



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

### Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

#### Carrera de Ingeniería Electromecánica

**Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía eléctrica de la granja avícola “GRAVIPAL” ubicada en el cantón Palanda de la provincia de Zamora Chinchipe.**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico.

#### **AUTOR:**

Jhon Michael Pinta Seminario.

#### **DIRECTOR:**

Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio, Mg.Sc.

Loja – Ecuador

2022

## Certificación

Loja 31 de agosto de 2022

Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio, Mg. Sc.

### **DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

#### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía eléctrica de la granja avícola “GRAVIPAL” ubicada en el cantón Palanda de la provincia de Zamora Chinchipe**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Electromecánico**, de la autoría del estudiante **Jhon Michael Pinta Seminario**, con **cedula de identidad Nro 1105887895**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:  
**IVAN ALBERTO  
CORONEL  
VILLAVICENCIO**

---

Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio, Mg. Sc.

### **DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo **Jhon Michael Pinta Seminario**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**.....  


**Cédula:** 1105887895

**Fecha:** 01/12/2022

**Correo electrónico personal:** [jmpintas@unl.edu.ec](mailto:jmpintas@unl.edu.ec)

**Correo electrónico institucional:** [jmpintas@unl.edu.ec](mailto:jmpintas@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0991052755

**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total  
y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Titulación**

Yo, **Jhon Michael Pinta Seminario**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía eléctrica de la granja avícola “GRAVIPAL” ubicada en el cantón Palanda de la provincia de Zamora Chinchipe**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Electromecánico**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, al día uno del mes de diciembre del dos mil veintidós.

**Firma:**



**Autor:** Jhon Michael Pinta Seminario

**Cédula de identidad:** 1105887895

**Dirección:** Loja-Turunuma Alto

**Teléfono:** 0991052755

**Correo electrónico:** [jmpintas@unl.edu.ec](mailto:jmpintas@unl.edu.ec)

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Titulación:** Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio, Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de investigación lo dedico a mis padres Rosa Seminario y Jorge Pinta, quienes con su arduo esfuerzo y sacrificio me han guiado en este sendero de estudio y me han apoyado innumerables veces a seguir adelante con mis metas, sueños y anhelos, sin su apoyo incondicional nunca lo hubiera logrado.

Este trabajo también va dedicado a mis hermanos y amigos quienes me han acompañado y apoyado con sus valiosas palabras y consejos para seguir avanzando con mis estudios y seguir mejorando cada día.

*Jhon Michael Pinta Seminario*

## **Agradecimiento**

Hago extenso mi agradecimiento a mis padres quienes me han brindado su apoyo incondicional en cada aspecto de mi vida y siempre me han apoyado en los logros de mi vida. Gracias a su ejemplo, esfuerzo y dedicación he podido obtener la fuerza necesaria para seguir adelante y triunfar en cada meta que me he proyectado.

Al mismo tiempo quiero agradecer infinitamente al ingeniero Iván Coronel por su asesoría y ayuda en este sendero del conocimiento, quien supo confiar en mí y de esta manera supo guiarme hasta cumplir con este trabajo de investigación que representa un nuevo peldaño en mi camino como profesional.

También agradezco a la Universidad Nacional de Loja a la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Renovables y a la Carrera de Ingeniería Electromecánica y a todos los docentes que aportan parte de sus conocimientos y experiencias para mi formación profesional de esta manera orientaron este camino académico para mi desarrollo profesional.

***Jhon Michael Pinta Seminario***

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>ii</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>vii</b>
Índice de Tablas .....	x
Índice de Figuras .....	xii
Índice de Anexos .....	xii
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
2.1. Abstract .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco Teórico</b> .....	<b>6</b>
4.1. Generalidades .....	6
4.1.1. Fuentes de energía .....	6
4.1.2. Energía renovable .....	6
4.1.3. Energía solar .....	6
4.1.4. Radiación solar .....	7
4.1.4.1. Radiación directa.....	8
4.1.4.2. Radiación difusa.....	8
4.1.4.3. Radiación reflejada.....	8
4.1.4.4. La radiación global.....	8
4.1.5. Factores de radiación solar .....	9
4.1.6. Constante solar.....	9
4.1.7. Hora Solar Pico (HSP).....	9
4.1.8. Sistemas de energía fotovoltaica.....	10
4.1.9. Panel fotovoltaico .....	11
4.1.10. Efecto fotovoltaico.....	11
4.1.11. Tipos de paneles solares .....	12
4.1.12. Regulador de carga .....	12
4.1.13. Inversor de corriente .....	13

4.1.14. Batería para sistemas fotovoltaicos.....	13
4.1.15. Tipos de baterías .....	14
4.1.16. Normativas del Ecuador para implementar sistemas fotovoltaicos .....	15
4.2. Granjas avícolas .....	15
4.2.1. Generalidades.....	15
4.2.2. Acondicionamiento de una granja de pollos .....	15
4.3. Manejo de pollos .....	16
4.4. Efecto de la temperatura y la humedad relativa en los parámetros productivos y la transferencia de calor en pollos de engorde .....	17
4.4.1. Bombillas y calefactores para aves .....	19
4.5. Implementos de una granja de pollos .....	19
<b>5. Metodología.....</b>	<b>23</b>
5.1. Materiales .....	23
5.2. Métodos .....	23
5.2.1. Revisión de bibliografía.....	23
5.2.2. Determinación de los parámetros y condiciones que requiere una granja avícola.....	23
5.2.3. Exploración de la información referente al potencial solar en el lugar de emplazamiento del proyecto.. .....	24
5.2.4. Esquematización de las edificaciones que conforman la granja avícola GRAVIPAL .....	24
5.2.5. Determinación de la cantidad de energía requerida para el funcionamiento adecuado de la granja GRAVIPAL .....	24
5.2.6. Selección de componentes para el sistema fotovoltaico aislado que alimentará la granja GRAVIPAL .....	24
5.2.7. Investigación y recopilación de precios referenciales y unitarios de los elementos que conforman el sistema fotovoltaico .....	24
5.2.8. Sistema fotovoltaico .....	25
5.2.8.1. Demanda energética para cada uno de los galpones y demás edificaciones de la granja.	25
5.2.8.2. Potencial solar en el lugar de emplazamiento de la granja GRAVIPAL.....	26
5.2.8.3. Estimación del ángulo óptimo para instalar los paneles solares.....	26
5.2.8.4. Estimación de pérdidas y balance óptimo del sistema (BOS).....	27
5.2.8.5. Selección de los paneles solares .....	28
5.2.8.6. Selección de baterías .....	29
5.2.8.7. Selección del regulador de carga.....	30
5.2.8.8. Selección del inversor de corriente Continua - Alterna.....	30
5.2.8.9. Selección del calibre de conductor para corriente continua .....	31
5.2.8.10. Selección del calibre del conductor para corriente alterna .....	32
5.2.8.11. Elaboración de planos y diagramas unifilares .....	33



<b>6. Resultados</b> .....	34
6.1. Generalidades .....	34
6.2. Parámetros y condiciones que requiere una granja avícola .....	34
6.3. Levantamiento de datos de la granja avícola “GRAVIPAL” .....	36
6.4. Procedimiento de cálculo .....	37
6.5. Levantamiento de medidas de los galpones .....	37
6.5.1. Sistema fotovoltaico .....	39
6.5.1.1. Demanda energética para toda la granja avícola .....	39
6.5.1.2. Potencial Solar del lugar donde se encuentra la granja “GRAVIPAL” .....	40
6.5.1.3. Ángulo óptimo para instalar los paneles solares .....	41
6.5.1.4. Balance óptimo del sistema (BOS) .....	42
6.5.1.5. Selección de los paneles solares .....	43
6.5.1.6. Selección de baterías .....	45
6.5.1.7. Selección del regulador de carga .....	47
6.5.1.8. Selección del inversor de corriente .....	48
6.5.1.9. Selección del calibre de conductor para corriente continua .....	49
6.5.1.10. Selección del calibre del conductor para corriente alterna .....	50
6.5.1.11. Costos unitarios y presupuesto referencial .....	51
6.5.1.12. Diagrama de conexión .....	52
6.5.1.13. Recuperación de Inversión .....	53
<b>7. Discusión</b> .....	55
<b>8. Conclusiones</b> .....	56
<b>9. Recomendaciones</b> .....	57
<b>10. Bibliografía</b> .....	58
<b>11. Anexos</b> .....	61

## **Índice de tablas:**

<b>Tabla 1.</b> Procedimientos de limpieza y desinfección previos al alojamiento del pollito. ....	17
<b>Tabla 2.</b> Valores de temperatura para crianza de aves. ....	18
<b>Tabla 3.</b> Disposición de la criadora, área a calentar, edad y número de pollitos. ....	21
<b>Tabla 4.</b> Datos de temperatura recomendados para la crianza de pollos de engorde. ....	34
<b>Tabla 5.</b> Porcentaje de humedad recomendados para la crianza de pollos de engorde. ....	35
<b>Tabla 6.</b> Densidad poblacional recomendada para la crianza de pollos de engorde. ....	36
<b>Tabla 7.</b> Bombillas de luz de baja potencia. ....	39
<b>Tabla 8.</b> Datos de radiación solar del cantón Palanda. ....	40
<b>Tabla 9.</b> Características técnicas del panel solar seleccionado. ....	44
<b>Tabla 10.</b> Especificaciones técnicas de la batería seleccionada. ....	46
<b>Tabla 11.</b> Características técnicas de controlador de carga seleccionado. ....	48
<b>Tabla 12.</b> Ficha técnica del inversor ZOHAN TW500-12. ....	49
<b>Tabla 13.</b> Descripción de resultados de caída de tensión y selección de conductores. ....	52
<b>Tabla 14.</b> Costos unitarios de los equipos del sistema fotovoltaico. ....	51
<b>Tabla 15.</b> Especificaciones técnicas de los conductores eléctricos AWG. ....	54
<b>Tabla 16.</b> Tiempo de recuperación del dinero para el sistema fotovoltaico. ....	55

## Índice de figuras:

<b>Figura 1.</b> Algunos ejemplos de energía renovable: fotovoltaica, geotérmica, eólica. ....	6
<b>Figura 2.</b> Tipos de energía solar, aprovechadas con mecanismo diferentes. ....	7
<b>Figura 3.</b> Diagrama descriptivo de los tipos de radiación solar. ....	8
<b>Figura 4.</b> Diagrama de la constante solar. ....	9
<b>Figura 5.</b> Diagrama de las Horas Solar Pico. ....	10
<b>Figura 6.</b> Esquema de conexión se los componentes de un sistema fotovoltaico. ....	10
<b>Figura 7.</b> Generadores fotovoltaicos o paneles solares. ....	11
<b>Figura 8.</b> Descripción gráfica del efecto fotovoltaico en un panel solar. ....	11
<b>Figura 9.</b> Descripción gráfica del efecto fotovoltaico en un panel solar. ....	12
<b>Figura 10.</b> Reguladores de carga para sistemas fotovoltaicos, tipo MPPT y PWM. ....	13
<b>Figura 11.</b> Inversor de corriente para sistemas fotovoltaicos. ....	13
<b>Figura 12.</b> Baterías para sistemas fotovoltaicos. ....	14
<b>Figura 13.</b> Acondicionamiento de granjas. ....	16
<b>Figura 14.</b> Bombilla para el sistemas fotovoltaicos. ....	19
<b>Figura 15.</b> Implementos y equipos para un galpón de pollos. ....	22
<b>Figura 16.</b> Localización de la granja avícola en el cantón Palanda. ....	26
<b>Figura 17.</b> Lugar de asentamiento de la granja de pollos “GRAVIPAL”.....	36
<b>Figura 18.</b> Galpones de la ganaja de pollos GRAVIPAL. ....	37
<b>Figura 19.</b> Curva de radiación solar media mensual cantón Palanda .....	40
<b>Figura 20.</b> Panel solar seleccionado RSM 230WP .....	44
<b>Figura 21.</b> BATERÍA SOLAR 12V/250 Ah.....	46
<b>Figura 22.</b> Controlador de carga tipo MPPT de 50 A STUDER. ....	47
<b>Figura 23.</b> Inversor ZOHAN TW500-12. ....	48
<b>Figura 24.</b> Diagrama de conexión de los componentes del sistema fotovoltaico calculado...	52

## **Índice de anexos:**

<b>Anexo 1.</b> Descripción de características de los conductores AWG.....	611
<b>Anexo 2.</b> Características del Panel solar RS7E-230M. ....	6162
<b>Anexo 3.</b> Características de la Batería Solar 12V/250 Ah.....	64
<b>Anexo 4.</b> Características del controlador MPPT 50ª STUDER.....	66
<b>Anexo 5.</b> Características del inversor ZOHAN TW500-12.....	67
<b>Anexo 6.</b> Planos de los galpones de la granja.....	69
<b>Anexo 7.</b> Conexión del Sistema Fotovoltaico. ....	70
<b>Anexo 8.</b> Diagrama de conexión de luminarias en la construcción de la granja y diagrama unifilar.....	71
<b>Anexo 9.</b> Certificado de Traducción del Resumen .....	72

## **1. Título**

**Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía eléctrica de la granja avícola “GRAVIPAL” ubicada en el cantón Palanda de la provincia de Zamora Chinchipe.**

## 2. Resumen

En el presente trabajo de titulación se realizó el diseño de un sistema fotovoltaico para abastecer la demanda de energía eléctrica de la granja avícola GRAVIPAL, ubicada en la cabecera cantonal de Palanda provincia de Zamora Chinchipe. Dicha granja se asienta sobre una superficie aproximada de 215 metros cuadrados, dispone de 5 galpones de 40 metros cuadrados cada uno y de una bodega de 15 metros cuadrados.

La demanda de energía se representa por el consumo eléctrico de 2 circuitos de iluminación, los cuales están diseñados con una intensidad luminosa de 30 lux, de acuerdo a lo recomendado por (Aviagen, 2019) para cada galpón, cada uno de los circuitos requieren una potencia de 54 W y 45W, adicionalmente se dimensionó un circuito de alimentación para una bomba de agua de 373 W, la demanda total alcanza un valor 1590,5 *Wh* por cada día. El diseño del sistema fotovoltaico parte de la capacidad de radiación solar que existe en el lugar de estudio, misma que es de 3,15 kWh/m<sup>2</sup>día, toda esta información se obtuvo de la plataforma web de la Universidad Nacional de Loja. El sistema diseñado dispone de: 7 paneles solares de 230 Wp, 4 baterías de 250 Ah, 2 reguladores de carga de 50 A y un inversor de corriente de 500 W.

El sistema diseñado alcanzó un balance óptimo de 78,9 %, y el ángulo de inclinación para la instalación de los paneles solares es de 6,72°, de forma complementaria se procedió a dimensionar los conductores eléctricos, tomando en cuenta la capacidad de conducción y de caída de tensión, la cual no debe de superar el 3% que sería el valor recomendado por de la NEC (National Electrical Code).

También se realizó un análisis de costos unitarios de los equipos, con la finalidad de obtener un valor del presupuesto aproximado para la implementación del sistema fotovoltaico. Finalmente, se procedió a elaborar los planos y diagramas de conexión para detallar la disposición de los elementos.

**Palabras Claves:** Sistema Fotovoltaico, energías renovables, radiación solar, demanda energética.

## 2.1. Abstract

The present thesis project tells about the design of a solar photovoltaic system, which is for the supply of the GRAVIPAL poultry farm, located in Palanda Zamora Chinchipe• Ecuador. This farm is about 215m<sup>2</sup>, on the surface, with 5 sheds of 40 m<sup>2</sup> each one, and a pantry of 15 m<sup>2</sup>.

The power needed for this farm represents the electrical power of two illumination circuits of 30 lux. A number is given by Aviagen (2019) for each shed. Each circuit is 54 watts and 45 watts respectively. In addition, it was also designed a supply and a circuit for water pump of 373 watts. Being the total power supply 1590.5 Wh each day. On the other hand, the power needed begins with the solar influence ratio on the site, which is 3.15 kWh/m<sup>2</sup>day.

All this information was given by the Universidad Nacional de Loja website. So, in the end, the system counted on 7 solar panels of 230 Wp each, 4 batteries of 250 Ah, 2 current regulators of 50 A, and a current inverter of 500 W. Finally, the system reached 78.9% efficiency, with an inclination angle for the panels of 6. 72 degrees. In addition, the cables were designed taking the National Electric Code.

In the end, a unit cost analysis was also made, giving approximately the cost for the construction of the system, as well as the mechanical and electrical drawings, for more detail.

**Keywords:** solar system, panels, shed, water pump, solar electric demand, design, implementation

### 3. Introducción

En la actualidad, el impacto que tienen las energías renovables a nivel mundial, genera un gran interés en los investigadores para desarrollar trabajos en esta área. El presente proyecto se ha enfocado en el aprovechamiento de la energía solar mediante mecanismos de generación de energía fotovoltaica, utilizando paneles solares.

El diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos autónomos, permite la alimentación de energía eléctrica en cualquier lugar, inclusive en lugares donde no hay cobertura de red eléctrica. El procedimiento de diseño comprende dimensionar y seleccionar los elementos para el sistema de generación de energía, el elemento principal es el panel solar, mismos que son placas constituidas por células fotovoltaicas que utilizan el choque de los fotones de la luz solar para generar un diferencial de voltaje y por ende inducir una corriente, este proceso es conocido como el efecto fotovoltaico. Otros elementos importantes de los sistemas fotovoltaicos son las baterías, el regulador de carga e inversor de corriente. (Bayod, 2009)

El incremento acelerado de la industria alimenticia genera grandes costos por consumo eléctrico, lo que hace buscar alternativas energéticas económicas y amigables con el ambiente para suplir la demanda eléctrica. En el cantón Palanda de la provincia de Zamora Chinchipe, la industria avícola ha tenido un gran auge, sin embargo, se ve afectada por la falta de acceso a redes eléctricas en lugares donde se asientan las granjas, debido a la ubicación geográfica los costos de instalación eléctrica son elevados y los avicultores no pueden cubrir esos gastos.

En la búsqueda de soluciones para la problemática expuesta se considera la propuesta de implementar un sistema fotovoltaico autónomo de generación de energía eléctrica para la granja avícola GRAVIPAL, ubicada en el cantón Palanda, mismo que permitirá evitar pérdidas por caída de tensión, además de daños a la vegetación, esta propuesta se constituye como técnica innovadora para el abastecimiento de energía eléctrica para la granja avícola con energía renovable.

El contenido del presente trabajo está distribuido en once apartados. Describiremos desde la cuarta sección, donde se detalla la revisión bibliográfica que describe las generalidades y fundamentos teóricos, en la quinta sección se expone los materiales y métodos aplicados en el desarrollo del trabajo de titulación, la sexta sección contiene la descripción de los resultados obtenidos, finalmente las secciones séptima, octava, novena y décima contienen



respectivamente: la discusión, conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas. Los objetivos propuestos para el presente proyecto son:

**Objetivos:**

**Objetivo general.**

- Diseñar un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía eléctrica de la granja avícola “GRAVIPAL” ubicada en el cantón Palanda de la provincia de Zamora Chinchipe.

**Objetivos específicos.**

- Realizar un diagnóstico de las necesidades energéticas y de los recursos solares del lugar para la granja GRAVIPAL.
- Diseñar los circuitos eléctricos de la granja GRAVIPAL.
- Dimensionar y seleccionar los componentes para el sistema fotovoltaico.

## 4. Marco Teórico

### 4.1. Generalidades

El término energía, incluye varias definiciones de acuerdo lo que se vaya a realizar. En termodinámica la energía es la capacidad para efectuar cambios, donde el calor es la forma de la energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia de temperatura. En física la energía es la capacidad de realizar un trabajo. (Cengel Y. A., 2009)

#### 4.1.1. Fuentes de energía

Son los recursos naturales desde los cuales se puede obtener energía y emplearla para realizar actividades, generalmente casi todas las fuentes de energía o depósitos de estas son provenientes del Sol. Hay dos tipos de energías: las energías renovables son los recursos ilimitados como, viento, agua, elementos orgánicos, luz solar, etc. Las energías no renovables son las proveniente de recursos limitados como carbón, petróleo, gas natural, etc. (Recio, 2021)

#### 4.1.2. Energía renovable

Se denomina energía renovable ya que la velocidad de consumo es menor que la de su regeneración, lo que lo hace ilimitada a escala humana, estas energías son: energía mareomotriz, energía hidráulica, energía eólica, energía solar, energía de la biomasa, la Figura 1 describe las energías renovables utilizables por el hombre.



Figura 1. Algunos ejemplos de energía renovable: fotovoltaica, geotérmica, eólica.  
Autor: (Metropol, 2022)

#### 4.1.3. Energía solar

El globo terrestre año a año recibe la energía solar en forma de luz y calor en una gigantesca cantidad equivalente a miles de veces a la cantidad de energía consumida. La energía proveniente del Sol a escala humana es ilimitada, existe gran disponibilidad sin

embargo el aprovechamiento de esta energía es reducido a razón de la limitada disponibilidad tecnológica. (Sarmiento Vintimilla, 2011)

La Figura 2 describe los tres tipos de energía solar. La luz del Sol puede ser convertida en electricidad a través de celdas solares fotovoltaicas, estas celdas son ensambladas formando módulos, también se puede utilizar la energía solar térmica captando la radiación por medio de elementos denominados colectores o concentradores solares, los cuales disminuyen las pérdidas de calor y aumentan la energía absorbida, y en algunos casos, cuentan con seguidores de Sol para mejorar este propósito, se puede emplear para calentar agua o secado de productos etc., y existe una tercera forma denominada energía solar pasiva, la cual es una energía aprovechada en construcción o adecuación de una vivienda con el fin de calentarla o refrescarla, haciendo uso de elementos como muros o cubiertas que actúan como colectores solares, contruidos con materiales acumuladores de calor, como el ladrillo, la piedra y la teja de barro. (HGIngeniería, 2018)

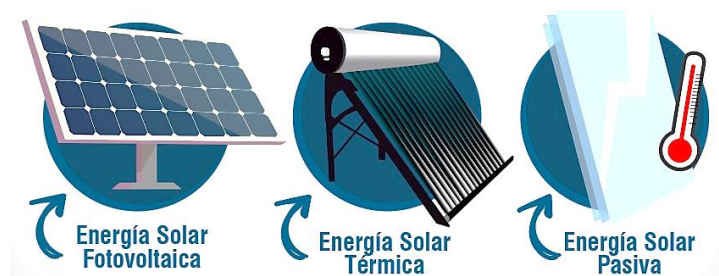


Figura 2. Tipos de energía solar, aprovechadas con mecanismo diferentes.  
Autor: (HGIngeniería, 2018)

#### **4.1.4. Radiación solar**

Es la energía emitida por el sol en forma de radiación electromagnética que llega a la atmósfera, esta energía se mide en la superficie horizontal mediante el sensor de radiación en un lugar libre de sombras. La unidad de medida ( $W/m^2$ ), la radiación solar medida en cada una de las estaciones meteorológicas es ofrecida en unidades de potencia y está  $W/m^2$ .

El levantamiento de datos se puede dar en varios intervalos de tiempo, en el caso de los datos recogidos cada 10 minutos se trata de la potencia media en 10 minutos y en el caso de la radiación diaria representa la potencia media del día. La Figura 3 ilustra los cuatro tipos de radiación estos son: radiación directa, radicción difusa, radiación reflejada y radiación global. (Navarra, 2022)

#### 4.1.4.1. Radiación directa

Se denomina radiación directa a la radiación que llega directamente del Sol hacia la superficie de la Tierra, es decir esta radiación no se ha cambiado de dirección, en otras palabras, no ha chocado con ningún cuerpo durante el trayecto. (Navarra, 2022)

#### 4.1.4.2. Radiación difusa

Esta radiación solar llega a la superficie de la Tierra luego de haber chocado con algunos elementos en la atmósfera como: polvo, nubes, etc. (Rodríguez J. , 2008)

#### 4.1.4.3. Radiación reflejada

Es la radiación reflejada por la superficie terrestre; cobra importancia en las zonas con nieve, con agua o cualquier otra zona donde la reflexión sea importante. (Rodríguez J. , 2008)

#### 4.1.4.4. La radiación global

Se denomina a la radiación resultante de la suma de la radiación difusa y la radiación directa. (Rodríguez J. , 2008)

La radiación solar dentro del espectro visible se distribuye desde el infrarrojo hasta ultravioleta, no siempre toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, ya que las ondas ultravioletas, más pequeñas, son absorbidas por los gases de la atmósfera específicamente por el ozono, los términos más importantes de la radiación son Irradiancia e Irradiación. La radiación solar que llega a la superficie de la tierra es la irradiancia, que mide la energía por unidad de tiempo y área, alcanza a la tierra, la constante de irradiancia es de  $1\text{kW/m}^2$ . (Galarza Lopez, 2017)

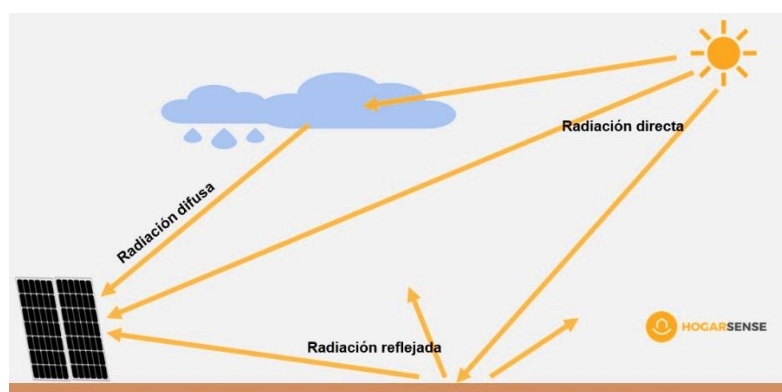


Figura 3. Diagrama descriptivo de los tipos de radiación solar.  
Autor: (Hogarense, 2022)

#### 4.1.5. Factores de radiación solar

Algunos factores que inciden la radiación solar que receipta la tierra son: la hora del día, la latitud del lugar, la orientación de la superficie receptora y las condiciones climatológicas del lugar como nubosidad, casi todos los factores incidentes en la radiación solar son medibles o calculables, pero el comportamiento climatológico únicamente se puede pronosticar. (Solano, 2020)

#### 4.1.6. Constante solar

Constante solar es el nombre con el que se define la energía del Sol, por unidad de tiempo, esta energía es receiptada en una superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación solar.

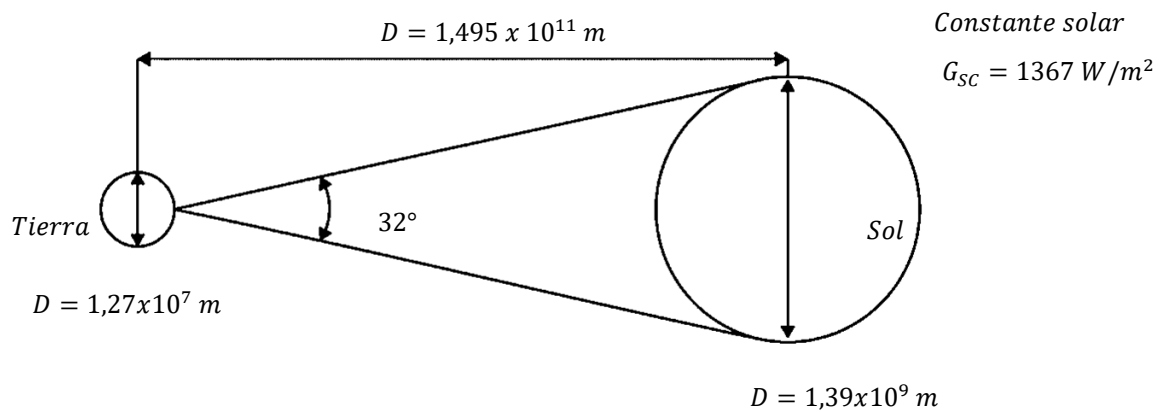


Figura 4. Diagrama de la constante solar.  
Autor: (Romero Márquez & Solano Jiménez, 2020)

La Figura 4 ilustra un diagrama de las dimensiones y geometría y la distancia entre el Sol y la Tierra, en este gráfico se detalla un valor de la constante solar de  $1367 \text{ W/m}^2$  el cual es adoptado por el Centro de Radiación Mundial (WRC) por sus siglas en inglés de World Radiation Center. (Chamorro, 2015)

#### 4.1.7. Hora Solar Pico (HSP)

La Figura 5 detalla el diagrama de las Horas Solar Pico, estas son las horas de Irradiación proveniente del Sol a la Tierra durante un día, depende del mes y ubicación geográfica del lugar alcanza una media de 3 a 7 horas por día.



Figura 5. Diagrama de las Horas Solar Pico.  
Autor: (AutoSolar, 2020)

#### 4.1.8. Sistemas de energía fotovoltaica

Básicamente la energía fotovoltaica es aquella energía eléctrica obtenida a partir de la luz solar, esta energía se produce mediante el principio del efecto fotovoltaico producido en los generadores (paneles solares) durante el día.

Los módulos reciben la energía solar y se encargan de convertirla en energía eléctrica directa, la cual es direccionada hacia un regulador de carga y otros dispositivos eléctricos, como las baterías y el inversor de corriente, estos equipos se emplean dependiendo de la configuración del sistema fotovoltaico a implementar, véase la Figura 6.

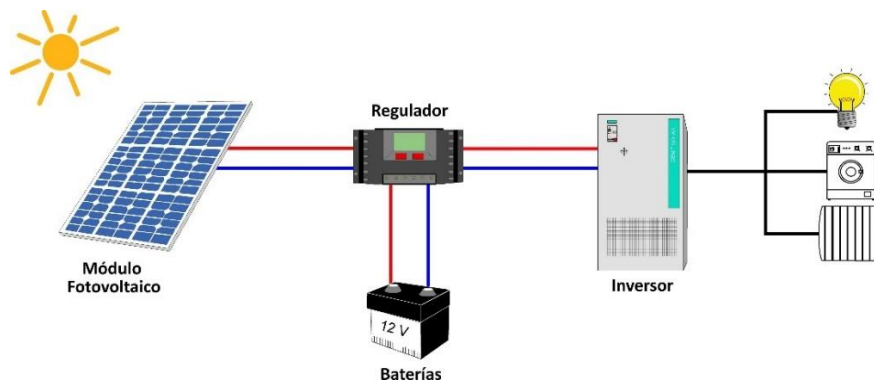


Figura 6. Esquema de conexión de los componentes de un sistema fotovoltaico.  
Autor: (Medioambienteynaturaleza, 2022)

El inversor convierte la corriente continua en corriente alterna, esta corriente alterna es el tipo de electricidad que generalmente los aparatos y electrodomésticos requieren para funcionar. Los usos que se le puede dar a este tipo de energía son variados y dependen principalmente de la configuración del sistema instalado.

Los sistemas que cuentan con un banco de baterías para el almacenamiento de energía son ideales para lugares donde no hay la posibilidad de conexión a la red eléctrica. Estos bancos de almacenamiento se componen de baterías los cuales tienen usos en hogares, fincas, industria, comercio, transporte, edificios, comunicaciones, alimentando algunos equipos que requieran de energía eléctrica para funcionar en cualquier momento del día. (HGIngeniería, 2018)

#### 4.1.9. Panel fotovoltaico

Los paneles solares son generadores de energía eléctrica a partir de la radiación solar, estos se conforman por células fotovoltaicas, a la vez esta célula fotovoltaica se forma de un material dividido en dos regiones, una que podríamos considerar cargada positiva, la cual contiene a los huecos y otra negativa con exceso de electrones.



Figura 7. Generadores fotovoltaicos o paneles solares.  
Autor: (Medioambienteynaturaleza, 2022)

#### 4.1.10. Efecto fotovoltaico

Se denomina efecto fotovoltaico al proceso mediante el cual se usa un material semiconductor para absorber y emitir electrones, estimulados por la radiación solar como fuente de energía. Cuando un fotón choca contra un electrón que se encuentre ubicado en la última órbita de un átomo del material semiconductor (silicio), empieza el efecto fotovoltaico.

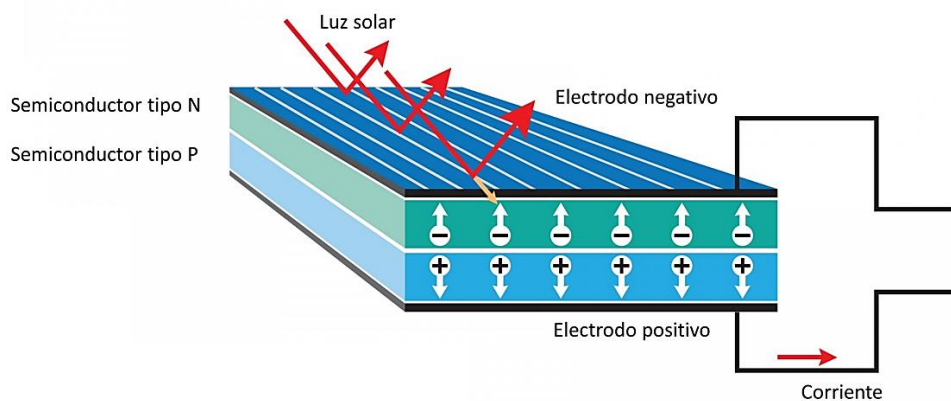


Figura 8. Descripción gráfica del efecto fotovoltaico en un panel solar.  
Autor: (Onlinestorecheaps, 2022)

La Figura 8 describe el efecto fotovoltaico, el choque del fotón con el material semiconductor induce al electrón a que obtenga energía del fotón y pueda excitarse. Si la energía que el electrón obtiene del fotón es más alta que la que tiene la fuerza de atracción del núcleo del átomo de silicio, estaremos ante una salida del electrón de la órbita. La luz del sol

está compuesta de fotones. Estos fotones contienen diferentes cantidades de energía correspondientes a varias longitudes de onda de luz. Cuando los fotones golpean una célula fotovoltaica, pueden ser absorbidos, reflejados o pasar a través de estas células. La absorción de los fotones en la célula solar da lugar a la generación de un par de agujeros de electrones. Esta generación de pares de agujeros de electrones da como resultado la generación de un voltaje, que puede conducir la corriente en un circuito externo. (Bayod, 2009)

#### **4.1.11. Tipos de paneles solares**

Existen 3 tipos de paneles solares, estos están clasificados de acuerdo a su construcción y material, los tipos de paneles solares son: panel monocristalino, panel policristalino, panel amorfo



Figura 9. Descripción gráfica del efecto fotovoltaico en un panel solar.  
Autor: (Becerra, 2022)

#### **4.1.12. Regulador de carga**

Un regulador de carga solar, también llamados controladores de carga, es un aparato electrónico que controla el flujo de energía (tanto el voltaje como los amperios) generado por las placas solares y lo regula antes de ser enviado a las baterías. Los reguladores de carga solar actúan como limitadores de voltaje y los adecuan al sistema, ya sea 12V, 24V o 48 V, evitando el deterioro de las baterías por cargas incorrectas, evitando la sobrecarga por sobretensión y cuidando el estado general de las baterías para alargar su vida útil al máximo.

Como todos los sistemas no son iguales, existen diferentes tipos de controladores de carga que se adecuan en función de las características del sistema. Cuanto mayor capacidad tengan las baterías, mayor flujo de carga necesitaremos para evitar ralentizar en exceso el tiempo de carga de la batería. Tampoco es lo mismo un sistema con una sola batería a 12V que un sistema de baterías con dos baterías de 12V en serie, por lo que para elegir nuestro regulador de carga solar tendremos que fijarnos tanto en los amperios de salida como en la tensión (12V, 24V, 48V, etc.).



Es importante conocer la tensión máxima que producen las placas, ya sea una sola o varias conectadas en serie, para determinar el regulador de carga correcto puesto que unos reguladores están pensados para sistemas más pequeños máximo de 30V de entrada y otros para sistemas enormes de más de 200V de tensión de las placas. Existen dos tipos de reguladores de carga, se clasifican por la tecnología, puede ser MPPT y PWM. (Provierto.S.A, 2022).



Figura 10. Reguladores de carga para sistemas fotovoltaicos, tipo MPPT y PWM.  
Autor: (MBaterías, 2022)

#### ***4.1.13. Inversor de corriente***

Un inversor de corriente convierte la corriente continua generada por los paneles fotovoltaicos en corriente alterna, la cual es la requerida para su uso. Esta energía se destina a recargar la batería y alimentar los consumos que tengamos en las horas de sol. (Soty, 2022)



Figura 11. Inversor de corriente para sistemas fotovoltaicos.  
Autor: (Amazon.com, 2022)

#### ***4.1.14. Batería para sistemas fotovoltaicos***

Las baterías son acumuladores de energía, destinadas a conformar bancos de energía para sistemas que requieren el uso de energía, cuando no se está generando, existen varios tipos de baterías, algunos de ciclos normales y otras de ciclo profundo. (AutoSolar, 2020)

Las baterías de ciclo profundo son las que tienen la aptitud de descargarse por completo cientos de veces. Por ejemplo, una batería de coche está hecha para proporcionar energía

rápidamente cientos de veces, pero solo puede descargarse totalmente unas 50 veces, mientras que en la cíclica el número es casi infinito en comparación. Además, suelen usarse en placas solares o energías renovables en autocaravanas, sillas de ruedas, iluminación. Llamamos ciclo a una descarga y carga de una batería a cualquier porcentaje. Hay tres tipos de ciclos según la profundidad de descarga (cantidad de descarga de la batería comparada a su capacidad): pequeño, moderado o profundo. El pequeño indica que sólo un pequeño porcentaje del total de la capacidad de la batería es descargado, y así sucesivamente con los otros dos. Los ciclos de vida que soporta una batería cíclica dependen de factores como el mantenimiento, el porcentaje de descarga, la temperatura de la batería. (AutoSolar, 2020)



Figura 12. Baterías para sistemas fotovoltaicos.  
Autor: (AutoSolar, 2020)

#### ***4.1.15. Tipos de baterías***

**Baterías estacionarias.** - Estas baterías no necesitan mantenimiento debido a su tecnología VRLA batería de ácido-plomo regulada por válvula, por lo que no deberá preocuparse de sus niveles de ácido interno

**Baterías de GEL.** - Las baterías de gel son muy útiles para instalaciones solares aisladas o fuera de un punto de conexión a red. Las baterías de GEL destacan por su gran durabilidad, por no necesitar mantenimiento ni emitir gases nocivos. Las características de la batería de gel permiten su buen funcionamiento en instalaciones que se encuentren en movimiento como caravanas o barcos. Batería de gel, la mejor opción por prestaciones y durabilidad.

**Baterías AGM.** -Las baterías AGM son muy útiles para las instalaciones solares que conllevan una elevada intensidad de descarga de las baterías. Las características de las baterías AGM la definen como una batería recargable, sellada y de plomo ácido, que no requiere de

mantenimiento ni ventilación, por lo se convierten en una excelente opción para el sector fotovoltaico, el sector industrial y para el uso doméstico

#### ***4.1.16. Normativas del Ecuador para implementar sistemas fotovoltaicos***

El dimensionamiento e implementación de sistemas de energía renovables son una gran tendencia a nivel mundial, y los gobiernos generan políticas que incentiven a utilizar recursos renovables para la generación de energía eléctrica sin generar contaminantes.

En el Ecuador existe la resolución Nro. ARCERNNR – 029/2020, y la resolución Nro. ARCONEL-042/18 “Características generales para consumidores que tengan interés en instalar  $\mu$ SFV (Sistema de micro generación fotovoltaica)” Sesión de Directorio de 22 de octubre de 2018. En esta resolución se establece las consideraciones que se deben tomar en cuenta para la instalación de un sistema fotovoltaico autónomo:

- El proyecto puede conectarse con las redes de bajo o medio voltaje de la empresa de distribución, según el siguiente esquema.
- El interesado debe ser propietario del inmueble donde se va a instalar el sistema fotovoltaico.
- El diseño de un sistema fotovoltaico tiene como objeto reducir el consumo de energía de la red.
- La instalación del sistema fotovoltaico está condicionado a la emisión de factibilidad de conexión de la empresa distribuidora.
- La capacidad nominal instalada de un sistema fotovoltaico no podrá ser mayor a 100 kW.

## **4.2. Granjas avícolas**

### ***4.2.1. Generalidades***

Una granja avícola es un establecimiento agropecuario dedicado a la cría de aves de corral con propósitos comerciales, ya sea por su carne o por los huevos. La industria avícola se caracteriza por criar grandes cantidades de aves, principalmente pollos y gallinas ponedoras. Dada las características de su producción, las granjas avícolas deben contar con ciertas condiciones específicas en cuanto a su sistema y estructura.

### ***4.2.2. Acondicionamiento de una granja de pollos***

La granja avícola debe establecerse en el espacio rural, la ubicación es de suma importancia por eso se deben tener en cuenta ciertos factores al momento de iniciar este tipo

de actividad tales como el terreno, las vías de comunicación y servicios, las características de la zona, etc.

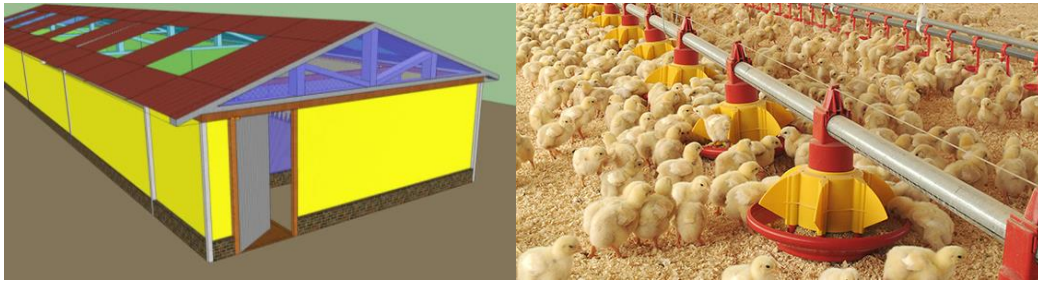


Figura 13. Acondicionamiento de granjas.

Autor: (BMEditores, 2022)

El terreno donde se instalan las casetas o galpones no debe ser propenso a inundaciones y anegaciones, además debe tener como mínimo una pendiente del 1% aproximadamente para facilitar el drenaje. También es importante que las instalaciones no estén expuestas a corrientes de aire excesivas. En cuanto a las vías de comunicación y servicios, la granja avícola siempre requiere caminos en buenas condiciones ya que es necesaria la entrada constante de camiones. A su vez, el terreno debe contar con todos los servicios básicos como agua potable y corriente eléctrica.

#### 4.3. Manejo de pollos

**Bioseguridad.** -Los sitios individuales deben manejar aves de la misma edad (es decir, deben manejarse según el principio «todo dentro/todo fuera»). Los programas de vacunación y limpieza son más difíciles y menos efectivos en sitios con aves de diferentes edades, y es mucho más probable que se produzcan problemas de salud y que el desempeño esté por debajo del nivel óptimo.

Se deben desinfectar y limpiar completamente los galpones, las áreas que los rodean y todos los equipos, antes de la llegada del material de cama y de los pollitos de acuerdo a la lista de verificación de la Tabla 1.

Tabla 1. Procedimientos de limpieza y desinfección previos al alojamiento del pollito.

Área	Acción
Áreas internas para las aves	<p>¿Se han completado la limpieza, la desinfección y la fumigación final de las áreas internas para las aves y de los equipos?</p> <p>¿Se han recibido los resultados sobre la eficacia del proceso (conteo total de bacterias viables [TVC, por su sigla en inglés]/Salmonella)?</p> <p>¿Los materiales de desecho de los procesos de limpieza y desinfección se han eliminado de manera apropiada?</p>
Área externa de la granja	<p>¿Se han limpiado y desinfectado las superficies externas de los edificios?</p> <p>¿Los caminos externos de concreto se han lavado con una lavadora a presión y con agua caliente?</p> <p>¿Se ha cortado el césped o la vegetación dentro del perímetro del área de la granja para evitar la aparición de nidos de roedores?</p>
Oficina de la granja/espacios de usos múltiples	<p>¿Se han lavado, limpiado y desinfectado las oficinas y los espacios de usos múltiples, y se ha eliminado la basura de manera apropiada?</p>
Programa de control de roedores	<p>¿Se ha completado el control de la actividad de los roedores?</p> <p>¿Se ha renovado el cebo en las estaciones de control de roedores?</p>
Equipos	<p>¿Se han limpiado y desinfectado los equipos de la granja?</p> <p>¿Los equipos de repuesto se han guardado en un lugar apropiado en las dependencias o se han trasladado?</p>
Ropas de protección	<p>¿Se ha lavado toda la ropa utilizada en las áreas con aves?</p> <p>¿Se han lavado y desinfectado las botas de goma?</p>
Higiene de la granja	<p>¿Se han renovado los pediluvios con los químicos y en la dilución apropiados?</p> <p>¿El acceso a la granja está restringido?</p> <p>¿Se aplican protocolos apropiados para visitantes (por ejemplo, un libro de registro de visitantes)?</p>

Autor: (Fernandez, 2022)

Posteriormente, se deben implementar sistemas de manejo para evitar el ingreso de patógenos en los galpones. Antes del ingreso, se deben desinfectar los vehículos, los equipos y las personas.

#### 4.4. Efecto de la temperatura y la humedad relativa en los parámetros productivos y la transferencia de calor en pollos de engorde

Existen dos sistemas comunes de control de temperatura utilizados para la crianza de pollos de engorde:

- Crianza por zonas (calentadores colgantes o radiadores). En la crianza por zonas, la fuente de calor es local de manera que los pollitos pueden alejarse hacia áreas más frescas y elegir ellos mismos la temperatura preferida

- Crianza en todo el galpón. La crianza en todo el galpón se refiere a las situaciones en que se calienta el galpón completo o una parte determinada de él mediante una fuente de calor directa o indirecta; el objetivo es lograr una única temperatura en todo el galpón o el espacio aéreo. La fuente de calor es mayor y tiene una distribución más amplia que la utilizada en la crianza por zonas.

Existen otros tipos de crianza y sistemas de control de temperatura. Entre estos, se incluyen sistemas de calefacción por debajo del piso del galpón de pollos de engorde, intercambiadores de calor, nacimiento dentro de los galpones de pollos de engorde, y sistemas de nacimiento-crianza. Estos sistemas deben manejarse siguiendo las instrucciones del fabricante.

Independientemente del sistema de crianza utilizado, el objetivo es estimular la ingesta de alimento y la actividad tan pronto como sea posible. Lograr la temperatura y la HR (Humedad Relativa) óptimas es crítico. En la Tabla 2, se muestran las temperaturas de crianza ideales

Temperaturas del galpón de pollos de engorde. A partir de los 27 días de edad, la temperatura debe permanecer a 20 °C (68 °F) o debe modificarse de acuerdo con el comportamiento del ave. Las temperaturas indicadas se basan en una humedad relativa (HR) de 60-70 % hasta los 3 días de edad, y una HR del 50 % a partir de ese momento.

Tabla 2. Valores de temperatura para crianza de aves.

Edad (días)	Temperatura para crianza en todo el galpón °C o °F	Temperatura para crianza por zonas °C o °F	
		Borde de la criadora (A)	2 m (6.6 ft) desde el borde de la criadora (B)
Un día	30 (86)	32 (90)	29 (84)
3	28 (82)	30 (86)	27 (81)
6	27 (81)	28 (82)	25 (77)
9	26 (79)	27 (81)	25 (77)
12	25 (77)	26 (79)	25 (77)
15	24 (75)		25 (77)
18	23 (73)		24 (75)
21	22 (72)		23 (73)
24	21 (70)		21 (70)
27	20 (68)		20 (68)

Autor: (Fernandez, 2022)

#### **4.4.1. Bombillas y calefactores para aves**

Una bombilla de calor para pollitos es el elemento esencial si decides fabricar tu propia criadora. Si optas por un calentador cerámico para dotar de temperatura a tu criadora recuerda que es necesario que pongas también un sistema de iluminación para que los pollitos puedan ver. Una bombilla led de bajo consumo es suficiente. (Vea Figura 14).



Figura 14. Bombilla para el sistemas fotovoltaicos.  
Autor: (Casarejo, 2022)

#### **4.5. Implementos de una granja de pollos**

El fracaso en esta actividad se debe a la mortalidad, causada principalmente por enfermedades respiratorias y digestivas, como es el caso de la Enfermedad Crónica Respiratoria (ECR) y a la Coccidios, estas enfermedades se producen por el hacinamiento de las aves, altas o bajas temperaturas, humedades altas o bajas, deficiente o excesiva ventilación, es decir debe haber un equilibrio total en el medio ambiente en el cual se encuentran las aves y esto se logra con unas excelentes instalaciones avícolas y por supuesto un buen manejo de las camas y los equipos.

##### **Poceta o pediluvio en la avicultura**

Cada galpón en sus entradas debe contar con una poceta provisionada de un producto a base de amonio cuaternario o yodo al 7 %, para que el personal que entre y salga desinfecte el calzado y no difunda enfermedades. Hay que procurar cambiar el líquido desinfectante diariamente.

##### **Cortinas para la avicultura**

Las cortinas permiten normalizar el microclima del galpón manteniendo temperaturas adecuadas para las aves, de 15 a 20 °C, y más altas cuando el pollito está pequeño; también hacen posible regular las concentraciones de los gases, como el amoniaco; y cuando el pollo es adulto, ayudan a ventilar el sitio. Pueden ser hechas en polietileno y deben ir tanto interna

como externamente e instalarse de manera que puedan ser abiertas de arriba hacia abajo, con el fin de regular la acumulación de amoníaco u otros gases dentro del galpón.

### **La cama en la avicultura**

Se debe disponer de una capa de 8 a 10 centímetros de espesor, conformada por materiales de fácil manejo y adquisición; preferiblemente utilizar cepilladura o viruta de madera; igualmente se puede utilizar cascarilla de arroz o café, teniendo precaución de no utilizar materiales muy pequeños que puedan ser consumidos por parte de los pollos, traduciéndose en una disminución en consumo de alimento. Las funciones principales de la cama son la absorción de la humedad, la dilución del material fecal para minimizar el contacto de las aves con las excretas y proveer aislamiento entre el piso y las aves; no se debe permitir que se moje o humedezca la cama.

### **Criadora para aves**

Existen en el mercado criadoras a gas o eléctricas, con capacidad para 500 o 1000 pollitos. Con esto se busca regular la temperatura y lograr un ambiente cálido y adecuado, ya que si el ambiente está muy caliente el pollito se amontonará en los extremos del galpón; caso contrario, se amontonaría debajo de la criadora o en el centro del galpón. En cualquiera de las dos circunstancias en las cuales el pollo se amontona, podría haber aumento de la mortalidad por asfixia o semanas después se puede llegar a presentar problemas de edemas.

La criadora se debe instalar durante las primeras tres semanas, de acuerdo con las condiciones climáticas que se presenten en la zona, a una altura de 1,20 metros por encima del nivel del piso; adicionalmente, se instala un termómetro en el centro del galpón a una altura de 60 centímetros del piso para llevar el registro de la temperatura y así poder adelantar su control. Cabe indicar que existen en el mercado criadoras infrarrojas a gas con capacidad para calentar de 800 a 1.200 pollitos y que presentan ventajas como: sistema de autolimpieza de polvo, bajo consumo de gas, regulación de intensidad gradual y mayor eficiencia.



## Redondel Para pollitos

Es un círculo en lámina lisa de zinc o cartón plástico de 50 centímetros de altura que se utiliza durante la primera semana de vida dentro del galpón, con el fin de aprovechar al máximo el calor que produce la criadora para que no se aparten demasiado los pollitos, coman y se puedan vacunar con mayor facilidad. En un redondel con diámetro de 3 metros se pueden manejar 400 pollos.

Tabla 3. Disposición de la criadora, área a calentar, edad y número de pollitos.

Edad del pollito	Área de criadora para 1000 pollos	Número de animales por $m^2$
1 día	12.5 $m^2$	70 – 80 pollos / $m^2$
2 – 3 días	20 $m^2$	40 – 50 pollos/ $m^2$
3 – 5 días	25 $m^2$	30 – 40 pollos/ $m^2$
5 – 7 días	40 $m^2$	25 pollos/ $m^2$
8 – 12 días	45 $m^2$	22 pollos/ $m^2$
12 – 16 días	70 $m^2$	15 pollos/ $m^2$
17 días en adelante	108 $m^2$	10 pollos/ $m^2$

Autor: (Zootecnia, 2022)

**Guarda Criadora:** Evita que el pollito se aparte de la criadora durante los primeros días, se debe manejar en círculo y debe ser móvil, de tal manera que se pueda ampliar de acuerdo a la edad del pollito. Se pueden utilizar materiales como zinc liso, cartón plástico, de 0,50 metros de altura. Las dimensiones varían de acuerdo a la edad, la Tabla 3 describe la disposición de la criadora en función del área a calentar, edad y número de pollitos. (Zootecnia, 2022)

**Bebederos manuales:** son bebederos plásticos de 4 litros, los cuales se utilizan durante los primeros cuatro días. presentan algunas dificultades como regueros de agua cuando no se colocan bien, hay que estar pendientes en llenarlos para que el pollito no aguante sed. Se coloca un bebedero por cada 50 pollitos. (Zootecnia, 2022)

**El termómetro:** Se utiliza el de máximas y mínimas, es indispensable para el manejo de la temperatura interna del galpón. (ver en condiciones ambientales la temperatura).

**Equipo de espalda:** Se debe contar con una bomba espaldera para realizar el manejo correspondiente dentro del galpón de desinfectantes o medicamentos aplicados por aspersión. Su uso debe ser estrictamente para la producción avícola. (Zootecnia, 2022)

**El flameador:** útil para la desinfección física, se trata de un dispositivo que trabaja a gas con el cual se quema los residuos de piso y paredes del galpón.

**Kit para medir la calidad del agua:** Es el equipo útil para determinar tratamiento adecuados o inadecuados del agua con el cloro. También permite medir la dureza del agua (pH).



Figura 15. Implementos y equipos para un galpón de pollos.  
Autor: (Engormix, 2022)

## 5. Metodología

### 5.1. Materiales

En el desarrollo del presente proyecto se empleó los siguientes recursos y materiales:

- Recursos humanos:
  - Tutor de proyecto de tesis.
- Recursos bibliográficos:
  - Libros de agropecuaria, granjas avícolas y crianza de pollos.
  - Manuales y normas de crianza de pollos.
  - Libros de energías renovables.
  - Catálogos de componentes para sistemas fotovoltaicos.
- Recursos de oficina:
  - Equipos computacionales.
  - Softwares:
    - Paquete Office.®
    - AutoCAD.®
    - CADeSIMU

### 5.2. Métodos

Los métodos propuestos para desarrollar el presente trabajo de titulación se resumen en la siguiente metodología:

#### ***5.2.1. Revisión de bibliografía***

Investigar bibliografía referente a: granjas avícolas, crianza de pollos, equipamiento para galpones de pollos, suministro de energía fotovoltaica, radiación solar, diseño de sistemas fotovoltaicos aislado para alimentar granjas.

#### ***5.2.2. Determinación de los parámetros y condiciones que requiere una granja avícola***

Caracterizar los parámetros e identificar las condiciones de los galpones de una granja de pollos, determinar los requerimientos de energía, equipos y artefactos empleados en la crianza de pollos.

### ***5.2.3. Exploración de la información referente al potencial solar en el lugar de emplazamiento del proyecto***

Investigar y recopilar datos de radiación solar en la locación donde se asienta la Granja Avícola GRAVIPAL, en el cantón Palanda de la provincia de Zamora Chinchipe.

### ***5.2.4. Esquematización de las edificaciones que conforman la granja avícola GRAVIPAL***

Realizar levantamiento de información geográfica en el lugar de emplazamiento del proyecto, realizar mediciones para determinar áreas y volúmenes de cada galpón y más edificaciones.

### ***5.2.5. Determinación de la cantidad de energía requerida para el funcionamiento adecuado de la granja GRAVIPAL***

Identificar las características de consumo eléctrico de cada uno de los equipos y artefactos que se requieren en la granja GRAVIPAL, calcular la energía necesaria total.

### ***5.2.6. Selección de componentes para el sistema fotovoltaico aislado que alimentará la granja GRAVIPAL***

Realizar el dimensionamiento y seleccionar los componentes del sistema fotovoltaico aislado, emplear la demanda máxima de energía de la granja, dimensionar bajo la consideración del mes con menos radiación solar, seleccionar las protecciones eléctricas individuales para los elementos y para todo el arreglo de paneles solares.

### ***5.2.7. Investigación y recopilación de precios referenciales y unitarios de los elementos que conforman el sistema fotovoltaico***

Elaborar una proforma detallada de los costos referenciales de cada elemento, equipo, u otros, con ello determinar un presupuesto referencial para la ejecución del proyecto.

### 5.2.8. Sistema fotovoltaico

#### 5.2.8.1. Demanda energética para cada uno de los galpones y demás edificaciones de la granja

Determinar la cantidad de energía que se requiere para abastecer los equipos, artefactos e iluminarias utilizadas en la granja GRAVIPAL:

- **Calcular la potencia de consumo máxima diaria (Wh)**

$$P_{m\acute{a}x} = \left( \sum (P_{unit} * N_{equipos}) \right) \quad [W] \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

$P_{m\acute{a}x}$  = Potencia máxima

$P_{unit}$  = Potencia unitaria por cada equipo

$N_{equipos}$  = Cantidad de equipos/artefactos/iluminarias

- **Calcular la energía diaria total en [ Wh/día] será:**

$$E_d = \sum (P_{unit} * N_{equipos} * t_h) \quad [Wh] \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

$P_{m\acute{a}x}$  = Potencia total

$t_h$  = Tiempo de funcionamiento en horas

- **Calcular la energía máxima diaria total en [Wh/día] será:**

Bayod Rújula, (2009) recomienda usar un factor de seguridad y determinar la energía máxima diaria

$$E_{m\acute{a}x} = (E_d * f_s) \quad [Wh] \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

$E_d = \text{Energía diaria total}$

$f_s = \text{Factor de seguridad}$

### 5.2.8.2. Potencial solar en el lugar de emplazamiento de la granja GRAVIPAL

Determinar la ubicación geográfica donde se encuentra ubicada la Granja GRAVIPAL, investigar los datos de la radiación solar. Las fuentes recomendadas para obtener los datos de radiación son: Plataforma de la Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio (NASA), Atlas Solar y Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL).



Figura 16. Localización de la granja avícola en el Cantón Palanda.  
Fuente: (Google Maps, 2022)

### 5.2.8.3. Estimación del ángulo óptimo para instalar los paneles solares

En una latitud de  $|0^\circ|$  a  $|5^\circ|$  se recomienda instalar los paneles con una inclinación de  $15^\circ$ , si se instalan en el hemisferio Norte se recomienda colocar hacia Sur, y si se instalan en el hemisferio Sur se recomienda colocar con dirección al norte, Delgado & Orellana, (2015).

$$\beta_{\acute{o}p} = (3,7 + 0,69 * (|\varphi|)^\circ) \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

$\beta_{\acute{o}p} = \text{Ángulo de inclinación óptimo.}$

$\varphi = \text{Latitud de } |0^\circ| \text{ a } |5^\circ|.$

Determinar el porcentaje de pérdidas de energía por efecto de la inclinación del panel, para ello se requiere emplear el ángulo óptimo calculado.

$$K_\beta = \left[ 1,2 * 10^{-4} * (\beta_{\acute{o}p} - \varphi + 10)^2 \right] * 100 \% \quad \text{Ec. 5}$$

Con el valor del porcentaje de pérdidas obtenido, se procede a calcular el coeficiente de corrección de la radiación solar por efecto de la inclinación del panel solar.

$$f_{C\beta inst} = 1 - K_{\beta} \quad \text{Ec. 6}$$

Aplicar los coeficientes de corrección propuestos en el trabajo de Romero Márquez, (2020) para corregir los valores de radiación de acuerdo al ángulo de inclinación óptima de los paneles.

$$R_{\beta inst} = (R_{\beta^{\circ}} * f_{C\beta inst}) \quad \left[ \frac{kWh}{m^2 día} \right] \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

$R_{0^{\circ}}$  = Radiación solar a 0°

$f_{C\beta inst}$  = Coeficiente de corrección por ángulo de instalación de los paneles

#### 5.2.8.4. Estimación de pérdidas y balance óptimo del sistema (BOS)

- **Calcular el coeficiente de rendimiento total:**

$$kT = [1 - (k_R + k_X + k_T + k_B + k_{Re})] * \left[ 1 - \frac{k_A * D_{autonomía}}{P_{descarga}} \right] \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

$k_R$  = Pérdidas por reflexión.

$k_X$  = Pérdidas en circuito CC.

$k_T$  = Pérdidas por temperatura.

$k_B$  = Pérdidas en las baterías.

$k_{Re}$  = Pérdidas en el regulador de carga.

$D_{autonomía}$  = Días de autonomía del banco de baterías.

$P_{descarga}$  = Profundidad de descarga.

- **Calcular la energía de consumo máximo diario:**

$$E_{máxc.} = \left( \frac{E_{máx}}{kT} \right) \quad [Wh] \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

$kT =$  Rendimiento total del sistema

$E_{m\acute{a}x} =$  Energía máxima diaria

- **Calcular la intensidad diaria de consumo máximo en Ah:**

$$I_{instalada} = \left( \frac{E_{m\acute{a}x.c.}}{V_{paneles}} \right) \quad [Ah] \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

$E_{m\acute{a}x.c.} =$  Energía de consumo máximo diario

$V_{paneles} =$  Voltaje de los paneles

#### 5.2.8.5. Selección de los paneles solares

- **Determinar las horas pico solar**

$$HPS = \left( \frac{R}{I} \right) \quad [h] \quad \text{Ec. 11}$$

Donde:

$HPS =$  Horas pico solar

$R =$  Radicación solar.

$I =$  Irradiación solar.

- **Determinar las Horas Solar Pico de diseño (HSPd)**

$$HPS_c = (HPS * f_s) \quad [h] \quad \text{Ec. 12}$$

Donde:

$HPS =$  Horas picos solares

$f_s =$  Factor de sombra aplicar recomendado 0,97

- **Proponer un panel fotovoltaico y determinar la energía producida**

$$E_p = (I_p * HPS_d * n_{instalaci\acute{o}n}) \quad [Ah] \quad \text{Ec. 13}$$



Donde:

$HPS_c$  = Horas pico solar de diseño

$E_p$  = Energía producida por un solo panel

$I_p$  = Corriente del panel

$n_{instalación}$  = Rendimiento de la instalación fotovoltaica

- **Determinar el número de paneles:**

$$\#Paneles = \frac{E_{máxc}}{E_p} \quad \text{Ec. 14}$$

Donde:

$\#Paneles$  = Número de paneles.

$E_{máxc}$  = Energía máxima de consumo.

$E_p$  = Energía que produce el panel.

#### 5.2.8.6. Selección de baterías

- **Determinar la carga total.**

$$C_T = \left( \frac{I_{máxinst} * Aut}{Dsc.} \right) \quad [Ah] \quad \text{Ec. 15}$$

Donde:

$C_T$  = Carga total del banco.

$Aut$  = Días de autonomía recomendado 3 días.

$Dsc.$  = Profundidad de descarga recomendado 60%

$I_{máxinst}$  = Intensidad máxima instalada.

- **Proponer un tipo de batería y determinar la cantidad requerida**

$$\#Baterías = \frac{C_T}{C_b} \quad \text{Ec. 16}$$

Donde:

$\#Baterías$  = Cantidad de baterías.

$C_b$  = Carga nominal del tipo de batería propuesta.

### 5.2.8.7. Selección del regulador de carga

Determinar la corriente para el regulador de carga:

$$I_{re} = (I_{sc} * \#Paneles * 1,1) \quad [A] \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

$I_{re}$  = Intensidad corriente del regulador de carga

$I_{sc}$  = Intensidad de cortocircuito de los paneles

$\#Paneles$  = Cantidad de paneles necesarios

- **Proponer un tipo de regulador y determinar la cantidad de estos**

$$\#Reguladores = \frac{I_{re}}{I_{nom-re}} \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

$I_{nom-re}$  = Intensidad nominal del regulador de carga propuesto

### 5.2.8.8. Selección del inversor de corriente Continua - Alterna

- **Determinar la potencia del inversor de corriente continua:**

$$P_{inv-cc} = \left( \sum P_{equipos} \right) \quad [W] \quad \text{Ec. 19}$$

Donde:

$P_{inv-cc}$  = Potencia total para el inversor de corriente continua.

$P_{equipos}$  = Potencia de la carga

- **Proponer un tipo de inversor y determinar la cantidad de inversores**

$$\#Inversores = \frac{P_{inv-cc}}{P_{inv-nom}} \quad \text{Ec. 20}$$

Donde:

$P_{inv-nom}$  = Potencia nominal del inversor propuestos.

### 5.2.8.9. Selección del calibre de conductor para corriente continua

Los sistemas fotovoltaicos requieren utilizar conductores especiales, estos conductores se denominan cables solares, puesto que poseen características que soportan condiciones de la intemperie tales como: elevadas y bajas temperaturas, lluvias, etc.

- **Determinar la corriente en los conductores de corriente continua**

$$I_{cc} = \left( \frac{P_{m\acute{a}x}}{V_{m\acute{a}x\_pot\_panel}} \right) \quad [A] \quad \text{Ec. 21}$$

Donde:

$V_{m\acute{a}x\_pot\_panel}$  = Voltaje a máxima potencia del panel

- **Seleccionar el calibre de conductor y determinar la caída de tensión en el conductor de corriente continua**

$$\Delta V_{continua} = \left( \frac{(2 * \rho_{cc} * l_{ccc} * i_{ccc})}{S_{ccc}} \right) [V] \quad \text{Ec. 22}$$

Donde:

$S_{ccc}$  = Sección transversal del conductor [ $mm^2$ ]

$\rho_{ccc}$  = Resistividad del conductor (cobre a 20 °C = 0.01786  $\Omega \cdot m$ ).

2 = Representa los conductores negativo y positivo.

$l_{ccc}$  = Longitud del tramo del conductor eléctrico hasta el inversor [m]

$i_{ccc}$  = Corriente que circula por el conductor de corriente continua [A].

$\Delta V_{continua}$

= Caída de tensión máxima [V] (3 % de la tensión nominal del panel).

- **Determinar el porcentaje de caída de tensión**

$$\% \Delta V_{\text{continua}} = \frac{\Delta V_{\text{continua}}}{V_{CC}} * 100\% \quad \text{Ec. 23}$$

Donde:

$\Delta V_{CC}$  = Caída de tensión en el tramo de corriente continua. [V]

$V_{CC}$  = Voltaje nominal en el tramo de corriente continua. [V]

**Comprobar que no sea superior al 3 % establecido por la NEC (National Electrical Code)**

$$\% \Delta V_{\text{continua}} \leq 3\% \quad \text{Ec. 24}$$

#### 5.2.8.10. Selección del calibre del conductor para corriente alterna

- **Determinar la corriente que circula por los conductores del tramo de corriente alterna**

$$i_{cca} = \left( \frac{P_{\text{máx}}}{V_{\text{máxcarga}}} \right) \quad [W] \quad \text{Ec. 25}$$

- **Determinar la caída de tensión en corriente alterna**

$$V_{ca} = \left( \frac{(2 * \rho_{cca} * l_{cca} * i_{cca})}{S_{cca}} \right) \quad [V] \quad \text{Ec. 26}$$

Donde:

$S_{cca}$  = Sección trasversal del conductor [mm<sup>2</sup>]

$\rho_{cca}$  = Resistividad del conductor (cobre a 20 °C = 0.01786 Ω · m).

2 = Representa los conductores negativo y positivo.

$l_{cca}$  = longitud del tramo del conductor eléctrico entre el inversor y la carga [m]

$i_{cca}$  = Corriente que circula por el conductor eléctrico [A].

$\Delta V_{ca}$  = Caída de tensión máxima [V] (3 % de la tensión nominal de la carga).

- **Determinar el porcentaje de caída de tensión máxima**

$$\% \Delta V_{ca} = \frac{\Delta V_{ca}}{V_{n\_ca}} * 100\% \quad \text{Ec. 27}$$

Donde:

$\Delta V_{ca}$  = *Caída de tensión en el tramo de corriente alterna.*

$V_{n\_ca}$  = *Voltaje nominal en el tramo de corriente alterna.*

**Comprobar que no sea superior al 3 % establecido por la NEC (National Electrical Code)**

$$\% \Delta V_{continua} \leq 3\% \quad \text{Ec. 28}$$

#### **5.2.8.11. Elaboración de planos y diagramas unifilares**

Elaborar el esquema de conexión y representar la disposición de los componentes, utilizar el software CAdE SIMU® y AutoCAD® realizar un diagrama unifilar y planos aplicando la norma INEN.

## 6. Resultados

### 6.1. Generalidades

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo diseñar un Sistema Fotovoltaico para abastecer las necesidades energéticas de una granja avícola de pollos de engorde, para lo cual fue indispensable determinar las condiciones necesarias para el desarrollo óptimo de las aves, para ello se diseñó los planos del circuito eléctrico de la granja. (Ver anexo 8).

### 6.2. Parámetros y condiciones que requiere una granja avícola

Una granja avícola se describe como un establecimiento agropecuario para la crianza de aves de corral, con propósitos de consumo y comercialización, en este caso netamente por su carne, la industria avícola se caracteriza por criar grandes cantidades de aves, dada las características de su producción, las granjas de pollos deben contar con ciertas condiciones específicas en cuanto a su sistema y estructura. Algunos parámetros a considerar, son: Temperatura, Humedad, Luz, Espacio (densidad animales por metro cuadrado). (Aviagen, 2019)

Los rangos de temperatura recomendados se detallan en la Tabla 4 las temperaturas están recomendadas en función de la edad de las aves, los datos mostrados en la Tabla 4 corresponden a los pollos de engorde.

Tabla 4. Datos de temperatura recomendados para la crianza de pollos de engorde.

Edad (días)	Temperatura para crianza en todo el galpón °C	Temperatura para crianza por zonas °C	
		Borde de la criadora (A)	2 m desde el borde de la criadora (B)
Un día	30	32	29
3	28	30	27
6	27	28	25
9	26	27	25
12	25	26	25
15	24		25
18	23		24
21	22		23
24	21		21
27	20		20

Fuente: (Aviagen, 2019)

La Tabla 5, detalla los valores de humedad relativa recomendadas para los galpones en función de la edad de los pollos de engorde.

Tabla 5. Porcentaje de humedad recomendados para la crianza de pollos de engorde.

Edad (días)	Temperatura de bulbo seco °C			
	40 %HR	50 %HR	60 %HR	70 %HR
Un día	36.0	33.2	30.8	29.2
3	33.7	31.2	28.9	27.3
6	32.5	29.9	27.7	26.0
9	31.3	28.6	26.7	25.0
12	30.2	27.8	25.7	24.0
15	29.0	26.8	24.8	23.0
18	27.7	25.5	23.6	21.9
21	26.9	24.7	22.7	21.3
24	25.7	23.5	21.7	20.2
27	24.8	22.7	20.7	19.3

Fuente: (Aviagen, 2019)

Durante los primero 7 días de edad la intensidad de la luz debe mantenerse a un nivel tal que promueva el consumo de alimento y de agua (30-40 lux/3-4 fc para crianza en todo el galpón, u 80-100 lux/7-9 fc para crianza por zonas). La luz se debe distribuir de manera uniforme en toda el área de crianza, deben proporcionar un fotoperíodo prolongado, por ejemplo, 23 horas de luz y 1 hora de oscuridad. Esto asegurará que los pollitos logren una buena ingesta temprana de alimentos y bebida, lo cual optimiza el crecimiento temprano, la salud y el bienestar.

Luego de los 7 días de edad, la cantidad óptima puede ser de 4-6 horas de oscuridad, se recomienda proporcionar un mínimo de 4 horas de oscuridad, antes del procesamiento, proporcionar una cantidad mayor de luz se puede volver aumentar a 23 horas de luz 3 días antes del retiro del galpón, puede ayudar con el retiro del alimento.

Los sistemas alternativos tienen en cuenta la cantidad de aves y la masa de aves en el área del piso, el Consejo Nacional del Pollo (2010) utilizado en EE. UU considera la distribución de espacio de acuerdo a la Tabla 6.

Tabla 6. Densidad poblacional recomendada para la crianza de pollos de engorde.

RANGO PESO	DENSIDAD POBLACIONAL MÁXIMA
Menor a 2,04 kg (4,5 lb)	32 kg/m <sup>2</sup>
De 2,04 a 2,49 kg (de 4,5 a 5,5 lb)	37 kg/m <sup>2</sup>
Mayor a 2,49 kg (5,5 lb),	42 kg/m <sup>2</sup>

Fuente: (Aviagen, 2019)

### 6.3. Levantamiento de datos de la granja avícola “GRAVIPAL”

La granja avícola “GRAVIPAL”, se encuentra ubicada en la región sur del país, en el cantón Palanda de la provincia de Zamora Chinchipe, las coordenadas geográficas son Latitud 4°38'59.64"S, Longitud 79° 8'34.35"W.



Figura 17. Lugar de asentamiento de la granja de pollos “GRAVIPAL”.

Fuente: (GoogleEart, s.f.)

Los galpones de pollos requieren una temperatura mínima 23 °C, y una temperatura máxima de 30 °C. La granja de estudio posee un área de construcción aproximada de 215 metros cuadrados, esta área está distribuida en 5 galpones, y una construcción empleada para bodega y como casa de guardianía. La Figura 18 ilustra los galpones de la granja GRAVIPAL.



#### 6.4. Procedimiento de cálculo

Para el diseño fotovoltaico se requiere establecer la demanda eléctrica, esta demanda está conformado por las luminarias de toda la granja y un sistema de bombeo de agua integrado por una bomba monofásica de 0,5 hp.

#### 6.5. Levantamiento de medidas de los galpones

Los galpones poseen una medida de 4 metros de ancho, 10 metros de largo y 1,66m de alto, tienen una capacidad aproximada de 280 pollos, así mismo se dispone de una bodega con dimensiones de 3 metros de ancho, 5 metros de largo y 2,50 metros de altura, tal como se muestra en la Figura 18. El área de construcción se determina de la siguiente manera:



Figura 18. Galpones de la granja de pollos “GRAVIPAL”.  
Fuente:(Autor)

Área de galpones:

$$a = 4 \text{ m} \quad b = 10 \text{ m}$$

$$A_g = a * b$$

$$A_g = 4 \text{ m} * 10 \text{ m} = 40 \text{ m}^2$$

Área de bodega:

$$a1 = 4 \text{ m} \quad b1 = 10 \text{ m}$$

$$A_b = a1 * b1$$

$$A_b = 3 \text{ m} * 5 \text{ m} = 15 \text{ m}^2$$

Con el área obtenida de los galpones se calcula la cantidad de lúmenes necesarios, el valor de luxes recomendados para granjas es 30 luxes máximo de acuerdo a lo recomendado por (Aviagen, 2019), la cantidad total de lúmenes se determina de la siguiente manera:

Lúmenes para los galpones:

$$L_{galpón} = A_g * L_{recomendado}$$

$$L_{galpón} = 40 \text{ m}^2 * 30 \frac{\text{Lúmenes}}{\text{m}^2} = 1200 \text{ Lúmenes}$$

Lúmenes para la bodega

$$L_{bodega} = A_b * L_{recomendado}$$

$$L_{bodega} = 15 \text{ m}^2 * 30 \frac{\text{Lúmenes}}{\text{m}^2} = 450 \text{ Lúmenes}$$

Mediante un catálogo comercial se secciona una bombilla que proporcione la intensidad luminosidad requerida y la temperatura de color sea la adecuada, la Tabla 7 muestra las características de las bombillas disponibles, la selección de esta bombilla debe cumplir los requerimientos de eficiencia, potencia e intensidad lumínica.

Tabla 7. Bombillas de luz de baja potencia.

CÓDIGO	POTENCIA	TENSIÓN DE OPERACIÓN	FLUJO LUMINOSO	EFICACIA	TEMP. DE COLOR	IRC	VIDA ÚTIL
	(w)	(v)	(lm)	(lm/w)	(K)		(h)
P27620	9	100-240	750	83	3.000	>70	15.000
P27621	9	100-240	800	89	6.500	>70	15.000
P27631	12	100-240	960	80	3.000	>70	15.000
P27632	12	100-240	1050	88	6.500	>70	15.000
P27633	15	100-240	1270	85	3.000	>70	15.000
P27634	15	100-240	1350	90	6.500	>70	15.000

Fuente: (Sylvania, 2022)

La bombilla seleccionada corresponde a la serie P27620, esta bombilla proporciona 750 lúmenes y el color de temperatura es de 3000 K, la cantidad de luminarias requerida para cada área:

$$n_{focos} = \frac{1200 \text{ lúmenes}}{750 \text{ lúmenes}}$$

$$n_{focos} = 1,6 \approx 2 \text{ luminarias por cada galpón (l/g)}$$

$$n_{f_{total}} = 2 \frac{f}{g} * 5 g = 10 \text{ luminarias (focos)}$$

Así mismo se determina la cantidad de luminarias para la bodega, considerando la misma cantidad de lúmenes citados anteriormente:

$$n_{focosbodega} = \frac{450 \text{ lúmenes}}{750 \text{ lúmenes}}$$

$$n_{focos} = 0,6 \approx 1 \text{ luminaria para la bodega}$$

### 6.5.1. Sistema fotovoltaico

#### 6.5.1.1. Demanda energética para toda la granja avícola

Se determina la cantidad de energía que se requiere para abastecer los equipos, artefactos y luminarias utilizadas en la granja avícola, el procedimiento a seguir es el siguiente:

##### Potencia de consumo máxima diario

Esta potencia corresponde a la suma total de las potencias de los artefactos que se emplean en la granja, se aplica la Ecuación 1.

$$P_{m\acute{a}x} = \sum (P_{unit} * N_{equipos})$$

$$P_{m\acute{a}x} = (9 W * 11) + (373 W * 1)$$

$$P_{m\acute{a}x} = 472 W$$

##### Energía diaria total en [Wh /día]

La energía diaria total corresponde a la suma de los consumos energéticos diarios de cada uno de los artefactos y luminarias instaladas en la granja, se obtiene aplicando la Ecuación 2.

$$E_d = 10 * 9W * 15h + 1 * 9W * 6h + 1 * 373 W * 0,5h$$

$$E_d = 1590,5 Wh$$

### Energía máxima diaria total [Wh /día]

La energía máxima diaria total, es la energía diaria total corregida mediante la aplicación de un factor de seguridad del 20% de acuerdo a lo que recomienda Bayod Rújula, (2009), se calcula mediante la Ecuación 3.

$$E_{m\acute{a}x} = 1590,5 Wh * 1,2$$

$$E_{m\acute{a}x} = 1909 Wh$$

#### 6.5.1.2. Potencial Solar del lugar donde se encuentra la granja “GRAVIPAL”

Los valores de Radiación Solar se toman las bases de datos de la página web Potencial Solar en la Región Sur del Ecuador, esta plataforma se desarrolló en el proyecto de investigación de la Universidad Nacional de Loja denominado Caracterización del Potencial Eólico y Solar de la Región Sur del Ecuador, en esta investigación se integró varias bases de datos, especialmente datos de Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL). La Tabla 8 detalla los valores de radiación obtenidos para la cabecera cantonal del Cantón Palanda.

**Tabla 8.** Datos de radiación solar del cantón Palanda.

RADIACIÓN SOLAR DEL CANTÓN PALANDA														
Sitio geográfico: <b>Palanda</b>											País: <b>Ecuador</b>			
Ubicación			Latitud -4.65° S				Longitud -79.13° W							
Tiempo definido como			Hora Legal		Huso horario UT-5		Altitud 1128 m							
Valores meteorológicos mensuales													Fuente: <b>NREL - NSRDB 1998-2016</b>	
	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>	<b>Año</b>	<b>Unidad</b>
<b>I. Hor. Global</b>	3.71	3.92	3.89	3.91	3.84	3.43	3.15	3.61	4.20	4.57	5.04	4.45	3.98	kWh/m <sup>2</sup> día
<b>Temp. Ambiente</b>	22.2	22.5	22.0	21.9	21.7	21.5	20.9	21.8	22.8	22.8	22.9	22.2	22.1	°C

Fuente: (Solano J. T., 2019)

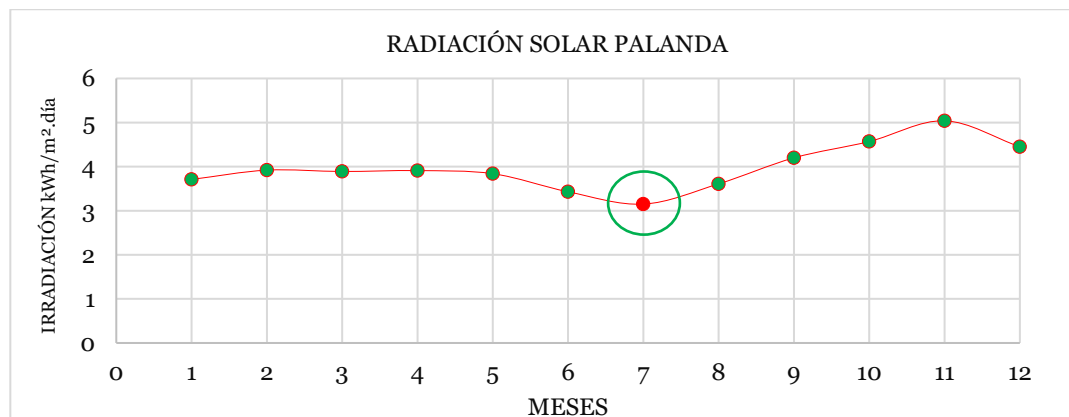


Figura 19. Curva de radiación solar media mensual cantón Palanda.

Fuente: (Solano J. T., 2019) Adaptación del autor

### 6.5.1.3. Ángulo óptimo para instalar los paneles solares

El ángulo de inclinación de los paneles incide en la captación de la radiación solar por ende en la generación de energía. En Ecuador por motivos limpieza y la mayor parte de su territorio se encuentra una latitud de  $|0^\circ|$  a  $|5^\circ|$  se recomienda instalar los paneles con una inclinación de  $15^\circ$ , tomando en cuenta que si se instalan en el hemisferio Norte se recomienda instalarlos con dirección hacia Sur, y si se instalan en el hemisferio Sur se recomienda ubicarlos con dirección al Norte tal como describe Delgado & Orellana, (2015), en este caso la granja avícola GRAVIPAL se encuentra ubicado a una latitud de  $|4.39^\circ|$  a  $|79.8^\circ|$ , para ello se procede a determinar el ángulo óptimo del lugar de estudio mediante la Ecuación 4.

$$\beta_{\text{óp}} = 3,7 + 0,69 * (|\varphi|)$$

$$\beta_{\text{óp}} = 3,7 + 0,69 * (|4,39^\circ|)$$

$$\beta_{\text{óp}} = 6,72^\circ$$

Empleando el ángulo óptimo de instalación se requiere el porcentaje de pérdidas generado por dicha inclinación, para calcular dicho porcentaje se aplica la Ecuación 5.

$$K_{\beta} = \left[ 1,2 * 10^{-4} * (\beta_{\text{óp}} - (-\varphi) + 10)^2 \right] * 100 \%$$

$$K_{\beta} = \left[ 1,2 * 10^{-4} * (6,72^\circ - (-4.39) + 10)^2 \right] * 100 \%$$

$$K_{\beta} = 5,3\%$$

Según Romero Márquez, (2020), una vez obtenido el porcentaje de pérdidas se calcula la Radiación Solar para dicho ángulo de instalación de los paneles fotovoltaicos, para lo cual se emplea la Radiación Solar dada en el plano horizontal a  $0^\circ$ , se aplica la Ecuación 6 y la Ecuación 7 respectivamente.

$$f_{C\beta inst} = 1 - K_{\beta}$$

$$f_{C\beta inst} = 1 - 0,053$$

$$f_{C\beta inst} = 0,947$$

$$R_{\beta inst} = R_{\beta} * f_{C\beta inst}$$

$$R_{\beta inst} = 3,15 \text{ kWh/m}^2 \text{ día} * 0,947$$

$$R_{\beta inst} = 2,982 \text{ kWh/m}^2 \text{ día}$$

#### 6.5.1.4. Balance óptimo del sistema (BOS)

##### Coefficiente de rendimiento total:

El coeficiente de rendimiento total es el factor que integra cada uno de los coeficientes de pérdidas del Sistema Fotovoltaico, algunas de estas pérdidas son generadas por los equipos del sistema como: pérdidas en las baterías, en el regulador en los conductores eléctricos, etc., y otras por las condiciones de operación, como temperatura, reflexión, sombras, desajuste del sistema, se calcula aplicando la Ecuación 8.

$$kT = [1 - (k_R + k_X + k_T + k_B + k_{Re})] * \left[ 1 - \frac{k_A * D_{autonomía.}}{P_{descarga}} \right]$$

$$KT = [1 - (0,031 + 0,01 + 0,07 + 0,05 + 0,01)] \left[ 1 - \frac{0,005 * 3}{0,60} \right]$$

$$KT = 0,789$$

##### Energía de consumo máximo diario:

La energía de consumo máximo diario es la cantidad de energía que contempla las pérdidas calculadas anteriormente, es decir el Sistema Fotovoltaico tendrá que producir la energía para abastecer la carga y adicionalmente la energía que se transformará en pérdidas por diferentes factores se calcula mediante la Ecuación 9.

$$E_{máxc.} = \frac{E_{máx}}{kT}$$

$$E_{máxc.} = \frac{1909 \text{ Wh}}{0,789}$$

$$E_{máxc.} = 2420 \text{ Wh}$$

### **Intensidad diaria de consumo máximo en Ah:**

Para facilitar los cálculos se requiere transformar la energía de consumo máximo diario de vatios hora (Wh) a amperios hora (Ah), se determina mediante la Ecuación 10.

$$I_{instalada} = \frac{2420 \text{ Wh}}{12 \text{ V}}$$

$$I_{instalada} = 201,641 \text{ Ah}$$

### **6.5.1.5. Selección de los paneles solares**

#### **Horas Solar Pico**

Empleando la Radiación Solar corregida en función del ángulo óptimo de inclinación del panel solar se obtiene las Horas Solar Pico, para ello se emplea la constante de Irradiancia dada  $1 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$ , se aplica la Ecuación 11.

$$HPS = \frac{2,982 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}}{1 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}}$$

$$HPS = 2,982 \text{ h}$$

#### **Horas Solar Pico de diseño (HSPd).**

Este valor se obtiene mediante el producto entre las Horas Solar Pico obtenidas con la y el factor de sombra (0,97) recomendado por Bayod (2009), este factor representa las posibles pérdidas por incidencia de sombras sobre los paneles solares, se emplea la Ecuación 12.

$$HPS_d = 2,982 \text{ h} * 0,97$$

$$HPS_d = 2,89 \text{ h}$$

#### **Energía producida por panel solar**

Empleando el valor de Horas Solar Pico obtenidas y seleccionando un tipo de panel fotovoltaico desde un catálogo se determina la energía que producirá cada unidad, se aplica la Ecuación 13.

Tabla 9. Características técnicas del panel solar seleccionado.

PANEL RSM-230WP	
Tipo	Monocrystalino
Modificación	36 células
Voltaje en circuito abierto VOC	24,10 V
Voltaje en potencia máxima	20,39 V
Corriente en potencia máxima	11,99 A
Corriente de corto circuito	11,39 A
Eficiencia del panel	21,06 %
Dimensiones	1560*700*35 mm
Peso	12 Kg
Voltaje	12 V
Potencia	230 Wp

Fuente: (Proviento.S.A, 2022)

El panel seleccionado para el caso de estudio, corresponde a un panel monocrystalino de 230 Wp, las características se detallan en la Tabla 9 y la Figura 20 ilustra el panel seleccionado.



Figura 20. Panel solar seleccionado RSM 230WP  
Fuente: (Proviento.S.A, 2022)

$$E_p = I_p * HPS_d * n_{instalación}$$

$$E_p = 11.99 * 2,89 h * 0,90$$

$$E_p = 31.18 Ah$$



### Número de paneles solares:

La cantidad de paneles solares necesarios para que el Sistema Fotovoltaico cumpla con el abastecimiento de la demanda para lo que fue diseñado, se determina en función de la energía máxima de consumo diario y la energía que producirá cada panel solar, se emplea la Ecuación 14.

$$\#Paneles = \frac{I_{instalada}}{E_p}$$

$$\#Paneles = \frac{201,641 Ah}{31.18 Ah}$$

$$\#Paneles = 6.467 \approx 7 \text{ Paneles}$$

Para que el Sistema Fotovoltaico diseñado abastezca la demanda energética de la granja GRAVIPA se requiere 7 paneles solares de 230 Wp a 12 voltios.

#### 6.5.1.6. Selección de baterías

##### Carga total.

La carga total corresponde a la capacidad de todo el banco de baterías, este banco de baterías debe abastecer la carga cuando los paneles solares no estén generando electricidad, especialmente en las horas de la noche, algunos autores como Mogrovejo (2011), recomiendan emplear un porcentaje de profundidad de descarga del 60% pues esto permitirá alargar la vida útil de las baterías, también se recomienda considerar 3 días de autonomía, puesto que en la estación invernal la generación eléctrica baja por la presencia de nubosidad. La expresión empleada es la Ecuación 15.

$$C_T = \frac{I_{máxinst} * Aut}{Dsc.}$$

$$C_T = \frac{201,641 Ah * 3}{0,60}$$

$$C_T = 1008,21 Ah$$

## Tipo y cantidad de baterías

Mediante un catálogo se selecciona una batería de GEL de 250 Ah de carga nominal, con este valor y la carga total obtenida anteriormente, se determina la cantidad de unidades requeridas, se aplica la Ecuación 16.

Las especificaciones técnicas de la batería seleccionada se muestran en la Tabla 10 y la Figura 21 muestran sus características físicas.

Tabla 10. Especificaciones técnicas de la batería seleccionada.

BATERÍA SOLAR 12V/250 Ah				
	Voltaje nominal			12 V
Modelo	Capacidad nominal			250 Ah
	Celdas			6
Dimensiones	Largo	Ancho	Alto	
	522 mm	240 mm	218 mm	
Peso	57 kg			
Capacidad a 25°C	10 horas (20 a)	5 horas (34 a)	3 horas (52 a)	1 hora (122,8 a)
	200 ah	173 ah	157 ah	122,8 ah
Corriente máxima de descarga	2000 A / 5 segundos			
Resistencia interna	Full carga a 25° 2,1 mΩ			
Afectación por temperatura	40° C	25° C	0° C	
	103%	100%	86%	

Fuente: (AutoSolar, 2020)

$$\#Baterías = \frac{C_T}{C_b}$$

$$\#Baterías = \frac{1008,21 \text{ Ah}}{250 \text{ Ah}}$$

$$\#Baterías = 4,033 \approx 4 \text{ Baterías}$$



Figura 21. BATERÍA SOLAR 12V/250 Ah.  
Fuente: (AutoSolar, 2020)

### 6.5.1.7. Selección del regulador de carga

Mediante la Ecuación 17 se determina la corriente de cortocircuito de todos paneles solares instalados.

$$I_{re} = I_{sc} * \#Paneles * 1,1$$

$$I_{re} = 11,39 * 7 * 1,1$$

$$I_{re} = 87.703 A$$

Tomando como referencia el valor de corriente calculado, se selecciona un regulador de carga, en este caso se elige un regulador de 50 A, por lo cual es necesario instalar dos reguladores, de acuerdo a la Ecuación 18, la Figura 22 ilustra el regulador seleccionado.

Tabla 11. Características técnicas de controlador de carga seleccionado.

CONTROLADOR MPPT 50 A STUDER	
Tecnología	MPPT
Corriente Máxima	50 A
Voltaje	12/24/48

Fuente: (Proviento.S.A, 2022)

$$\#Reguladores = \frac{I_{re}}{I_{nom-re}}$$

$$\#Reguladores = \frac{807.70 A}{50 A}$$

$$\#Reguladores = 1.754 \cong 2$$



Figura 22. Controlador de carga tipo MPPT de 50 A STUDER.  
Fuente: (Proviento.S.A, 2022)

### 6.5.1.8. Selección del inversor de corriente

Durante el funcionamiento del Sistema Fotovoltaico existe la posibilidad de que en algún momento este alimentándose todos los equipos al mismo tiempo, por ello es necesario contar un inversor o inversores de corriente con la capacidad para abastecer simultáneamente a toda la carga. Se determina la potencia total de la carga aplicando la Ecuación 1.

$$P_{inv\_cc} = P_{m\acute{a}x} = \sum (P_{unit} * N_{equipos})$$

$$P_{inv\_cc} = 472 W$$

Tabla 12. Ficha técnica del inversor ZONHAN TW500-12.

INVERSOR STUDER 24/500	
Tipo	Onda Senoidal Pura
Dimensiones	315x195x135 mm
Peso	2,5 kg
Tecnología	Frecuencia alta sin transformador
Pantalla	Si
Potencia	500 W
Eficiencia	90%
Potencia pico (1seg)	1500 W
OnGrid	No

Fuente: (Proviento.S.A, 2022)

La Tabla 12 detalla las especificaciones técnicas del inversor seleccionado, y la Figura 23 detalla las características físicas.



Figura 23. Inversor ZOHAN TW500-12.

Fuente: (Proviento.S.A, 2022)

### 6.5.1.9. Selección del calibre de conductor para corriente continua

En el Sistema Fotovoltaico diseñado existen 3 tramos de corriente continua, cada uno de estos tramos inician desde el regulador de carga hasta: los paneles, las baterías y al inversor respectivamente, para fines de cálculos se considera únicamente el tramo desde el regulador hasta los paneles ya que es el tramo más largo, por lo tanto, el calibre seleccionado se aplicará a los 3 tramos. El procedimiento es el siguiente:

Empleando la Ecuación 21 se calcula la corriente que circulará por el conductor, para ello se toma en cuenta la potencia máxima generada por los paneles solares y el voltaje de estos a máxima potencia.

$$I_{cc} = \frac{P_{max}}{V_{m\acute{a}x\_pot\_panel}}$$

$$I_{cc} = \frac{472 W}{20.39}$$

$$I_{cc} = 23,15 A$$

Con la corriente calculada y mediante la Ecuación 22, se determina la caída de tensión en el tramo de conductor entre el regulador y los paneles, para ello se considera la conductividad eléctrica del cobre y la longitud del tramo, la sección del conductor se toma del Anexo 1, Tabla 15 se trata de un conductor #4 THHN-AWG.

$$\Delta V_{continua} = \frac{(2 * \rho_{cc} * l_{ccc} * i_{ccc})}{S_{ccc}}$$

$$\Delta V_{continua} = \frac{(2 * 0.01786 \Omega \cdot m * 8 * 23,15 A)}{21,2 mm^2}$$

$$\Delta V_{continua} = 0,31V$$

Con el cable N° 6 se obtiene una caída de tensión superior a la permitida, por lo cual se trabajó con el cable N° 4 debido que la caída de tensión obtenida, mediante la Ecuación 23 cumple con la condición establecida por la EERSSA, la cual nos indica que la caída de tensión debe de ser menor al 3%.

$$\%_{\Delta V_{continua}} = \frac{\Delta V_{continua}}{V_{cc}} * 100\%$$

$$\% \Delta V_{continua} = \frac{0,31 V}{12 V} * 100\%$$

$$\% \Delta V_{continua} = 2,6\%$$

#### 6.5.1.10. Selección del calibre del conductor para corriente alterna

En corriente alterna se tiene 3 tramos: 2 circuitos de iluminación y un circuito de alimentación para una bomba de ½ Hp, el conductor para los circuitos de iluminación se selecciona aplicando la Ecuación 25, Ecuación 26 y Ecuación 28, respectivamente:

El primer tramo corresponde a un circuito de iluminación que alimenta una carga de 54 W, con una longitud de 30 metros. Se determina la corriente por el conductor mediante la Ecuación 25.

$$I_{ca} = \frac{P_{m\acute{a}x-circuito}}{V_{m\acute{a}x\_carga}}$$

$$I_{ca} = \frac{54 W}{110 v}$$

$$I_{ca} = 0,5 A$$

Con la corriente calculada y mediante la Ecuación 26, se determina la caída de tensión del cable, para ello se considera la conductividad eléctrica del cobre y la longitud del tramo, la sección del conductor se toma del Anexo 1, Tabla 15 se trata de un conductor #14 AWG.

$$V_{ca} = \frac{(2 * \rho_{ca} * l_{ca} * i_{ca})}{S_{ca}}$$

$$V_{ca} = \frac{(2 * 0,01786 \Omega \cdot mm^2 m * 30 m * 0,5 A)}{2,08 mm^2}$$

$$V_{ca} = 0,253 V$$

Usando el valor de caída de voltaje, se determina el porcentaje de caída de tensión se emplea la Ecuación 27.

$$\% \Delta V_{ca} = \frac{0,253 V}{110 V} * 100\%$$

$$\% \Delta V_{ca} = 0,23 \%$$

De la misma forma se calcula para los demás circuitos, con los resultados obtenidos se elabora una matriz representada en la Tabla 13. (Ver anexo 1.)

Tabla 13. Descripción de resultados de caída de tensión y selección de conductores.

Circuito/Tramo	Calibre AWG	Carga (W)	Conductor (I)	Caída de voltaje (v)	%	Longitud de conductor (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )
Circuito de iluminación 1	14	54	0,5	0,254	0,23	30	2,08
Circuito de iluminación 2	14	36	0,33	0,113	0,103	20	2,08
Circuito de iluminación 3	14	9	0,081	0,018	0,01	13	2,08
Circuito de alimentación de bomba ½ hp	10	373	3,4	0,3	0,27	13	5,26

Fuente: (Autor)

#### 6.5.1.11. Costos unitarios y presupuesto referencial

Tabla 14. Costos unitarios de los equipos del sistema fotovoltaico.

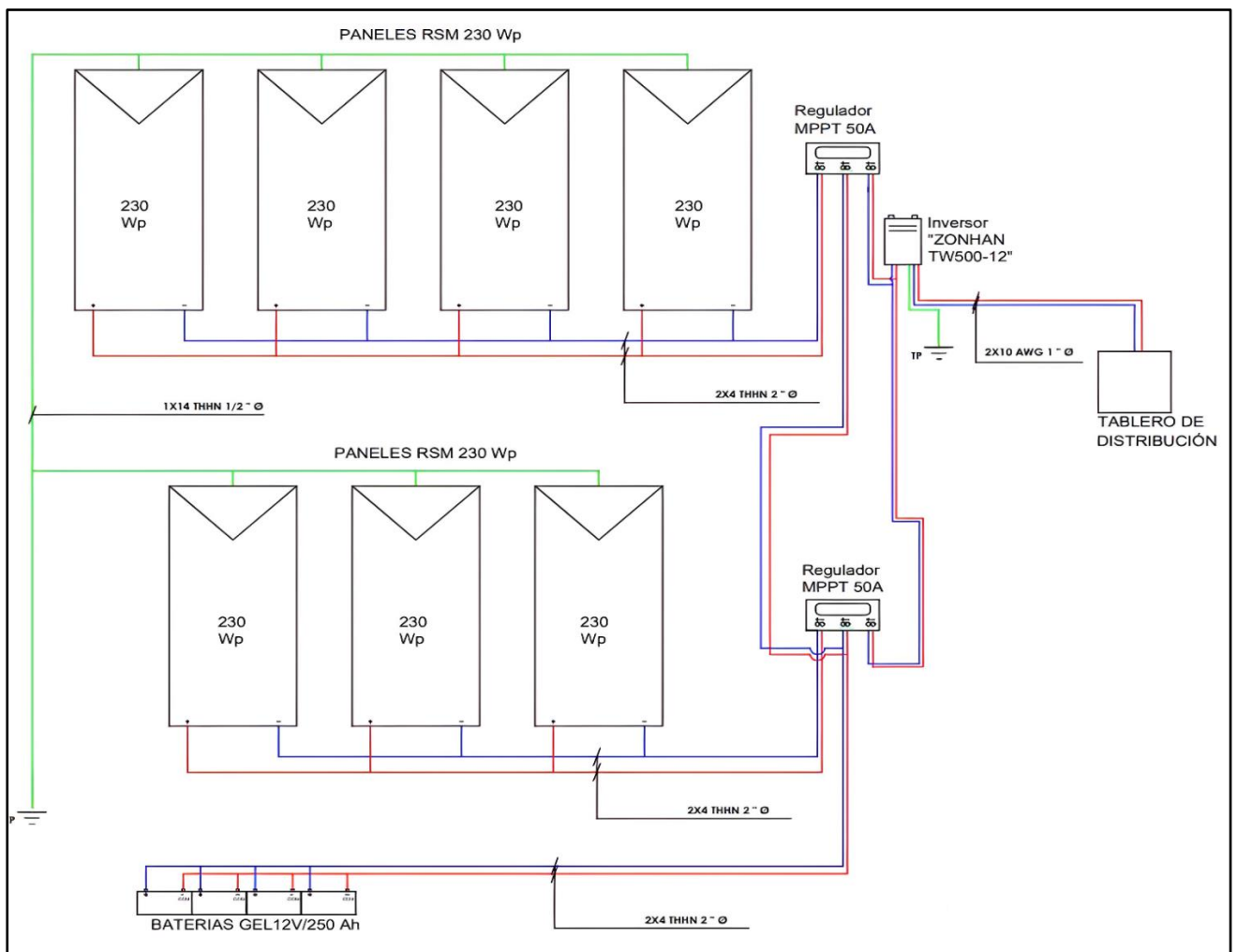
Ítem	Equipo	Características	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Paneles Solares	RSM-230WP	7 uni	140,00	980,00
2	Baterías	12V/250 Ah	4 uni	280,00	1120,00
3	Regulador de Carga	MPPT 50 A	2 uni	990,00	1980,00
4	Inversor de corriente	500 W 12/120	1 uni	112,00	112,00
5	Conductores eléctricos	# 14 AWG *100 m	2 rollo	35,40	70,80
6	Conductores eléctricos	# 4 AWG*100 m	1 rollo	370,00	370,00
7	Mano de obra				500,00
8	Otros				300,00
<b>Total</b>					<b>5432,80</b>

Fuente: (Autor)

### 6.5.1.12. Diagrama de conexión

La Figura 24 describe el diagrama unifilar de conexión de los componentes del sistema fotovoltaico calculado, en el diagrama se puede interpretar la conexión de 7 paneles solares en paralelo, esta configuración se propone ya que al ser un sistema pequeño se puede trabajar a un voltaje mínimo de 12 voltios, 4 paneles se conectan al primer regulador de carga y los 3 paneles restante al segundo regulador de carga, luego estos reguladores se conectan entre sí para alimentar a un solo inversor de corriente, a la vez también se conectan las 4 baterías seleccionadas con una configuración en paralelo. La conexión final comprende un tramo de 2 metros entre el inversor de corriente y la caja de mando, donde se conectarán los 4 circuitos determinados anteriormente. Los planos complementarios se muestran detalladamente en el Anexo 3.

Figura 24. Diagrama de conexión de los componentes del sistema fotovoltaico calculado.



Fuente: (Autor)



### 6.5.1.13. Recuperación de Inversión

El período de recuperación de la inversión nos permite medir el tiempo de recuperación de la inversión al momento de implementar el sistema fotovoltaico.

$$\text{Ingresos} = \text{precio del pollo de 5 libras} * N^{\circ} \text{ de pollos}$$

$$\text{Ingresos} = \$ 5 * 1350$$

$$\text{Ingresos} = \$ 6 750$$

Tabla 15. Gastos

Edad	Cantidad Balanceado Kg	Cantidad Maíz Kg	Precio Balanceado	Precio Maíz	Vitaminas	Adquisición 1400 Pollos	Pago del Cuidador
<b>1 a 14</b>	213	395	\$ 164,78	\$ 217,18	\$ 300,00	\$ 560,00	\$ 850
<b>15 a 28</b>	756	1404	\$ 585,90	\$ 772,20			
<b>29 a 35</b>	567	1053	\$ 439,43	\$ 579,15			
<b>36 a 56</b>	685	1272	\$ 530,97	\$ 691,81			
<b>Total</b>			\$ 1.721,08	\$ 2.268,34	\$ 200,00	\$ 560,00	\$ 850
<b>Gastos totales</b>					\$ 5 699		

Fuente: (Autor)

$$\text{Saldo Neto} = \text{Ingresos} - \text{Gastos}$$

$$\text{Saldo Neto} = \$ 6 750 - \$ 5 699$$

$$\text{Saldo Neto} = \$ 1051$$

$$20\% \text{ Distribuido al proyecto} = \$ 263$$

Tabla 16. Tiempo de recuperación del dinero para el sistema fotovoltaico

<b>RECUPERACIÓN DE DINERO DEL PROYECTO</b>	
<b>Mes</b>	<b>Cantidad De Dinero Por Mes</b>
2	263
4	525
6	788
8	1051
10	1313
12	1576
14	1839
16	2101
18	2364
20	2626
22	2889
24	3152
26	3414
28	3677
30	3940
32	4202
34	4465
36	4728
38	4990
40	5253
<b>42</b>	<b>5516</b>
44	5778
46	6041
48	6303
50	6566
52	6829
54	7091
56	7354
58	7617
60	7879
62	8142
64	8405
66	8667
68	8930
70	9193
72	9455
74	9718
76	9981
78	10243
80	10506

El tiempo de amortización o de recuperación de la inversión económica en el proyecto es de 3 año y 6 meses; por lo que lo convierte en un proyecto rentable desde todo punto de vista.

## 7. Discusión

El diseño del sistema de energía renovable para la granja GRAVIPAL del cantón Palanda, corresponde a un sistema de generación de energía utilizando paneles solares, mediante este sistema se busca abastecer la demanda energética de equipos y luminarias que funcionan con electricidad, el sistema de iluminación se diseña según los estándares recomendados por el manual de iluminación para pollos de engorde (Aviagen, 2019).

El sistema fotovoltaico es autónomo o aislado por lo que no necesita estar dentro de las regulaciones. Atendiendo las normas y resoluciones vigentes del país, como las resoluciones Nro. ARCERNNR – 029/2020, y la resolución Nro. ARCONEL-042/18 donde se establecen las “Características generales para consumidores que tengan interés en instalar unidades de generación fotovoltaica”; el presente diseño está enmarcado en las consideraciones que se deben tomar en cuenta para la instalación de un sistema fotovoltaico autónomo, las principales a mencionar son: propietario del sistema a implementar es el propietario del inmueble donde se va a instalar y la capacidad nominal está por debajo de los 100 kW permitidos para sistemas de micro generación.

La distribución de luminarias y capacidad nominal se determinó mediante la densidad luminosa para galpones propuesta por la guía de manejo de pollos de engorde (Cobb, 2019), donde se establece 30 lúmenes por metro cuadrado, determinándose 2 luminarias para cada galpón alimentadas en 3 circuitos, es importante tomar en cuenta la temperatura del color para la luz de los galpones con un valor de 3000 K. Con la finalidad de optimizar y ahorrar la energía generada por el sistema fotovoltaico se considera emplear focos led los cuales tienen una eficiencia de 70 % y 85%.

Se recomienda la generación de energía eléctrica mediante la construcción del sistema fotovoltaico, y la adquisición de los componentes seleccionados para el correcto funcionamiento del proyecto, ya que también es rentable y tiene un tiempo de amortización de 3 año y 6 meses.

## 8. Conclusiones

Se evidenció que, la granja no cuenta con el servicio de energía eléctrica, debido a su ubicación geográfica; además que, consta de 5 galpones de 40 m<sup>2</sup> cada uno y una bodega de 15 m<sup>2</sup>, así mismo, de acuerdo a los datos obtenidos de la plataforma web de la Universidad Nacional de Loja, Laboratorio Nacional de Energía Renovable (ENREL), respecto de la radiación solar del lugar de estudio es 3,15 kWh/m<sup>2</sup>día.

Se realizó un diseño eléctrico acorde a las necesidades energéticas, el cual consta de dos circuitos de iluminación con una potencia de 54 W y 45 W respectivamente, y un circuito de fuerza para una bomba de agua de 373 W.

Se logró establecer el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, el cual está compuesto por: 7 paneles solares de 230 Wp, 4 baterías de 250 Ah, 2 reguladores de carga de 50 A y un inversor de corriente de 500 W.

Finalmente, se determinó que, la inversión económica para el sistema fotovoltaico es de 5432,80 dólares, y el tiempo de recuperación de dicha inversión es de 3 años y 6 meses, con lo que se verificó la viabilidad en cuanto a la implementación del sistema fotovoltaico para lograr abastecer la demanda de energía eléctrica en la granja avícola GRAVIPAL.

## **9. Recomendaciones**

En base a las necesidades energéticas y con miras a la mejora de la producción de la granja se recomienda, que se lleve a cabo la implementación del Sistema Fotovoltaico diseñado, con el cual se cubre las necesidades de energía eléctrica de la granja GRAVIPAL.

Se recomienda como trabajo futuro, realizar un estudio de factibilidad considerando los aspectos técnicos y financieros, que involucren la instalación de sistemas de automatización en la granja avícola, tales como: bebederos y comederos automatizados, sensores de luz, entre otros. Para mejorar el rendimiento de producción de la granja.

Finalmente, también se recomienda que el MAGAP y el GAD cantonal, brinden capacitaciones e incentiven a los moradores a implementar sistemas fotovoltaicos, que les permita tener acceso a energía eléctrica autónoma, en lugares donde no exista una red eléctrica.

## 10. Bibliografía

- Amazon.com. (26 de Junio de 2022). Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/BLUETTI-EB150-Generador-incluidos-dom%C3%A9stico/dp/B08XNKQWKQ>
- Arconel. (13 de Abril de 2018). *Agencia de Regulación y control de Electricidad* . Obtenido de Regulación Nro: Arconel 001/18: <https://www.regulacioneléctrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/07/018-18-Proyecto-de-Regulación-Franjas-de-Servidumbre-en-líneas-del-servicio-de-energía-eléctrica-y-distancias-de-seguridad-entre-las-redes-eléctricas-y-edificaciones.pdf>
- ARCONEL. (2018). *RESOLUCIÓN Nro. ARCONEL-018/18*. Obtenido de <https://www.regulacioneléctrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/07/018-18-Proyecto-de-Regulación-Franjas-de-Servidumbre-en-líneas-del-servicio-de-energía-eléctrica-y-distancias-de-seguridad-entre-las-redes-eléctricas-y-edificaciones.pdf>
- Atlas, W. (20 de Febrero de 2021). *Weather Atlas*. Obtenido de <https://www.weather-atlas.com/es/ecuador/loja-clima>
- AutoSolar. (10 de Julio de 2020). Obtenido de <https://autosolar.es/blog/baterías-placas-solares/tipos-baterías-solares>
- Bayod, Á. A. (2009). *Energías Renovables Sistemas Fotovoltaicos*. Zaragoza: Pressas Universitarias de Zaragoza.
- Becerra, M. (26 de Junio de 2022). *Pinterest*. Obtenido de <https://ar.pinterest.com/pin/247275835779089959/?mt=login>
- BMEditores. (26 de Junio de 2022). Obtenido de <https://bmeditores.mx/avicultura/higiene-del-galpón-limpieza-y-desinfección-para-tener-éxito-con-pollos-de-engorde-2068/>
- Casarejo. (26 de Junio de 2022). Obtenido de <https://www.fincacasarejo.com/catálogo/productos-de-avicultura/criadoras-para-pollos/lámparas-de-calefacción-para-la-cria-de-pollitos>
- Cengel, Y. (2011). *Transferencia de calor y masa*. México: Mc Graw-Hill. doi:978-607-15-0540-8
- Cengel, Y. A. (2009). *Termodinámica*. México: Mc. Graw Hill. doi:ISBN 978-970-10-7286-8
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2009). *Termodinámica* (séptima edición ed.). México. doi:ISBN 978-0-07-352932-5
- Delgado & Orellana, G. J. (2015). Estimación de la radiación solar global diaria en el cantón Cuenca mediante la aplicación del modelo Bristow Campbell. *Tesis de ingeniería*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8428/1/UPS-CT004934.pdf>
- ecofener. (14 de Diciembre de 2021). Obtenido de <https://ecofener.com/blog/que-es-un-inversor-de-corriente-conversor-de-corriente-continua-a-corriente-alterna-diferentes-tipos-de-inversores-que-inversor-fotovoltaico-necesito/>

- EERSSA. (2012). Normas técnicas para el diseño de redes eléctricas urbanas y rurales. Loja.
- Engormix. (17 de Mayo de 2022). *Evolución Tecnología Agropecuaria*. Obtenido de [https://www.engormix.com/evolucion-tecnologica-agropecuaria/criadoras-gasolec-criadoras-pollo-infrarrojo-sh11802\\_pr33342.htm](https://www.engormix.com/evolucion-tecnologica-agropecuaria/criadoras-gasolec-criadoras-pollo-infrarrojo-sh11802_pr33342.htm)
- Fernandez, F. (12 de Enero de 2022). *Reguladordecarga.net*. Obtenido de <https://reguladordecarga.net/>
- Galarza Lopez, M. (2017). *INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO TIPO 2, DE 20kW DE POTENCIA EN EL CEIP LAS DELICIAS*. INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ENERGÍAS RENOVABLES S.A., España.
- Hernandez, G. R. (2017). ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA LIMPIA MEDIANTE CELDAS FOTOVOLTAICAS PARA LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DEL EDIFICIO 4 EN EL ITSLV. *TESIS DE GRADO DE MAESTRO EN MANUFACTURA AVANZADA*. CIATEQ, MÉXICO. Obtenido de <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/97/1/HernándezGallegosRodolfo%20MMANAV%202017.pdf>
- HGIIngeniería. (9 de Noviembre de 2018). Obtenido de <https://ingeniería.com/sabias-que-existen-tres-formas-de-aprovechar-la-energía-solar/>
- MBaterías. (26 de Junio de 2022). *Regulador de carga-Mejor Baterías*. Obtenido de <https://mejorbaterías.com/regulador-de-carga-solar-48>
- Medioambienteynaturaleza. (26 de Junio de 2022). *Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://medioambienteynaturaleza.com/esquema-instalación-fotovoltaica/>
- Metropol. (04 de Junio de 2022). *Área Metropolitana-Valle de Aburra*. Obtenido de <https://www.metropol.gov.com/ambiental/Páginas/consumo-sostenible/Energías-Renovables.aspx>
- Mogrovejo, W. F. (2011). Analiza la factibilidad técnica y económica en el Ecuador para la implementación de energía solar, tanto en el campo fotovoltaico como termo solar aplicado a viviendas unifamiliares. *Universidad de Cuenca*, 1-234.
- Navarra. (28 de Junio de 2022). *Meteo.Navarra.es*. Obtenido de [http://meteo.navarra.es/definiciones/radiación\\_solar.cfm](http://meteo.navarra.es/definiciones/radiación_solar.cfm)
- NREL. (14 de Diciembre de 2020). *Laboratorio Nacional de Energía Renovable*. Obtenido de Alianza del clima y energía de las américas.: <https://ecpamericas.org.es/resources/nrel-laboratorio-nacional-de-energía-renovable/>
- OLADE. (1995). Organización Latinoamericana de Energía.
- Onlinestorecheaps. (26 de Junio de 2022). Obtenido de <https://es.onlinestorecheaps.ru/content?c=efecto%20fotovoltaico%20en%20paneles%20solares&id=15>
- Potes Valencia, P. W., & Proaño Maldonado, X. A. (2019). DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED EN EL BLOQUE B DE LA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI*, 1-158.

- Proviento.S.A. (28 de Enero de 2022). *Energías Renovables Ecuador*. Obtenido de <https://proviento.com.ec/paneles-solares/29-panel-solar-110wp-12vdc-policristalino.html>
- Recio, J. (22 de Octubre de 2021). *CNICE*. Obtenido de [http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didácticos/energía/no\\_renovables.htm?4&2](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didácticos/energía/no_renovables.htm?4&2)
- Rivas, C. E. (2015). “ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA.”. *Tesis de Ingeniería Electromecánica*. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/browse?type=author&value=Rivas+Celi%2C+Edgar+Rafael>
- Romero Marquez, C. (2020). DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED ELÉCTRICA EN EL ECUADOR EN BAJA TENSIÓN. *Tesis de grado*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, Loja, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/4/browse?type=author&order=ASC&rpp=80&value=Romero+M%C3%A1rquez%2C+Christian+Javier>
- ROSS. (2018). Pollos de engorde. *Manual de manejo de pollos de engorde*. Obtenido de <http://www.aviagen.com/>
- Rossi.S.p.A. (2018). *Habasit Group-ROSSI*. Obtenido de <https://www.rossi.com/>
- Sarmiento Vintimilla, J. C. (2011). Analiza la factibilidad técnica y económica en el Ecuador para la implementación de energía solar, tanto en el campo fotovoltaico como termo solar aplicado a viviendas unifamiliares. *Universidad de Cuenca*, 1-234.
- Selectra. (30 de Junio de 2021). *Tarifasgasluz by Selectra*. Obtenido de <https://tarifasgasluz.com/autoconsumo/energía-solar>
- Soty. (12 de 01 de 2022). Obtenido de <https://sotysolar.es/blog/que-son-los-inversores-fotovoltaicos>
- Sur, V. (07 de 05 de 2020). *Viajes VitalSur.com*. Obtenido de <https://www.viajesvistalsur.com/Artículo/content/905/detail/Loja-Dulce-tradición>.
- Sylvania. (14 de Mayo de 2022). *Lámparas Toledo*. Obtenido de <https://sylvania.com.ec/product/led-toledo/>
- Tritec. (Enero de 2022). *INTERVENTO*. Obtenido de <https://tritec-intervento.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>
- Velez Medina, F. (2021). Metodología para la obtención del potencial solar en la región sur del Ecuador mallado de 1 Km por 1Km. *Tesis de Ingeniería*. Universidad Nacional de Loja, Loja.
- Zootecnia. (26 de Junio de 2022). Obtenido de <https://zoovetespasión.com/avicultura/equipos-para-granjas-avícolas/>



## 11. Anexos

### Anexo 1 . Descripción de características de los conductores AWG

Tabla 15. Especificaciones técnicas de los conductores eléctricos AWG.

Cables AWG				
<i>N. AWG</i>	Sección mm <sup>2</sup>	Ø mm	Resistencia Ω/km	I
<i>1</i>	42,4	7,35	0,47	110
<i>2</i>	33,6	6,54	0,57	95
<i>3</i>	26,7	5,83	0,71	85
<i>4</i>	21,2	5,19	0,91	70
<i>6</i>	13,3	4,11	1,44	55
<i>8</i>	8,34	3,26	2,36	40
<i>10</i>	5,26	2,59	3,64	30
<i>12</i>	3,31	2,05	5,41	20
<i>14</i>	2,08	1,63	8,79	15

Fuente: (ELECTROCABLES, 2022)

## Anexo 2 . Características del Panel solar RS7E-230M

**36 Cells**  
Mono-crystalline 9BB

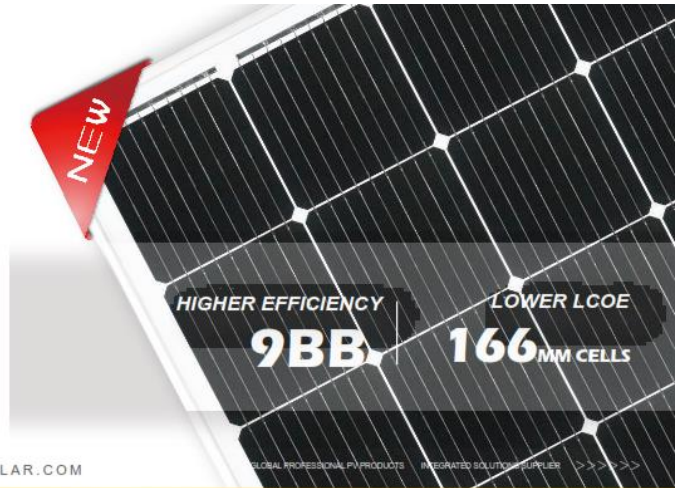
**210-230W**  
Power output

**21.06%**  
The Highest Efficiency

**0~+5W**  
Tolerance

**0.5% Annual Degradation over 30 years**

**LINEAR PERFORMANCE WARRANTY**  
12 year Product Warranty / 30 year Linear Power Warranty



### RS7E-M

RS7E-M series is produced with high efficiency multi-busbar cells, which can reduce the module internal power loss to improve its conversion efficiency, as well as lower the failure risk caused by cracks and broken busbar to enhance the module reliability.



#### High Reliability

Multi-busbar technology can effectively reduce the reliability risk caused by cells cracks and broken busbar.



#### Anti-PID Resistance

Prominent anti-PID performance reduces the power degradation, leading to higher energy yield and lower LCOE.



#### Durability Against Extreme Conditions

Certified to resist high salt mist and ammonia conditions.



#### High Efficiency

Multi-busbar technology can reduce the module internal power loss to improve the module conversion efficiency significantly.



#### Low-Light Performance

With high transmittance and anti-reflective 3.2mm tempered glass, the module has stronger performance under low light circumstances.



#### High Mechanical Strength

Certified to withstand: high wind load(2400Pa) and snow load(5400Pa).

#### Full range of products and certification systems

ISO 9001 TUV PID-FREE CE IEC61215/61730/61701/62716

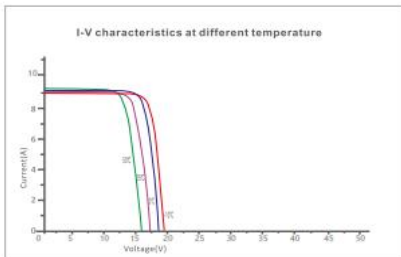
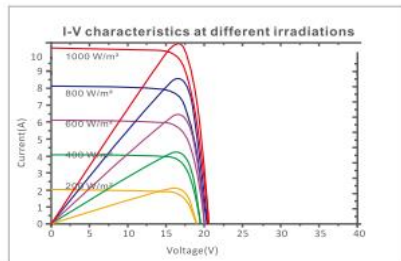
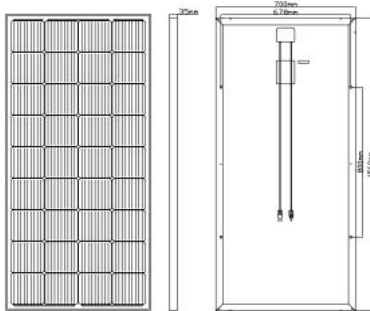


# RS7E-M

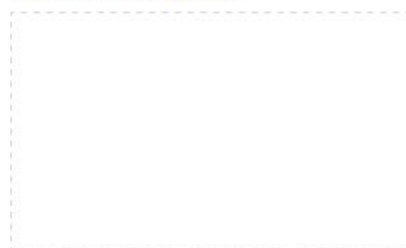


GLOBAL PROFESSIONAL PV PRODUCTS INTEGRATED SOLUTIONS SUPPLIER

Dimension of PV Modules Unit: mm



## Partner information



A: Room 606.No.13,Yongshang Garden,Jingfeng Road,  
Mudu Town,Wuzhong District,Suzhou,Jiangsu Province,China  
F:+86512-66292101 T:+86 512-66293858  
W:www.resunsolar.com E:info@resunsolar.com

## ELECTRICAL DATA(STC)

Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	210W	215W	220W	225W	230W
Open Circuit Voltage-Voc(V)	23.99V	23.99V	24.03V	24.06V	24.10V
Short Circuit Current-Isc(A)	11.07A	11.30A	11.53A	11.76A	11.99A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	20.05V	20.09V	20.12V	20.16V	20.19V
Maximum Power Current-Imp(A)	10.47A	10.70A	10.93A	11.16A	11.39A
Module Efficiency (%)	19.23%	19.69%	20.15%	20.60%	21.06%

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

## ELECTRICAL DATA(NOCT)

Maximum Power-Pmax (Wp)	156.8W	160.4W	164.1W	167.9W	171.6W
Open Circuit Voltage-Voc (V)	22.46V	22.90V	22.54V	22.57V	22.61V
Short Circuit Current-Isc (A)	8.95A	9.13A	9.32A	9.50A	9.69A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	18.66V	18.68V	18.71V	18.75V	18.76V
Maximum Power Current-Imp(A)	8.4A	8.55A	8.77A	8.95A	9.14A

NOCT: Irradiance at 800 W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

## MECHANICAL DATA

Solar cells	Mono-crystalline 166X166mm, 9 Bus bars
Cell configuration	36cells(4x9)
Module dimensions	1560x700x35mm
Weight	12KGS
Front Cover	3.2mm Tempered Glass
Frame Material	Anodized Aluminum Alloy
J-BOX	IP67 or IP68, 2 or 3 diodes
Cable	4mm <sup>2</sup> (IEC)/12AWG(UL),900mm
Connectors	MC4 or MC4 Comparable
Standard Packaging	2pcs/carton

## TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.32%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.05%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/°C
Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000V(IEC)/1000V(UL)
Max Series Fuse Rating	15A
Limiting Reverse Current	15A




## PACKAGING CONFIGURATION

	40HQ	20GP
Number of modules per container	1452pcs	610pcs
Package	2pcs/carton	2pcs/carton
Package Number	726cartons	305cartons

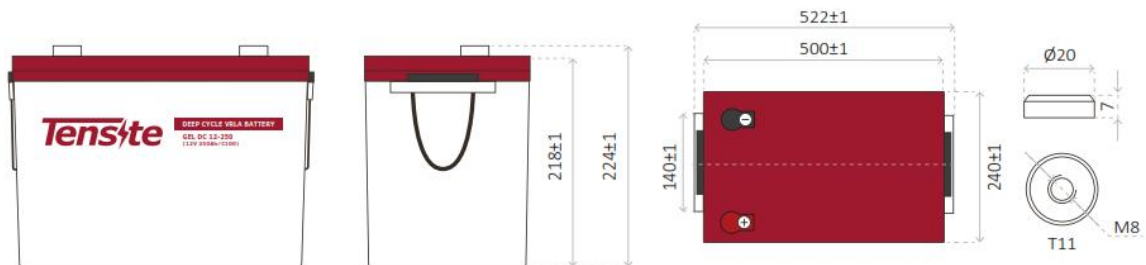
### Anexo 3. Características de la Batería Solar 12V/250 Ah



#### CHARACTERISTICS

-  Compact size ideal for any type of use.
-  Great performance due to its deep discharge cycle life.
-  Perfect to use as accumulator in photovoltaic installations.

#### DIMENSIONS



### GEL BATTERY 12V 250 AH

#### GEL SERIES BATTERY

GEL series batteries are manufactured with special separators and silica gel immobilizing the electrolyte inside the battery. The proven silica gel technology can improve battery cycle life and performance at wider temperature range. The deep discharge cycle life is increased 50% compared normal battery.



#### APPLICATION

- Emergency Power System
- Communication equipment
- Telecommunication systems
- Uninterruptible power supplies
- Power tools
- Marine equipment
- Medical equipment
- Solar and wind power system

#### GENERAL FEATURES

- Safety Sealing
- Non-spillable construction
- High power density
- Excellent recovery from Deep discharge
- Thick plates and high active materials
- Longer life and low self-discharge design

#### TECHNICAL SPECIFICATIONS

<b>BATTERY MODEL</b>	<b>Nominal voltage</b>			12V	
	<b>Rated capacity (100 hour rate)</b>			250Ah	
<b>DIMENSION</b>	<b>Cells Per battery</b>			6	
	<b>Length</b>	<b>Width</b>	<b>Height</b>	<b>Total Height</b>	
<b>APPROX. WEIGHT</b>	522 mm	240 mm	218 mm	224 mm	
<b>CAPACITY @ 25°C</b>	57.0 kg ± 3%				
	<b>10 hour rate (20.0A)</b>	<b>5 hour rate (34.6A)</b>	<b>3 hour rate (52.4A)</b>	<b>1 hour rate (122.8A)</b>	
<b>MAX. DISCHARGE CURRENT</b>	200.0 Ah	173.0 Ah	157.2 Ah	122.8 Ah	
<b>INTERNAL RESISTANCE</b>	2000 A (5 sec.)				
<b>CAPACITY AFFECTED BY TEMP. (10 HR)</b>	Full charged Vat 25°C: Approx. 2.1mΩ				
	<b>40°C</b>	<b>25°C</b>		<b>0°C</b>	
<b>CHARGE METHOD @ 25°C</b>	103%		100%		86%
	<b>Cycle Use</b>			<b>Standby Use</b>	
14.4-15.0V (Initial charging current less than 27A)			13.50-13.80V		

#### BATTERY DISCHARGE TABLE

**CONSTANT CURRENT (AMP) AND CONSTANT POWER (WATT) DISCHARGE TABLE AT 25 °C**

F.V / TIME	10 min	15 min	30 min	60 min	3 h	5 h	10 h	20 h
<b>1.80</b>	A	431.78	328.03	221.51	124.13	51.99	35.75	10.61
	W	781.95	606.20	411.12	231.26	97.48	67.83	20.92
<b>1.75</b>	A	447.38	334.65	225.81	129.03	53.76	36.56	10.75
	W	816.90	624.13	424.30	242.85	101.61	69.97	21.38
<b>1.70</b>	A	474.56	347.89	229.04	129.55	54.30	37.14	11.02
	W	876.98	654.40	434.03	247.31	104.10	71.99	22.10
<b>1.65</b>	A	484.12	356.72	231.19	130.20	55.10	37.84	11.40
	W	900.94	678.84	442.96	237.87	106.69	74.01	23.22
<b>1.60</b>	A	503.24	367.75	236.56	131.10	56.45	39.12	11.82
	W	943.57	704.25	457.05	255.38	110.20	77.06	24.41

## Anexo 4. Características del controlador MPPT 50ª STUDER

### VarioTrack Series



Model	VT-65			VT-80		
<b>Electrical characteristics PV array side</b>						
At nominal battery voltage	12 V	24 V	48 V	12 V	24 V	48 V
Maximum solar power recommended (@STC)	1000 W	2000 W	4000 W	1250 W	2500 W	5000 W
Maximum solar open circuit voltage	75 V	150 V		75 V	150 V	
Maximum solar functional circuit voltage	75 V	145 V		75 V	145 V	
Minimum solar functional circuit voltage	Above battery voltage					
<b>Electrical characteristics battery side</b>						
Maximum output current	65 A			80 A		
Nominal battery voltages	Automatic / manual set to 12, 24 or 48 V					
Operating voltage range	7 - 68 V					
<b>Performances of the device</b>						
Power conversion efficiency (in a 48 V typical-system)	> 99 %					
Maximum stand-by self-consumption (48 V)	25 mA > 1.2 W					
Maximum stand-by self-consumption (24 V)	30 mA > 0.8 W					
Maximum stand-by self-consumption (12 V)	35 mA > 0.5 W					
Charging stages	4 stages: Bulk, Absorption, Float, Equalization					
Battery temperature compensation (available with accessory BTS-01)	-3 mV / °C /cell (25°C ref) default value adjustable -8 to 0 mV / °C					
<b>Electronic protections</b>						
PV reverse polarity	Up to -150 V					
Battery reverse polarity	Up to -150 V					
Battery overvoltage	Up to 150 V					
Over temperature	Protected					
Reverse current at night	Prevented by relays					
<b>Environment</b>						
Operating ambient temperature range	-20 to 55°C					
Humidity	100 %					
Ingress protection of enclosures	IP54, IEC/EN 60529:2001					
Mounting location	indoor					
<b>General data</b>						
Warranty	5 years					
ISO Certification	9001:2008 / 14001:2004					
Weight	5.2 kg			5.5 kg		
Dimensions h/w/l [mm]	120 / 220 / 310			120 / 220 / 350		
Parallel operation (separated PV arrays)	Up to 15 devices					
Max wire size	35 mm <sup>2</sup>					
Glands	M 20 x 1,5					
<b>Communication</b>						
Network cabling	STUDER communication BUS					
Remote control & Communication	RCC-02/03, Xcom-232i / Xcom-LAN / Xcom-GSM / Xcom-SMS					
Menu languages	English / French / German / Spanish					
Data logging	With RCC-02/03, Xcom-232i on SD card - One point every minute					
<b>Accordance to standards</b>						
EU declaration of conformity	<b>Low Voltage Directive (LVD) 2014/35/EU:</b> - EN 50178:1997 <b>Electromagnetic Compliance (EMC) Directive 2014/30/EU:</b> - EN 61000-6-2:2005, - EN 61000-6-4:2007/A1:2011					
<b>Accessories</b>						
Remote control RCC-02 or RCC-03	•			•		
Module Xcom-232i	•			•		
Communication sets Xcom-LAN / Xcom-GSM / Xcom-SMS	•			•		
Battery Status Processor BSP	•			•		
2 aux. contacts module ARM-02	•			•		
Cooling Module ECF-01	•			Included		
Battery temp. sensor BTS-01 (3 m)	•			•		
Communication cable CAB-RJ45-8-2	•			•		

Anexo 5. Características del inversor ZOHAN TW500-12.

## ZONHAN TW500 PURE SINEWAVE INVERTER



### INPUT/OUTPUT INTRODUCTION

#### Signal indicator

Green light: normal operation  
Red light: failure indication

#### USB output

Direct current output  
mode 1A/5V

#### Power switch

I: ON turn on (start working)  
O: OFF turn off (stop working)

#### Alternating current output

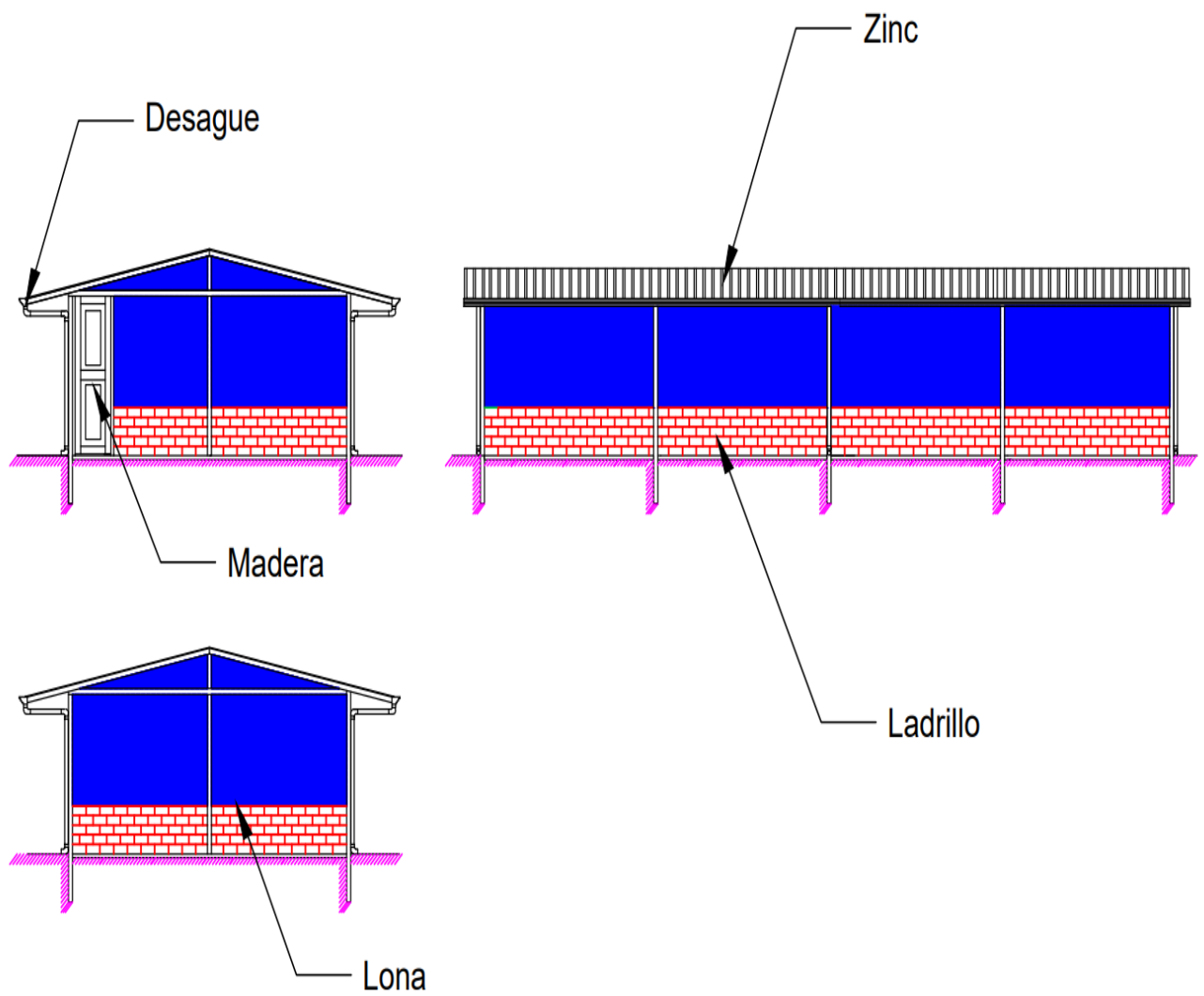
The socket model is chose by users: 12V/24V/48V switch into 110V/220V ( $\pm 10\%$ )



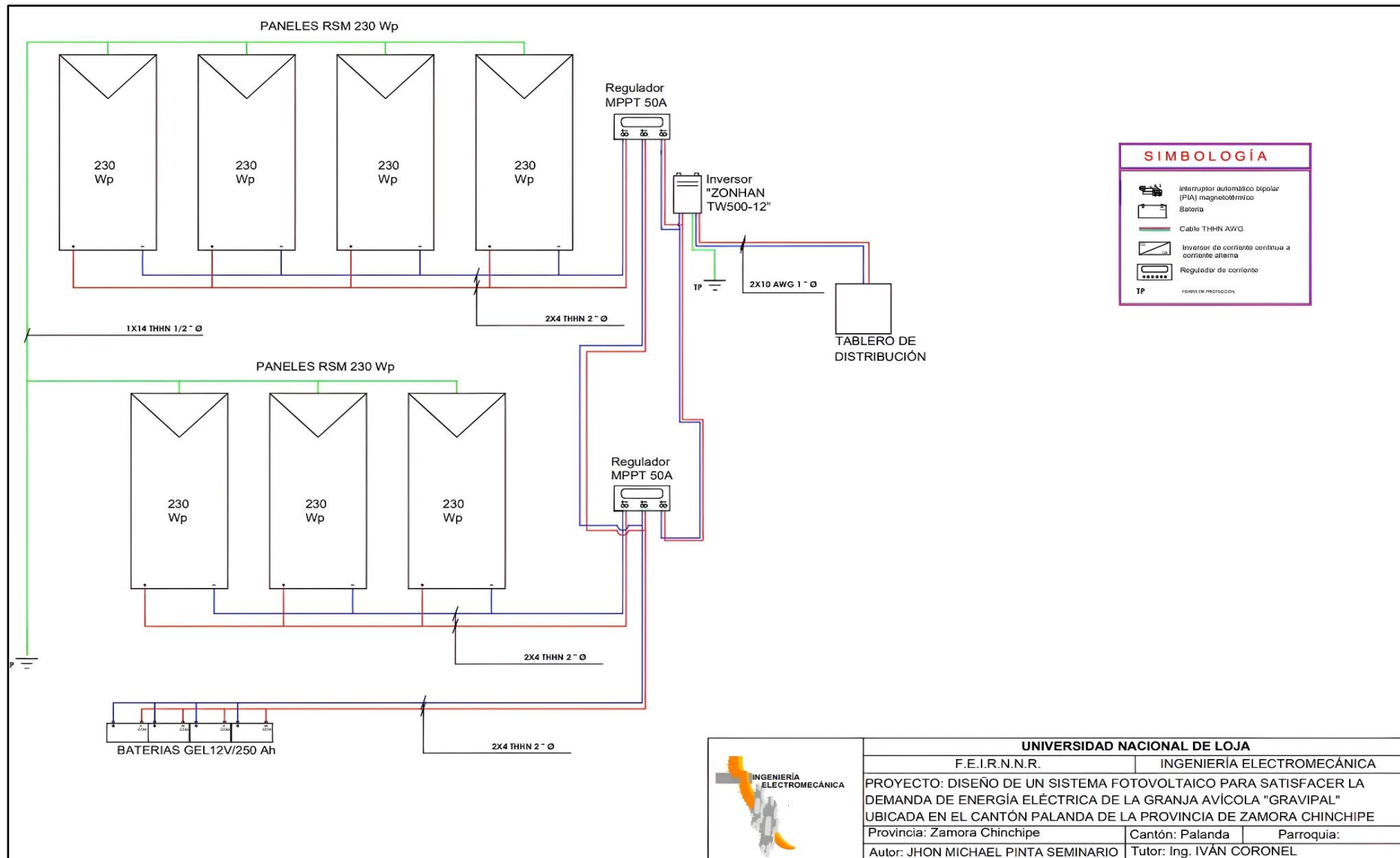
<b>Model : TW-500</b>		<b>TW-500-12V</b>	<b>TW-500-24V</b>	<b>TW-500-48V</b>
AC Output	Continuous power:	500W		
	<b>Surge power:</b>	<b>1000W</b>		
		120%<load<load</load		
		150%<load<load</load		
	Output Waveform	Pure Sine Wave (THD < 3%)		
	Output Frequency	50Hz±0.1% or 60Hz±0.1% (Optional)		
	AC Output Voltage	100~120VAC / 200~240VAC (Optional)		
DC Input	DC Input Voltage	12V DC	24V DC	48V DC
	Voltage Range	10.8V-15.5V	21.6V-31V	43.2V-62V
	Low Voltage Alarm	10.8V± 0.2V	21.6V±0.4V	43.2V±0.8V
	Low Voltage Shut down	10.2V±0.2V	20.4V±0.4V	40.8V±0.8V
	Over Voltage Shut down	15.5V±0.2V	31V±0.4V	62V±0.8V
Converting Max. Efficiency		90% (Full Loading) / 95% (1/3 Loading)		
No Load Consumption		<0.4A	<0.2A	<0.1A
Protection	Over Thermal:	Shut Off Output Automatically, Temperature >75°C		
	Short circuit protection:	Reverse Polarity (External Fuse)		
	Cooling Fan automatically run	Temperature ≥45°C		
Environment	Working temperature	-10°C~+50°C		
	Working humidity	20%~90% RH Non-Condensing		
	Storage Temperature Range	-30°C~+70°C		
LED Indicator Light		Inverter, Fault		
Packing	Inner Box Dimensions (mm)	315*195*135mm		6 pcs /Carton
	Inner Box Weight (kg)	2.5kg		
	Carton Dimensions (mm)	420*340*460 mm		
	Carton Weight (kg)	15 kg		



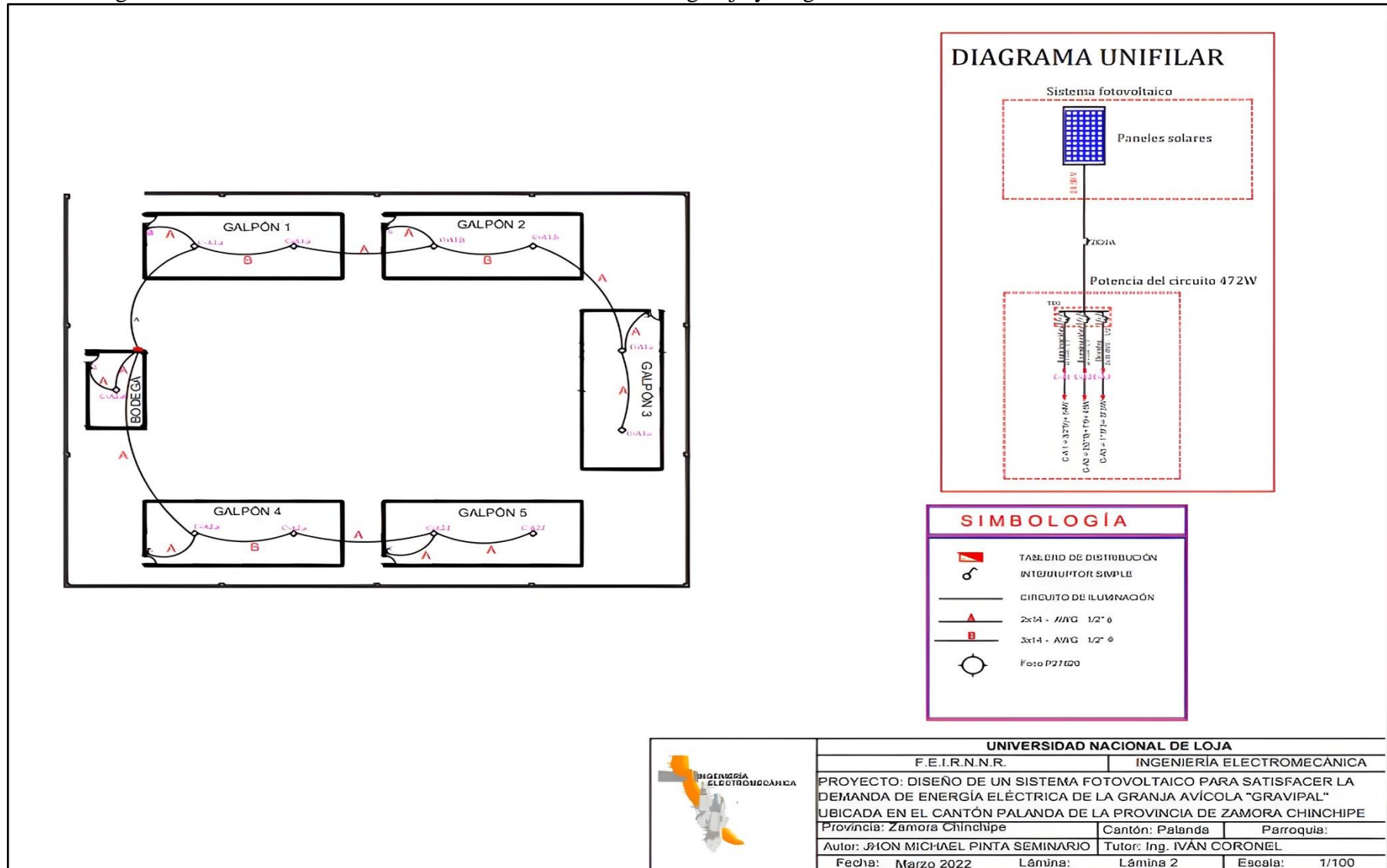
**Anexo 6.** Plano de los galpones de la granja



## Anexo 7. Conexión del Sistema Fotovoltaico.



Anexo 8. Diagrama de conexión de luminarias en la construcción de la granja y diagrama unifilar.



**Anexo 9.** Certificado de traducción del Resumen.

**CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN DE RESUMEN**

**Ing. Pio Oswaldo Palacios Jimenez con certificación C2 en el idioma inglés.**

**CERTIFICA:**

Que la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de titulación denominado **“Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía eléctrica de la granja avícola GRAVIPAL, ubicada en el cantón Palanda de la provincia de Zamora Chinchipe”**, correspondiente al señor egresado: Jhon Michael Pinta Seminario, con cédula de identidad 1105887895, ha sido revisado y supervisado según se me ha solicitado, por lo cual cumple con la correcta traducción al idioma inglés.

Esto es lo que puedo mencionar y certificar en honor a la verdad para fines pertinentes.

Loja, 31 de octubre de 2022



---

**Ing. Pio Oswaldo Palacios Jimenez**