA y RETScreen.

Tabla 3.2. (a) Datos de radiación, irradiación y horas solares pico del 2019.

Proyecto													
Nombre	GRANJA AVÍCOLA "VILLA"												
Localidad	JUAN MONTALVO "SAN JOSÉ"												
Latitud (Dec.)	-0,9111												
Longitud (Dec.)	-78,5815												
Energía consumida [kWh/día]	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
	18,7532	18,7532	18,7532	18,7532	18,7532	18,7532	18,7532	18,7532	18,7532	18,7532	18,7532	18,7532	
Consumo anual	6751,152	kWh/año											
Meses	12												
Energía Mensual Promedio	562,596 kWh/día												
Energía Diaria Promedio	18,7532 kWh/día												
Parámetros de radiación aplicables a la zona en distintas épocas del año a inclinaciones													
Angulo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio ANN
Temperatura Máxima	18,11	17,96	18,07	18,29	18,39	18,22	18,24	18,76	19,21	18,88	18,51	18,3	
Temperatura Mínima	8,89	9,11	9,21	9,26	8,69	7,73	7,13	6,98	7,48	8,21	8,49	8,72	8,325
Equivalente a 7 días negros de no sol	1,96	1,49	2,03	2	1,66	2,02	1,59	2,07	1,97	2,1	2,59	2,94	-999
Radiación Global incidente en el plano horizontal													
0	4,14	4,35	4,55	4,33	4,12	4,02	4,27	4,46	4,27	4,24	4,3	3,98	4,2525
16	4,08	4,11	4,5	4,28	4,08	3,98	4,22	4,42	4,23	4,18	4,26	3,93	4,189166667
31	4,23	4,16	4,43	4,08	3,76	3,61	3,84	4,14	4,12	4,19	4,4	4,1	4,088333333
46	4,07	4,1	4,5	4,29	4,09	4	4,24	4,43	4,24	4,17	4,24	3,91	4,19
90	3,73	3,87	4,36	4,31	4,24	4,2	4,44	4,52	4,16	3,97	3,9	3,56	4,105
Valor Rb B:15, Y: 45	1,52	1,56	1,62	2	2,34	2,56	2,57	2,23	1,67	1,51	1,47	1,46	1,875833333
Valor Rb B:15, Y: 45	6,09625	6,1525	6,405	6,355	6,21375	6,04	6,11875	6,2425	6,1725	6,16875	6,19625	5,995	4,432261905
Irradiancia (W/m2)	517,5	543,75	568,75	541,25	515	502,5	533,75	557,5	533,75	530	537,5	497,5	531,5625
Datos para Rb	B= 15 Y= 45												
Radiación en un plano horizontal	147,87	174,7	130,21	148,54	151,73	178,58	170,52	169,02	176,11	152,07	162,25	168,32	160,8266667
Parámetros de Diseño del Sistema Fotovoltaico.													
Días al año de uso	365 Días/año												
Perdidas de Temperatura	0,88												
Inclinación Opt.	3,071341												
HSP1	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio ANN
	4,77	6,0241379	4,2003226	4,9513333	4,8945161	5,9526667	5,5006452	5,4522581	5,8703333	4,9054839	5,4083333	5,4296774	5,279975652
HSP2													3,876156463
HSPpromedio	Comparando los dos resultados: HSP1= 5,279 y HSP2=3,8761 se realiza un promedio para obtener un solo resultado que es de												4,578066057

Tabla 3.2. (b) Datos de radiación 2020 tomados de RETScreen.

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Precipitación	Radiación solar diaria - horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del viento	Temperatura del suelo
	°C	%	mm	kWh/m2/d	kPa	m/s	°C
Enero	11,4	84,90%	134,23	4,39	71,5	1,9	13
Febrero	11,4	86,30%	157,92	4,46	71,6	1,9	12,9
Marzo	11,4	86,60%	172,36	4,64	71,6	2	12,8
Abril	11,5	86,60%	174,3	4,45	71,6	2	12,8
Mayo	11,2	85,60%	130,51	4,26	71,6	2,6	12,3
Junio	10,4	84%	99	4,23	71,6	3,7	11,3
Julio	9,9	81,90%	75,95	4,32	71,6	4,2	10,9
Agosto	10	79,30%	63,24	4,64	71,6	4,2	11,2
Septiembre	10,7	78,50%	76,5	4,62	71,6	3,1	12,2
Octubre	11,2	80,50%	103,23	4,61	71,6	2,2	12,9
Noviembre	11,3	81,90%	105,6	4,7	71,5	2,1	12,9
Diciembre	11,4	83,50%	109,12	4,45	71,5	2	13
ANUAL	10,98333333	83,30%	116,83	4,480833333	71,575	2,658333333	12,35

3.19.2. Orientación e inclinación del plano generador fotovoltaico

La dirección de la superficie del panel fotovoltaico debe estar correctamente para que pueda recibir la cantidad máxima energía solar. El azimut y la inclinación están representados por el ángulo de azimut (α) y el ángulo de inclinación (β) respectivamente. Para direccionar un panel fotovoltaico se debe tener en cuenta las especificaciones que se observa en la figura 3.10.

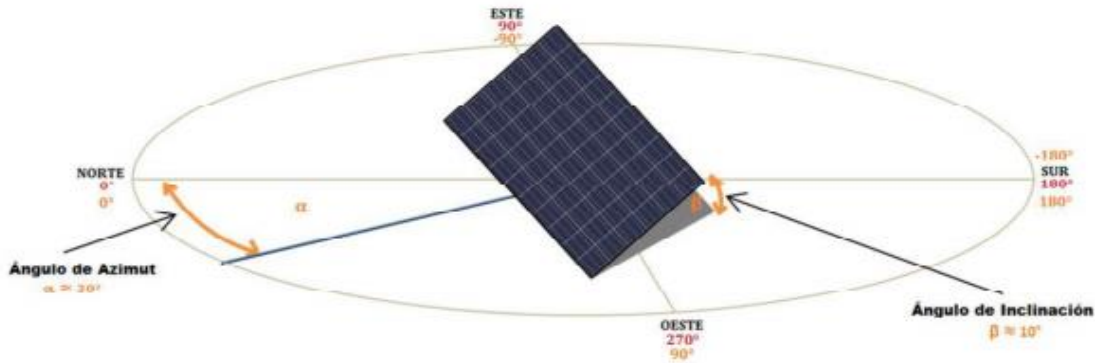


Figura 3.10. Direccionamiento de un panel fotovoltaico [37].

3.19.2.1. El ángulo Azimut (α)

Este ángulo se forma entre en el plano horizontal y la dirección sur dependiendo de la proyección de la superficie del panel, si la ubicación está en el hemisferio norte; por otro lado, si la ubicación del panel está en el hemisferio sur, corresponde al ángulo entre la proyección y la dirección norte [16].

En este caso la ubicación el proyecto se encuentra en el hemisferio sur y se toma como 0° la dirección hacia el norte, 90° al oeste, -90° al este y 180° al sur.

3.19.2.2. El ángulo de inclinación (β)

Este ángulo se forma entre la superficie del panel fotovoltaico y el plano horizontal. Si el panel se encuentra de forma totalmente horizontal el ángulo puede ir entre 0°, y si se coloca de forma vertical puede ir entre 90° [16].

3.19.3. Direccionamiento óptimo (α_{opt} , β_{opt}) del plano generador fotovoltaico

La expresión observada en la ecuación (3.3) es una función de la latitud geográfica de la ubicación de diseño, independientemente del hemisferio en el que se encuentra la ubicación de diseño.

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * |\phi| \quad (3.3)$$

Donde β_{opt} es el ángulo de inclinación óptimo del plano generador y ϕ es la latitud de la ubicación geográfica del lugar de diseño.

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * |-0,9098|$$

$$\beta_{opt} = 3,07^\circ$$

En nuestro país, el extremo sur se encuentra por debajo de la línea ecuatorial, la granja avícola se encuentra con una latitud (ϕ) = $-0,9098^\circ$; aplicando la ecuación (5.1), el ángulo de inclinación óptimo es de (β_{opt}) = $3,07^\circ$. Esto demuestra que es apropiado instalar módulos fotovoltaicos casi horizontales, sin embargo, el ángulo de inclinación se establece con el propósito de limpiar el panel de polvo y suciedad. Para el caso de estudio, la inclinación del panel solar es totalmente horizontal ya que se puede realizar el mantenimiento adecuado.

3.20. DETERMINACIÓN DE LA IRRADIANCIA DONDE SE UBICA LA GRANJA AVÍCOLA

Para obtener la irradiancia, utilizamos el modelo matemático de *Amstrong Page* descrita en la ecuación (3.4) y utilizando los datos proporcionados por la NASA y RETScreen.

$$I = Ia \left[a + b \left(\frac{n}{N} \right) \right] \quad (3.4)$$

Donde **I** es la irradiancia terrestre que llega a la granja avícola ubicada en el Barrio San José - Parroquia Juan Montalvo - Ciudad de Latacunga, **Ia** es la constante de irradiancia extraterrestre 1346 W/m^2 , **n** es el brillo solar promedio mensual en la Ciudad de Latacunga, **N** son las horas de presencia de radiación solar al día, **a** es el coeficiente de ajuste relacionado con el tamaño de los aerosoles **a** y **b** es el coeficiente de turbidez de *Angstrom*, estos valores son mínimos para una atmosfera clara y hasta 0,6 para atmosferas oscuras.

Cabe mencionar que los parámetros a y b idealmente es igual a uno, pero considerando que el sitio del proyecto existe nubes que opacan el cielo, se toma de referencia la constante climática que *Angstrom* recomienda que es: **a**= 0,25; **b**= 0,75.

$$I = 1367 \text{ W/m}^2 \left[0,25 + 0,75 \left(\frac{5,279}{12h} \right) \right]$$

$$I = 781,17 \text{ W/m}^2$$

3.21. CÁLCULO DE HORAS SOLARES PICO

De los datos obtenidos por la NASA que se muestran en la tabla 3.2 (a), para el año 2019, se obtuvo un promedio de 5,279 horas solares pico (HSP) al día por cada mes.

Para el cálculo de HSP se aplica la ecuación (3.5) que se presenta a continuación:

$$H(Wh/m^2) = I (Wh/m^2) * HSP(h) \quad (3.5)$$

Donde **H** es la irradiación promedio en la granja avícola ubicada en el Barrio San José - Parroquia Juan Montalvo - Ciudad de Latacunga., **I** es la constante de irradiancia que recibe la superficie terrestre proporcionado por el CONELEC y **HSP** son las horas solares pico.

Para la obtención de las HSP se despeja de la ecuación (5.3) y se obtiene:

$$HSP = \left(\frac{HWh/m^2}{IW/m^2} \right)$$

$$HSP = \left(\frac{4252,54}{1000} \right)$$

$$HSP = 4,209544 \text{ hrs}$$

Comparando los dos resultados: HSP1= 5,279 y HSP2=4,2524 se realiza un promedio para obtener un solo resultado que es de **4,765 HSP**.

3.22. SOMBRAS EN EL PLANO GENERADOR FOTOVOLTAICO

En equipos fotovoltaicos, se debe evitar en lo posible la obstaculización en los módulos, ya que esto reducirá la generación y acortará la vida del panel [42]. La influencia de la sombra en el módulo se expresa mediante el factor de sombra.

3.22.1. Factor de sombras

Este coeficiente está relacionado con la pérdida provocada por la sombra, se formula como la relación entre la radiación solar total que afecta al plano generador afectado por la sombra y la radiación solar global que afectará al mismo plano generador sin sombra [42].

El factor de sombra se calcula usando la ecuación (3.6) basado en la pérdida causada por la sombra en el módulo.

$$FS = 100 - PS \quad (3.6)$$

Donde **FS** es el factor de sombras [%], **PS** son las pérdidas por sombreado en los módulos fotovoltaicos.

Para calcular las pérdidas ocasionadas por las sombras, primero se obtiene el mapa de trayectoria solar de la ubicación geográfica exacta a estudiar como se muestra en la figura 3.11.

Con la ayuda del programa "Sun Earth Tools", el mapa se puede obtener fácilmente y los datos provienen del sitio de investigación. En el lugar de estudio no se presenta obstáculos cercanos, ya que se encuentra en un sector desierto con vegetación plana.

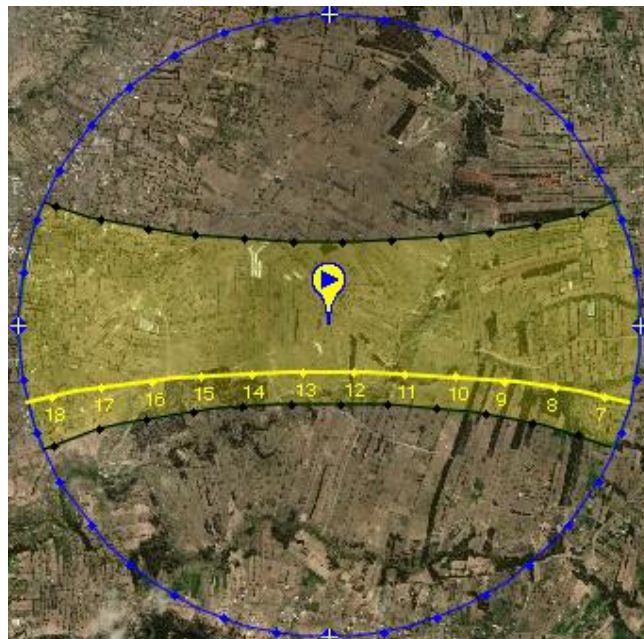


Figura 3.11. Trayectoria del sol en el lugar de estudio [44].

En la tabla 3.3 (a) y 3.3 (b) se muestra los datos de los ángulos de azimut (α) y en la figura 3.12 se encuentra expresado gráficamente también los ángulos de azimut (α), donde se muestra que en dirección oeste los ángulos tienen valores de 0° a 180° , y hacia el este de 0° a -180° .

Tabla 3.3 (a) Datos de ángulos de azimut según las coordenadas [43].

Posición del Sol	Elevación	Azimut	Latitud	Longitud
09/02/2021 03:13 GMT-5	-46,48 °	112,46 °	0,9098 ° S	78.5906124 ° W
crepúsculo	amanecer	Puesta de sol	Amanecer azimut	Atardecer Azimut
crepúsculo -0.833 °	6:24:09	18:32:58	104,53 °	255,63 °

Crepúsculo civil -6 °	6:02:47	18:54:17	104,7 °	255,47 °
Crepúsculo náutico -12 °	5:37:57	19:19:06	105,06 °	255,13 °
Crepúsculo astronómico -18 °	5:13:03	19:43:58	105,61 °	254,6 °
Luz	hh: mm: ss	diff. dd + 1	diff. dd-1	Mediodía
2/9/2021	12:08:49	-00: 00: 04	0:00:03	12:28:33

Tabla 3.3. (b) Datos de ángulos de azimut y elevación por horas [43].

Fecha:	09/02/2021 GMT-5	
coordenadas:	-0,9098, -78,5906124	
ubicación:	Latacunga- Ecuador	
hora	Elevación	Azimut
6:24:09	-0,833 °	104,53 °
7:00:00	7,84 °	104,52 °
8:00:00	22,34 °	105,31 °
9:00:00	36,74 °	107,46 °
10:00:00	50,88 °	112,09 °
11:00:00	64,27 °	122,78 °
12:00:00	74,75 °	152,75 °
13:00:00	74,42 °	209,53 °
14:00:00	63,69 °	238,06 °
15:00:00	50,24 °	248,32 °
16:00:00	36,07 °	252,8 °
17:00:00	21,66 °	254,89 °
18:00:00	7,15 °	255,64 °
18:32:58	-0,833 °	255,63 °

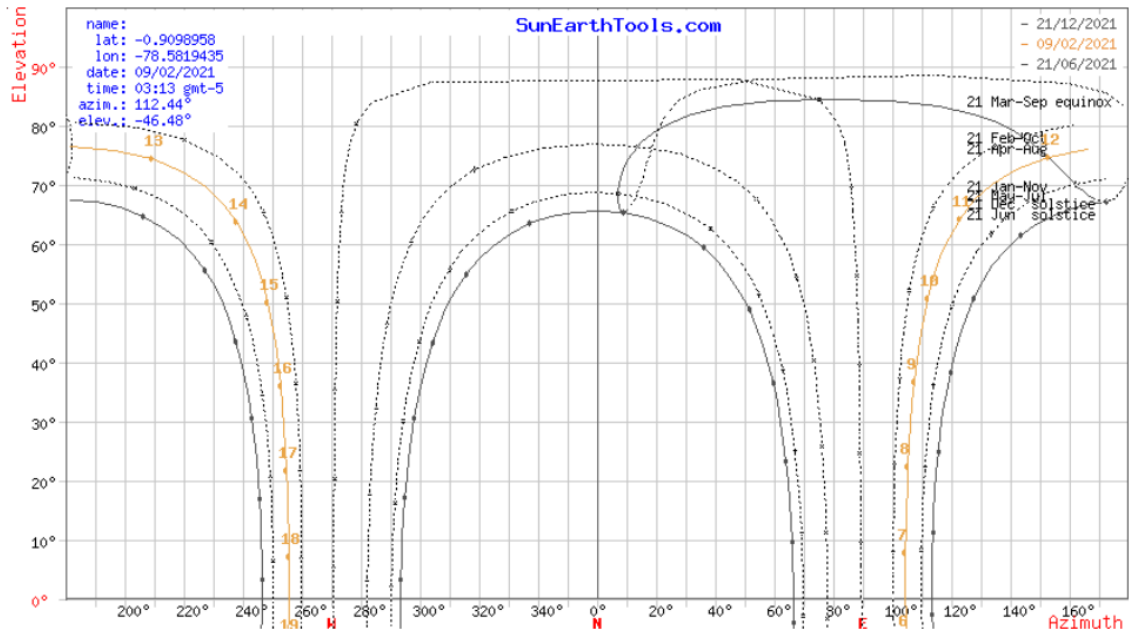


Figura 3.12. Diagrama de trayectoria de sol y azimut [43].

3.23. EL CLIMA PROMEDIO EN LATACUNGA - ECUADOR

3.23.1. La temperatura en la ciudad de Latacunga

En Latacunga existen variación de temperatura, la más templada dura 2 meses 5 días, que es desde el 16 de octubre al 21 de diciembre, la temperatura más caliente es de 19 ° C. El día del año en que más calor hay es el 15 de noviembre, ya que este día tiene una temperatura máxima de 20 ° C y la temperatura baja es de 9 ° C, aunque en las mañanas de 5 a 6 am puede llegar a tener una temperatura de hasta 1°C [44].

Del 4 de junio al 27 de agosto, el clima fresco dura aproximadamente 2 meses con 7 días, donde temperatura más alta es inferior a 17 ° C. El día más frío en este periodo es el 3 de septiembre, con una temperatura de 8 ° C y una temperatura alta de 18 ° C.

En la figura 3.13 con una línea roja se muestra la temperatura máxima y con una línea azul la temperatura mínima, el promedio. Las líneas delgadas entrecortadas son las temperaturas promedio correspondientes.

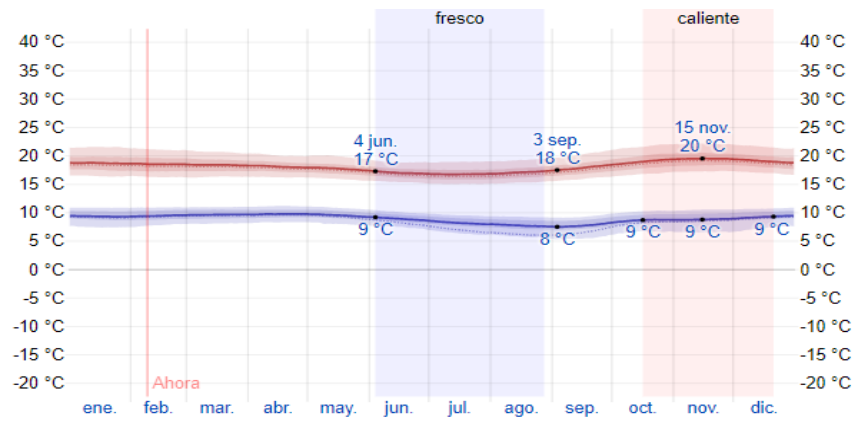


Figura 3.13. Temperatura máxima y mínima promedio [44].

3.23.2. Niveles de nubosidad en la ciudad de Latacunga

El 21 de mayo comienza el verano donde se presenta los días más soleados del año, estos días duran aproximadamente 4 meses y 3 días dando finalización el 29 de septiembre. Para el 3 de julio se presenta el día más claro del año, este día está dado porque el cielo está en un 51% despejado o nublado [44].

El 29 de septiembre es cuando el cielo se encuentra nublado, esto dura aproximadamente 7 meses con 7 días y da por terminado el 21 de mayo. El día más nublado de todo el año es el 5 de marzo con un 90% del cielo nublado, y el 10 % despejado y soleado.

En la figura 3.14 se muestra el porcentaje de tiempo pasado en cada banda de cobertura de nubes.

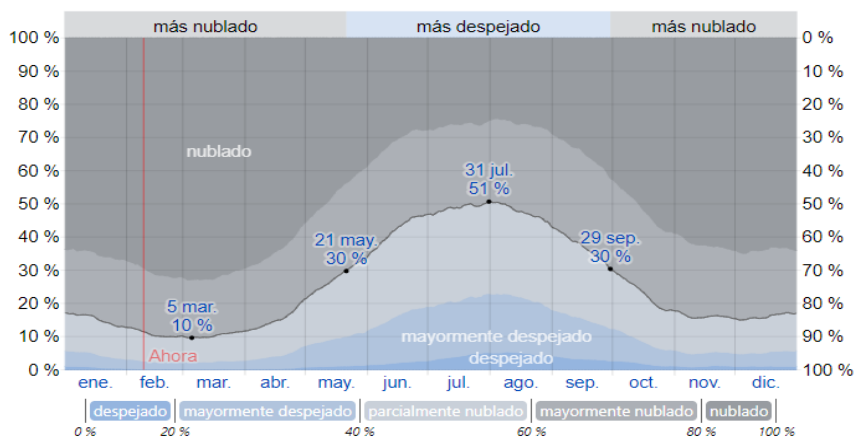


Figura 3.14. Categorías de nubosidad [44].

3.23.3. Presencia del sol en la ciudad de Latacunga

En Latacunga, la hora del día cambia poco, solo 10 minutos de las 12 horas del año. El 20 de junio del 2021 es el día más corto del año, teniendo 12 horas y 4 minutos de luz natural, y el día más largo es el 21 de diciembre del 2021, con 12 horas y 11 minutos de luz natural [44].

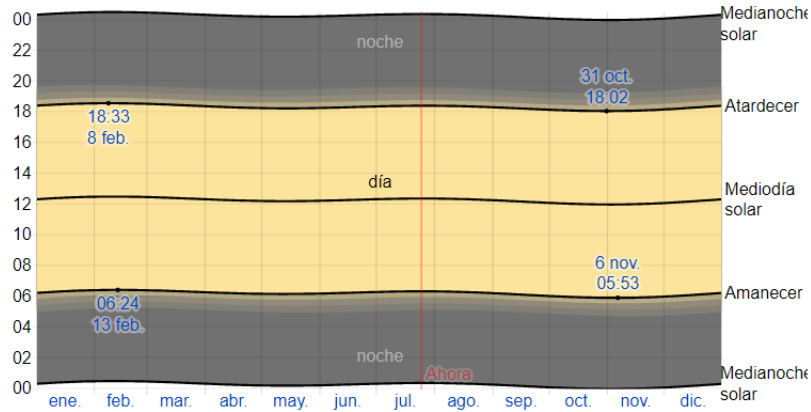


Figura 3.15. Horas de luz natural [44].

En la figura 3.15 se muestra el amanecer más temprano que fue a las 5:53 am el 6 de noviembre, y el amanecer más tardío fue 31 minutos más tarde a las 6:24 am el 13 de febrero del año 2020. La primera puesta de sol fue a las 6:02 p.m. del 31 de octubre, y la más reciente fue a las 6:33 p.m. del 8 de febrero con una duración de 31 minutos.

3.23.4. Energía solar en la ciudad de Latacunga

La energía solar depende de los cambios estacionales en la duración del día, estos cambios están dirigidos a la altura del sol sobre el horizonte y la absorción de la radiación solar, la presencia de las nubes y otros elementos atmosféricos, la cantidad total de energía solar de onda corta incidente en un área grande de la superficie todos los días.

Del 6 de agosto al 28 de septiembre fue el período con más presencia del sol que duro aproximadamente 1 mes y 7 días, la energía incidente diaria promedio por metro cuadrado supero los 6,1 kWh, el día más soleado del año es el 6 de septiembre que tiene una potencia máxima de 6,3 kWh [44].

Del 4 de noviembre al 27 de mayo, se encuentra el período más oscuro con 6 meses y 7 días de duración, la energía por metro cuadrado es de 5.3 kWh y el día más oscuro es del 13 de marzo con una potencia de 5,1 kWh.

En la figura 3.16 se muestra con una línea anaranjada la energía solar de onda corta promedio diario que llega a la tierra.

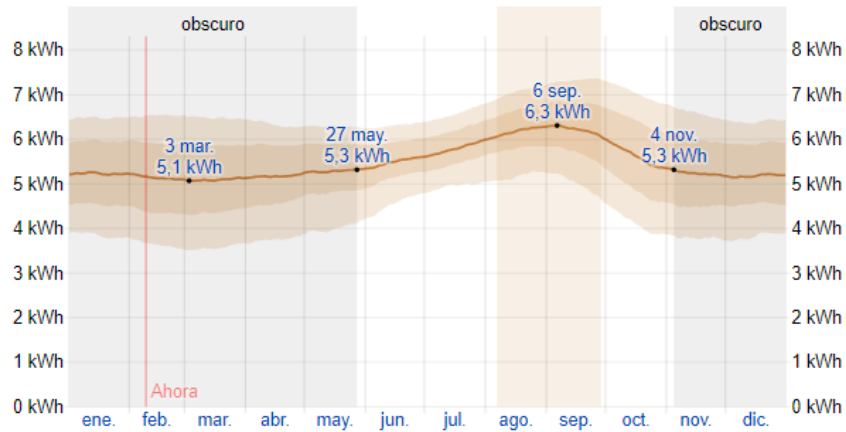


Figura 3.16. Energía solar de onda corta incidente diario promedio [44].

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. METODOLOGÍA

4.1.1. Enfoque

En este proyecto se desarrolla el diseño de una central fotovoltaica para la granja avícola “VILLA”, por lo que se realizó los cálculos para el dimensionamiento de los equipos y el análisis económico de los mismos. De esta manera propone beneficiar a los actores principales como es el propietario, los usuarios y trabajadores, se apoya en una solución tecnológicamente actualizada y se orienta a la comprobación de la hipótesis.

4.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

4.2.1. Investigación de Campo

Esta Investigación se desarrolló en la granja Avícola “VILLA” donde se verificó las condiciones actuales a través de la técnica de observación, ya que se realizaron verificaciones de la infraestructura para determinar el déficit de iluminación y seguridad por parte de cámaras, sensores, etc. que no son utilizados por falta de energía eléctrica.

4.2.2. Investigación Bibliográfica-Documental

La investigación se respaldó en fuentes bibliográficas como libros, revistas, tesis, artículos científicos realizadas sobre energías alternativas, energía solar, electricidad, celdas fotovoltaicas, centrales fotovoltaicas y además se define la radiación solar y su clasificación.

4.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

4.3.1. Método inductivo

Este método fue empleado para la obtener los datos de nivel de radiación que existe en la granja avícola “VILLA”, usando el software RETScreen y la página principal de la NASA.

4.3.2. Método deductivo

Mediante este método se determinó la corriente y voltaje generada por los módulos fotovoltaicos, la capacidad de las baterías y la potencia nominal para el funcionamiento del inversor en base a la demanda de las cargas.

4.3.3. Método analítico

El método analítico nos permite analizar e interpretar los resultados técnicos-económicos obtenidos en el diseño del sistema de generación fotovoltaico.

4.4. MATERIALES E INSTRUMENTOS

4.4.1. Software RETScreen

Con la ayuda de este software se pudo determinar los niveles de radiación para cada mes en la granja avícola “VILLA”.

4.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 4.1. Variable Independiente: Sistema de Energía fotovoltaico.

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Conjunto de dispositivos diseñados para transformar la radiación solar en energía eléctrica	Dimensionamiento de los equipos que conforman la central fotovoltaica.	Niveles de radiación	Wh/m ²	Simulación	REDTScreen
		Potencia instalada de la granja	W	Cálculo	Ecuaciones
		Selección el tipo de panel solar			
		Dimensionamiento de la capacidad del banco de baterías	Ah		

		Dimensionamiento del inversor	W		
		Corriente pico del regulador	A		
		Calibre de conductores	mm ²		
	Dimensionamiento de las protecciones	Corriente máxima del sistema	A		

4.6. PROYECTO FACTIBLE

Este proyecto es factible de realizarlo ya que cuenta con la energía solar constante y procedimientos técnicos para garantizar la seguridad y comodidad del usuario por la falta de energía eléctrica que no es dotada por la ELEPCO SA., en este lugar se dispone de infraestructura adecuada donde se puede instalar esta tecnología moderna como las energías alternativas y si se decide ejecutarlo se cuenta con el apoyo del propietario.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. ESTIMACIÓN DEL ÁREA DISPONIBLE

Para estimar la superficie disponible, puede utilizar el plano de la planta del lugar, o se puede hacer mediante la topografía del terreno. El área generada corresponde al máximo disponible, adecuado para la ubicación de los paneles solares, y se utilizará como base para determinar la potencia instalada del generador fotovoltaico.

En el proyecto, se utiliza el plano del galpón donde se especifica las dimensiones del lugar posible para los paneles solares. Ya que el proyecto está dirigido al diseño de una central fotovoltaica en un galpón, el área seleccionada es correctamente soportable para el peso de los paneles. En la figura 5.1 se visualiza el galpón.

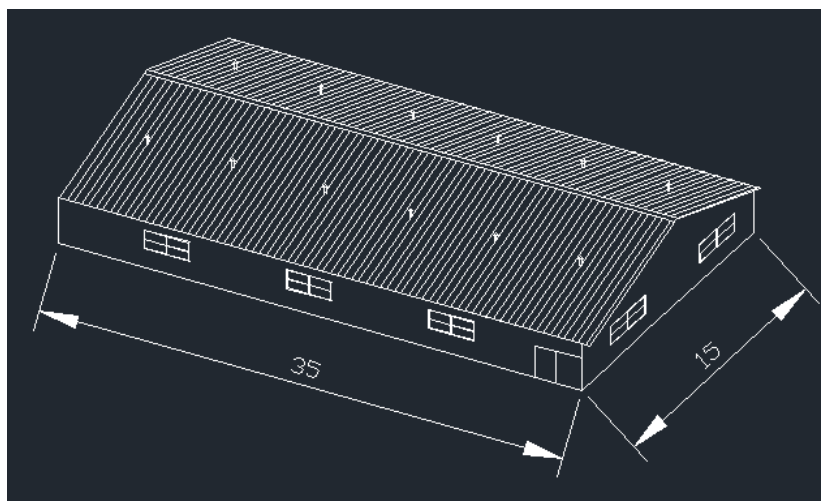


Figura 5.1. Área disponible para ubicación de paneles solares en la granja avícola.

Tabla 5.1. Dimensiones de la superficie disponible

Largo [m]	Ancho [m]	Área [m ²]	Área máxima disponible [m ²]
35	15	525	525

El área máxima disponible para la ubicación de los paneles se muestra en la tabla 5.1, aquí se presenta las dimensiones de la superficie.

5.1.1. Emplazamiento del área disponible

La Granja avícola “Villa” está ubicada en la ciudad de Latacunga, las coordenadas geográficas son:

Latitud: -0,9098

Longitud: -78,5815

El proyecto se limita a el galpón que está ubicado en la granja avícola Villa. En la figura 5.2 se muestra la ubicación de la granja avícola y el espacio disponible.

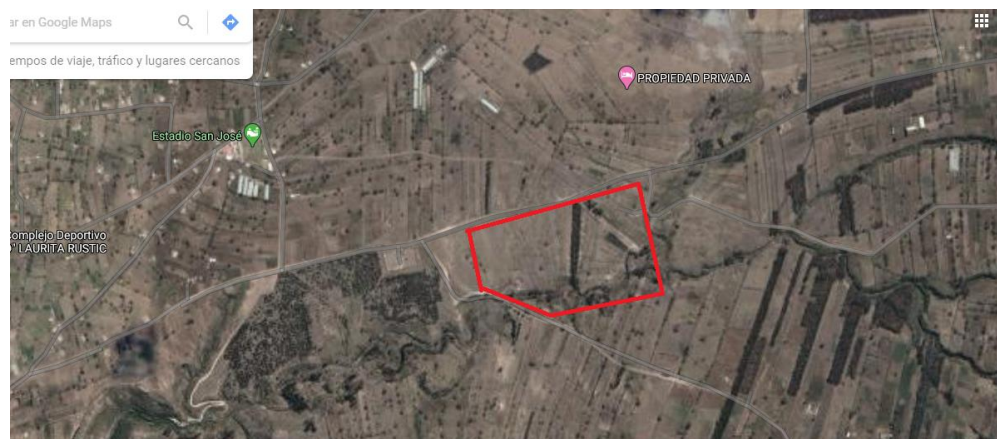


Figura 5.2. Ubicación de la granja avícola “Villa”.

5.2. DISEÑO DE UNA CENTRAL DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

En este capítulo se realiza el diseño conceptual de una central de generación fotovoltaica a partir del área disponible y del recurso que es el sol.

5.2.1. Potencia instalada que existe en la granja avícola

El diseño de una central fotovoltaica se toma como referencia e inicio por el área máxima disponible del proyecto, determinándose en primer lugar la potencia máxima a consumir de la granja, en la tabla 5.2 se muestra cada una de las cargas que existen en dicho lugar.

Tabla 5.2. Valores para selección de potencia nominal del inversor.

Cargas del Grapón Avícola					
Carga instalada de la garita de vigilancia					
Equipo	Cantidad	Potencia uni. (W)	Potencia (kW)	Horas de uso por día	kWh (día)
Computador	1	45	0,045	7	0,315
Televisión	1	58	0,058	5	0,29
Grabadora	1	30	0,03	8	0,32
Nevera	1	250	0,25	12	3
Bombillos	8	20	0,16	6	0,96
Carga instalada del galpón					
Equipo	Cantidad	Potencia uni. (W)	Potencia (kW)	Horas de uso por día	kWh (día)

Cámaras de vigilancia	4	4	0,016	24	0,384
Sensores de Movimiento	3	0,45	0,00135	12	0,0162
Botón de Pánico	1	4,5	0,0045	24	0,108
Bombillos	12	60	0,72	12	8,64
Ventiladores	4	200	0,8	6	4,8
Total			2,08485		18,7532

5.2.2. Factor de rendimiento energético, fr

El rendimiento energético se refiere a la eficiencia de la instalación en condiciones reales de operación, por lo que se calcula el coeficiente de eficiencia energética mediante la ecuación (5.1):

$$fr = (1 - kv - kb) * \left(1 - \frac{n * ka}{pd}\right) \quad (5.1)$$

Para este sistema, se consideran varios factores de pérdida de eficiencia, tales como:

- **kv:** Las pérdidas por temperatura, cableado, transmisión, efecto Joule y suciedad. Este coeficiente debe ser menor a 0,05.
- **kb:** Este representa a la eficiencia energética del acumulador, esta será menor a 0,05.
- **ka:** es la eficiencia energética que tienen las baterías, este coeficiente de auto descarga de las baterías debe ser menor al 0,005.
- **pd:** Es la profundidad de descarga diaria de las baterías que no debe ser más del 80 %.
- **n:** Son los días de autonomía del sistema, esto es cuando no exista bastante radiación o cuando existen días nublados, el sistema solar fotovoltaico debe estar preparado por lo que se toma un día de autonomía en donde deberá abastecer la demanda.

$$fr = (1 - 0,05 - 0,05) * \left(1 - \frac{1 * 0,005}{0,6}\right)$$

$$fr = 0,8925$$

5.2.3. Consumo energético diario

El consumo diario E_d es la carga del sistema por hora en un día (Wh / día), es decir la potencia instalada por factor de crecimiento, en otras palabras, se multiplica la energía diaria por el factor de crecimiento y se utiliza la ecuación (5.2).

$$E_d = E * f_c \quad (5.2)$$

Donde **E_d** es el consumo energético diario, **E** es la energía total del sistema de iluminación, **f_c** es el factor de crecimiento.

El factor de crecimiento **f_c** eléctrico se considera un 20%, teniendo un **f_c** de 1,20.

$$E_d = 18753,2 * 1,20$$

$$\mathbf{E_d = 22503,84 Wh/día}$$

El consumo energético diario **E_d** es un valor teórico, ya para obtener el consumo real hay que relacionar a este consumo con el factor de rendimiento **f_r** , para la obtención de este consumo diario real **E_r** se plantea la ecuación (5.3).

$$E_r = \frac{E_d}{f_r} \quad (5.3)$$

$$E_r = \frac{22503,84 \text{ Wh/día}}{0,8925}$$

$$\mathbf{E_r = 25214,386 Wh/día}$$

El voltaje del sistema se elige a partir del consumo diario real, los cuales se utiliza un sistema de 48V por los siguientes criterios:

- De 1 a 2000Wh de consumo diario, se utiliza un sistema de 12V.
- De 2001 a 4000Wh de consumo diario, se utiliza un sistema de 24V.
- De 4001 Wh en adelante se utiliza un sistema de 48V

5.2.4. Amperios hora requeridos para el sistema

La fuente de energía dependerá del banco de baterías para el tiempo en que ya no haya radiación solar, por lo que se debe realizar el cálculo de un banco de baterías conociendo que su autonomía es de 24 horas.

$$Ib = \frac{Er * n}{Vsistema * Efinv} \quad (5.4)$$

Donde **Ib** son los amperios hora requeridos en el banco de baterías, **Er** es el consumo diario real, **Vsistema** es el voltaje de funcionamiento del sistema, **n** son los días de autonomía del sistema y **Efinv** es la eficiencia máxima el inversor.

$$Ib = \frac{25214,386 Wh * 1(día)}{48V * 93\%}$$

$$Ib = 564,838 Ah$$

5.2.5. Corriente pico del sistema

La corriente máxima o pico es la relación entre los amperios hora de la batería y las horas solares pico en el peor mes del año, con esta relación se conocerá la corriente que circulará en el sistema para poder realizar la determinación del taño del conductor y el dimensionamiento de las protecciones.

Para el cálculo de la corriente pico se realizará con la ecuación (5.5).

En la tabla 3.2 (a) se muestra el peor mes del año donde la HSP es de 4,20 en el mes de marzo.

$$Ips = \frac{Ib}{HSP \text{ mínimas}} \quad (5.5)$$

Donde **Ips** es la corriente máxima del sistema y **HSP mínimas** son las horas solares pico del peor mes del año.

$$Ips = \frac{564,838 Ah}{4,20 h}$$

$$Ips = 134,485 A$$

5.3. SELECCIÓN DEL TIPO DE PANEL SOLAR

Para el dimensionamiento de los paneles solares se debe tener en cuenta el tipo de panel adecuado para este lugar, entre ellos existen los más habituales que son los paneles fotovoltaicos monocristalinos y policristalinos.

Hoy en día y con el paso de los años, el avance tecnológico ha ido creciendo, entonces las diferencias técnicas como económicas entre los dos tipos de paneles son muy pocas, sin embargo, para poder elegir un panel se dependerá del área disponible y del presupuesto.

Se recomienda utilizar paneles solares con mayor eficiencia para obtener un mayor efecto de generación de energía, pero cuando mayor es la eficiencia de los módulos fotovoltaicos, el costo tiende a subir. Así también es necesario utilizar paneles con 60 o 72 celdas, ya que estos mismos son considerados idóneos cuando existe un área disponible amplia.

Para este diseño se utilizan paneles policristalinos, debido a que existe una gran cantidad de área disponible y este panel ocupa mucho más espacio.

Las granjas comerciales generalmente usan paneles grandes de 72 celdas, con un ancho aproximado de 1 metro y largo de 2 metros. En este proyecto y por tratarse de una granja avícola se utilizan paneles de 72 celdas ya que se tiene una gran cantidad de área disponible y se puede aprovechar de mejor manera las instalaciones de la granja.

Se seleccionaron los paneles tipo policristalino, de 72 celdas con 340 Wp de potencia; en la tabla 5.3 se describe cada una de las características técnicas del panel solar y en el ANEXO A se presenta la ficha técnica del mismo.

Tabla 5.3. Características técnicas del panel fotovoltaico ERA SOLAR -POLYCRISTALLINE, 72-CELL SERIES.

Parámetros eléctricos	
Potencia máxima nominal (Pmax) [W]	340
Voltaje de operación a Pmax (Vmpp) [V]	38,5
Corriente de operación a Pmax (Impp) [A]	8,84
Voltaje de circuito abierto (Voc) [V]	46,4
Corriente de cortocircuito (Isc) [A]	9,45
Coeficientes de temperatura	
Coeficiente de temp. de Pmax (CTPmax) [%/°C]	-0,38001
Coeficiente de temp. de Voc (CTVoc) [%/°C]	-0,29506
Coeficiente de temp. de Isc (CTIsc) [%/°C]	0,08558
Temperatura nominal de operación del módulo (NMOT) [°C]	42 ± 3
Datos generales	
Eficiencia [%]	17,5
Tolerancia de la potencia [W]	0 ~ + 3
Tipo de celda	Policristalino

Numero de celda	72
Dimensiones [mm]	1956x992x40
Peso [Kg]	20,9

5.3.1. Cálculo de numero de paneles

Para el cálculo del número de paneles se debe tener en cuenta el número de cargas conectadas al sistema, así como la potencia y las horas de uso. Tomando los datos obtenidos de las horas solares pico por parte de la NASA y RETScreen, se realiza el cálculo del número de paneles solares utilizando la ecuación (5.6).

$$\text{Número Paneles} = \frac{\text{Energía}}{\text{HSP} * \text{Wp}} \quad (5.6)$$

$$\text{Número Paneles} = \frac{25214,386}{4,765 * 340}$$

$$\text{Número Paneles} = 15,563 \approx 16 \text{ paneles.}$$

Donde **Energía**: son los Wh de la granja, **HSP** son las horas Solares Pico y **Wp** es la potencia panel en W.

5.3.2. Cálculo de la potencia máxima de generación

Es muy importante conocer la potencia nominal máxima de cada panel fotovoltaico, así como la cantidad de los mismos para poder obtener la potencia que todos estos paneles. La ecuación (5.7) nos ayuda a calcular dicha potencia.

$$P_{Gmax} = N_{pan} * P_{max} \quad (5.7)$$

$$P_{Gmax} = 16 * 340$$

$$P_{Gmax} = 5440 \text{ W}$$

Donde **P_{Gmax}** es la potencia máxima de generación en Wp, **N_{pan}** es el número de paneles solares y **P_{max}** es la potencia máxima nominal del panel fotovoltaico en kW.

5.4. DISTRIBUCIÓN DE LOS PANELES SOLARES

Para conectar los paneles que serán conectados en serie o en paralelo, se debe tomar los valores nominales de los paneles seleccionados.

5.4.1. Conexión de paneles solares en serie

Para conocer la cantidad de paneles que serán conectados en serie se realiza con la ecuación (5.8).

$$P_{serie} = \frac{V_{sistema}}{V_{panel}} \quad (5.8)$$

Donde **Pserie** es el número de módulos solares que serán conectados en serie, **Vpanel** es la tensión nominal del módulo solar seleccionado.

$$P_{serie} = \frac{48 V}{24V}$$

$$P_{serie} = \mathbf{2 \text{ paneles}}$$

5.4.2. Conexión de paneles solares en paralelo

La cantidad de grupos de paneles que serán conectados en paralelo se utiliza la ecuación (5.9):

$$P_{paralelo} = \frac{T_{paneles}}{P_{serie}} \quad (5.9)$$

$$P_{paralelo} = \frac{16}{2}$$

$$P_{paralelo} = \mathbf{8 \text{ grupos}}$$

Donde **Pparalelo** es el número de módulos conectados en paralelo.

El número total de paneles es la multiplicación de los paneles conectados en paralelo por los paneles conectados en serie, de esta forma se puede obtener la resolución de la ecuación (5.10):

$$T_{paneles} = P_{paralelo} * P_{serie} \quad (5.10)$$

$$T_{paneles} = 8 * 2 = \mathbf{16 \text{ paneles}}$$

5.4.3. Dimensionamiento del espacio físico para los paneles

Conociendo el número de paneles, se puede tener un aproximado de las dimensiones que puede ocupar el mismo, hay que tener en cuenta que cada panel tiene las siguientes dimensiones: 1956 x 992 x 40 mm, cada panel tiene 72 celdas.

$$\text{Ancho que ocupa} = \text{ancho del panel} * P_{\text{serie}}$$

$$\text{Ancho que ocupa} = 1956\text{mm} * 2 = 3912\text{mm}$$

$$\text{Ancho que ocupa} = \mathbf{3,912\text{m}}$$

$$\text{Largo que ocupa} = \text{largo del panel} * P_{\text{paralelo}}$$

$$\text{Largo que ocupa} = 992\text{mm} * 8 = 7936\text{ mm}$$

$$\text{Largo que ocupa} = \mathbf{8\text{ m}}$$

El espacio para realizar la instalación es de 525 m², tomando en cuenta el área disponible se divide los paneles en dos grupos dos grupos de 4 cadenas en paralelo, obteniendo la distribución como se muestra en la figura 5.3.

$$\text{Ancho que ocupa} = \text{ancho del panel} * P_{\text{serie}} * \text{grupos}$$

$$\text{Ancho que ocupa} = 1956\text{mm} * 2 * 2 = 7824\text{mm}$$

$$\text{Ancho que ocupa} = \mathbf{7,824\text{m}}$$

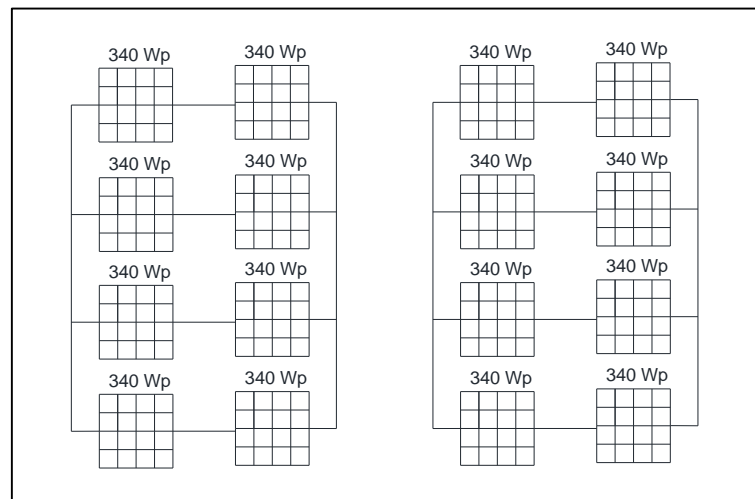


Figura 5.3. Distribución de los paneles solares.

5.5. BANCO DE BATERÍAS

5.5.1. Determinación de la capacidad del banco de baterías

Para determinar la capacidad del banco de baterías hay que tener en cuenta la cantidad de amperios hora, así como las horas de autonomía en condiciones totalmente nubladas que es de

24 horas para que los paneles sigan recibiendo radiaciones. De esta manera, la capacidad nominal del banco de baterías es la multiplicación de la carga diaria total y el número de días libres, como se muestra en la ecuación (5.11).

$$Ibn = Ib * n \quad (5.11)$$

Donde **Ibn** es la capacidad nominal del banco de baterías.

$$Ibn = 564,838 \text{ Ah} * 1\text{día}$$

$$Ibn = 564,838 \text{ Ah}$$

Las baterías deberán ser de Plomo Acido de acuerdo a la normativa DIN 40736-1 (Elementos OPzS), IEC 60896-11, IEC 62485-2 e IEC 61427, estas baterías no son las mejores ni más duraderas, pero si las más económicas. Las características que se muestran en la tabla 5.4 y en el ANEXO B se presenta la ficha técnica del equipo.

Tabla 5.4. Características técnicas de la batería FS 260.

Batería 12V Monoblock-Solar Plomo-Ácido Abierto (VLA)	
Mantenimiento	Mantenimiento mínimo gracias al bajo contenido en antimonio y una mayor reserva de electrolito.
Clasificación Eurobat:	Long Life (diseño de vida de 20 años a 20°C). Contenedor transparente de SAN
Ciclos de vida	2400
Profundidad de descarga a 20°C.	60%
Modelo	FS 260 SOLAR
Descripción	FORMULA STAR SOLAR
Capacidad (Ah) C100	260
Largo (mm)	518
Ancho (mm)	276
Alto (mm)	242
Peso (Kg)	55

5.5.2. Distribución del banco de baterías en serie

Para obtener la repartición de las baterías en serie se plantea la ecuación (5.12).

$$B_{serie} = \frac{V_{sistema}}{V_n} \quad (5.12)$$

Donde **Bserie** es el número de baterías a conectarse en serie y **Vn** es el voltaje nominal de la batería dada por el fabricante.

$$B_{serie} = \frac{48V}{12V}$$

$$\mathbf{B_{serie} = 4 \text{ baterias}}$$

5.5.3. Distribución del banco de baterías en paralelo

Este es la cantidad de grupos que estarán conectadas en paralelo, esto se calcula con la ecuación (5.13).

$$B_{paralelo} = \frac{\left(\frac{I_{bn}}{Pro.Desc}\right)}{I_n} \quad (5.13)$$

Donde **Pro. Desc** es la profundidad de descarga de la batería y **In** es la capacidad nominal de la batería dada por el fabricante.

$$B_{paralelo} = \frac{\left(\frac{564,838 \text{ Ah}}{0,60}\right)}{260 \text{ Ah}} = \frac{941,396}{260 \text{ Ah}}$$

$$\mathbf{B_{paralelo} = 3,62 = 4 \text{ grupo}}$$

Cociendo en número de baterías conectadas en serie, y con esas baterías también formadas el grupo en paralelo, en conjunto se puede conocer el total de baterías que se puede componer para formar el banco de respaldo para el sistema, en la ecuación (5.14) se muestra el cálculo correspondiente.

$$T_{baterias} = B_{paralelo} * B_{serie} \quad (5.14)$$

$$T_{baterias} = 4 * 4$$

$$\mathbf{T_{baterias} = 16 \text{ baterias}}$$

Las dimensiones de las baterías son: 518 x 276 x 242mm.

5.6. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL INVERSOR

Los paneles fotovoltaicos siempre deben operar en condiciones de medición estándar (CEM), rara vez se encuentran en la operación real; como resultado, los inversores en la mayoría de los casos, funcionará sobredimensionado.

Para dimensionar el inversor se utiliza la ecuación (5.15), donde se toma la suma de todas las potencias nominales de los equipos instalados, dividido por un coeficiente de uso, este normalmente esta entre 0,5 y 0,7.

$$P_{inversor} = \frac{P_{nominal}}{0,7} \quad (5.15)$$
$$P_{inversor} = \frac{2081,85}{0,7} = 2978,357 \text{ W}$$

En el caso de este proyecto se toma en consideración los siguientes aspectos:

- El sistema fotovoltaico tiene una configuración centralizada, porque se utilizará un solo inversor.
- El factor de potencia en lo posible tiene que 1.
- Existe la posibilidad que el inversor vaya a estar a la intemperie, por lo tanto, es necesario que tengan un grado de protección [32].

La capacidad total del inversor debe ser superior a la carga máxima de todo el sistema, para garantizar su funcionamiento normal, por ese motivo se toma en cuenta el coeficiente de uso que 0,7 y así tenemos una potencia de inversor de 2978,357 W. Por lo tanto, el inversor a utilizar será de 3000 W de marca Growatt.

La tabla 5.5 se muestra las principales características de los inversores seleccionados para cumplir con condiciones predeterminadas. Cabe destacar que el modelo del inversor es fácil de usar por sus características técnicas. También es necesario enfatizar que siempre que se lleve a cabo el correcto funcionamiento y mantenimiento, la vida útil del inversor que es de 25 años. En el ANEXO C se detalla la ficha técnica del equipo mencionado.

Tabla 5.5. Características técnicas del Inversor Growatt SPT 3000TL LVM-48P.

Growatt SPT 3000TL LVM-48P	
Voltaje de batería	48VDC
Tipo de Batería	Litio/Plomo-acido
Lado de salida	
Potencia nominal de CA (Pacr@cosφ=1)	3000VA/3000W
Conexión en paralelo	Si, 6 unidades máx.
Voltaje de CA	120VAC ± 5% @ 50/60Hz
Sobretensión	6000VA
Eficiencia máx.	93%
Tipo de onda	onda senoidal pura
Tiempo de transferencia	10 ms(Para computador); 20 ms(Para electrodomésticos)
Lado de entrada	
Máxima potencia FV	4500W
Rango de voltaje de circuito abierto FV	60VDC - 115VDC
Máx. Voltaje de circuito abierto FV	145VDC
Corriente máxima de carga	80A
Máxima eficiencia	97%
Consumo de energía en espera	2W
Datos Generales	
Protección Ambiental	IP20
Direccionamiento (ancho/alto/profundidad)	130/350/455mm
Peso	11Kg
Entorno Operativo	
Humedad	5% a 95%
Temperatura de operación	0°C - 55°C
Temperatura de almacenamiento	(-15°C - 60°C)

5.7. REGULADOR – CONTROLADOR DE CARGA.

5.7.1. Características del regulador de carga seleccionado.

El controlador de carga debe cumplir con las características requeridas del sistema solar fotovoltaica y mostrar las siguientes especificaciones técnicas:

El controlador fotovoltaico busca el punto máximo de potencia eléctrica del sistema solar fotovoltaico para cargar la batería con la máxima intensidad disponible.

Un factor de seguridad de 1.25 y la corriente pico del sistema (I_{ps}).

Mediante la ecuación (5.16) se tiene:

$$I_{picoRegulador} = I_{ps} * Fac. Seg \quad (5.16)$$

$$I_{picoRegulador} = 134,485 * 1,25 = 168,10 A$$

Este controlador debe regular el voltaje y la intensidad de las baterías mientras éste este en proceso de carga, en la tabla 5.6 se muestra las especificaciones técnicas del regulador que se va a utilizar y en el ANEXO D se presentara la ficha técnica del equipo.

Tabla 5.6. Características técnicas del Regulador de carga PC18-8015F Series MPPT Solar.

MPPT Solar				
MODELO		PC18-6015F		PC18-8015F
Voltaje nominal sistema baterías		12V/24V/48VDC (auto detección); 36V (setting)		
CONTROLADOR ENTRADA	Voltaje de baterías	12V	24V	36V 48V
	Voltaje máximo entrada solar	100V	145V	
	Rango del MPPT	15-95V	30-130V	45-130V 60-130V
	Potencia máxima entrada paneles (12V)	938W		1250W
	Potencia máxima entrada paneles (24V)	1875W		2500W
	Potencia máxima entrada paneles (36V)	2813W		3750W
	Potencia máxima entrada paneles (48V)	3750W		5000W
BATERÍA	Configuraciones de carga	Estado de absorción		Estado de flotación
	Flooded Battery	14.2V/28.4V/42.6V/56.8V		13.7V/27.4V/41.1V/54.8V
	AGM/Gel/LEAD battery (predeterm.)	14.4V/28.8V/43.2V/57.6V		13.7V/27.4V/41.1V/54.8V
	Voltaje de sobre-carga	15.5V/30.0V/45.0V/60.0V		
	Voltaje recuperacion de sobre-carga	14.5V/29.5V/44.5V/59.0V		
	Voltaje bajo batería defectuosa	10.0V/17.0V/25.5V/34.0V		
	Coefficiente compensación temperatura	-3mv/°C /celda (25°C vef)		
MPPT	Pico de eficiencia de conversión	98% (MPPT Eficiencia 99%)		
	Máxima corriente de carga	60 amps constantes @ 40°C ambiente		80 amps constantes @ 40°C ambiente
ESPECIFICACIONES GENERALES	Modo de ventilación	ventilacion forzada		
DISPLAY & PROTECCIÓN	Protecciones	Desconexión voltaje FV excesivo		
		Reconexión voltaje FV excesivo		
		Desconexión voltaje batería excesivo		
		Reconexión voltaje batería excesivo		
		Desconexión temperatura excesiva		
ESPECIFICACIONES FISICAS	Montaje	En pared		
	Dimensiones (W*H* D)	152*100*294mm		
	Peso (Kg)	3Kg/pcs		
	Dimensiones paquete (W*H* D)	612*308.2*235.6mm		
	Peso total (Kg) (por embalaje)	17.4Kg	19Kg (per Carton)	
OTROS	Lugar de instalación	Interior		
	Rango temperatura de funcionamiento	-25~55°C		
	Humedad ambiente	0~90% humedad relativa(sin condensación)		
	Altitud	≤3000m		
	Contenedor(20GP/40GP/40HQ)	3000pcs / 6000pcs / 7200pcs		

5.7.2. Número total de reguladores.

Para obtener el número de reguladores se utiliza los valores ya calculados anteriormente y los valores técnicos del regulador escogido, mediante la ecuación (5.17) se obtiene el total de reguladores.

$$Treguladores = \frac{I_{picoRegulaador}}{Iregulador} \quad (5.17)$$

Donde **Iregulador** es la capacidad máxima pico CA del regulador.

$$Treguladores = \frac{168,10 A}{80A} = 2,10$$

Treguladores = 2 reguladores

Se utiliza 2 reguladores para los dos grupos de paneles donde consta de 4 cadenas de paneles en paralelo, cada cadena tiene dos paneles en serie. Se sabe que la conexión en serie el voltaje se suma y la corriente es constante, mientras que la conexión en paralelo la corriente se suma y el voltaje es constante, entonces tenemos para cada grupo de paneles un voltaje de 92,8V y una corriente de 37,8A.

Este voltaje y corriente está dentro de las especificaciones del regulador ya que el voltaje de entrada del mismo es de 145V y la corriente de MPPT es de 80A.

5.8. AGRUPACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA.

Para que el sistema solar fotovoltaico logre el mejor funcionamiento se deben agrupar de manera equilibrada. En el futuro, esto también ayudará a la distribución física de componentes en el espacio destinado a la instalación de sistemas fotovoltaicos. La tabla 5.7 se enumera cada elemento del sistema solar fotovoltaico sé que calculo.

Tabla 5.7. Cantidad de elementos calculados.

PANELES SOLARES	
Panel en serie	2
Panel en paralelo	8
Total	16
BATERIAS	
Baterías en serie	4
Baterías en paralelo	4
Total	16
Inversor	
Total	1
Reguladores	
Total	2

5.9. DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS PARA EL CÁLCULO DE CONDUCTORES

Después de conocer la agrupación que tendrá los elementos de la central solar fotovoltaica, se debe estimar la distancia entre todos los elementos con la mayor precisión posible: entre los paneles, entre los paneles y el regulador, entre el regulador y las baterías, entre el regulador y el inversor, y entre el inversor y el tablero principal. Hay que mencionar que existen 2 filas de paneles de 4 grupos en paralelo, cada fila está conectada a los reguladores cuyas distancias serán iguales para todos.

5.9.1. Conductores entre paneles solares fotovoltaicos

Para obtener la distancia total para los conductores que estarán entre los paneles que serán conectados en paralelo se calcula un promedio entre el grupo de paneles en paralelo que existe que es de: 5.

$$\text{Conductores entre paneles} = \text{ancho de panel} * P \text{ paralelo}$$

$$\text{Conductores entre paneles} = 992\text{mm} * 4$$

$$\text{Conductores entre paneles} = \mathbf{3,96 \text{ m}}$$

5.9.2. Distancia entre paneles y reguladores de carga

Par obtener la distancia a conectar los paneles y los reguladores hay que tomar en cuenta que los paneles van a estar a 5 metros de los reguladores, por lo que la máxima distancia será:

$$\text{Conductores entre paneles y reguladores} = d \text{ horizontal} + d \text{ max vertical}$$

$$\text{Conductores entre paneles y reguladores} = (5\text{m} + 1\text{m}) + 1\text{m}$$

$$\text{Conductores entre paneles y reguladores} = \mathbf{6\text{m}}$$

5.9.3. Distancia entre regulador de carga y banco de baterías

El banco de baterías se encontrará en el mismo cuarto donde estarán los reguladores a una distancia de 1,5 metros, por lo tanto, la distancia máxima será:

$$\text{Conductores entre reguladores y baterias} = d \text{ horizontal} + d \text{ max vertical}$$

$$\text{Conductores entre reguladores y baterias} = (1,5\text{m} + 1,20\text{m}) + 1,50\text{m}$$

$$\text{Conductores entre reguladores y baterias} = \mathbf{4,20 \text{ m}}$$

5.9.4. Distancia entre reguladores e inversor de corriente

El inversor estará ubicado juntos a los reguladores, así que la distancia horizontal no será mayor a 1 m.

Conductores entre reguladores e inversores = d horizontal + d max vertical

Conductores entre reguladores e inversores = (1m + 0,5m) + 1m

Conductores entre reguladores e inversores = 2,5m

5.9.5. Distancia entre inversores y tableros de transferencia

El tablero de transferencia será ubicado junto al sistema fotovoltaico que se encuentra a unos 3 metros de la cámara de transformación, por lo que la distancia será más de 6 metros.

5.10. CALCULO DE CORRIENTE DE CONSUMO

En este espacio se calculará las corrientes de carga del inversor y la del sistema solar fotovoltaico.

5.10.1. Corriente de carga del sistema

Esta corriente es la relación entre la potencia total del sistema y la tensión alterna AC. El tamaño del disyuntor principal se determinará de acuerdo con la corriente calculada por la ecuación (5.18).

$$I_{sistema} = \frac{P_{sistema}}{V_{granja}} \quad (5.18)$$

Donde **I_{sistema}** es la corriente máxima de consumo abastecer y **V_{granja}** es el voltaje AC para alimentar la granja avícola.

$$I_{sistema} = \frac{3000W}{120V}$$

$$I_{sistema} = 25 A$$

5.10.2. Corriente de carga del inversor

Esta central tendrá un solo inversor que tendrá q soportar la carga de 3000W.

$$I_{inversor} = \frac{P_{inversor}}{V_{granja}} \quad (5.19)$$

Donde **Iinversor** es la corriente de carga del inversor.

$$I_{inversor} = \frac{3000W}{120V}$$

$$I_{inversor} = 25 A$$

Como se puede apreciar la corriente máxima del sistema será la misma que la corriente del inversor.

5.10.3. Corriente de cada regulador de carga

El controlador de carga se conectará directamente a los paneles fotovoltaicos, al banco de baterías e inversor. Mediante la ecuación (5.20) se calcula la corriente del regulador.

$$I_{regulador} = I_{inversor} * Fr_{inv} \quad (5.20)$$

Donde **Iregulador** es la corriente de carga de los reguladores y **Fr inv** es el factor de rendimiento del inversor, el 93%.

$$I_{regulador} = 25 * 1,03$$

$$I_{regulador} = 25,695 A$$

Tabla 5.8. Longitud y Corriente de los conductores.

	Longitud del cable (m)	Longitud con reserva del 25% (m)	Corriente que debe soportar el cable (A)
Entre paneles	3,96	4,95	37,8
Paneles - Reguladores	10	12,5	37,8
Reguladores- Baterías	4,2	5,25	25,695
Reguladores- Inversor	3	3,75	25,695
Inversor - Bk Principal	5	6,25	25
Bk Principal Tablero de Distribución	6	7,5	25

5.11. DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES Y PROTECCIONES

Los elementos de la central solar fotovoltaica estarán en un mismo espacio físico, para que los elementos estén lo más cercanos posible y así el cableado sea corto y evite las pérdidas por caída de voltaje.

La corriente no debe sufrir grandes variaciones, esta corriente tiene mucho que ver para reducir la caída de tensión ya que las centrales fotovoltaicas manejan voltajes pequeños, pero producen corrientes muy elevadas.

5.11.1. Tipo de cableado para la instalación del sistema solar fotovoltaico

Como la instalación estará dentro y fuera de la granja avícola, donde se presenta gases y calor dentro de ella, y fuera de ella se presenta calor y lluvia, el cable debe ser adecuado para este tipo de áreas, y debe cumplir con todas las especificaciones climáticas y técnicas requeridas para el sistema.

El cable a utilizar es el cable unifilar CENTELSA FOTOVOLTAICO H1Z2Z2-K Rojo y Negro, especial para instalaciones eléctricas.

Se puede destacar el cable por sus características:

Es un cable de potencia idóneo para instalaciones fijas y móviles, específicamente para conectar los paneles fotovoltaicos entre sí, y desde los paneles al inversor de corriente continua a alterna, por el diseño de sus materiales, puede ser instalado a la intemperie con total garantía, en la tabla 5.9 se muestra las características técnicas del cable. Se trata de un cable de potencia especialmente concebido para instalaciones solares fotovoltaicas según la norma de referencia: UNE EN-50618, especificada en el ANEXO E.

Tabla 5.9. Características del cable CENTELSA H1Z2Z2-K.

CENTELSA H1Z2Z2-K	
Características eléctricas	
BAJA TENSIÓN	CA: 0,6&1kV
	CC: 1,5kV
NORMAS DE REFERENCIA	EN 50618/ TÜV 2Pfg 1169-08 / UTE C 32-502
CERTIFICACIONES	CIDE
	TÜV

	EN
	RETIE
CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS	Temp. máxima del conductor: 90°C
	Temp. máxima en cortocircuito: 120°C (máximo 20000 horas)
	Temp. mínima de servicio: -4°C
CARACTERÍSTICAS FRENTE AL FUEGO	No propagación de la llama según UNE-EN 50618 e IEC 60332-1.
	Libre de halógenos según UNE-EN 50618 e IEC 60754
	Baja emisión de humos según UNE-EN 50618 e IEC 61034. Transmitancia luminosa > 60%
	Baja emisión de gases corrosivos UNE-EN 50618 e IEC 60754-2.
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	Radio de curvatura: 3 x diámetro exterior
	Resistencia a los impactos: AG2 Medio.
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	Resistencia a grasas y aceites: excelente
	Resistencia a los ataques químicos: excelente.
RESISTENCIA A LOS RAYOS ULTRAVIOLETA	Resistencia a los rayos ultravioleta.
PRESENCIA DE AGUA	Presencia de agua: AD8 sumergida
VIDA ÚTIL	Vida útil 30 años: Según UNE-EN 50618
CONDICIONES DE INSTALACIÓN	Al aire.
	Enterrado.
APLICACIONES	Instalaciones solares fotovoltaicas.
OTROS	Marcaje: metro a metro.

5.11.2. Cálculo de caída de tensión y sección de conductores

Los cables que se conectan en un sistema eléctrico deben estar dimensionados para que su corriente no sea inferior al 125% de la corriente máxima del generador. Por lo que, se realiza el estudio de las caídas de tensión para cada extremo del sistema fotovoltaico, así se toma los valores máximos de caída de tensión que se muestra en la tabla 5.10.

Tabla 5.10. Caída de tensión máxima admisible.

CAÍDA DE TENSIÓN	
Circuito	Caída de Tensión
Para circuito de CC	1V=2.083%
Para circuito de CA	5V=4,16%

Para el cálculo de la caída de tensión se empleará la ecuación (5.21) teniendo en cuenta el conductor que se empleará y la corriente que soportará.

$$C_{cv} = Vn - \left[I * \left(2 * \frac{R}{1000} * L \right) \right] \quad (5.21)$$

Donde C_{cv} es la caída de voltaje, voltaje que llegara a la carga, Vn es el voltaje de trabajo, de la fuente, I es la corriente de carga, L es longitud del cable y R es la resistencia del cable.

5.11.3. Sección transversal del conductor entre el generador y el regulador

Para el cálculo de la sección transversal del conductor en este tramo se considera la corriente de cortocircuito que tiene cada panel fotovoltaico, esta $I_{sc} = 9,45$. En la ecuación (5.22) se calcula la corriente máxima que entregara los 16 paneles solares que se encuentran distribuidos en 2 grupos, cada grupo posee 4 arreglos de paneles en paralelo, entonces se dimensiona para cada grupo tomando en cuenta el valor 125% para que pueda soportar el valor de la corriente que circulara a través de ellos.

$$I_{max} = I_{sc} * N^{\circ}arreglo_paneles * 1,25 \quad (5.22)$$

$$I_{max} = 9.45 * 4 * 1,25$$

$$I_{max} = 47,25 A$$

Con la ecuación (5.23) se calcula la caída de tensión teórica para la conexión entre paneles.

$$\Delta V = \frac{\Delta V_{teórica} * 100}{V_{sistema}} \quad (5.23)$$

$$\Delta V = \frac{1V * 100}{48V} = 2,083\%$$

Y con la ecuación (5.24) se calcula la sección transversal para el cálculo del conductor.

$$S = \frac{2 * L * I_{max}}{\sigma * \Delta V} \quad (5.24)$$

Donde **S** es la sección del cable medidos en mm², **I** es la corriente que circula por el conductor, **L** es el largo del cable, **σ** es la conductividad de cobre que es de 59 y **ΔV** es la caída de tensión que para el circuito en CC que es de 1V o 1%.

$$S = \frac{2 * 12,5 * 47,25}{59 * 1V} = 20,02mm^2$$

Por lo que, para la conexión entre paneles y reguladores se escoge el conductor de cobre estañado de calibre 25 mm² o AWG 4.

5.11.4. Sección transversal del conductor entre la batería y el regulador

Utilizando la ecuación 5.22; 5.23 y 5.24 se puede obtener los siguientes resultados.

$$I_{max} = 25,69 A * 1,25$$

$$I_{max} = 32,11 A$$

$$\Delta V = \frac{1V * 100}{48V} = 2,083\%$$

$$S = \frac{2 * 5,25 * 32,11}{59 * 1V} = 5,71mm^2$$

Por lo que, para la conexión entre las baterías y el regulador se escoge el conductor de cobre estañado de calibre 6 mm² o AWG 9.

5.11.5. Sección transversal del conductor entre el regulador y el inversor

Para esta sección se considera la distancia entre el regulador y el inversor, la corriente máxima se calculará con la potencia del inversor y el voltaje de la salida del inversor como se muestra e la ecuación (5.25).

$$I_C = \frac{P_{inv}}{V_{CA}} \quad (5.25)$$

$$I_C = \frac{3000W}{120V} = 25A$$

$$I_{max} = 25A * 1,25$$

$$I_{max} = 31,25 A$$

$$\Delta V = \frac{1V * 100}{48V} = 2,083\%$$

$$S = \frac{2 * 3,75 * 31,25}{59 * 1V} = 3,97 \text{ mm}^2$$

Por lo que, para la conexión entre el regulador y el inversor se escoge el conductor de cobre estañado de calibre 4 mm² o AWG 11.

La caída de voltaje se realizará utilizando la ecuación (5.21) y las resistencias son tomadas de la tabla del conductor especificadas en el ANEXO E.

Tabla 5.11. Caída de voltaje entre paneles.

CAIDA DE VOLTAJE ENTRE PANELES					
Voltaje de la Fuente (Vn)	48			Caída de Voltaje permitido	2% 1,0
Corriente de carga (I)	47,25			Voltaje de la Fuente menos caída de voltaje permitido	47 V
Longitud del cable (L)	4,95			Consumo Mínimo	47,25 A
Resistencia del cable (R)	1,8928			Consumo Máximo	49,25 A
Inicio	Destino	Distancia (m)	Cantidad de Cable (m)	Caída de Voltaje Mínimo (V)	Caída de Voltaje Máximo (V)
PANELES SOLARES	PANELES SOLARES	4,95	5,1975	47,11459548	47,07711804
				0,88540452	0,92288196
				%	1,84459275 1,92267075
CONEXION ENTRE PANELES		2 conductor de cobre estañado de calibre 10 mm ² o AWG 8.			

Tabla 5.12. Caída de voltaje entre paneles y reguladores.

CAIDA DE VOLTAJE ENTRE PANELES - REGULADOR					
Voltaje de la Fuente (Vn)	48			Caída de Voltaje permitido	2% 1,0
Corriente de carga (I)	47,25			Voltaje de la Fuente menos caída de voltaje permitido	47 V
Longitud del cable (L)	12,5			Consumo Mínimo	47,25 A
Resistencia del cable (R)	0,7717			Consumo Máximo	49,25 A
Inicio	Destino	Distancia (m)	Cantidad de Cable (m)	Caída de Voltaje Mínimo (V)	Caída de Voltaje Máximo (V)
PANELES SOLARES	REGULADOR	12,5	13,125	47,08842938	47,04984438
				0,911570625	0,950155625

	%	1,899105469	1,979490885
ENTRE PANELES Y REGULADOR	2 conductor de cobre estañado de calibre 25 mm ² o AWG 4.		

Tabla 5.13. Caída de voltaje entre Reguladores y Baterías.

CAIDA DE VOLTAJE ENTRE REGULADORES - BATERIAS						
Voltaje de la Fuente (Vn)	48			Caída de Voltaje permitido	2%	1,0
Corriente de carga (I)	32,11875			Voltaje de la Fuente menos caída de voltaje permitido	47	V
Longitud del cable (L)	5,25			Consumo Mínimo	32,11875	A
Resistencia del cable (R)	3,2906			Consumo Máximo	34,11875	A
Inicio	Destino	Distancia (m)	Cantidad de Cable (m)	Caída de Voltaje Mínimo (V)	Caída de Voltaje Máximo (V)	
REGULADORES	BATERIAS	5,25	5,5125	46,89025543	46,82115283	
				1,109744567	1,178847167	
				%	2,311967848	2,455931598
ENTRE REGULADOR Y BATERÍAS	2 conductor de cobre estañado de calibre 6 mm ² o AWG 9					

Tabla 5.14. Caída de voltaje entre Baterías.

CAIDA DE VOLTAJE ENTRE BATERIAS						
Voltaje de la Fuente (Vn)	48			Caída de Voltaje permitido	2%	1,0
Corriente de carga (I)	32,11875			Voltaje de la Fuente menos caída de voltaje permitido	47	V
Longitud del cable (L)	2,2			Consumo Mínimo	32,11875	A
Resistencia del cable (R)	0,7717			Consumo Máximo	220	A
Inicio	Destino	Distancia (m)	Cantidad de Cable (m)	Caída de Voltaje Mínimo (V)	Caída de Voltaje Máximo (V)	
BATERIAS	BATERIAS	2,2	2,31	47,89094143	47,2529944	
				0,109058573	0,7470056	
				%	0,227205361	1,556261667
ENTRE BATERÍAS	1 conductor de cobre estañado de calibre 25 mm ² o AWG 4					

Tabla 5.15. Caída de voltaje entre Regulador e Inversor.

CAIDA DE VOLTAJE ENTRE REGULADORES - INVERSOR					
Voltaje de la Fuente (Vn)	48	Caída de Voltaje permitido	2%	1	
Corriente de carga (I)	31,25	Voltaje de la Fuente menos caída de voltaje permitido	47	V	
Longitud del cable (L)	3,75	Consumo Mínimo	31,25	A	
Resistencia del cable (R)	4,9408	Consumo Máximo	33,25	A	
Inicio	Destino	Distancia (m)	Cantidad de Cable (m)	Caída de Voltaje Mínimo (V)	Caída de Voltaje Máximo (V)
REGULADORES	INVERSOR	3,75	3,9375	46,842	46,767888
				1,158	1,232112
			%	2,4125	2,5669
ENTRE REGULADORES E INVERSOR		2 conductor de cobre estañado de calibre 4 mm ² o AWG 11			

Para la conexión entre el inversor y el breaker principal se toma en cuenta el número y el tipo de cable para acometidas en CA. En este caso se tomó en conductor de cobre para 600V, aislado con policloruro de vinilo (PVC) 75°C, resistente a la humedad y el calor.

Tabla 5.16. Caída de voltaje entre Inversor y BK Principal.

CAIDA DE VOLTAJE ENTRE INVERSOR - BK PRINCIPAL					
Voltaje de la Fuente (Vn)	120	Caída de Voltaje permitido	2%	2,4	
Corriente de carga (I)	25	Voltaje de la Fuente menos caída de voltaje permitido	117,6	V	
Longitud del cable (L)	6,25	Consumo Mínimo	25	A	
Resistencia del cable (R)	0,008082707	Consumo Máximo	27	A	
Inicio	Destino	Distancia (m)	Cantidad de Cable (m)	Caída de Voltaje Mínimo (V)	Caída de Voltaje Máximo (V)
INVERSOR	BK PRINC.	6,25	6,5625	119,9974742	119,9972721
				0,002525846	0,002727914
			%	0,002104872	0,002273261
ENTRE INVERSOR Y BK PRINCIPAL		Cable # 6 AWG, 2 conductores, flexible			

Tabla 5.17. Caída de voltaje entre BK Principal y Carga.

CAIDA DE VOLTAJE ENTRE BK PRINCIPAL - CARGA							
Voltaje de la Fuente (Vn)	120			Caída de Voltaje permitido	5%	6	
Corriente de carga (I)	25			Voltaje de la Fuente menos caída de voltaje permitido	114	V	
Longitud del cable (L)	7,5			Consumo Mínimo	25	A	
Resistencia del cable (R)	0,009699248			Consumo Máximo	27	A	
Origen	Destino	Distancia (m)	Cantidad de Cable (m)	Caída de Voltaje Mínimo (V)	Caída de Voltaje Máximo (V)		
BR PRINC.	CARGA	7,5	7,875	119,9963628	119,9960718		
				0,003637218	0,003928195		
				%	0,003031015	0,003273496	
ENTRE BK PRINCIPAL Y CARGA		Cable # 6AWG, 2 conductores, flexible					

5.12. SELECCIÓN DE PROTECCIONES

El interruptor termomagnético se utilizará para evitar la sobrecarga, ya que sirve como protección y desconexión de componentes mecánicos termomagnéticos de fácil operación y de respuesta rápida a fallas eléctricas.

En el mercado se encuentra los interruptores termomagnéticos unipolares y bipolares, que constan de un rango de 15 a 50 amperios, estos interruptores son utilizados para todo tipo de instalación eléctrica especialmente para sistemas domésticas y comerciales.

La conmutación de los interruptores de uno, dos y tres polos son de 60 A, cuando existe un área de mayor demanda se utilizan los de mayor amperaje que estos son en sistemas residenciales, comerciales o industriales.

El breaker tiene la misma función que el fusible, la única ventaja es que se puede maniobrar manualmente y así hace que sea fácil para desconectar una carga rápidamente, la desventaja es que su costo es mayor a la de un fusible.

5.12.1. Fusibles Tipo NH

Este fusible evita cortocircuitos que lleva hasta los 690 VAC en materiales semiconductores y equipos electrónicos, está desarrollado de acuerdo a las normas IEC60269.

Cuando se encuentra en sobre carga o en cortocircuito, el fusible se funde y así se abre el circuito eléctrico, interrumpiendo el paso de la corriente hasta los equipos que se encuentran conectados aguas abajo.

5.12.2. Características técnicas de fusible NH-aR

Este fusible de tipo NH – aR, son ultra rápidos, están ensamblados en material cerámico y rellenos de arena de cuarzo de buena calidad, con elementos de fusible en plata y terminales en cobre plateado. En la tabla 5.18 se muestra las especificaciones eléctricas del fusible.

Tabla 5.18. Características eléctricas del fusible NH aR.

Tipo de Fusible	Ultra rápido Tipo NH aR	
	(FNH00-50K-A)	
Tensión de Aplicación Máxima	690 Vca	
Capacidad Interrupción	50kA / 690 Vca	
Norma de Fabricación	IEC60289	
Tam.	0	
Corriente [A]	50	
I^{2t}-Ic	690Vca [A ^{2s}]	130
I^{2t} total-Ip		1430
Potencia Disipada [W] 0,8 In	9	

5.12.3. Interruptor termomagnético o Breaker

Los interruptores termomagnéticos están diseñados para dar protección contra cortocircuitos y sobrecargas a los equipos que se encuentran en instalaciones residenciales, comerciales e industriales [34].

El funcionamiento de este interruptor es de características de cierre rápido, que permite una interrupción con un disparo cuando ocurre una sobrecarga o cortocircuito.

Cuando existe una falla o cortocircuito las posiciones de la manija se disparará y así para que el mecanismo del interruptor opere, abriéndose las fases.

El interruptor termomagnético NXB 6KA, según su capacidad de conducción, es el que se va a utilizar debido a que estos se aplican en tableros de distribución, protección de circuitos de distribución y fuerza, máquinas y herramientas.

Este interruptor es un dispositivo electromagnético automático que se encarga de abrir o cerrar un circuito cuando existe un cortocircuito o una sobretensión, es de accionamiento manual para asegurar el mantenimiento de los circuitos. En la tabla 5.19 se describe la especificación eléctrica del interruptor.

Tabla 5.19. Características eléctricas de los interruptores termomagnéticos NXB.

Interruptores Termomagnéticos riel DIN modelo NXB 6KA						
Marco	Corriente Nominal (A)	Rango de disparo instantáneo		Interruptor tipo completo	Capacidad de interrupción (Icu)	Polos
		mínimo	máximo			
NXB-63 2P 50A 6KA	50			CHI0081A	6KA	2 polos
NXB-63 1P 50A 6KA	50			CHI0074A	6KA	1 polos

5.12.4. Interruptor de corriente continua.

Este interruptor es una protección de corriente continua que ayuda en contra las sobretensiones, cortocircuitos y sobrecargas de corrientes especialmente para sistemas solares fotovoltaicos. Como los paneles solares están instalados en la intemperie, estos están expuestos a descarga eléctricas directas o indirectas que son ocasionados por rayos, y lo que hace este interruptor es impedir parcialmente daños por estas descargas.

Este interruptor se coloca entre el cada grupo de paneles fotovoltaicos y el regulador, entre el regulador y las baterías y entre las baterías y el inversor.

La ventaja de este interruptor es que es automático y permite el cierre del paso de corriente que vienen de los paneles cuando en estos existe una descarga eléctrica.

El interruptor de corriente continua más utilizado en sistemas fotovoltaicos es el FV20C/2-500PV(S) de marca FATECH, en la tabla 5.20 se indica las características eléctricas.

Tabla 5.20. Características eléctricas de los interruptores de corriente continua FV20C/2-500PV(S).

FV20C/2-500PV(S)	
Modelo No.	FV20C/2-500PV(S)
Normas IEC/EN/VDE	Clase II/C/T2
Tipo de red	Sistema Fotovoltaico
Modo de protección	+/- ---- PE, -/+ ---- PE
Voltaje nominal U_N	500V DC
Voltaje nominal (cuando está a su tensión max. De funcionamiento) U_{CPV}	560V DC
Max. Corriente de descarga (8/20us) I_{max}	40 kA
Corriente de descarga nominal (8/29us) I_n	60 Adc
Nivel de protección de voltaje U_p	$\leq 1.8kV$
Tiempo de respuesta t_A	$\leq 25ns$
Fusible de respaldo recomendado	125A
Resistencia de aislamiento	$> 10^2 M\Omega$
I/O Conexión	Alambre de múltiples núcleos: $4mm^2 - 25mm^2$
Montaje	35mm carril simétrico (EN50022/DIN46277-3)
Rango de temperatura de funcionamiento/humedad /altitud	$-40^\circ C \sim +80^\circ C / 30\% \sim 90\% / 300m$
Grado de protección	IP20
Material de carcasa	UL94 V-0
Indicador de desconexión	Indicador mecánico (Verde: OK, Rojo: reemplazar)
Contacto de control remoto	Opcional.

En la tabla 5.21 se muestra la distribución de cada una de las protecciones y en que parte de los equipos vas a ser ubicadas.

Tabla 5.21. Elección de protecciones.

	Corriente (A)	Fusible	Interruptor
PANELES SOLARE	37,8	N/A	N/A
ENTRE PANELES Y REGULADOR	37,8	Dos FNH00-50-A	Dos FV20C/2-500PV(S), 60Adc

ENTRE REGULADOR Y BANCO DE BATERIAS	25,695	N/A	FV20C/2-500PV(S), 60Adc
ENTRE REGULADOR E INVERSOR	25,695	N/A	FV20C/2-500PV(S), 60Adc
ENTRE INVERSOR Y BK PRINCIPAL	25	FNH00-50-A	NXB-63 2P 50A 6KA
ENTRE BK PRINCIPAL Y TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	25	N/A	NXB-63 1P 50A 6KA

5.13. DIAGRAMAS DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

El sistema debe tener sus diagramas para optimizar de mejor manera su funcionamiento, esos diagramas básicamente comprenden en los esquemas de conexiones eléctricas de los equipos, los esquemas de las protecciones y el diagrama de las instalaciones que están dentro de la granja.

5.13.1. Conexión de los elementos del sistema solar fotovoltaico

La figura 5.4 se muestra el esquema unifilar de la conexión de los elementos del sistema solar fotovoltaico.

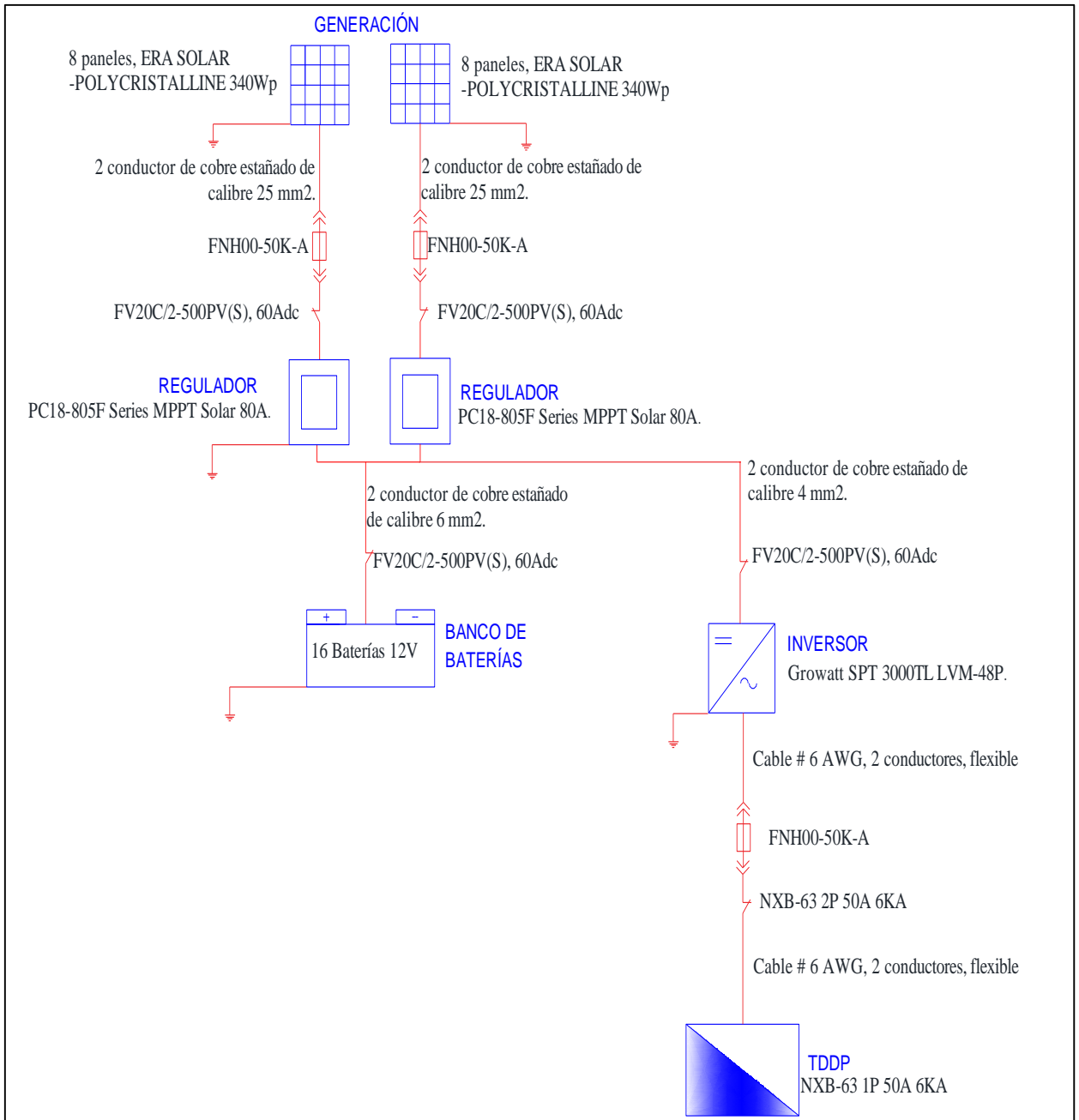


Figura 5.4. Conexión de los elementos del Sistema Solar Fotovoltaico.

5.13.2. Distribución de los equipos del sistema solar fotovoltaico

La figura 5.5 se puede observar cómo van a estar los equipos distribuidos, conectados y como será su funcionamiento.

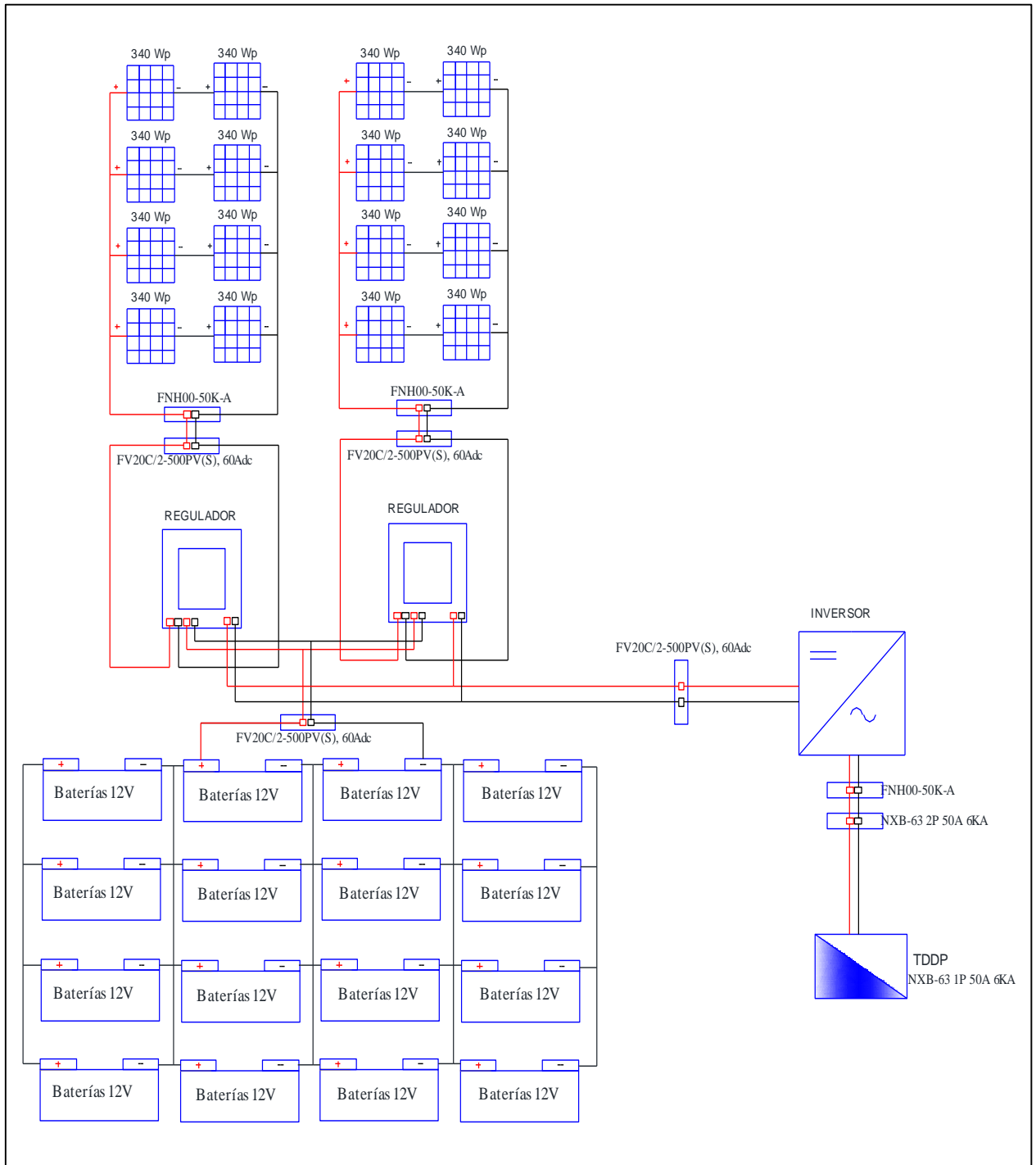


Figura 5.5. Distribución de los equipos de la central fotovoltaica.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

En esta parte de la investigación se determina la factibilidad del sistema solar fotovoltaico para la dotación de energía eléctrica a la granja avícola Villa. Con este estudio se debe dar cumplimiento a los objetivos planteados, y a la factibilidad técnica, económica y ambiental.

La factibilidad técnica muestra el análisis del sistema solar fotovoltaico, los requerimientos que debe tener esta tecnología y cada uno de los cálculos y equipos que son calculados para dicho sistema. La factibilidad económica se encarga de los costos y beneficios de cada uno de los elementos y mano de obra del sistema solar fotovoltaico, en este caso se dará a conocer la cantidad final que costará implementar este sistema para que el propietario tenga conocimiento y tome la decisión de instalarlo o no.

Para que la central fotovoltaica sea más factible se disminuyó la potencia instalada quitando la ducha eléctrica y reemplazándola por un calentador de agua térmico, este calentador funciona a base de la radiación solar que permite que el agua se caliente dentro de este recipiente.

El funcionamiento es básico y consiste en que el calentador recibe la energía solar, calienta su interior y el agua que pasa por cada una de las cañerías circula continuamente, pero a temperatura mayor.

Este calentador de agua hace que el consumo energético baje considerablemente, ya que para calentar el agua por medio de una ducha eléctrica se necesitaría más potencia, más equipos fotovoltaicos que instalar y el costo aumentaría.

6.1. IMPACTO AMBIENTAL

La factibilidad ambiental se encarga en hacer respetar y proteger el medio ambiente, los seres vivos y todas las especies que habitan en el lugar donde está ubicada la granja avícola. Este proyecto también nos ayuda a favorecer con el uso de las energías renovables, y a dar información a la población para que puedan usar sistemas de generación eléctrica que no contaminan al medio ambiente y que aprovechan recursos como el sol.

6.2. RESULTADOS TÉCNICOS

Para el determinar la factibilidad técnica-económica se calcula el costo total del proyecto, donde engloba todos los materiales y equipos a utilizar, como también la mano de obra que necesita para el desarrollo del mismo.

6.3. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El presupuesto se realizará con las cantidades de material, equipos y mano de obra a utilizar, teniendo en cuenta los precios actuales de diferentes distribuidoras.

Los equipos a instalar fueron calculados con respecto a cada requerimiento de diseño para el sistema solar fotovoltaico, así como cada una de las características eléctricas y mecánicas que poseen los mismos. La cantidad de cables y tuberías fueron tomadas directamente con medidas del sitio estudiado y con una reserva de cada una. El costo de mano de obra es representado de acuerdo al rubro de horas de trabajo, tanto para eléctrico y ayudante eléctrico.

La tabla 6.1 muestra el presupuesto con cada uno de los costos descritos.

Tabla 6.1. Presupuesto del sistema fotovoltaico de la granja avícola “VILLA”.

Especificación	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (USD)			Costo Total (USD)
			Equipo	Mano de obra	Total	
Módulo fotovoltaico ERA SOLAR - POLYCRISTALLINE, Pmax=340W, Vmpp=38,5, Impp= 8,84	u	16	219,99	24,4	244,39	\$ 3.910,24
Batería de plomo ácido FS 260Ah.	u	16	300,79	4,7	305,49	\$ 4.887,84
Inversor GrowattSPT 3000TL LVM-48P, Vout 120VAC	u	1	907,5	12,5	920	\$ 920,00
Regulador de carga PC1800F Series MPPT Sola 80A	u	2	327,05	20,54	347,59	\$ 695,18
Conductor CENTELSA H1Z2Z2-K de cobre estañado calibre 25 mm ² .	m	34,9	2,27	2	4,27	\$ 149,02
Conductor CENTELSA H1Z2Z2-K de cobre estañado calibre 10 mm ² .	m	9,9	2,19	2	4,19	\$ 41,48
Conductor CENTELSA H1Z2Z2-K de cobre estañado calibre 6 mm ² .	m	12,7	2,16	2	4,16	\$ 52,83
Conductor CENTELSA H1Z2Z2-K de cobre estañado calibre 4 mm ² .	m	7,5	2,07	2	4,07	\$ 30,53
Cable # 6 AWG, 2 conductores, flexible	m	12,5	3,5	2	5,5	\$ 68,75
Cable # 6 AWG, 2 conductores, flexible	m	15	6,21	2	8,21	\$ 123,15
Cable # 12 AWG, para puesta a tierra	m	10	2,3	1,25	3,55	\$ 35,50
Tubería EMT 3/4", incluye codos y uniones.	m	37	3,15	1,9	5,05	\$ 186,85
Fusible FNH00-50-A	u	3	3,25	2,45	5,7	\$ 17,10
Interruptores Termomagnéticos riel DIN modeloNXB-63 2P 50A 6KA	u	1	5,75	10	15,75	\$ 15,75

Interruptores Termomagnéticos riel DIN modeloNXB-63 1P 50A 6KA	u	1	3	10	13	\$ 13,00
interruptores de corriente continua FV20C/2-500PV(S), 60Adc	u	4	108,34	10	118,34	\$ 473,36
Bases de hierro para paneles 3,91 x 8 m	u	2	50	1	51	\$ 102,00
Base de hierro para baterías 518 x 276 x 242mm.	u	1	50	1	51	\$ 51,00
tablero de madera de 4x3 m para reguladores e inversores	u	1	25	0	25	\$ 25,00
varilla puesta a tierra	u	1	8	7	15	\$ 15,00
Conectores, terminales y otros	u	1	60	0	60	\$ 60,00
Calentador de agua solar de 200 Litros	u	1	950	15	965	\$ 965,00
						\$ 12838,58

6.4. ANÁLISIS DE COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE MEDIO VOLTAJE

En esta sección se necesita saber la distancia donde se encuentra una red de medio voltaje, la ruta, y los equipos que se necesita para una extensión de medio voltaje.

En la figura 6.1 se muestra la distancia y la ruta a seguir.

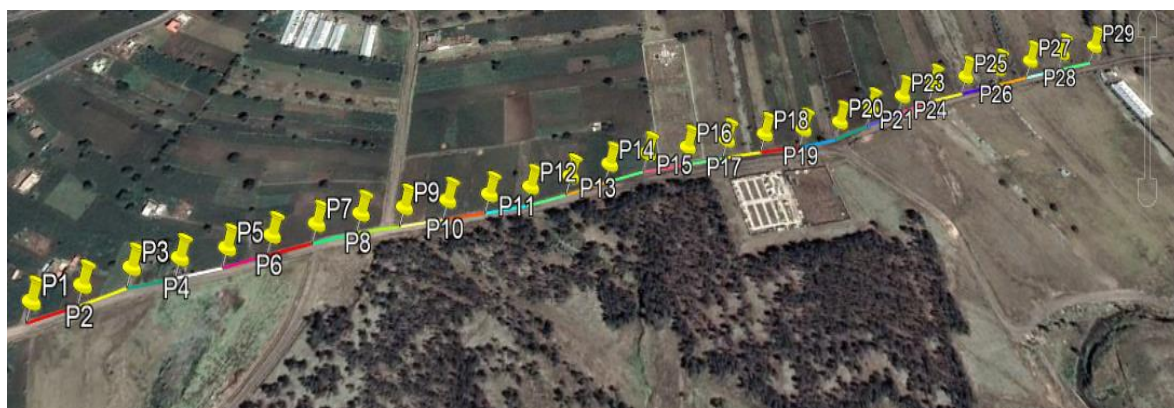


Figura 6.1. Distancia y ruta de una posible extensión de medio voltaje.

La empresa eléctrica Cotopaxi (ELEPCOSA) en conjunto con el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables y el Centro Nacional de Competencias Análisis Geográfico y Técnico (SIGDE), plantean el catálogo digital para implementaciones de redes de distribución de medio y bajo voltaje, donde se encuentra los códigos e identificadores para las Unidades de Propiedad (UP) y de construcción (UC) del sistema de distribución.

6.5. RED DE MEDIO VOLTAJE

Para dimensionar la red de medio voltaje se debe tomar en cuenta la ruta especificada en la figura 12.14 para poder especificar el tipo de estructura a ubicar dependiendo de la topografía del lugar.

En este caso la red de medio voltaje más cercana se encuentra a 1.16 km y la topografía del lugar es el 90% plano, por lo que conlleva a la ubicación de las siguientes estructuras:

- 1 estructura en redes aéreas de distribución de 13,8kV monofásica en bandera de doble retención (EST-1BD).
- 21 estructuras en redes aéreas de distribución de 13,8kV monofásica centrada pasante o tangente (EST-1CP).
- 5 estructuras en redes aéreas de distribución de 13,8kV monofásica centrada angular (EST-1CA).
- 1 estructura en redes aéreas de distribución 13,8 kV monofásica centrada de retención o terminal (EST-1CR)

6.5.1. Estructuras en redes aéreas de distribución de 13,8kV monofásica en bandera de doble retención (EST-1BD)

Tabla 6.2. Estructura monofásica de media tensión en bandera de doble retención [45].

EST-1BD		ESTRUCTURAS EN REDES AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN 13,8 kV GRDy / 7,96 kV - 13,2 kV GRDy / 7,62 kV			
1BD		MONOFÁSICA - BANDERA - DOBLE RETENCIÓN O DOBLE TERMINAL			
REF	UNID.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PVP/U \$	
1*	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 x 4 x 160 mm (1 1/2 x 5/32 x 6 1/2")	2	\$ 5,01	\$ 10,02
2*	c/u	Aislador de suspensión, caucho siliconado, 15 kV, ANSI DS-15	2	\$ 12,34	\$ 24,68
3*	c/u	Horquilla de acero galvanizado, para anclaje 16 x 75 mm (5/8 x 3")	2	\$ 3,10	\$ 6,20
4*	c/u	Grapa de aleación de Al, terminal apernado, tipo pistola	2	\$ 11,45	\$ 22,90
5*	c/u	Tuerca ojo ovalado de acero galvanizado, perno de 16 mm (5/8")	2	\$ 1,26	\$ 2,52
6*	c/u	Conector de aleación de Al, compresión tipo "H"	1	\$ 4,87	\$ 4,87
TOTAL					\$ 71,19
SUSTITUTIVOS					
1; 3; 5	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 2 pernos, extensión simple, 50 x 6 x 140 mm (2 x 1/4 x 5 1/2")	2	\$ 6,40	\$ 12,80
2	c/u	Aislador de suspensión, porcelana, 7,5 kV, ANSI 52-1	4	\$ 14,85	\$ 59,40
4	c/u	Grapa horquilla - guardacabo, de acero galvanizado	2	\$ 3,65	\$ 7,30
4	c/u	Retención preformada, para cable de Al	2	\$ 4,47	\$ 8,94
6	c/u	Conector de aleación de Cu - Al, ranuras paralelas, con separador, dos pernos laterales	1	\$ 11,90	\$ 11,90
TOTAL					\$ 100,34

6.5.2. Estructuras en redes aéreas de distribución de 13,8kV monofásica centrada pasante o tangente (EST-1CP)

Tabla 6.3. Estructura monofásica de media tensión centrada pasante o tangente [45].

EST-1CP		ESTRUCTURAS EN REDES AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN 13,8 kV GRD _y / 7,96 kV - 13,2 kV GRD _y / 7,62 kV			
1CP		MONOFÁSICA - CENTRADA - PASANTE O TANGENTE			
REF	UNID.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PVP/U \$	
1	c/u	Aislador espiga (pin), porcelana, con radio interferencia, 15 kV, ANSI 55-5	1	\$ 6,87	\$ 6,87
2*	c/u	Perno pin punta de poste simple de acero galvanizado, con accesorios de sujeción, 19 x 457 mm (3/4 x 18")	1	\$ 15,25	\$ 15,25
3	m	Alambre de Al, desnudo sólido, para atadura, 4 AWG	2	\$ 0,26	\$ 0,52
4*	c/u	Varilla de armar preformada simple, para cable de Al	1	\$ 9,01	\$ 9,01
TOTAL					\$ 31,65
SUSTITUTIVOS					
2	c/u	Perno punta de poste de acero galvanizado, tacho, 70 x 450 mm (2 3/4 x 18")	1	\$ 18,25	\$ 18,25
2	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 x 4 x 140 mm (1 1/2 x 5/32 x 5 1/2")	2	\$ 6,79	\$ 13,58
4	m	Cinta de armar de aleación de Al, 1, 27 x 7, 62 mm ² (3/64" x 5/16")	2	\$ 0,57	\$ 1,14
TOTAL					\$ 32,97

6.5.3. Estructuras en redes aéreas de distribución de 13,8kV monofásica centrada angular (EST-1CA)

Tabla 6.4. Estructura monofásica de media tensión centrada angular [45].

EST-1CA		ESTRUCTURAS EN REDES AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN 13,8 kV GRDy / 7,96 kV - 13,2 kV GRDy / 7,62 kV			
1CA		MONOFÁSICA - CENTRADA - ANGULAR			
REF	UNID.	DESCRIPCIÓN	ANTIDA	PVP/U \$	
1	c/u	Aislador espiga (pin), porcelana, con radio interferencia, 15 kV, ANSI 55-5	2	\$ 6,87	\$ 13,74
2*	c/u	Perno pin punta de poste simple de acero galvanizado, con accesorios de sujeción, 19 x 457 mm (3/4 x 18")	1	\$ 15,25	\$ 15,25
3	m	Alambre de Al, desnudo sólido, para atadura, 4 AWG	4	\$ 0,26	\$ 1,04
4*	c/u	Varilla de armar preformada simple, para cable de Al	1	\$ 9,01	\$ 9,01
TOTAL					\$ 39,04
SUSTITUTIVOS					
2	c/u	Perno punta de poste de acero galvanizado, tacho, 70 x 450 mm (2 3/4 x 18")	2	\$ 18,25	\$ 36,50
2	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 x 4 x 140 mm (1 1/2 x 5/32 x 5 1/2")	2	\$ 6,79	\$ 13,58
4	m	Cinta de armar de aleación de Al, 1, 27 x 7, 62 mm ² (3/64" x 5/16")	2	\$ 0,57	\$ 1,14
TOTAL					\$ 51,22

6.5.4. Estructura en redes aéreas de distribución 13,8 kV monofásica centrada de retención o terminal (EST-1CR)

Tabla 6.5. Estructura monofásica de media tensión centrada de retención o terminal [45].

EST-1CR		ESTRUCTURAS EN REDES AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN 13,8 kV GRDy / 7,96 kV - 13,2 kV GRDy / 7,62 kV		
1CR		MONOFÁSICA - CENTRADA - RETENCIÓN O TERMINAL		
REF	UNID.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PVP/U \$
1*	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 x 4 x 140 mm (1 1/2 x 5/32 x 5 1/2")	1	\$ 6,79 \$ 6,79
2*	c/u	Aislador de suspensión, caucho siliconado, 15 kV, ANSI DS-15	1	\$ 12,34 \$ 12,34
3*	c/u	Horquilla de acero galvanizado, para anclaje 16 x 75 mm (5/8 x 3")	1	\$ 3,10 \$ 3,10
4*	c/u	Grapa de aleación de Al, terminal apernado, tipo pistola	1	\$ 11,45 \$ 11,45
5*	c/u	Tuerca ojo ovalado de acero galvanizado, perno de 16 mm (5/8")	1	\$ 1,17 \$ 1,17
TOTAL				\$ 34,85
SUSTITUTIVOS				
1, 3, 5	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 2 pernos, extensión simple, 50 x 6 x 140 mm (2 x 1/4 x 5 1/2")	1	\$ 6,81 \$ 6,81
2	c/u	Aislador de suspensión, porcelana, 7,5 kV, ANSI 52-1	2	\$ 14,85 \$ 29,70
4	c/u	Grapa horquilla - guardacabo, de acero galvanizado	1	\$ 3,65 \$ 3,65
4	c/u	Retención preformada, para cable de Al	1	\$ 4,47 \$ 4,47
TOTAL				\$ 44,63

6.5.5. Montaje de transformadores en redes de distribución de 13,8kV monofásico autoprotegido para instalación en exteriores-postes (TRT-A1)

Tabla 6.6. Transformador monofásico autoprotegido [45].

TRT-1A(1)		TRANSFORMADORES EN REDES DE DISTRIBUCION 13,8kV GRDy / 7,96kV - 13,2kV GRDy / 7,62kV		
1A(1)		MONOFÁSICO - AUTOPROTEGIDO PARA INSTALACIÓN EXTERIOR (EN POSTE)		
REF	UNID.	DESCRIPCION	CANTIDAD	PVP/U\$
1	c/u	Transformador monofásico autoprotegido 5KVA, 13200 GRDY / 7620 V - 120 / 240 V ó 13800 GRDY / 7967 V - 120 / 240 V	1	\$ 1.600,00
2	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 x 6 x 160 mm (1 1/2 x 1/4 x 6 1/2")	2	\$ 13,58
3	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 2 pernos, extensión escalón, 30 x 6 x 200 mm (1 3/16 x 1/4 x 7 7/8")	8	\$ 54,48
TOTAL				\$ 1.668,06

6.5.6. Pueta a tierra en redes de distribución monofásica (PTO-ODE(2)_1)

Tabla 6.7. Puesta a tierra en redes de distribución secundaria desnuda [45].

PTO-ODE(2)_1		PUESTA A TIERRA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN		
ODE(2)_1		EN RED SECUNDARIA DESNUDA - CABLE DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE - (NOTA 2) - (NOTA 1)		
REF	UNID.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PVP/U \$
1	c/u	Varilla de acero recubierta de Cu, para puesta a tierra, 16 x 1 800 mm (5/8 x 71").	1	\$ 8,59
2	c/u	Suelda exotérmica	1	\$ 3,86
3*	c/u	Conector de aleación de Al, compresión tipo "H"	3	\$ 12,00
4	m	Cable de Acero recubierto de Cu, desnudo, cableado suave	1	\$ 1,25
TOTAL				\$ 25,70
SUSTITUTIVOS				
3	c/u	Conector de aleación de Cu - Al, ranuras paralelas, con separador, dos pernos laterales	3	\$ 35,70

6.5.7. Tensor y anclaje en redes de distribución (TAV-OFS)

Tabla 6.8. Tensor y anclaje tipo farol simple [45].

TAV-OFS		TENSORES Y ANCLAJES EN REDES DE DISTRIBUCIÓN 13,8 kV GRDy / 7,96 kV		
OFS		FAROL - SIMPLE		
REF	UNID.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PVP/U \$
1*	m	Cable de acero galvanizado, grado Siemens Martin, 7 hilos, 9,52 mm (3/8"), 3155 kgf	14	\$ 1,65 \$ 23,10
2	c/u	Retención preformada, para cable de acero galvanizado de 9,53 mm (3/8")	3	\$ 5,43 \$ 16,29
3	c/u	Guardacabo de acero galvanizado, para cable de acero 9, 51 mm (3/8")	1	\$ 0,67 \$ 0,67
4	c/u	Varilla de anclaje de acero galvanizado, tuerca y arandela, 16 x 1 800 mm (5/8 x 71")	1	\$ 8,59 \$ 8,59
5	c/u	Bloque de hormigón para anclaje, con agujero de 20 mm	1	\$ 8,40 \$ 8,40
6	c/u	Aislador de retenida, porcelana, ANSI 54-2	1	\$ 3,04 \$ 3,04
7	c/u	Brazo de acero galvanizado, tubular, tensor farol, 51 x 1 500 mm (2" x 59")	1	\$ 23,50 \$ 23,50
TOTAL				\$ 83,59
SUSTITUTIVOS				
1	m	Cable de acero galvanizado, grado común, 7 hilos, 9,52 mm (3/8"), 2700 kgf	14	\$ 2,02 \$ 28,28

Tabla 6.9. Presupuesto para una extensión de línea de medio voltaje.

Especificación	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
EST-1BD	u	1	\$ 71,19	\$ 71,19
EST-1CP	u	21	\$ 31,65	\$ 664,65
EST-1CA	u	5	\$ 39,04	\$ 195,20
EST-1CR	u	1	\$ 34,85	\$ 34,85
TRT-1A(1)	u	1	\$ 1.668,06	\$ 1.668,06
PTO-ODE(2)_ (1)	u	1	\$ 25,70	\$ 25,70
TAV-OFS	u	2	\$ 83,59	\$ 167,18
POSTES DE HORMIGON 12 M.	u	28	\$ 530,00	\$ 14.840,00
CABLE AL. TIPO ACSR # 1/0 AWG.	m	1120	\$ 2,00	\$ 2.240,00
Electricista	día	30	\$ 24,40	\$ 732,00
Ayudante de Electricista	día	30	\$ 20,00	\$ 600,00
			\$	21238,83

6.6. COMPARACIÓN DE COSTOS DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CON UNA EXTENSIÓN DE RED DE MEDIA TENSIÓN

En la tabla 6.1, se describe que el costo de implementación de una central fotovoltaica para una potencia de 2084,85 W es de \$ 12838,58; mientras que en la tabla 6.9 se detalla el costo de extensión de una red de medio voltaje que esta aproximadamente en \$ 21238,83 donde se puede constatar que la inversión para una nueva red es más elevada que la implementación de una central fotovoltaica de esa potencia.

6.7. INDICADORES DE RENTABILIDAD VAN Y TIR.

Una vez obtenido los costos del sistema solar fotovoltaico, se debe aplicar los indicadores VAN y TIR, que permiten determinar si el proyecto es rentable.

El valor actual neto (VAN) en una fórmula que nos permite calcular el valor de un negocio o emprendimiento, partiendo de una inversión inicial y a una tasa de descuento que también se lo conoce como el costo de oportunidad del capital (COK).

Se debe expresar con detalles la inversión inicial, los ingresos y egresos durante el tiempo que se va analizar. También se debe elegir una tasa de descuento eficaz, que permita determinar el valor del dinero a futuro y se debe menorar los flujos netos a la tasa escogida. Para determinar el VAN se plantea la ecuación (6.1).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} - I \quad (6.1)$$

Donde **Ft** es el flujo de dinero para cada periodo **t**, **I** es la inversión inicial del proyecto, **n** es la cantidad de periodos de tiempo (vida útil del proyecto) y **k** es la tasa de descuento eficaz, tasa de interés o costo de oportunidad (COK).

La tasa de interés de retorno (TIR), es una fórmula que calcula la rentabilidad de un negocio o proyecto, este nos indica si nos conviene o no realizar un proyecto. Esta tasa de descuento hace que el VAN se haga cero y se calcula en base al flujo de carga.

Para calcular la TIR se plantea la ecuación (6.2).

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+d)^t} = 0 \quad (6.2)$$

Donde F_t es el flujo de dinero para cada periodo t , n es la cantidad de periodos de tiempo (vida útil del proyecto) y d es la tasa de descuento que hace que el resultado sea cero.

Cuando se tiene un VAN positivo, éste nos indica que el proyecto o negocio es viable y se recomienda ejecutarlo, por otro lado, si el VAN es negativo, éste nos indica que el proyecto o negocio no es viable y se debe rechazar el proyecto. Si el VAN es igual a cero, se puede considerar como una situación indiferente donde se puede escoger ejecutar o no el proyecto.

Por otro lado, si el TIR es mayor que el COK, se debe ejecutar el proyecto, ya que esta tasa que se obtiene es mayor a la tasa mínima de rentabilidad de la inversión, si el TIR es menor que el COK, no se debe realizar el proyecto porque no se puede alcanzar la mínima rentabilidad que se pide en la inversión. Si el TIR es igual que el COK, nos manifiesta que este no genera ganancia ni tampoco pérdidas.

6.7.1. Análisis y recuperación de la inversión

Para determinar el tiempo de recuperación de la inversión se debe conocer el costo de la energía en kWh que establece la empresa eléctrica ELEPCO SA en su pliego tarifario 2020, suponiendo que la Granja Avícola “VILLA” está conectada a una red de energía eléctrica, en la tabla 6.10, se especifica la facturación anual de energía que debería pagar si existiera una red.

Tabla 6.10. Facturación anual de energía.

Días	Demanda diaria (Wh/día)	Demanda anual (kWh)	Demanda de los equipos (kWh)	Rango de consumo (kWh)	Precio tarifa (\$/kWh)	Total
365	18753,2	6844,918	50	(1-50)	0,091	\$ 4,55
			50	51-100	0,093	\$ 4,65
			50	101-150	0,095	\$ 4,75
			50	151-200	0,097	\$ 4,85
			50	201-250	0,099	\$ 4,95
			50	251-300	0,101	\$ 5,05
			50	301-350	0,103	\$ 5,15
			150	351-500	0,105	\$ 15,75
			200	501-700	0,1285	\$ 25,70
300	701-1000	0,145	\$ 43,50			

			500	1001-1500	0,1709	\$ 85,45
			1000	1501-2500	0,2752	\$ 275,20
			1000	2501-3500	0,436	\$ 436,00
			3344,918	superior	0,6812	\$ 2.278,56
						\$ 3194,11

De esta manera se obtiene una cantidad de **\$ 3194,11** como ingreso anual.

En el presente proyecto se utiliza equipos con diferente vida útil, estos equipos deben estar correctamente instalados para que así solo se realice un mantenimiento preventivo, el tiempo de vida útil de los mismos son:

- Los paneles fotovoltaicos más de 30 años si se tiene un mantenimiento adecuado.
- Los controladores más de 20 años.
- El inversor más de 20 años.
- Las baterías de Plomo Ácido más de 10 años.
- Los elementos de protección, cableado y cajas de conexión más de 40 años.

Para esto se debe realizar el mantenimiento adecuado por la existencia de polvo, humedad, lluvia, y otras condiciones que puedan generar algún daño a los equipos. Por esta razón se prevé implementar gastos de mantenimiento preventivo en el sistema solar con la ayuda de un técnico que realice este trabajo, el valor a pagar a dicho trabajador es de **\$ 10** que se denomina egreso de dinero y se realizara una vez al año.

Se debe realizar el cambio de baterías, ya que su tiempo de vida útil es de 10 años. Por ese motivo cada 11 años se debe considerar los egresos por cambio de las baterías, estos egresos serán de **\$ 4897,4** cuyo valor también esta especificado el costo por mantenimiento.

El flujo neto es la diferencia entre los ingresos y los egresos, el ingreso para el primer año es cero porque se invierte y no se gana, se toma como año cero o año de inicio. Para los siguientes años el ingreso es de **\$ 3194,11** por costo anual de energía, el egreso es el costo de mantenimientos que es **\$ 10**, hay que tomar en cuenta que para el año 11 y el 21 los ingresos son negativos de **\$ -1703,29** y los egresos son altos de **\$ 4897,4**, por el cambio de baterías.

En la tabla 6.11, se especifica los valores obtenidos del cálculo del VAN y la TIR, donde se puede visualizar que el proyecto es rentable, puesto que, se obtiene un VAN positivo y la TIR

es mayor que el COK. La tasa de descuento o tasa de interés es 4.96%, establecida por el Banco Central del Ecuador.

Tabla 6.11. Factibilidad económica del proyecto.

Valor actual neto (VAN)	\$ 27580,60
Tasa interna de retorno	24%
Tasa de interés o costo de oportunidad (COK).	4,96%

El proyecto para una potencia de **2084,85 W** tiene un costo de **\$ 12838,58** tomando en cuenta el precio de la energía que se supone que debe pagar si existiera una red de distribución, menos el costo de mantenimiento anual se tiene que es **\$ 3184,11** de flujo efectivo, no se considera los egresos por cambio de baterías ya que estos se los hace cada 10 años. Se tiene el tiempo de recuperación de 4 años.

6.7.2. Crecimiento de la carga instalada

Si con el pasar del tiempo el dueño decide agrandar la granja haciendo crecer la carga instalada como se muestra en la tabla 6.12, implementando motores de 3,7 kW para el molino, de 5,5 kW para la mezcladora y de 7,5 kW para el elevador que ayudan a la preparación de los alimentos para las gallinas, la potencia subiría a 18784,85 W que es el 89% de crecimiento tanto en los equipos fotovoltaicos como en la inversión del sistema.

Tabla 6.12. Crecimiento de la carga instalada por implementación de nuevos equipos.

Cargas del Grapón Avícola					
Carga instalada de la garita de vigilancia					
Equipo	Cantidad	Potencia uni. (W)	Potencia (kW)	Horas de uso por día	kWh (día)
Computador	1	45	0,045	7	0,315
Televisión	1	58	0,058	5	0,29
Grabadora	1	30	0,03	8	0,24
Nevera	1	250	0,25	12	3
Bombillos	8	20	0,16	6	0,96
Carga instalada del galpón					
Equipo	Cantidad	Potencia uni. (W)	Potencia (kW)	Horas de uso por día	kWh (día)
Acometida 1					
Cámaras de vigilancia	4	4	0,016	24	0,384
Sensores de Movimiento	3	0,45	0,00135	12	0,0162
Botón de Pánico	1	4,5	0,0045	24	0,108
Bombillos	12	60	0,72	12	8,64

Ventiladores	4	200	0,8	6	4,8
Motor 1	1	3700	3,7	5	18,5
Motor 2	1	5500	5,5	5	27,5
Motor 3	1	7500	7,5	5	37,5
	Total		18,78485		102,2532

6.7.3. Cálculo de los nuevos parámetros y equipos

Con la nueva potencia se obtienen nuevos parámetros de energía y la cantidad de equipos del sistema solar fotovoltaico aumenta como se ve en la tabla 6.13 que se especifica los cálculos para estos nuevos parámetros utilizando las ecuaciones descritas a lo largo de la investigación.

Tabla 6.13. Número de equipos del sistema solar fotovoltaico para potencia de 18784,85 W.

CÁLCULO DE EQUIPOS FOTOVOLTAICOS		
Consumo energético diario	122703,84	Wh/día
Consumo diario real	137483,2941	Wh/día
Amperios hora requeridos para el sistema	3079,822897	Ah
Corriente pico del sistema	733,2911659	A
SELECCIÓN DE NÚMERO DE PANELES		
# Paneles	86	
Pan_serie	2	
Pan_paralelo	43	
BANCO DE BATERÍAS		
Capacidad del banco de baterías	3079,822897	Ah
Bat_serie	4	
Bat_paralelo	20	
Total_Bat	80	
DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR		
Potencia del inversor	26835,5	W
# Inversores	5	
CONTROLADOR DE CARGA		
Regulador	916,6139574	A
# reguladores	12	

Con este cálculo del nuevo número de equipos de la central fotovoltaica, se calcula la nueva inversión para esta cantidad. En la tabla 6.14 se muestra el costo aproximado.

Tabla 6.14. Costo de central fotovoltaica para nueva potencia de 18784,85 W.

Especificación	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (USD)			Costo Total (USD)
			Equipo	Mano de obra	Total	
Módulo fotovoltaico ERA SOLAR - POLYCRISTALLINE, Pmax=340W, Vmpp=38,5, Impp= 8,84	u	86	219,99	24,4	244,39	\$ 21.017,54
Batería de plomo ácido FS 260Ah.	u	80	300,79	4,7	305,49	\$ 24.439,20
Inversor GrowattSPT 5000TL LVM-48P, Vout 120VAC	u	5	1150,64	12,5	1163,14	\$ 5.815,70
Regulador de carga PC1800F Series MPPT Sola 80A	u	12	327,05	20,54	347,59	\$ 4.171,08
Conductor CENTELSA H1Z2Z2-K de cobre estañado calibre 25 mm ² .	m	34,9	2,27	2	4,27	\$ 149,02
Conductor CENTELSA H1Z2Z2-K de cobre estañado calibre 10 mm ² .	m	39,6	2,19	2	4,19	\$ 165,92
Conductor CENTELSA H1Z2Z2-K de cobre estañado calibre 6 mm ² .	m	32,5	2,16	2	4,16	\$ 135,20
Conductor CENTELSA H1Z2Z2-K de cobre estañado calibre 4 mm ² .	m	7,5	2,07	2	4,07	\$ 30,53
Cable # 6 AWG, 2 conductores, flexible	m	12,5	3,5	2	5,5	\$ 68,75
Cable # 6 AWG, 2 conductores, flexible	m	15	6,21	2	8,21	\$ 123,15
Cable # 12 AWG, para puesta a tierra	m	10	2,3	1,25	3,55	\$ 35,50
Tubería EMT 3/4", incluye codos y uniones.	m	37	3,15	1,9	5,05	\$ 186,85
Fusible FNH00-50-A	u	3	3,25	2,45	5,7	\$ 17,10
Interruptores Termomagnéticos riel DIN modeloNXB-63 2P 50A 6KA	u	1	5,75	10	15,75	\$ 15,75
Interruptores Termomagnéticos riel DIN modeloNXB-63 1P 50A 6KA	u	1	3	10	13	\$ 13,00
interruptores de corriente continua FV20C/2-500PV(S), 60A _{dc}	u	4	108,34	10	118,34	\$ 473,36
Bases de hierro para paneles 3,91 x 8 m	u	8	50	1	51	\$ 408,00
Base de hierro para baterías 518 x 276 x 242mm.	u	5	50	1	51	\$ 255,00
tablero de madera de 4x3 m para reguladores e inversores	u	1	25	0	25	\$ 25,00
varilla puesta a tierra	u	1	8	7	15	\$ 15,00
Conectores, terminales y otros	u	1	60	0	60	\$ 60,00

Calentador de agua solar de 200 Litros	u	1	950	15	965	\$ 965,00
						\$ 58585,65

De esta manera la inversión sería de \$ **58585,65** la cual se compararía con la inversión para la extensión de una red de medio voltaje que es de \$ **21238,83** donde sería factible realizar la inversión para dicha red, ya que al implementar un sistema fotovoltaico con una potencia muy alta el costo de inversión sería muy alto.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Para las zonas rurales donde no existe líneas de distribución eléctrica, es factible implementar un sistema de generación fotovoltaica autónomo, ya que nos ayuda a innovar y a salvaguardar el medio ambiente, esta central es costosa pero una vez implementada el recurso solar es de por vida e inagotable.
- Los datos obtenidos de la NASA y del programa RETScreen determina que el sector donde se encuentra ubicada la granja es muy adecuado para poder obtener electricidad mediante la radiación solar, ya que los niveles de radiación en este sitio se encuentran en un promedio de 4.25 kWh/m²/día, y las horas solares pico están en un promedio de 4,76 horas.
- Para determinar el número de paneles solares, se realizó el estudio de cargas de la granja avícola donde se obtuvo una energía real diaria de 25214,386 Wh/día, con este valor y los valores de radiación y horas solares pico se establece que se requieren 16 paneles solares de marca ERA SOLAR de 340 W, que tienen una configuración de 2 paneles en serie con 8 grupos en paralelo.
- La capacidad nominal del banco de baterías para la central fotovoltaica es de 564,83 Ah, con esta capacidad se establece un grupo de 16 baterías de plomo ácido de marca MONOBLOCK-SOLAR, que están conectadas 4 en serie con 4 grupos en paralelo para cubrir 1 día de autonomía, considerando un factor de descarga del 60%.
- Para determinar la factibilidad técnica económica de este proyecto, se analizó el costo de implementación de la central fotovoltaica para una potencia de 2084,85 W y de la misma central con mayor potencia de 18784,85 W, así como el costo de una extensión de una nueva red de medio voltaje. Llegando a la conclusión que la implementación de una

central fotovoltaica para 2084,85 W de potencia es factible ya que el costo de implementación es mucho más bajo que el costo de una nueva red de medio voltaje, mientras que, si con el pasar del tiempo la granja avícola crece llegando a tener más equipos con más potencia, sería mucho más factible y económico realizar la extensión de la red medio voltaje.

- Las centrales de generación fotovoltaica son muy costosas y para sistemas de bajo consumo en la gran mayoría no es factible implementarlos desde el punto de vista económico, pero su impacto medio ambiental es un justificante positivo para su implementación ya que estas centrales no utilizan químicos ni combustibles derivados del petróleo que puedan poner en peligro a la flora y a la fauna.

7.2. RECOMENDACIONES

- Implementar un sistema de biomasa utilizando los desechos fecales de las gallinas, ya que estos desechos son una fuente de energía renovable, reduciendo los gases de efecto invernadero y proporcionando una fuente de energía alternativa para ayudar abastecer la demanda que en el transcurso del tiempo va a crecer.
- Mantener los paneles constantemente limpios para aprovechar de mejor manera la energía solar, ya que si los paneles están sucios el rendimiento del mismo disminuiría.
- Cambiar las baterías de plomo ácido a baterías de níquel cadmio con la capacidad total del almacenamiento energético y un voltaje de 2 V, y así poderlas colocar todas en serie teniendo un solo camino de conexión y prolongando el tiempo de vida útil de todo el sistema de acumulación.
- Si el dueño decide expandir la granja y ubicar el sistema de preparación de alimentos para las gallinas, se recomienda invertir en la expansión de una red de medio voltaje ya que sería menos costosa en comparación a implementar más paneles, reguladores, baterías e inversores.
- Para el futuro donde se estima la instalación de esta central fotovoltaica, se recomienda que todos los equipos y materiales cumplan con las características eléctricas y técnicas que se describen en el diseño.
- Este diseño de la central fotovoltaica puede ser aplicado en cualquier estudio de sistemas solares ya sea residencial o industrial que se encuentren en zonas rurales donde no existe líneas de distribución eléctrica, se debe tomar muy en cuenta las condiciones climáticas

del lugar a estudiar y el sistema eléctrico al que se va abastecer, ya que en función de estos parámetros se tendrá el dimensionamiento de los equipos de una central fotovoltaica y el costo de inversión.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Navas, «Diseño de una central solar fotovoltaica 3MW y conexión a red de distribución mediante línea de 15 kV y centro de seccionamiento,» Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, 2015.
- [2] F. Becerra, «Diseño de una central fotovoltaica de 50 MW conectada a red en la provincia de Badajoz,» Dpto. de Ingeniería Eléctrica Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, Sevilla, 2018.
- [3] M. C. Gogoy, Instalaciones Fotovoltaicas Conectadas a Rojo, Escuela de Ingenierías Industriales, 2015-2016.
- [4] «ACCIONA,» BUSINESS AS UNUSUAL, 04 01 2018. [En línea]. Available: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energiasolar/fotovoltaica/>. [Último acceso: 4 JUNIO 2020].
- [5] «SITIOSOLAR,» Portal de Energía Renovable, 2014. [En línea]. Available: <http://www.sitiosolar.com/la-historia-de-la-energia-solarfotovoltaica/>. [Último acceso: JULIO 2020].
- [6] «ENERGÍA SOLAR,» 2 04 2019. [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/definiciones/efectofotovoltaico..> [Último acceso: 13 07 2020].
- [7] C. Navarrete y A. Romero, «Producción de energía eléctrica con fuentes renovables en Nicaragua, su impacto en la transformación de la matriz energética.,» *Sector Secundario de Nicaragua*, Vols. %1 de %2UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, MANAGUA, pp. 1-64, 2016.
- [8] A. Raboso, «Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar una potabilizadora desalinizadora autónoma,» vol. Universidad Internacional de Andalucía, 2013.

- [9] O. Carlos y A. Roberto, «Energía Solar Fotovoltaica,» *Manual técnico para instalaciones domiciliarias*, vol. Green Energy Consultoría y Servicios SRL, 2010.
- [10] A. Sanchez y S. Castaño, Libro Interactivo sobre Energía Solar y sus Aplicaciones, PEREIRA: Universidad Tecnológica de Pereira, 2011.
- [11] «TECHENGINEERING SCHOOL,» Energías Renovables, [En línea]. Available: <https://www.techitute.com/ingenieria/maestria/maestria-energias-renovables>. [Último acceso: 12 NOVIMBRE 2020].
- [12] E. Lema y P. Zuleta, Solmáforo (Semáforo Solar): modelo ambiental de alerta por exposición a la radiación solar en Quito, Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [13] Dirección General de Industrias, Energías y Minas, «El Recorrido de la Energía,» *Energía Solar*, Vols. %1 de %2E.i.S.E. Domènech, S.A, 2002.
- [14] SECRETARIA DE ENERGIA, Energias Renovables, Argentina: Conmutador.
- [15] A. Colombo, «La Energía Solar Térmica,» *BID, Centro de Innovación Energética*, vol. Una nueva serie sobre la innovación de energia., pp. 1-10.
- [16] A. Castejon y G. Santamaria, Instalaciones Solares Fotovoltaicas, Madrid-España: EDITEX, 2019.
- [17] I. Castillo, Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador, caso de estudio: Biblioteca Pompeu Fabra de Mataró, Barcelona-España: Universidad Politécnica de Cataluña, 2015.
- [18] C. Bulnes y R. Brown, Energía del Sol, México: Enetgías alternativas, 2009.
- [19] S. Cepeda, Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones, Bogotá-Colombia: Universidad Santo Tomás, 2017.
- [20] P. Peña y F. Pinos, Parametrización de los sistemas eléctricos fotovoltaicos basados en las condiciones climáticas de la ciudad de Cuenca, aplicados en la Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2014.
- [21] O. Perpiñán, Energía Solar Fotovoltaica, Creative Commons, 2020.


- [22] J. Farfán, Energía solar fotovoltaica para la explotación de agua subterránea, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2019.
- [23] M. Casa y M. Barrio, Instalaciones solares fotovoltaicas, México: marcombo.
- [24] E. Alcor, Instalaciones Solares Fotovoltaicas, Malaga-España: Progenza, 2008.
- [25] TRITEC INTERVENTO, «Eficiencia del Panel Solar,» Clean Energy Reviews, Colombia.
- [26] Schneider Electric, «Electrical installation guide,» According to IEC international standards, 2016.
- [27] Normas Ecuatorianas de la Construcción NEC, «Energías Renovables,» Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), Quito-Ecuador, 2020.
- [28] «AutoSolar,» 19 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-de-carga>. [Último acceso: 18 Noviembre 2020].
- [29] M. Abella, Dimensionado de Sistemas Fotovoltaicos autónomos, Madrid - España: Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica (PVLabDER - CIEMAT).
- [30] TECNOSOL, «Energía Solar y Sistema de Riego,» 2019. [En línea]. Available: <https://tecnosolab.com/noticias/baterias-solares-de-litio/>. [Último acceso: 25 Noviembre 2020].
- [31] L. Brenes, Estudio de calidad de energía eléctrica en la instalación de Laboratorios Stein, Costa Rica, Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2018.
- [32] Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, Normas Ecuatorianas de Construcción, Instalaciones Electromecánicas, Quito-Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2013.
- [33] J. Barroso, Guía para el diseño y construcción de redes de distribución subterránea, de baja tensión, de hasta 600 voltios, para la Empresa Eléctrica Quito S.A. y aplicación al conjunto habitacional Nuebagranizada, Quito-Ecuador: Escuela Politécnica Nacional , 2002.
- [34] F. Sanchez, Manual de Instalaciones Eléctricas, Tercera Edición , 2011.

- [35] «Componentes de una instalación Fotovoltaica,» [En línea]. Available: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>. [Último acceso: 28 Noviembre 2020].
- [36] F. Mora, Estudio de Factibilidad para la Incorporación de un Sistema Solar Fotovoltaico en el Edificio RTV Ecuador, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2011.
- [37] AREATECNOLOGIA, «Inversor Fotovoltaico,» [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/inversor-fotovoltaico.html>. [Último acceso: 2 Diciembre 2020].
- [38] G. González, J. Zambrano y E. Estrada, Estudio, Diseño e Implementación de un Sistema de Energía Solar en la Comuna Puerto Roma de la Isla Mondragon del Golfo de Guayaquil, Provincia del Guayas, Guayaquil-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2014.
- [39] D. Ávila, R. Alesanco y J. Veliz, «Sistemas híbridos con base en las energías renovables para el suministro de energía a plantas desaladoras,» *Revista de Ingeniería Mecánica*, vol. 14, n° 1, pp. 22-30, 2011.
- [40] K. Itaz, Estudio de Factibilidad de un Sistema de Generación Fotovoltaico para brindar servicio al edificio Sede de la Organización Latinoamericana de Energía, Quito-Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, 2017.
- [41] CONELEC, Atlas Solar del Ecuador con Fines de Generación Eléctrica, Quito-Ecuador: Corporación para la Investigación Energética, 2008.
- [42] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE, Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, Madrid-España: PCT-C-REV, 2011.
- [43] SunEarthTools , «Outils pour les consommateurs et les concepteurs,» [En línea]. Available: https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es. [Último acceso: 25 Diciembre 2020].

- [44] Weather Spark, «El clima promedio en Latacunga,» [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/20034/Clima-promedio-en-Latacunga-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>. [Último acceso: 15 Enero 2021].
- [45] Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, «CÓDIGO DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD PARA SISTEMAS,» *Estandarizar y Homologar Materiales y Equipos*, vol. Catalogo Digital , 2021.

9. ANEXOS

Anexo A: Características técnicas del panel fotovoltaico ERA SOLAR -POLYCRISTALLINE



ERA SOLAR

ESPMC
Polycrystalline Solar Module

KEY FEATURES

- 5 Busbar Solar Cell:** 5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- High Power Output:** Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 340Wp.
- Low-light Performance:** Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.
- Reliable Warranty:** 10 years' product warranty. Power warranty of 90% up to 10 years and 80% up to 25 years.

WARRANTY

- +** WATTS POSITIVE TOLERANCE
- 12** YEARS PRODUCT WARRANTY
- 10** YEARS PERFORMANCE GUARANTEE 90%
- 25** YEARS PERFORMANCE GUARANTEE 80%

POLYCRISTALLINE, 72-CELL SERIES

ELECTRICAL PERFORMANCE

Module type: ESPMC	340
Maximum Power(Wp)	340W
Open circuit Voltage(Voc)	46.4V
Short circuit Current(Isc)	9.45A
Maximum Power Voltage(Vmp)	38.5V
Maximum Power Current(Imp)	8.84A
Module efficiency	17.5%
Maximum Series Fuse	15A
Watts positive tolerance	0~+3%
Number of Diode	3
Standard Test Conditions	1000W/m ² , 25°C, AM1.5
Maximum System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient Isc	+0.08558%/°C
Temperature-Coefficient Uoc	-0.29506%/°C
Temperature-Coefficient Pmpp	-0.38001%/°C
Normal Operating Cell Temperature	-40°C...+85°C
Load Capacity for the cover of the module (glass)	5400Pa(IEC61215)(snow)
Load Capacity for the front & back of the module	2400Pa(IEC61215)(wind)
Product Certificate	TUV(IEC 61215,IEC 61730), CE, ROHS, PID Resistant, INMETRO
Company Certificate	ISO9001 ISO14001 ISO18001

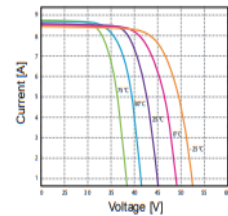
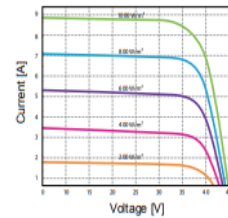
MECHANICAL CHARACTERISTICS

Front cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm
Backsheet (color)	TPT in white
Cell (quantity / material / dimensions)	72 / Polycrystalline silicon / 156.75x156.75mm
Frame (material / color)	aluminum hollow-chamber frame on each side anodized aluminum alloy / silver
Junction box (protection degree)	> IP68
Cables & Plug connectors	2x900mm / 4mm ² & MC4 compatible
Module Dimensions (L / W / H)	1956x992x40mm
Module Weight	20.5kg
Application class	Class A
Electrical protection class	Class II
Fire safety class	Class C

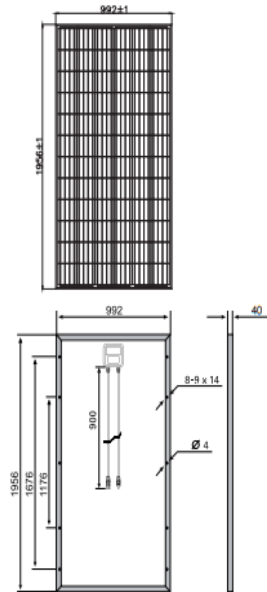
PACKING

Container Size	Units/Pallet (PCS)	Weight/Pallet (KG)	Pallet Measurement (mm)	Units/Container (PCS)
20GP	26	570	2000x1130x1120	260
40HQ	26	570	2000x1130x1120	627
	31	678	2000x1130x1340	

CURRENT-VOLTAGE CURVES:



MODULE DIAGRAM:



Anexo B: Características técnicas de la batería FS 260



Baterías FORMULA STAR SOLAR

Monoblock 12V Solar Plomo-Ácido Abierto (VLA)

FS SOLAR	Modelo	V	Capacidad Ah C100	Medidas max. (mm)		
				Largo	Ancho	Alto
FORMULA STAR SOLAR						
	FS 70 SOLAR	12	66	242	175	190
	FS 80 SOLAR	12	80	278	175	190
	FS 110 SOLAR	12	105	353	175	190
	FS 155 SOLAR	12	155	513	189	223
	FS 200 SOLAR	12	200	513	223	223
	FS 260 SOLAR	12	260	518	276	242

Elementos 2V Estacionario-Solar Plomo-Ácido Abierto (VLA)

- De acuerdo a la normativa DIN 40736-1 (Elementos OPzS), IEC 60896-11, IEC 62485-2 e IEC 61427.
- Placa positiva tubular. Mantenimiento mínimo gracias al bajo contenido en antimonio y una mayor reserva de electrolito.
- Clasificación Eurobat: Long Life (diseño de vida de 20 años a 20°C). Contenedor transparente de SAN
- 2.400 ciclos de vida al 60% de profundidad de descarga a 20°C.

Foto producto	Modelo	Descripción	Capacidad (Ah) C10 (1,8 V/Elem, 20°C)	Capacidad (Ah) C100	Medidas máx. (mm)			Peso Kg
					Largo	Ancho	Alto	
	FS 100	2 OPzS 100	126	184	103	206	380	13,8
	FS 150	3 OPzS 150	180	258	103	206	380	15,7
	FS 200	4 OPzS 200	215	296	103	206	380	17,5
	FS 250	5 OPzS 250	270	373	124	206	380	21,4
	FS 300	6 OPzS 300	324	448	145	206	380	25,7
	FS 350	5 OPzS 350	396	544	124	206	496	28,4
	FS 420	6 OPzS 420	474	651	145	206	496	33,5
	FS 490	7 OPzS 490	541	739	166	206	496	38,6
	FS 500	5 OPzS 500	609	886	145	206	671	42,0
	FS 600	6 OPzS 600	672	949	145	206	671	45,8
	FS 700	7 OPzS 700	836	1207	191	210	671	60,0
	FS 800	8 OPzS 800	893	1256	191	210	671	63,8
	FS 900	9 OPzS 900	1028	1458	233	210	671	73,0
	FS 1000	10 OPzS 1000	1114	1565	233	210	671	78,2
	FS 1100	11 OPzS 1100	1287	1852	275	210	674	82,4
	FS 1200	12 OPzS 1200	1329	1874	275	210	671	91,3
	FS 1400	11 OPzS 1400	1623	2251	275	210	821	110,5
	FS 1500	12 OPzS 1500	1690	2195	275	210	821	115,1
	FS 1700	14 OPzS 1700	1978	2728	397	212	797	143,3
	FS 1875	15 OPzS 1875	2114	2879	397	212	797	148,9
	FS 2000	16 OPzS 2000	2186	2933	397	212	797	154,5
	FS 2250	18 OPzS 2250	2689	3723	487	212	797	184,0
	FS 2500	20 OPzS 2500	2926	4017	487	212	797	201,0
	FS 2750	22 OPzS 2750	3191	4392	576	212	800	153,7
	FS 3000	24 OPzS 3000	3361	4555	576	212	797	230,0
	FS 3250	26 OPzS 3250	3510	4671	576	212	800	175,8

Elementos 2V Estacionario-Solar Plomo-Ácido Abierto (VLA)-Recipiente Traslúcido

- De acuerdo a la normativa EN 50272-2, IEC 60896-11 y IEC 61427.
- Placa positiva tubular. Mantenimiento mínimo gracias a una mayor reserva de electrolito y bajo contenido en antimonio.
- Clasificación Eurobat: Long Life (diseño de vida de 18 años a 20°C). Contenedor de polipropileno translúcido.
- 2.000 ciclos de vida al 60% de profundidad de descarga a 20°C.

Foto producto	Modelo	Capacidad (Ah) C10 (1,8 V/Elem, 20°C)	Capacidad (Ah) C120	Medidas máx. (mm)			Peso Kg
				Largo	Ancho	Alto	
	2 FST 215	146	215	65	198	435	11,5
	3 FST 310	212	310	83	198	435	15,4
	3 FST 390	269	392	83	198	505	18,4
	4 FST 500	348	503	101	198	505	23,3
	5 FST 605	422	605	119	198	505	28,0
	4 FST 720	516	721	101	198	640	30,5
	5 FST 860	622	860	119	198	640	36,9
	6 FST 965	711	969	137	198	640	43,4
7 FST 1270	900	1271	174	198	640	51,6	
8 FST 1380	991	1382	192	198	640	58,1	

Anexo C: Características técnicas del Inversor Growatt SPT 3000TL LVM-48P

Hoja de Datos	SPF 3000TL LVM-24P	SPF 3000TL LVM-48P
Voltaje de batería	24VDC	48VDC
Tipo de Batería	Plomo-ácido	Litio/Plomo-ácido
Salida del inversor		
Potencia nominal	3000W/3000W	3000W/3000W
Conexión en paralelo	Si, 6 unidades máx.	Si, 6 unidades máx.
Voltaje de CA (Modo batería)	120VAC ± 5% @ 50/60Hz	120VAC ± 5% @ 50/60Hz
Sobretensión	6000VA	6000VA
Eficiencia máx.	93%	93%
Tipo de onda	Onda senoidal pura	Pure sine wave
Tiempo de transferencia	10 ms (Para Computadoras); 20 ms (Para Electrodomésticos)	10 ms (Para Computadoras); 20 ms (Para Electrodomésticos)
Cargador Solar		
Máxima potencia FV	2000W	4500W
Rango de voltaje del MPPT	30VDC – 115VDC	60VDC – 115VDC
Max. Voltaje de circuito abierto FV	145VDC	145VDC
Corriente máxima de carga	80A	80A
Máxima eficiencia	97%	97%
Consumo de energía en espera	2 W	2 W
Cargador CA		
Corriente de carga	60A	40A
Voltaje de entrada CA	120 VAC	120 VAC
Rangos de voltaje	95-140VAC (Para computadoras); 65-140VAC (Para electrodomésticos)	95-140VAC (Para computadoras); 65-140VAC (Para electrodomésticos)
Rango de frecuencia	50Hz/60Hz (Detección Automática)	50Hz/60Hz (Auto sensing)
Datos Generales		
Protección Ambiental	IP20	
Dimensiones (ancho/altura/profundidad)	130/350/455mm	130/350/455mm
Peso	11kg	11 kg
ENTORNO OPERATIVO		
Humedad	5-9% Humedad Relativa(No condensada)	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)
Temperatura de Operación	0°C - 55°C	0°C - 55°C
Temperatura de almacenamiento	-15°C - 60°C	-15°C - 60°C

Anexo D: Características técnicas del Regulador de carga PC18-8015F Series MPPT Solar

- Solar System



PC1800F Series MPPT Solar

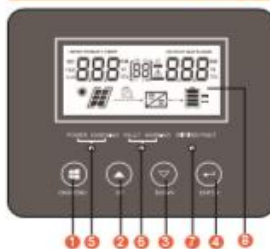
Características:

- 60A/80A MPPT Regulador de carga solar (Ventilación forzada)
- 12V/24V/48V (auto detección); 36V(configurable)
- Eficiencia MPPT >99%, pico eficiencia conversión >98%
- Arquitectura de procesadores DSP que aseguran una gran velocidad y rendimiento.
- Carga en multi-etapas
- Protección: Cortocircuito en paneles, polaridad inversa en paneles y baterías sobrecarga, cortocircuito en la salida.
- Función de eualización
- Función BTS

Introducción:

MPPT (Maximum Power Point Tracking) o bien seguidor de máxima potencia. Es un tipo de regulador de carga que ofrece un modo seguro y eficiente de carga de su batería. Éste prolongará la vida de la misma y asegurará un rendimiento máximo de su instalación solar. Podremos configurarlo a nuestro gusto y visualizar sus datos con su pantalla LCD.

Información Display LCD



- 1.ON/MENU: Entrar o salir del menú de ajustes.
- 2.UP: Incrementar dato.
- 3.DOWN: Decrementar dato.
- 4.ENTER: Confirmar la selección en ajustes.
- 5.Display LCD.

Indicador LED		Mensajes
5. POWER ON/ CHARGING	Verde	Encendido
	Parpadeo	El regulador está encendido. El regulador está cargando. Estado de carga: parpadeo cada 0.5 segs. Estado de absorción: flashing every second Estado de eualización: parpadeo cada 3 segs. Estado de flotación: parpadeo cada 5 segs.
6. FAULT/ WARNING	Rojo	Encendido
	Parpadeo	Se ha producido un fallo. Situación de advertencia.
7. WIRING FAULT	Rojo	Encendido
		Polaridades de la batería no conectadas correctamente.

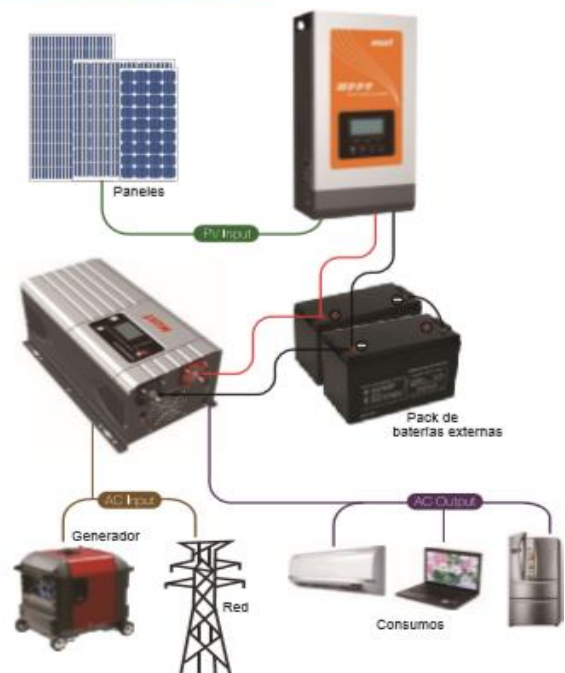


- 1.PV+: Terminal positivo paneles
2. PV-: Terminal negativo paneles
3. BA-: Terminal negativo baterías
4. BA+: Terminal positivo baterías



5. COM: Terminal de comunicaciones RS485
6. BTS: Terminal BTS
7. USB

Conexión del sistema solar



Especificaciones

MODELO		PC18-8016F		PC18-3016F	
Voltaje nominal sistema baterías		12V/24V/48VDC (Auto detección); 36V(setting)			
CONTROLADOR ENTRADA	Voltaje de baterías	12V	24V	36V	48V
	Voltaje máximo entrada solar	100V	145V		
	Rango del MPPT	15~95V	30~130V	45~130V	60~130V
	Potencia máxima entrada paneles (12V)	938W		1250W	
	Potencia máxima entrada paneles (24V)	1875W		2500W	
	Potencia máxima entrada paneles (36V)	2813W		3750W	
Potencia máxima entrada paneles (48V)	3750W		5000W		
BATERÍA	Configuraciones de carga	Estado de absorción		Estado de flotación	
	Flooded Battery	14.2V/28.4V/42.6V/56.8V		13.7V/27.4V/41.1V/54.8V	
	AGM/Gel/LEAD battery (predeterm.)	14.4V/28.8V/43.2V/57.6V		13.7V/27.4V/41.1V/54.8V	
	Voltaje de sobre-carga	15.5V/30.0V/45.0V/60.0V			
	Voltaje recuperacion de sobre-carga	14.5V/29.5V/44.5V/59.0V			
	Voltaje bajo batería defectuosa	10.0V/17.0V/25.5V/34.0V			
	Coefficiente compensación temperatura	-3mV/°C /celda (25°C vef)			
MPPT	Pico de eficiencia de conversión	98% (MPPT Eficiencia 99%)			
	Máxima corriente de carga	60 amps constantes @ 40°C ambiente		80 amps constantes @ 40°C ambiente	
Especificaciones Generales	Modo de ventilación	ventilación forzada			
DISPLAY & PROTECCIÓN	Protecciones	Desconexión voltaje FV excesivo Reconexión voltaje FV excesivo Desconexión voltaje batería excesivo Reconexión voltaje batería excesivo Desconexión temperatura excesiva Reconexión temperatura excesiva			
		En pared			
Especificaciones Físicas	Montaje	En pared			
	Dimensiones (W*H* D)	152*100*294mm			
	Peso (Kg)	3Kg/pcs			
	Dimensiones paquete (W*H* D)	612*308.2*235.6mm			
	Peso total (Kg) (por embalaje)	17.4Kg		19Kg (per Carton)	
OTROS	Lugar de instalación	Interior			
	Rango temperatura de funcionamiento	-25~55°C			
	Humedad ambiente	0~90% humedad relativa(sin condensación)			
	Altitud	≤3000m			
	Contenedor(20GP/40GP/40HQ)	3000pcs / 6000pcs / 7200pcs			

* Product specifications are subject to change without further notice.

Anexo E: Características del cable CENTELSA H1Z2Z2-K

CABLE CENTELSA FOTOVOLTAICO H1Z2Z2-K 1,0 kV AC (1,5 kV DC) 90°C HF FR

Conductor		Aislamiento		Cubierta		Peso Total Aproximado	Ampacidad ⁽²⁾		
Calibre	Resistencia Eléctrica DC a 20°C	Espesor Nominal	Diametro Aproximado	Espesor Nominal	Diametro Aproximado		Un Cable al Aire	Un Cable Sobre una Superficie	Dos Cables en Contacto Sobre Superficie
mm ²	Ω/km	mm	mm	mm	mm	kg/km	A		
1,5	13,2980	0,70	3,06	0,80	4,74	31	30	29	24
2,5	7,9693	0,70	3,53	0,80	5,21	42	41	39	33
4	4,9408	0,70	4,08	0,80	5,76	58	55	52	44
6	3,2906	0,70	4,66	0,80	6,34	78	70	67	57
10	1,8928	0,70	5,65	0,80	7,33	120	98	93	79
16	1,2036	0,70	6,54	0,90	8,44	183	132	125	107
25	0,7717	0,90	8,21	1,00	10,31	280	176	167	142
35	0,5484	0,70	9,38	1,10	11,66	380	218	207	176
50	0,3815	1,00	11,08	1,20	13,58	537	276	262	221
70	0,2689	1,10	13,05	1,20	15,55	752	347	330	278
95	0,2038	1,10	15,24	1,30	17,94	980	416	395	333
120	0,1592	1,20	17,26	1,30	19,96	1254	488	464	390
150	0,1281	1,40	19,31	1,40	22,23	1549	566	538	453
185	0,1048	1,60	21,40	1,60	24,72	1893	644	612	515
240	0,0793	1,70	27,77	1,70	31,31	2593	775	736	620

CABLE CENTELSA FOTOVOLTAICO PV XLPE 2000 V 90°C SR

Conductor		Aislamiento		Peso Total Aproximado	Ampacidad ⁽²⁾	
Calibre	Resistencia Eléctrica DC a 20°C	Espesor Nominal	Diametro Aproximado		Un Cable al Aire	Hasta Tres Conductores en Ducto
AWG	Ω/km	mm	mm	kg/km	A	
14	8,4443	1,90	5,92	50	30	23
12	5,3149	1,90	6,42	65	41	30
10	3,3436	1,90	7,06	88	56	41
8	2,1021	2,16	8,36	126	78	55
6	1,3226	2,16	9,42	182	106	73
4	0,8478	2,16	10,44	263	141	96
2	0,5332	2,16	11,98	389	190	129
1/0	0,3351	2,67	14,94	604	259	172
2/0	0,2659	2,67	16,08	739	300	194
4/0	0,1688	2,67	19,52	1140	405	260
250	0,1429	3,05	21,56	1365	455	290
500	0,0728	3,05	30,69	2650	703	430

Anexo F: Simulación del seguidor del punto máximo de potencia (MPPT) del conjunto de paneles

