



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA CERCA ELÉCTRICA
MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN
EL SECTOR DE MOGOTES PARROQUIA DE ALAQUEZ”**

Proyecto de propuesta tecnológica presentado previo a la obtención del título de
Ingeniero en electromecánica.

AUTORES:

Carlos Efrain Chicaiza Bolaños

Heidy Nicole Cuñas Ashqui

TUTOR:


Ing. M.Sc. Jefferson Alberto Porrás Reyes

LATACUNGA – ECUADOR
FEBRERO 2024

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Chicaiza Bolaños Carlos Efrain, con cédula de ciudadanía No. 172621785-2, Cuñas Ashqui Heidy Nicole, con cédula de ciudadanía No. 1172445112-3 declaramos ser autores de la presente PROPUESTA TECNOLÓGICA: “**IMPLEMENTACIÓN DE UNA CERCA ELÉCTRICA MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL SECTOR DE MOGOTES PARROQUIA DE ALAQUEZ**”, siendo el Ing. M.Sc. Jefferson Alberto Porras Reyes Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente propuesta tecnológica, son de mi exclusiva responsabilidad.



.....
Chicaiza Bolaños Carlos Efrain
C.C:172621785-2



.....
Cuñas Ashqui Heidy Nicole
C.C:142445112-3

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CHICAIZA BOLAÑOS CARLOS EFRAIN**, identificado con cédula de ciudadanía No. 1726217852 de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Electromecánica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**IMPLEMENTACIÓN DE UNA CERCA ELÉCTRICA MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL SECTOR DE MOGOTES PARROQUIA DE ALAQUEZ**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2019 - Marzo 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de Noviembre del 2023

Tutor: Ing. M.Sc. Jefferson Alberto Porras Reyes.

Tema: “**IMPLEMENTACIÓN DE UNA CERCA ELÉCTRICA MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL SECTOR DE MOGOTES PARROQUIA DE ALAQUEZ**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 9 días del mes de febrero del 2024.

.....

Chicaiza Bolaños Carlos Efrain

EL CEDENTE

.....

Ing. Idalia Pacheco Tigselema Ph.D

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CUÑAS ASHQUI HEIDY NICOLE** identificado con cédula de ciudadanía No. 172445112-3 de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Electromecánica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**IMPLEMENTACIÓN DE UNA CERCA ELÉCTRICA MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL SECTOR DE MOGOTES PARROQUIA DE ALAQUEZ**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2019 - Marzo 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de Noviembre del 2023

Tutor: Ing. M.Sc. Jefferson Alberto Porras Reyes.

Tema: “**IMPLEMENTACIÓN DE UNA CERCA ELÉCTRICA MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL SECTOR DE MOGOTES PARROQUIA DE ALAQUEZ**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los

siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su

caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 9 días del mes de febrero del 2024.

.....
Cuñas Ashqui Heidy Nicole

LA CEDENTE

.....
Ing. Idalia Pacheco Tigselema Ph.D

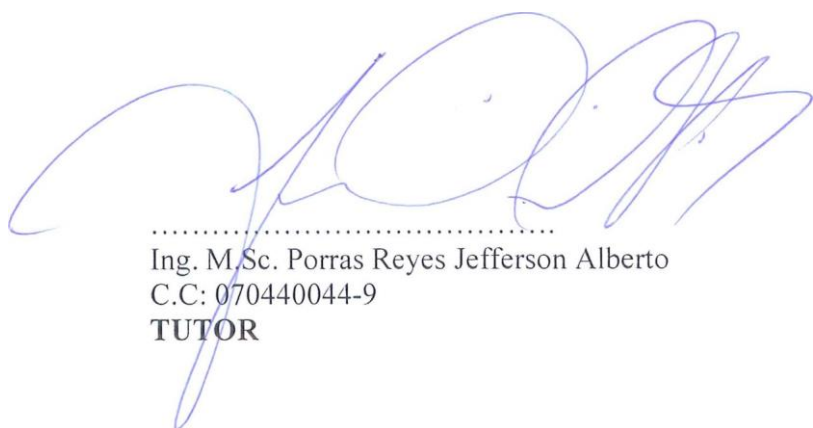
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad el Tutor de la propuesta tecnológica sobre el título:

"IMPLEMENTACIÓN DE UNA CERCA ELÉCTRICA MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL SECTOR DE MOGOTES PARROQUIA DE ALAQUEZ", de Chicaiza Bolaños Carlos Efrain; Cuñas Ashqui Heidi Nicole, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 12 de febrero del 2024



.....
Ing. M.Sc. Porrás Reyes Jefferson Alberto
C.C: 070440044-9
TUTOR

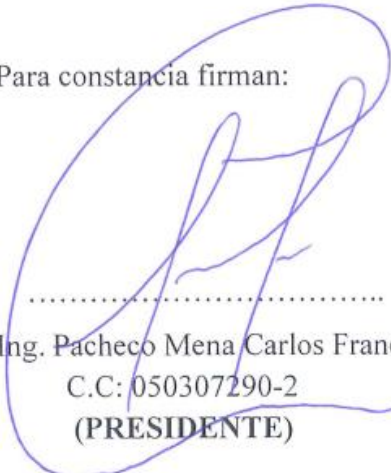
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban la presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y aplicadas por cuanto, los postulantes: Chicaiza Bolaños Carlos Efrain; Cuñas Ashqui Heidy Nicole, con el título del Proyecto de Investigación **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA CERCA ELÉCTRICA MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL SECTOR DE MOGOTES PARROQUIA DE ALAQUEZ”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.


Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 26 de febrero del 2024


Para constancia firman:



.....
Ing. Pacheco Mena Carlos Francisco
C.C: 050307290-2
(PRESIDENTE)



.....
Ing. M.S.c. Cruz Panchi Luis Rolando
C.C: 050259517-6
LECTOR 2 (MIEMBRO)



.....
Ing. Navarrete López Luis Miguel
C.C: 180374728-4
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por darme la vida, salud y fe para seguir día a día

A mi padre Cesar por enseñarme el significado del trabajo, saber que uno siempre tiene que caminar hacia adelante sin desmayar, que los obstáculos que son algo cotidiano, el carácter se forma en el proceso, por su paciencia y amor.

A mi madre Amparo por todo el cariño y amor incondicional que me ha brindado, a ser una persona decidida que no fácilmente decae, a encontrar soluciones, sus enseñanzas que me han forjado en el transcurso del tiempo, por la confianza depositada en mi.

A mis hermanas las cuales siempre han estado conmigo en las buenas y malas situaciones.

A mis abuelitos Emilio y Rosa por ese amor incondicional, por sus consejos y todo el amor que me pueden dar.

A mi familia por cada uno de sus consejos y palabras de aliento que me ha brindado a lo largo de esta etapa.

A mis amigos con los cuales compartimos momentos que siempre se quedarán grabados en mi mente.

A la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi, por darme la oportunidad de alcanzar un objetivo más en mi vida, de igual manera a los Docentes con mucha estima y aprecio quienes impartieron sus conocimientos y experiencias para alcanzar un mejor porvenir.

Agradezco al Ing. Jefferson Porras por ayudarnos con sus conocimientos, consejos e impulsar el desarrollo de este proyecto desde sus inicios

Carlos Efraín Chicaiza Bolaños.

Primeramente, agradezco a Dios por darme la salud, fuerza y sobre todo por regalarme la vida.

Perpetua gratitud, a la noble alma mater de Cotopaxi, mi querida UTC, autora de mis triunfos profesionales y a su cuerpo de docentes que día a día me forjaron como una profesional dedicada al servicio del pueblo.

A mi madre Celina por siempre estar conmigo, nunca dejarme sola a pesar de ser padre y madre luchó a mi lado, me entrega todo su amor, sus enseñanzas, la sabiduría en este paso por la vida sus esfuerzos son incomparables me has proporcionado todo y cada cosa que he necesitado.

A mi hermano Jhonatan el cual siempre ha estado conmigo en momentos buenos y malos.

A Luis Pachacama por regarme un granito de arena en este trayecto, por entregarme un amor leal, y nunca dejarme sola.

A mi familia por cada uno de sus consejos y palabras de aliento que me han ayudado para no decaer y tener este logro.

Agradezco a mi tutor Ing. M.Sc Jefferson Porras por todo apoyo, nunca nos dejó solos, también por sus conocimientos, consejos brindados en el desarrollo de este proyecto desde sus inicios

A mi amigo, Carlos Ch., por el apoyo brindado sin condiciones; compañeros de estudio con quienes compartí momentos de inmensas alegrías siempre los llevaré en mi corazón.

Heidy Nicole Cuñas Ashqui.

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico con todo mi amor a mis padres Cesar y Amparo por ser el pilar fundamental de cada uno de mis metas, gracias a ellos que con mucho trabajo, sacrificio y amor he logrado seguir adelante, por cada una de sus enseñanzas y palabras de aliento que me han servido para ser una persona de bien y luchar por mis metas. gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades.

A mis locas hermanas Erika, Dayana, y Edith por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias

A la memoria de mi mamita Carmen que desde el cielo va estar muy contenta por este logro, por su amor y consejos que nunca faltaron a lo largo de su vida y que me ayudaron a ser una mejor persona, sé que sus ojos no podrán ver mi triunfo, pero su alma y su esencia me acompañara en cada uno de ellos.

Con infinito amor para ustedes mi hermosa familia los que siempre estarán junto a mí y yo junto a ustedes.

Carlos Efrain Chicaiza Bolaños

Apenas puedo expresar mi profundo sentir al dar las gracias infinitas por enseñarme el significado del éxito a mi madre: Celina; y quiero dedicarle estas líneas: me enseñaste que para alcanzar los sueños hace falta extender las alas y volar, las barreras no se superan imaginando que no existen sino afrontando los miedos y dando el 100 % para ser dueña de mi felicidad. Eres mi amiga, mi cómplice y mi confidente sin ti, este peldaño en mi vida profesional no lo hubiera logrado.

A mi hermano Jhonatan por su cariño y su apoyo incondicional durante todo este proceso, por siempre estar conmigo brindándome palabras de aliento y entregándome toda su confianza.

A mis tíos Edgar y Elvia por siempre entregarme su amor y sus consejos, las cuales me ayudaron día a día a seguir adelante y por tener depositada su confianza en mí, me enseñaron a que, si me lo propongo, lo ejecuto y llegó al éxito.

Al amor Luis Antony por brindarme todo su amor, apoyo, tiempo, paciencia y dedicación, jamás me dejó rendir, sus palabras siempre me alentaron a seguir adelante, y por acompañarme en esta aventura llamada vida.

A mi querido padre que, a pesar de su ausencia, me dio los mejores valores y educación, que donde sea que te encuentres siempre te llevaré en mi corazón.

Un triunfo por el infinito amor hacia ustedes mi familia.

Heidy Nicole Cuñas Ashqui

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA CERCA ELÉCTRICA MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL SECTOR DE MOGOTES PARROQUIA DE ALAQUEZ”

AUTORES:

Carlos Efrain Chicaiza Bolaños

Heidy Nicole Cuñas Ashqui

RESUMEN

En el presente proyecto se da a conocer la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaico para la dotación de electricidad a una cerca eléctrica, para poder restringir el acceso de personas o animales a la zona, ya que esta cuenta con una fuente natural de agua que es indispensable para el consumo de la Parroquia de Alaquez. A partir de la necesidad que presentan los moradores donde el elemento principal es la falta de energía, se realizó estudios en la zona para poder generar electricidad mediante un recurso renovable, en este caso la energía solar, esta es de gran utilidad para la implementación de la cerca eléctrica, que está compuesta por tres paneles fotovoltaicos monocristalinos de 160 W, una batería de plomo - ácido tipo gel de 150 Ah, el regulador de carga de marca Powest y un energizador que cubre un perímetro de 2 000 m lineales de marca Hagroy HR - 10 000, estos equipos son alimentados a 12 V en corriente continua. El análisis se dio gracias a la obtención de datos previos de la radiación solar en la zona obtenida mediante la página web NASA POWER, que es de 3,54 kWh/m², pese a que las condiciones climáticas del sector son muy adversas, ya que está ubicada a 4 000 m.s.n.m. Con la información obtenida se realiza un análisis para el su dimensionamiento partiendo de la potencia instalada de 64,5 W y una demanda diaria que necesita el sistema de 748 Wh/día. Mediante la recolección de datos se obtiene una potencia máxima generada de 64 W en condiciones climáticas bajas y una potencia de 151 W en un clima cálido siendo estas favorables y garantizando el funcionamiento del sistema. El beneficio de este proyecto está en la satisfacción de los moradores del sector, ya que cuentan con el área protegida, brindando así el suministro de agua más segura, por esta misma razón se pueden suplir las necesidades energéticas, y así logramos cumplir la Vinculación con el Pueblo.

Palabras Claves: Energía Renovable, Eficiencia energética, Radiación solar, Generación solar fotovoltaica, Cerca eléctrica.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**THEME: “IMPLEMENTATION OF AN ELECTRIC FENCE THROUGH THE USE
OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN THE MONGOTES AREA, ALAQUEZ
PARISH”**

AUTHORS:

Carlos Efrain Chicaiza Bolaños

Heidy Nicole Cuñas Ashqui

ABSTRACT

This project reveals the implementation of a photovoltaic solar generation system in order to provide electricity to an electric fence, to limit the access of people or animals to the area, since it has a natural source of water essential for the consumption of the Alaquez Parish. . Based on the need presented by the residents where the main element is the lack of energy, studies were carried out in the area in order to generate electricity through a renewable resource, in this case solar energy, which is of great utility for electric fence. It has 160 W monocrystalline photovoltaic panels, a 150 Ah gel-type lead acid battery, a Powest brand charge regulator and a Hagroy HR-1000 brand energizer, which covers a perimeter of 2000 linear meters, these devices are powered at 12 V in direct current. The analysis was carried out thanks to the review of previous data on solar radiation in the area, obtained through the NASA POWER website, which is 3.54 kWh/m², the climatic conditions of the area are very adverse, it is located at 4000 m.a.s.l. and that This is the reason why radiation monitoring cannot be performed. With the information collected, an in-depth analysis was developed for the correct sizing based on the installed power of 64.5 W and a daily demand required by the system of 748 Wh/day. Through data collection, a maximum generated power of 64 W was obtained in low climatic conditions and a power of 152 W in hot climate, they are favorable and guarantee the operation of the system. The benefit of this project is the satisfaction of residents, since they have a protected area with a safer water supply, energy needs can be met and the connection with people can be met.

KEYWORDS: Renewable energy, Energy efficiency, Solar radiation, Photovoltaic solar generation, Electric fence.

ÍNDICE

INFORMACIÓN GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	EL PROBLEMA	2
1.1.1.	Situación problemática	2
1.1.2.	Formulación del problema.....	2
1.1.3.	Diagrama de Ishikawa	2
1.2.	BENEFICIARIOS	3
1.2.1.	Beneficiarios directos	3
1.2.2.	Beneficiarios Indirectos.....	3
1.3.	JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4.	OBJETIVOS.....	3
1.4.1.	Objetivo general	3
1.4.2.	Objetivos específicos.....	3
1.1.	TAREAS POR OBJETIVOS	4
2.	MARCO TEÓRICO	5
2.1.	ENERGIAS RENOVABLES	5
2.2.	EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA	5
2.3.	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	5
2.3.1.	Ventajas de la energía solar fotovoltaica	6
2.4.	RADIACIÓN SOLAR.....	6
2.4.1.	Tipos de radiaciones	7
2.4.2.	Irradiancia e irradiación solar	8
2.4.3.	Coordenadas geográficas	8
2.4.4.	Coordenadas solares y su colocación de captadores	9
2.4.5.	Radiación solar en Ecuador	11
2.4.6.	Hora solar pico	11
2.5.	DATOS CLIMATOLÓGICOS EN EL CANTÓN LATACUNGA.....	11
2.5.1.	Temperatura máxima y mínima promedio en Latacunga.....	11
2.5.2.	Energía solar de onda corta incidente diario promedio en Latacunga.....	12
2.5.3.	Medidor de energía solar	12
2.6.	SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	13
2.6.1.	Panel solar fotovoltaico	13
2.6.2.	Principio de funcionamiento del panel solar.....	14
2.6.3.	Tipos de paneles fotovoltaicos más usados.....	14
2.6.4.	Conexión e instalación de los paneles solares.....	15
2.7.	BATERÍAS	16
2.7.1.	Tipos de baterías.....	17
2.7.2.	Profundidad de descarga DOD	18

2.8.	CONTROLADOR DE CARGA	19
2.8.1.	Tipos de controladores.....	19
2.9.	ENERGIZADOR.....	20
2.10.	CERCA ELÉCTRICA.....	21
2.10.1.	Ventajas del cerco eléctrico	21
2.10.2.	Componentes de la cerca eléctrica	22
2.11.	DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES ELÉCTRICOS PARA LA INSTALACIÓN	23
2.12.	PROTECCIONES GENERALES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	24
2.12.1.	Gabinete eléctrico.....	24
2.12.2.	Protecciones del tablero de control.....	24
2.13.	ESTRUCTURA SOPORTE PANEL SOLAR.....	24
2.14.	MANTENIMIENTO DEL CERCO ELÉCTRICO CON SISTEMA FOTOVOLTAICO	25
3.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	25
3.1	MEMORIA DE CÁLCULO.....	25
3.1.1	Localización de la instalación.....	25
3.1.2.	Cálculo de inclinación óptima	26
3.1.3.	Cálculo de cargas en corriente alterna	26
3.1.4.	Cálculo de cargas en corriente continua	27
3.1.5.	Selección de voltaje del sistema	27
3.1.6.	Cálculo de la capacidad Amperios-Hora (Ah).....	27
3.1.7.	Cálculo dimensionamiento paneles solares.....	28
3.1.8.	Cálculo cantidad de paneles a utilizar.....	30
3.1.9.	Cálculo de protecciones en corriente continua.....	30
3.1.10.	Conductores eléctricos.....	31
3.2.	DIAGRAMA DE FLUJO	31
3.3	DIAGRAMA UNIFILAR.....	32
3.4	ANÁLISIS DE TENSIÓN ESTÁTICA ESTRUCTURA PANELES SOLARES	32
4	RESULTADOS OBTENIDOS.....	32
4.1	BATERÍA.....	33
4.1.1.	Características y beneficios de la batería	33
4.2.	PANELES SOLARES.....	33
4.3.	CONTROLADOR DE CARGA.....	34
4.4.	ENERGIZADOR CERCO ELÉCTRICO.....	35
4.5.	PROTECCIONES SISTEMA FOTOVOLTAICO	36
4.5.1.	Protecciones paneles solares	36
4.5.2.	Protecciones batería.....	36
4.6.	DIAGRAMA DE CONEXIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	37
4.6.1.	Conexión cerca eléctrica.....	37
4.7.	IMPLEMENTACIÓN DE LA CERCA ELÉCTRICA	37

4.8.	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	41
4.9.	ANÁLISIS DE COSTOS	45
4.9.1.	Costos directos	45
4.9.2	Costo indirecto	46
4.9.3	Inversión total.....	46
4.10.	Impactos	47
4.10.1.	Impacto económico	47
4.10.2.	Impacto práctico	47
4.10.3.	Impacto ambiental	47
4.10.4.	Impacto tecnológico	47
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
5.1.	CONCLUSIONES.....	47
5.2.	RECOMENDACIONES	48
6.	REFERENCIAS	49
7.	ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Energía solar fotovoltaica	6
Figura 2.2.	Radiación solar.....	6
Figura 2.4.	Relación entre irradiancia e irradiación.	8
Figura 2.5.	Coordenadas geográficas	9
Figura 2.6.	Orientación o Azimut.....	9
Figura 2.7.	Inclinación ángulo β	10
Figura 2.8.	Incidencia con ángulo de ϕ	10
Figura 2.9.	Radicación solar – Ecuador.....	11
Figura 2.10.	Temperatura máxima y mínima promedio en el cantón Latacunga	12
Figura 2.11.	Energía solar de onda corta incidente diario promedio en Latacunga	12
Figura 2.12.	Piranómetro digital unidad de medida W/m^2	13
Figura 2.14.	Principio de funcionamiento del panel solar	14
Figura 2.15.	Tipos de paneles solares fotovoltaicos	15
Figura 2.16.	Conexión en serie y paralelo de paneles solares	16
Figura 2.17.	Tipos de baterías más conocidas en la conexión de paneles fotovoltaicos	17
Figura 2.18.	Conexión serie y paralelo de baterías.....	17
Figura 2.19.	Diagrama de conexión del controlador.	19
Figura 2.20.	tipos de controladores	20
Figura 2.21.	Electrificador para cercas	21
Figura 2.23.	Ubicación de postes.....	22

Figura 3.1. Ubicación Geográfica del sector Mogotes	25
Figura 3.2. Resolución Nativa Mensual y Anual de las HSD	28
Figura 3.3. Calibre del conductor en función de la corriente	31
Figura 4.1. Batería gel ciclo profundo 150 Ah – 12 V.	33
Figura 4.2. Panel monocristalino 160 W.	34
Figura 4.3. Controlador de Carga SCC-MPPT 3 KM.	35
Figura 4.4. Energizador HAGROY HR 1 0000.....	35
Figura 4.5. Interruptor Magnetotérmico SIEMENS 2 Polos.	36
Figura 4.6. Instrucción de conexión cerca eléctrica.	37
Figura 4.7. Proceso de la construcción de la estructura, corte, soldadura, limpieza y pintura.	38
Figura 4.8. Ensamble y colocación de las estructuras en la zona de implementación.	38
Figura 4.9. Conexión de los equipos en el tablero de control	39
Figura 4.10. Colocación de paneles y cableado.....	39
Figura 4.13. Implementación concluida	40
Figura 4.14. Recolección de datos con el piranómetro y multímetro.....	41
Figura 4.15. Toma de datos del regulador y piranómetro en el horario de las 11:00 am y 13:30 pm.....	41
Figura 4.16. Radiación solar y potencia día intermedio de nubosidad.....	42
Figura 4.17. Toma de dato del regulador y piranómetro en el horario de las 07:30 am, 9:00 am y 11:00 am.....	43
Figura 4.18. Irradiación solar y potencia en el peor día.	43
Figura 4.19. Toma de datos del regulador y piranómetro en el horario de 10:45 am y 13:00 pm	44
Figura 4.20. Radiación solar y potencia día soleado.	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Número de ciclos en función de la máxima profundidad de descarga permitida de dos fabricantes de baterías de plomo-ácido.....	18
Tabla 2.2. Datos de potencia y tensión de acuerdo a la batería.	18
Tabla 3.1. Determinación de las cargas en corriente alterna.	26
Tabla 3.2. Determinación de las cargas Luminarias DC.	27
Tabla 3.3. Profundidad de descarga con el tipo de batería.	28
Tabla 4.1. Características conexión serie y paralelo.	33
Tabla 4.2. Características Controlador PWM y MPPT	34
Tabla 4.3. Características Protecciones en DC.....	36
Tabla 4.4. Irradiancia en un día intermedio de nubosidad.....	42
Tabla 4.5. Irradiancia en el peor día.	43

Tabla 4.6. Irradiancia en un día soleado.....	44
Tabla 4.7. Costo de materiales.....	45
Tabla 4.8. Costos Directos.....	46
Tabla 4.9. Costo indirecto.....	46
Tabla 4.10. Costo de la inversión total.	46

ABREVIATURAS

Ah	Amperios hora.
Wh	Watt hora.
DC	Corriente continua.
V	Voltaje.
A	Intensidad de corriente.
P	Potencia.
DOD	Profundidad de descarga.
PWM	Modulación por ancho o de pulso.
MPPT	Seguidor del punto de máxima potencia.
Kg	Kilogramo.
P_{GFV}	Panel de generación fotovoltaica.
E_{DC}	Energía en corriente continua.
HSP	Horas solar pico.
n	Cantidad de artefactos o equipos.
η_{sist}	Eficiencia del sistema.
β_{opt}	Posición de inclinación.
E_{AC}	Energía en corriente alterna.
E_{DC}	Energía en corriente continua.
V_{sist}	Voltaje del sistema.
V_{mp}	Voltaje en potencia máxima.
V_{oc}	Voltaje de circuito abierto.
I_{sc}	Corriente de cortocircuito.
Ten	Potencia de trabajo del diseño del sistema.

INFORMACIÓN GENERAL

Título: Implementación de una cerca eléctrica mediante el uso de un sistema fotovoltaico en el sector de Mogotes parroquia de Alaquez

Fecha de inicio: Octubre

Fecha de finalización: Febrero

Lugar de ejecución:

- Región: Sierra
- Provincia: Cotopaxi
- Parroquia: Alaquez
- Sector: Mogotes

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

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado: Aplicación de energía renovable.

Docente tutor propuesto:

- Ing. M.Sc. Jefferson Alberto Porras Reyes

Cédula: 0704400449

Correo electrónico: jefferson.porras0449@utc.edu.ec

Área de Conocimiento: Ingeniería, Industria y Construcción

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

Sub líneas de investigación de la Carrera: Energía en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la energía renovable es una fuente de energía alternativa que se puede utilizar para reducir la dependencia de energías fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural, esta energía renovable se refiere a la energía que puede reemplazarse incluso después de que se agote, como el calor, la luz solar, la energía eólica y el agua de los lechos de los ríos. Hoy en día la tendencia de nuevas tecnologías generadoras a nivel mundial ha logrado un gran desarrollo gracias al aporte de la energía eléctrica ya que es indispensable en la vida cotidiana y al desarrollo psicosocial de cada individuo. Actualmente, existen diversas maneras de generar energía eléctrica las mismas que tienen como objetivo aprovechar al máximo los recursos naturales renovables ya que no producen contaminación ambiental y sobre todo cuidan los recursos que se encuentran en peligro de agotamiento.

En el presente proyecto recopilamos información sobre las condiciones climáticas y la radiación existente que nos permitirá dimensionar un sistema de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos, debido a la ausencia de energía que existe en el páramo de Mogotes misma que nos ayudará a energizar un cerco eléctrico y dotar de iluminación al área donde se encuentra una fuente natural de agua.

Este proyecto está conformado por tres capítulos mismas que contemplan lo siguiente:

El primer capítulo está compuesto por fundamentación teórica, los conceptos básicos de un sistema de generación fotovoltaica, el panel solar, regulador de carga, electrificador, batería y el sistema de protección, además detalla las subelementos que contiene el sistema de cerco eléctrico.

En el segundo capítulo se describen los métodos y técnicas utilizadas para la obtención de los equipos las mismas que se realiza el cálculo de cargas a instalar, el dimensionamiento de paneles solares, capacidad de los elementos y el tipo de conductor a ocupar en el sistema.

En el tercer capítulo se obtienen los resultados de la implementación la cual refleja las tablas de datos de generación de energía, el detalle económico del tiempo de estudio y de la implementación de los equipos.

Además, se presentan los planos del lugar donde se encuentra la fuente natural de agua, la estructura de soporte de los paneles y el manual para el respectivo mantenimiento y operación del sistema

Esta implementación de la cerca eléctrica aporta con la seguridad de la fuente de agua que es repartida hacia toda la comunidad, con la finalidad de limitar el acceso a personas no autorizadas, animales que se encuentren en la zona cercana y para así evitar que sea contaminada, manipulada.

1.1. EL PROBLEMA

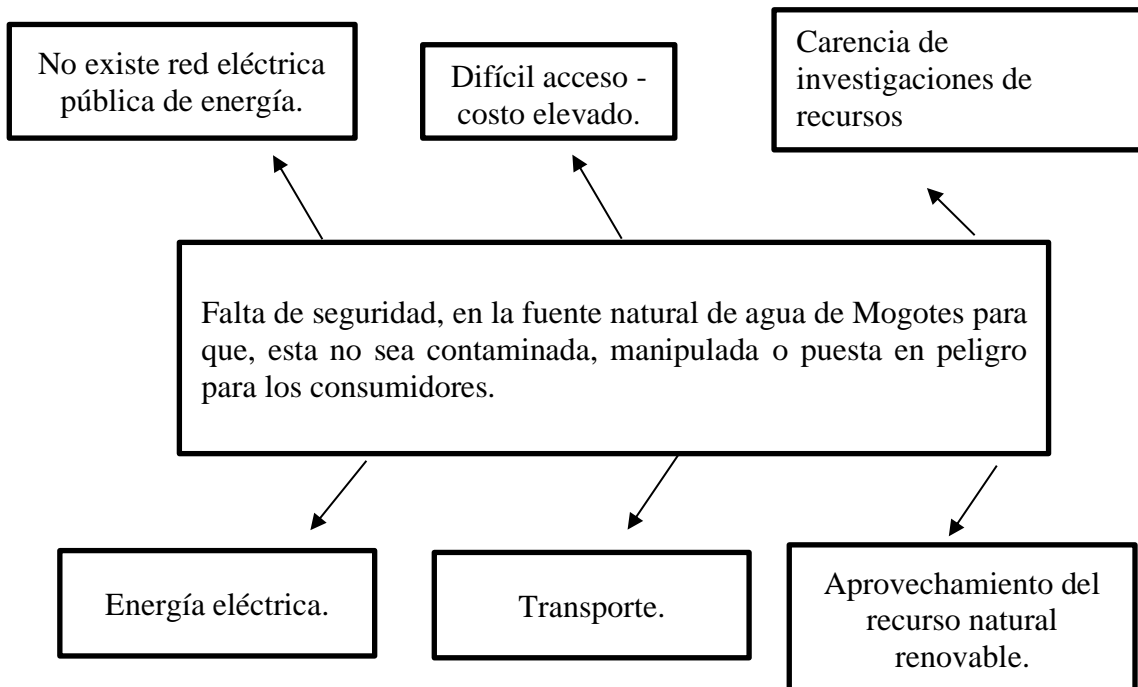
1.1.1. Situación problemática

En la investigación de campo se detectó la falta de seguridad para la fuente de agua natural la cual es muy importante en la parroquia San Antonio de Alaquez, ya que se encarga de proveer el agua potable que es consumida por alrededor de 5 481 habitantes según el último censo realizado en el año 2 022, dicho suministro de agua necesita una implementación de una cerca eléctrica, para evitar la contaminación, manipulación y el ingreso animales a la fuente y sea expuesta en peligro para los consumidores. También se toma en cuenta que esta no consta de una fuente de energía eléctrica pública pese a su condición aislada.

1.1.2. Formulación del problema

Falta de una cerca eléctrica para obstaculizar el paso de personas no autorizadas o en el caso de animales que no ingresen al área.

1.1.3. Diagrama de Ishikawa



1.2. BENEFICIARIOS

1.2.1. Beneficiarios directos

Junta administradora de agua potable de San Antonio de Alaquez del sector de Mogotes.

1.2.2. Beneficiarios Indirectos

Habitantes del sector de Alaquez

1.3.JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se enfoca en la implementación de un sistema de cerca eléctrico mediante paneles fotovoltaicos, para que esta pueda proporcionar seguridad y el encargado de área pueda estar pendiente de que personas no autorizadas intenten ingresar a dicha zona y tengan más seguridad en la fuente de agua así precautelando el bienestar de los moradores al consumir agua pura.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Implementar una cerca eléctrica mediante el uso de paneles fotovoltaicos para garantizar seguridad del área donde se encuentra la fuente de agua que es consumida por los moradores de la parroquia de Alaquez sector Mogotes.

1.4.2. Objetivos específicos

- Investigar fuentes bibliográficas de trabajos preexistentes acerca de los sistemas de generación fotovoltaicos, cercas eléctricas y sus tecnologías empleadas, para tener un criterio analítico y técnico del funcionamiento de dicho sistema.
- Evaluar las principales características donde se localiza la fuente natural de agua en el páramo, teniendo en cuenta la radiación solar del sector, para realizar los cálculos requeridos y dimensionar el sistema de generación fotovoltaico así logrando la implementación con ayuda de los planos a obtenerse.
- Verificar la implementación de la cerca eléctrica y el funcionamiento del sistema fotovoltaico, así aportado con la seguridad de la fuente natural de agua logrando resultados viables con los impactos técnicos, económico, social y ambiental de la propuesta.

1.1. TAREAS POR OBJETIVOS

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Investigar fuentes bibliográficas de trabajos preexistentes acerca de los sistemas de generación fotovoltaicos, cercas eléctricas y las nuevas tecnologías empleadas, para tener un entendimiento técnico del funcionamiento del sistema fotovoltaico.	<ul style="list-style-type: none"> - Observación de material bibliográfico, para el diseño de cercas eléctricas mediante un sistema fotovoltaico. - Análisis de la potenciación de los sistemas de generación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento teórico de los sistemas fotovoltaicos utilizados en las cercas eléctricas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Páginas web - Fichas técnicas, - Bibliotecas virtuales - Investigación de campo.
Evaluar las principales características donde se localiza la fuente natural de agua en el páramo, teniendo en cuenta la radiación solar del sector, para realizar los cálculos requeridos y dimensionar el sistema de generación fotovoltaico así logrando la implementación con ayuda de los planos a obtenerse.	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensionamiento paneles solares, baterías, controlador de carga, y energizador de la cerca eléctrica. - Obtención de los parámetros fundamentales que inciden en la cantidad de radiación generada para el aprovechamiento del recurso solar - Determinación de la orientación e inclinación óptima de los paneles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Selección de los equipos apropiados que conforman el sistema fotovoltaico - Factibilidad económica para la implementación del sistema de generación eléctrica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cotizaciones - Manual de los equipos - Visitas de campo - Análisis de costo - Atlas solar de CONELEC - Base de datos de la radiación obtenida de la página web NASA POWER
Verificar la implementación de la cerca eléctrica y el funcionamiento del sistema fotovoltaico, así aportado con la seguridad de la fuente natural de agua logrando resultados viables con los impactos técnicos, económico, social y ambiental de la propuesta.	<ul style="list-style-type: none"> - Montaje de los paneles en su estructura. - Conexión de los equipos del sistema fotovoltaico y de la cerca eléctrica. - Verificación de la confiabilidad del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Generación y alimentación a la cerca eléctrica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajo práctico

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ENERGÍAS RENOVABLES

La energía renovable es la forma de resolver un problema mundial ya que las energías renovables provienen de una fuente natural que se puede reponer naturalmente en un corto período de tiempo. Algunas de las energías renovables son las que provienen de la energía del sol, la energía del viento, la energía del agua y energía geotérmica [1].

Estas son alternativas admirables porque son recursos infinitos, otro gran beneficio del uso de energías renovable es que no contaminan el medio ambiente, son energías limpias que nos brinda la naturaleza, una gran variedad de energías depende directamente o indirectamente del ciclo solar, la misma que tiene un efecto de amplia gama de fuentes de energía, el ser humano ha aprovechado las diversas manifestaciones de la energía solar para su propio beneficio [2].

2.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

Los paneles solares nos ayudan aminorar el costo de las facturas de los servicios públicos y generar energía limpia y amigable con el medioambiente. Por lo que la eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos es valorada por la calidad de sus células fotovoltaicas. Cuanto más energético sea un panel solar, produce más irradiancia, y esto, a su vez, reduce la superficie necesaria para saciar las necesidades energéticas. La capacidad de los paneles solares ha evolucionado en los últimos años, pasando de un término del 15 % a un 20 % de conversión de luz solar a energía utilizable. Los paneles solares de alta eficacia pueden generar un aproximado del 23 %, la potencia nominal de un panel solar de tamaño estándar también se ha incrementado de 250 W a 370 W. Una forma elemental de evaluar la eficiencia de los paneles solares es analizar el índice de eficiencia del fabricante, el cual se sustenta en categoría de prueba estándar y proporciona una directriz confiable del rendimiento [2].

2.3. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Como su nombre lo indica es la energía producida por el sol la cual es la fuente de energía más próxima al planeta Tierra y es una fuente de energía de origen renovable. Esta energía es el motor principal de varios procesos en nuestro ecosistema, que son de gran importancia para la vida [1].

Los paneles solares fotovoltaicos transforman directamente la energía solar en electricidad como se muestra en la Figura 2.1. Esto se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores introducidos en dichos paneles solares. Cuando la luz del sol incide en el panel solar genera una corriente eléctrica que se suele utilizar como fuente de energía [3].



Figura 2.1. Energía solar fotovoltaica [2].

Este tipo de sistema se utiliza con gran variedad en instalaciones residenciales, comerciales, agronómicas e industriales para generar electricidad.

2.3.1. Ventajas de la energía solar fotovoltaica

- Producir energía que no contamine al medio ambiente.
- Equipos de alta durabilidad la misma que genera bajo costo de operación y mantenimiento.
- Dan solución de electricidad en zonas aisladas, las mismas que generan su propia electricidad disminuyendo la dependencia de las redes eléctricas convencionales.

Sin embargo, también presenta comparaciones, como la intermitencia y la variabilidad de la radiación solar, la necesidad de almacenamiento eficiente de energía y los costos iniciales de instalación.

2.4. RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar muestra una extensa distribución misteriosa, con longitudes de onda que van desde 0,2 a 2,6 mm. Los valores de radiación con fines fotovoltaicos se generan entre el 0,15 y 0,3 μm . En la Figura 2.2., se visualiza la entrega misteriosa de las varias longitudes de las ondas vigentes en la radiación emitida por el sol [4].

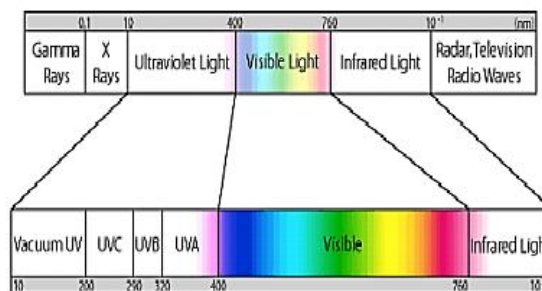


Figura 2.2. Radiación solar [4].

La magnitud de radiación solar que llega a la tierra y dependerá de factores como; la ubicación del planeta tierra con respecto al sol, las condiciones meteorológicas, la atmósfera y la materia en suspensión, se estipula que es la radiación que atraviesa la superficie del sol, llegando algo más de 1,3 kW/m² al tope de la atmósfera terrestre, debido a la distancia entre el sol y la tierra. Luego dicha radiación sufre una flexibilización y distribución debido a la capa atmosférica, por lo que la radiación en la superficie del planeta es de aproximadamente 1 000 W/m² en días despejados [5].

2.4.1. Tipos de radiaciones

Previo de llegar a la superficie de la tierra, la radiación es plasmada al entrar en la atmósfera por la presencia de las nubes, el vapor de agua, etc., y prolongada por las moléculas de agua y el polvo inhabilitado [3]. Debido a esto, la radiación solar llega a la superficie terrestre de la misma procede de tres componentes:

- **Radiación solar directa (B).** Incide directamente sobre la superficie terrestre, formada por rayos provenientes del sol, las mismas que no llegan a ser dispersadas.
- **Radiación difusa (D).** Es toda aquella que conforma la bóveda celeste excepto la que llega del sol, esta radiación anula cualquier acceso de luz difusa que se origina de todas direcciones.
- **Radiación reflejada (R):** Proviene del suelo como montañas, lagos, ríos, casas, entre otros., la misma que necesita muy directamente de la naturaleza de dichos elementos.

La recopilación de estos tres tipos de radiación da lugar a una en este caso es la radiación global (g), la misma que está determinada por $G=B+D+R$. La radiación global total constituye el factor más importante ya que permite conocer el recurso solar existente en una determinada región. La altura sobre el nivel del mar, las condiciones atmosféricas y la posición sobre la línea equinoccial influyen en este valor [6] [7].

En la Figura 2.3., se visualiza la radiación procedente del sol la misma que una parte de ella se recibe directamente y la otra proviene de los múltiples factores en su paso por la atmósfera, por lo tanto, a la suma de estas dos se le llama radiación global.

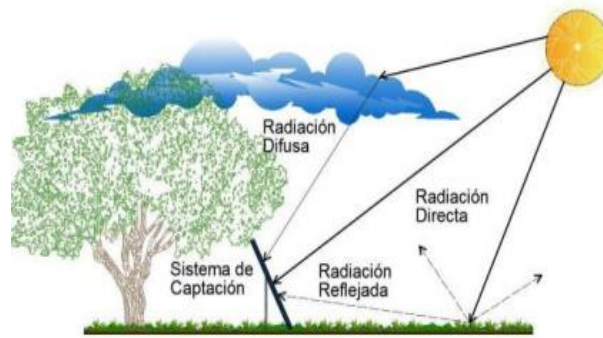


Figura 2.3. Radiación global (G) [7].

2.4.2. Irradiancia e irradiación solar

Para poder cuantificar la radiación solar es necesario utilizar dos magnitudes como se puede observar en la Figura 2.4.

- **Irradiancia:** Indica la intensidad de radiación solar W/m^2 , esta es recibida de manera perpendicular al sol en el exterior de la atmósfera, teniendo su valor aproximado a $1367 W/m^2$.
- **Irradiación:** Es la cantidad de energía solar recibida durante su periodo de tiempo, se expresa en J/m^2 por lo que también se denomina en Wh/m^2 , mediante el intercambio de unidades [6].

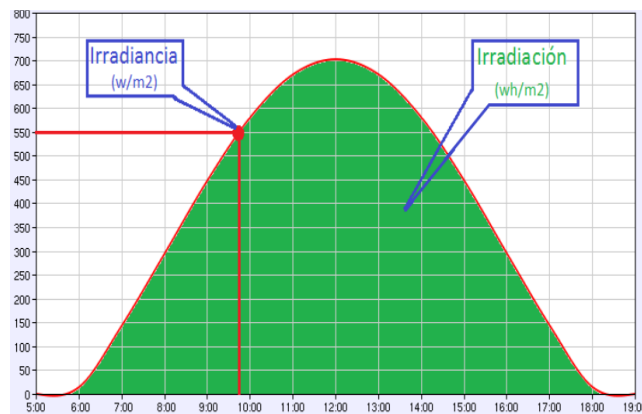


Figura 2.4. Relación entre irradiación e irradiancia. [8].

2.4.3. Coordenadas geográficas

Se debe tomar en cuenta los conceptos de latitud, altitud que cuentan como coordenadas geográficas como se visualiza en la Figura 2.5.

- **Latitud**

Se define como la distancia que existe entre un punto de la superficie terrestre hasta el Ecuador, esta es medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto, la misma mide de 0° a 90° y se define como positiva en el hemisferio norte y negativa en el hemisferio sur [7]

- **Altitud**

Es la distancia angular que existe entre un punto cualquiera de la superficie terrestre y el meridiano de Greenwich, medida sobre el paralelo que pasa por dicho punto. El meridiano de Greenwich divide a la Tierra en dos hemisferios llamados Este y Oeste [8].

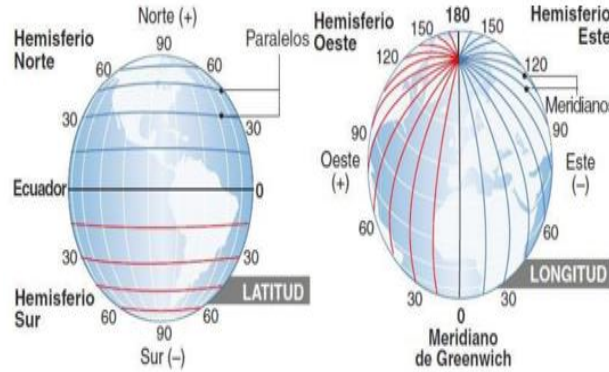


Figura 2.5. Coordenadas geográficas [8].

2.4.4. Coordenadas solares y su colocación de captadores

La incidencia del sol se ve modificada en función de la estación y de la zona geográfica por lo que la colocación de los paneles es de suma importancia para obtener mayor captación solar.

El sol tiene diferentes posiciones a lo largo del año y lo largo del día, por ello se debe tener presente este comportamiento al momento de diseñar sistemas fotovoltaicos. En el verano se encuentra en su punto más alto, en el invierno en su punto más bajo y en la primavera y el otoño en un punto intermedio [3].

2.4.4.1. Orientación o azimut

Es definido como el valor del ángulo formado entre la orientación del panel fotovoltaico respecto a la dirección Sur. El valor de este ángulo puede variar entre 0° para paneles orientados hacia el Sur, -90° para paneles orientación hacia el Este, $+90^\circ$ paneles en dirección Oeste y 180° paneles en dirección Norte como se muestra en la Figura 2.6., [2].

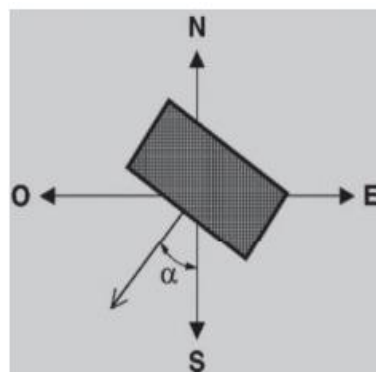


Figura 2.6. Orientación o Azimut [6].

2.4.4.2. Inclinación

El determinado el valor del ángulo que forma la superficie de los paneles solares respecto al plano horizontal. Este corresponde al ángulo β como se observa en la Figura 2.7. Su valor puede oscilar entre 0° para aquellos paneles fotovoltaicos colocados en posición horizontal y $+90^\circ$ para paneles colocados en posición vertical [4].

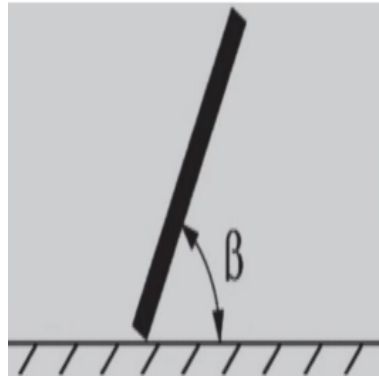


Figura 2.7. Inclinación ángulo β [6].

2.4.4.3. Incidencia

Estipula al ángulo que forma la radiación directa sobre los paneles solares y la perpendicular de los paneles este debe ser lo más mínimo posible porque la energía acumulada será mayor y corresponde al ángulo ϕ , como se muestra en la Figura 2.8., [6].

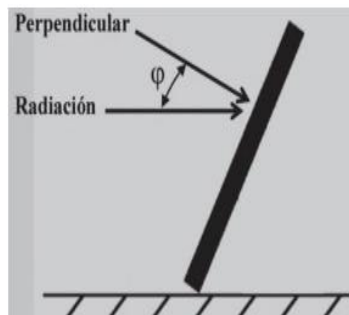


Figura 2.8. Incidencia con ángulo de ϕ [6].

2.4.4.4. Inclinación óptima

El ángulo de inclinación debe Optimizar la captación de energía durante el peor mes, es decir, el mes con la peor relación entre irradiación y el consumo estas en media mensual lo que conlleva la siguiente Fórmula (2.1)., [8].

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * |\Phi| \quad (2.1)$$

Donde:

$|\Phi|$: latitud

2.4.5. Radiación solar en Ecuador

Una estimación de la radiación solar global en Ecuador es de 4 200 kWh/año elevado al de España que es de 1 400 kWh/año por m², aunque se presentan cambios de más de un 30 % de varios lugares de nuestro Ecuador y de más del 40 % si se relaciona con las islas Galápagos. La diversidad de condiciones atmosféricas y topográficas del Ecuador y el amplio rango de latitudes, desde Galápagos hasta la Amazonia, como se muestra en la Figura 2.9., genera una extraordinaria variedad de situaciones de radiación que obviamente condicionan los cálculos del tamaño de una instalación para que cubra una determinada demanda [5].

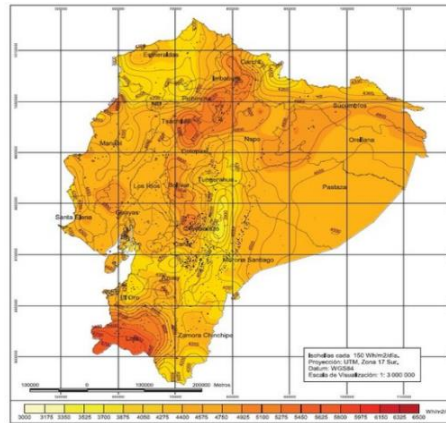


Figura 2.9. Radiación solar – Ecuador [5].

2.4.6. Hora solar pico

Es la unidad que mide la irradiación solar, la misma que se define como el tiempo en horas de una supuesta irradiación solar constante de 1 000 W/m² la misma es utilizada en el dimensionamiento de paneles fotovoltaicos con la siguiente Fórmula (2.2)., [2].

$$HSP = \frac{\text{Irradiación}}{1\,000} = \frac{\frac{Wh}{m^2 \text{ día}}}{\frac{W}{m^2}} \quad (2.2)$$

2.5. DATOS CLIMATOLÓGICOS EN EL CANTÓN LATACUNGA

2.5.1. Temperatura máxima y mínima promedio en Latacunga

La temporada templada dura 2,1 meses, del 15 de octubre al 20 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 19 °C. El mes más cálido del año en Latacunga es diciembre, con una temperatura máxima promedio de 19 °C y mínima de 9 °C, como se muestra en la Figura 2.10.

La temporada fresca dura 2,7 meses, del 3 de junio al 26 de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 17 °C. El mes más frío del año en Latacunga es agosto, con una temperatura mínima promedio de 8 °C y máxima de 17 °C [9]

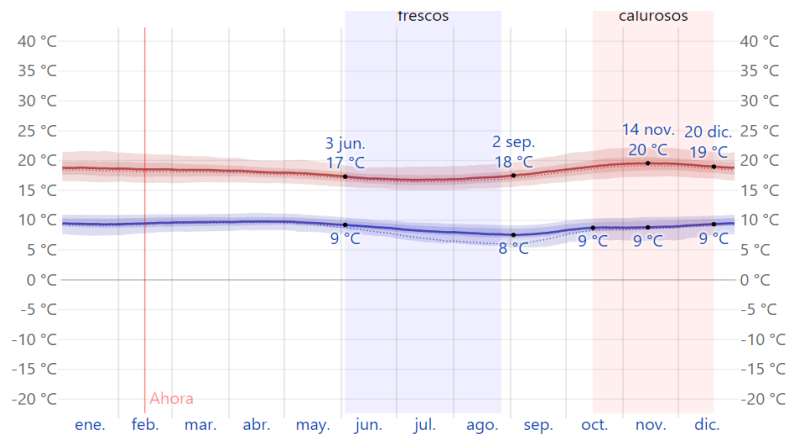


Figura 2.10. Temperatura máxima y mínima promedio en el cantón Latacunga [9].

2.5.2. Energía solar de onda corta incidente diario promedio en Latacunga

La energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales leves durante el año.

El período más resplandeciente del año dura 1,7 meses, del 5 de agosto al 27 de septiembre, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 6,1 kWh. El mes más resplandeciente del año en Latacunga es septiembre, con un promedio de 6,2 kWh. El periodo más oscuro del año dura 6,7 meses, del 3 de noviembre al 26 de mayo, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de menos de 5,3 kWh. El mes más oscuro del año en Latacunga es marzo, con un promedio de 5,1 kWh, visualizar Figura 2.1., [9].

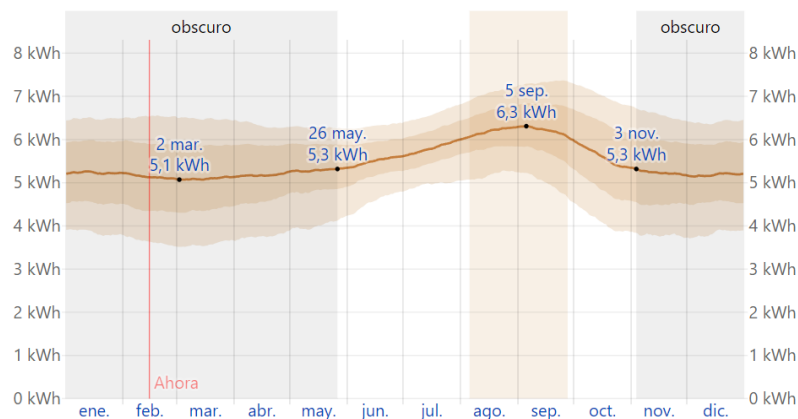


Figura 2.11. Energía solar de onda corta incidente diario promedio en Latacunga [9].

2.5.3. Medidor de energía solar

También denominados Piranómetros se encargan de medir la energía proveniente del sol y estas son entregadas en W/m^2 como se muestra en la Figura 2.12., es de gran importancia para la energía fotovoltaica en lugares alejados de las grandes ciudades como es el caso de los páramos ya que brinda ayuda necesaria para medir de manera precisa la intensidad de la radiación, está compuesta de un sensor fabricado capaz de medir la densidad del flujo de la radiación solar (W/m^2) en un rango de 180° , [10].



Figura 2.12. Piranómetro digital unidad de medida W/m^2 [10].

2.6. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

El panel solar fotovoltaico, es el componente elemental de la instalación, la misma que transforma la radiación solar en energía eléctrica en este caso genera corriente continua, formada por la unión de varios paneles para generar la potencia necesaria [11].

Este sistema es admirable y segura ya que proporciona energía beneficiosa, la misma que no tiene ningún tipo de contaminación ambiental, la cual nos ayuda mejorando el medio ambiente, también esta cuenta de baterías, controlador eléctrico, energizador entre otras que veremos en este capítulo, este sistema nos ayuda para brindar seguridad a un hogar, haciendas, animales, entre otras [12].

2.6.1. Panel solar fotovoltaico

Es un aparato eléctrico, donde su elemento primordial es el silicio (Si), como se muestra en la Figura 2.13., la misma que nos ayuda a convertir la luz del sol en corriente eléctrica directa, debido al efecto fotovoltaico estas pueden ser mono o poli cristalino, los cuales además de ser muy accesibles cuentan con costos regulares, las mismas que pueden generar una buena cantidad de energía necesaria [12].

Un panel solar está conformado por la interconexión de varias células conectadas ya sea en serie o paralelo las cuales son sobrepuestas sobre una estructura. Los paneles solares generan valores de voltaje por el número de células que varían de 18 células para generar 6 voltios, de 36 células para generar 12 voltios, de 72 células para 24 voltios, etc., las mismas que definen el nivel de voltaje a la que se va a trabajar en el sistema fotovoltaico, estas no requiere de mantenimiento diario lo más importante es realizar una limpieza de la superficie del panel, por el clima que se llega a tener la cual puede llenar de polvo el equipo y que también dependerá del lugar en el que se haya instalado el sistema [5].

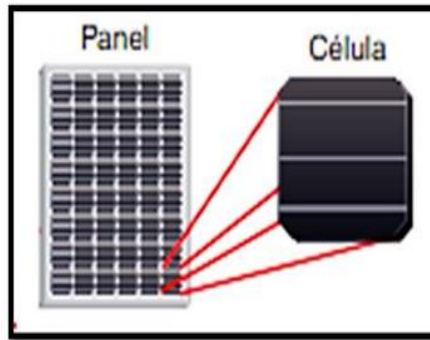


Figura 2.13. Panel solar y su célula [5].

2.6.2. Principio de funcionamiento del panel solar

Este se basa en la incidencia de la luz de tipo P - N la misma que transfiere energía de los fotones hacia los electrones que están situadas en el semiconductor como se muestra en la Figura 2.14. Varios de los electrones atraviesan la barrera potencial de la capa semiconductor lo que produce una corriente eléctrica, puesto que la unión de P - N ejecuta un campo eléctrico en una célula con dirección contraria en este caso del N al lado P los mismos que realizan una separación de electrón- hueco [7]. Esta nos genera una corriente eléctrica lo cual en el circuito exterior la corriente es de manera permanente y definitiva la misma que tenemos el funcionamiento de la célula como generador fotovoltaico.

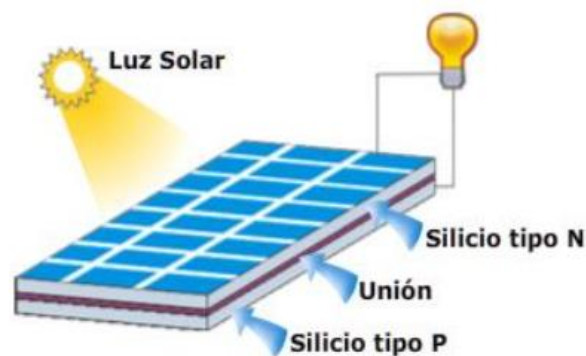


Figura 2.14. Principio de funcionamiento del panel solar [7].

2.6.3. Tipos de paneles fotovoltaicos más usados

Los paneles solares más comercializados son de dos tipos como se muestra en la Figura 2.15., que se conocerán a continuación:

- Paneles monocristalinos

Dispone de una estructura cristalina de silicio, presenta un rendimiento de laboratorio de un 24 % y un rendimiento directo del 15 % – 18 % son típicos de azul homogéneos, tiene una textura suave y costosos de producir, estas deben ser sobrepuestas en una estructura estable para su protección [13].

- Paneles policristalinos

Sus células disponen un corte de bloque de silicio, está compuesta por una variedad de cristales, tiene un rendimiento de laboratorio del 19 % – 20 % y un rendimiento directo de 12 % a 16 %, es menos eficiente y el costo es menor al de los monocristalinos esta de igual forma debe ser sobrepuesta en una estructura rígida, contiene distintos azules.



(a) Panel monocristalino

(b) Panel policristalino

Figura 2.15. Tipos de paneles solares fotovoltaicos [13].

Existen diferentes marcas de paneles solares fotovoltaicos las mismas que son más conocidas dependiendo su vida útil, su rendimiento, la eficiencia de cada una de ellas y generar el voltaje necesario.

2.6.4. Conexión e instalación de los paneles solares

2.6.4.1. Tipos de conexión de los paneles

Para realizar la conexión existen 2 maneras como se observa en la Figura 2.16., las cuales son las siguientes:

- **Conexión en serie:** En esta conexión se acoplan el polo positivo con el polo negativo así generamos en todos los paneles para obtener un hilo de conexión positiva y otra negativa en cada extremo de nuestra conexión, es esta conexión en serie el voltaje aumenta y la intensidad se mantiene.
- **Conexión en paralelo:** En esta conexión se forma un acople de todos los polos positivos y ala ves de todos los polos negativos así realizando una sola línea de positivos y una de negativos, la misma que el voltaje se mantiene y la corriente aumenta acorde a la sumatoria de intensidad que entrega cada panel.

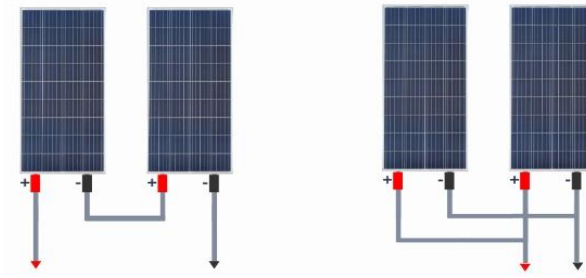


Figura 2.16. Conexión en serie y paralelo de paneles solares [13].

2.6.4.2. Instalación de los paneles solares

- Instalaciones fotovoltaicas aisladas: Este sistema de conexión es primordial en lugares donde no encontramos instalación eléctrica previas, peor aún que tengan algún contrato con la empresa eléctrica, es decir en lugares aislados a una zona que no existe cobertura de señal, la misma que para cumplir con dicho objetivo se debe acumular energía mediante baterías, en si la instalación nos permite generar energía en cualquier lugar alejado [2].
- Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red: Son aquellas que están orientadas al autoconsumo y a la venta de energía eléctrica, la misma que tiene un suministro eléctrico de la distribución convencional, esta nos permite reducir el consumo para poder disminuir el valor de la factura [3].
- Instalaciones fotovoltaicas autoconsumo: Está compuesta por los dos sistemas antes mencionados, la misma que proporciona energía de la red y a la vez de los paneles solares, utilizada más en los lugares donde no se impida el suministro eléctrico.

En este caso el tipo de conexión del panel solar más recomendable es el circuito serie obteniendo así una misma corriente con aumento de voltaje, de la misma manera son realizados en una instalación fotovoltaica aislada, ya que el trabajo es en un lugar alejado en donde se opta por esta conexión por su misma área en donde se encuentra para poder generar la energía eléctrica necesaria.

2.7. BATERÍAS

También denominados acumuladores es un componente que ayuda almacenado la energía que es recibida del panel fotovoltaico en DC para luego distribuir la corriente en el momento necesario de forma estable y adecuada, también nos ayuda a estabilizar las tensiones y eliminar los picos de corriente ya que en horarios que no se obtiene irradiación solar entra está en funcionamiento para un sistema continuo, su unidad de medida es el amperio - hora (Ah) o vatios – hora (Wh) su tensión o voltaje nominal es a 12 V [7].

2.7.1. Tipos de baterías

Existen diferentes tipos de baterías como se visualiza en la Figura 2.17., de material plomo - ácido y níquel - cadmio que son las siguientes:

- Plomo - Ácido: Son húmedas formadas por ácido sulfúrico y placas de plomo, las mismas que soportan altas descargas y cambios bruscos en su estado de carga, esta es de un valor accesible y en esta incluye la batería de gel que es esencial en sistemas de almacenamiento de energía que general 12 V, estas no requieren de un mantenimiento diario, su año de vida es de 15 a 20 años [14].
- Níquel – cadmio: Son su larga vida, bajo mantenimiento, la misma que necesita de agua destilada no le afectan las sobrecargas excesivas, y los voltajes de regulación no son parámetros críticos, puesto que el costo de estas baterías es mucho más mayor a las de plomo - ácido, estas trabajan de acuerdo a los vasos de 2 V de tal manera que si necesitamos una gran cantidad de voltaje sería el duplicado de baterías, tiene una salida y entrada constante de energía [14].



(a) Batería gel

(b) Batería de tubulares

Figura 2.17. Tipos de baterías más conocidas en la conexión de paneles fotovoltaicos [14].

Estas baterías según su requerimiento son conectadas en serie o paralelo como se puede ver en la Figura 2.18., en este caso la tensión y corriente de la conexión de baterías es similar al de los paneles fotovoltaicos.

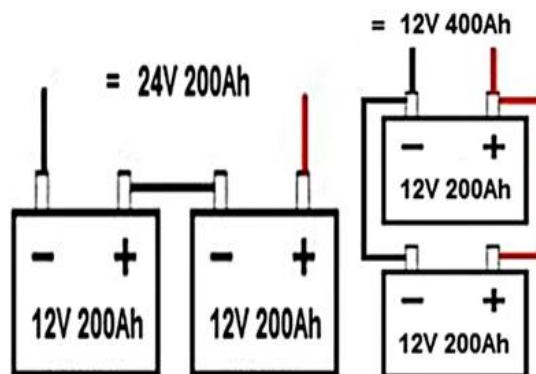


Figura 2.18. Conexión serie y paralelo de baterías [11].

2.7.2. Profundidad de descarga DOD

En sus siglas denominada Depth of Discharge, estos son los Amperios – hora Ah obtenidos de una batería completamente cargada demostrada en porcentaje de su capacidad nominal, ver Tabla 2.1., la misma que se presenta sin causar daños de manera repentina hacia los paneles o recolector de electricidad.

La temperatura de operación es de gran importancia para el tiempo de vida útil de la batería ya que esta puede causar daño en su generación de energía. En general, cuando la temperatura aumenta 10 °C las reacciones electroquímicas se duplican así dando como resultado una disminución del 30 % de su tiempo de vida útil puesto que la temperatura en el lugar donde se encuentre ubicada afecta más el tiempo de vida de las baterías de plomo - ácido que a las de plomo-antimonio o níquel - cadmio [14].

Tabla 2.1. Número de ciclos en función de la máxima profundidad de descarga permitida de dos fabricantes de baterías de plomo - ácido [14].

Batería (Amperios / Hora)			
DOD	Ah	DOD	Ah
10 %	7 200	20 %	1 200
50 %	3 000	50 %	800
70 %	1 500	80 %	500

Para poder seleccionar el tipo de batería adecuada se realiza un cálculo de todas las potencias y energía a utilizar de corriente en DC en Wh/día, por consiguiente, se determina el voltaje del sistema la misma que se relaciona a la potencia total de la carga, la misma que encontramos en la Tabla 2.2., por consiguiente, se conoce que la batería de gel es la más utilizada en espacios rurales, estas por su condición de ser húmedas.

Tabla 2.2. Datos de potencia y tensión de acuerdo a la batería [8].

Potencia (W)	Tensión Nominal (V)
0-800	12
800-1 600	24
1 600-3 200	48

Luego de ello se analiza la vida útil, y al realizar su respectivo cálculo de potencia, tensión y DOD adecuado. Es necesario aplicar la siguiente Fórmula (2.3)., que nos ayudará a considerar la capacidad de la batería en Ah.

$$Capacidad (Ah) = \frac{\text{consumo} \left(\frac{Wh}{\text{día}} \right) * \text{autonomia (día)}}{\text{Voltaje batería} * \text{DOD}} \quad (2.3)$$

Por consiguiente, al seleccionar una batería para aplicaciones fotovoltaicas se debe tomar en cuenta el sitio de implementación y sus condiciones climáticas.

2.8. CONTROLADOR DE CARGA

Es uno de los componentes de gran importancia para el sistema fotovoltaico la misma que controla, rectifica y gestiona de manera adecuada la corriente que entregan los paneles al sistema, puesto que la implementación de esta es uno de los objetivos de nuestro proyecto su función es proteger a la batería, como se visualiza en la Figura 2.19., de una descarga profunda, es decir cuando tenemos mucha energía consumida o de sobrecarga cuando se obtiene demasiada energía del panel solar [15]. Dicho esto, es recomendable la participación de este dispositivo ya que nos ayuda a la conservación y prolongación de la vida útil del acumulador.

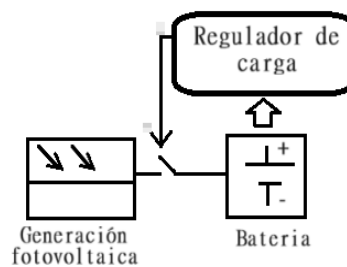


Figura 2.19. Diagrama de conexión del controlador.

Características principales del controlador de carga

- Voltajes típicos de operación: 12, 24, 48 VDC.
- Voltajes especiales: hasta 250 VDC.
- Corrientes típicas: de 10 A a 60 A.

2.8.1. Tipos de controladores

Se pueden identificar dos diferentes controladores como son el PWM y el MPPT. Ver Figura 2.20.

2.8.1.1. Controlador PWM

También llamada convencional, sus siglas nos permiten una modulación de ancho de pulso esta es una tecnología pionera de la antigüedad, este controlador permite gradualmente cargar la batería ya que hace que los paneles no trabajen en su máxima capacidad la misma que provoca una pérdida de potencia de 25 % a 30 %, esta es usada dependiendo la potencia de la placa y batería ya que la potencia de entrada y salida son las mismas [16]. Es más económica y recomendable para pequeños sistemas solares de costo mínimo.

2.8.1.2. Controlador MPPT

Sus siglas en español seguidor del punto de máxima potencia, compuesta por un convertidor de voltaje DC – DC y posee un diodo de protección compenetrado donde se obtiene máxima potencia, lo que permite que la energía fotovoltaica con su batería trabaje suficientemente con su voltaje y corriente [15].

Son muy eficientes ya que asumen el voltaje entrante de los paneles a los que necesita la batería de ello tenemos una eficiencia de un 30 % más que el controlador PWM, entonces este controlado es muy útil y versátil en implementación de paneles fotovoltaicos de media y alta potencia [12].



(a) Controlador PWM



(b) Controlador MPPT

Figura 2.20. tipos de controladores [16].

De esta manera en este proyecto para poder calcular el controlador se debe primero dimensionar los paneles ya que este nos ayuda a seleccionar el controlador entonces procedemos a ocupar la siguiente Fórmula (2.4)., en donde se necesita las horas solar pico que son obtenidas de la Nasa, y la potencia del módulo a trabajar, en este caso la eficiencia típica del sistema fotovoltaico.

$$P_{GFV} = \frac{E_{DC}}{HSP * \eta_{sist}} \quad (2.4)$$

Donde:

P_{GFV} : Panel de generación fotovoltaica.

E_{DC} : Energía en corriente continua.

HSP : Horas solar pico.

η_{sist} : Eficiencia del sistema.

2.9.ENERGIZADOR

Este es un equipo también denominado como electrificador, es uno de los elementos esenciales para el cerco eléctrico ver Figura 2.21., la misma que fue diseñado para generar impulsos cortos de alto voltaje y de baja corriente con lapsos de tiempos exactos, las mismas que se extienden a través del alambre de la cerca. Estos impulsos originados por el equipo son inculpables, la

reacción que causa en los animales es de rechazo cuando estos tratan de rebasar el alambre, lo que causa que cuando el animal toca el alambre de la cerca este recibe una descarga de alto voltaje, que tiende a asustarlos conservando una sensación de impulso y así tomándole miedo al alambre del cercado [17].



Figura 2.21. Electrificador para cercas [18].

Para poder obtener el energizador correcto se tiene un análisis que en todo el mundo existen varias marcas del mismo, la cual debemos saber la cantidad de consumo del sistema y los metros en línea recta del área a proteger.

2.10. CERCA ELÉCTRICA

El cerco eléctrico está diseñado y fabricado para estar en funcionamiento las 24 horas, los 365 días del año, este genera un gasto mínimo de electricidad similar al de un bombillo de 5 watts, consiste en un sistema de alambrado, y su funcionamiento es tomar energía de la fuente de poder y entregarlo a una red electrificada como un pulso es decir si un animal toca el alambrado tiende a recibir una descarga, el cerco eléctrico no causa ningún daño físico si no actúa como barrera psicológica en este caso la de electrocutarse. Principalmente el cerco eléctrico no es letal por que el energizador elimina el amperaje ya que esta es la que provoca quemaduras, paro cardiaco o muerte, por consiguiente, nos ayuda a una seguridad a la zona deseada [7].

En este proyecto se tiende a implementar un cerco eléctrico fijo, ya que se pretende generar seguridad a una fuente de agua mineral la misma que tiene un área de 2 000 metros lineales, y que está constituida por postes de material reciclable se opta por colocar líneas energizadas en cada poste.

2.10.1. Ventajas del cerco eléctrico

Varios domicilios, negocios y haciendas utilizan cercos eléctricos para proteger sus áreas críticas las mismas que tienen unas ventajas que se presentan a continuación:

- Actúa en doble uso es decir ayuda a proteger el área contra intrusos sin causar daños graves y también nos ayuda a delimitar el perímetro de una propiedad.
- Los cercos eléctricos requieren de mantenimiento ocasional y no son muy complicados de aplicar.

- El consumo eléctrico es mínimo gracias al energizador.

2.10.2. Componentes de la cerca eléctrica

- Postes

Estos son muy necesarios, ya que nos ayudan para el tendido del alambre y depende del área serán colocados a una distinta distancia, en este caso los postes son de material reciclado ubicados de 3 a 4 metros de distancia ver Figura 2.23.



Figura 2.23. Ubicación de postes.

- Aislador – templador HZ

El desempeño de este elemento es la de sostener y a la vez templar el alambre, son fabricados de polietileno de alta densidad independientemente del material que sea el poste es necesario colocar estos aisladores para evitar que el alambre entre en contacto con el poste o varilla y ocasionar pérdida de energía o a su vez una circulación nula de corriente por la cerca [18].

- Alambre

Este es el elemento que conduce la pulsación eléctrica desde el energizador hacia toda la cerca, en este caso se ha utilizado un alambre liso redondo de calibre # 14, de material acero inoxidable la misma que nos prolonga la vida útil y evita el desgaste.

- Puesta a tierra

Denominada varilla copperweld, contiene un material de cobre la que nos ayuda para que su funcionamiento sea de manera óptima es decir para cerrar el circuito el mismo que utiliza la conductividad eléctrica del terreno, estas son enteradas de 1,50 m a 2 m en el suelo.

- Cable bujía

Esta es necesaria para las conexiones de alto voltaje entre el energizador y el cerco, este tiene una cubierta plástica de silicón aislante, la misma que evita la pérdida de voltaje, en este caso ocupamos 50 m de cable bujía # 18 con doble recubrimiento, los mismos que son ocupados por dos líneas uno de salida y el otro de retorno del electrificador [14].

- Cable desnudo

Este cable es esencialmente de cobre la misma que nos ayuda a la transmisión y distribución de energía eléctrica en este caso para nuestra puesta a tierra de la cerca eléctrica.

- Letrero de advertencia

Este tipo de letreros es de suma importancia ya que nos indican el peligro de riesgo eléctrico, los mismos son colocados en toda la extensión del cerco, es de un material resistente a los rayos UV y siguiendo las normas IEC [18].

2.11. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES ELÉCTRICOS PARA LA INSTALACIÓN

- La boquilla plástica, es necesaria para la colocación de los focos en el hogar consta de su numeración estándar e27.
- Interruptor plástico doble, este controla el paso de energía y nos ayuda al encendido y apagado de las luces.
- Cajetines plásticos de paso, son utilizados para el paso de los cables, para asegurar la boquilla o el interruptor, se tiene de tipo rectangular y redonda.
- Foco Led, estos son destinados a generar iluminación en cualquier lugar requerido, en este caso ocupamos un foco de 12 - 24 VDC de 9 W de marca ZONHAN, los mismos que son ideales para sistemas fotovoltaicos, ya que trabajan en voltaje DC sin necesidad de un inversor.
- Cables sólidos son utilizados para la conexión tanto de paneles solares, baterías e instalación de luminaria.
- Terminales de conectores eléctricos, fast on macho nos ayuda a proteger y dar seguridad en los circuitos dentro de nuestro gabinete.
- Terminal de compresión para el cable de la batería para tener un mejor paso de corriente sin pérdidas
- Tubería plástica de media pulgada para el paso del cableado eléctrico de luz y a la vez proteger al cable de algún daño.

- Tubería BX, en este caso se ha utilizado una tubería BX para brindar mayor protección al cable bujía y también al cable de los paneles solares, que no estén expuestas al clima irregular del día.
- El paro de emergencia es utilizado para detener el funcionamiento del sistema en caso de peligro para el personal de mantenimiento.

2.12. PROTECCIONES GENERALES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

2.12.1. Gabinete eléctrico

Son dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición y protección de los dentro de un sistema eléctrico, esta debe ser fabricada bajo criterios de diseño y normas la misma que debe garantizar la seguridad de los trabajadores y ofrecer seguridad de todos los circuitos existentes evitando daños e incidentes [23].

2.12.2. Protecciones del tablero de control

Estos son utilizados como interruptor principal para desconectar o aislar de alimentación a una instalación, también conocidos como breaker de tal manera que son conectados en el punto de partida también conocido como aguas arriba para garantizar la eficiencia y el correcto funcionamiento del sistema de igual modo se pueden conectar aguas abajo la que consiste en cortar el circuito antes de llegar la energía a realizar su función [19].

Existen diferentes marcas, entre las más utilizadas y conocidas es siemens, breaker termomagnético riel DIN 5SL4 estas se derivan en polos ya sea de 1, 2 o 3 polos. La utilización de breaker en DC el voltaje es constante por lo mismo no oscila la forma de onda de CA.

2.13. ESTRUCTURA SOPORTE PANEL SOLAR

Los paneles fotovoltaicos deben colocarse sobre una estructura la misma que se construye una base metálica, capaz de resistir el peso de los paneles solares, la sobrecarga del viento o las inclemencias del tiempo, así como la prolongación térmica del incremento de cambios de temperatura durante las diferentes estaciones del año.

Esta estructura se encargará de tener un buen anclaje del generador solar, facilitando la instalación y mantenimiento de los paneles, a la vez que proporcionar no sólo la orientación necesaria sino también el ángulo de inclinación idóneo para un mejor aprovechamiento de la radiación [7] [14].

La estructura de soporte está fabricada de tubo cuadrado en acero galvanizado, está de diferente dimensión la misma que nos brinda una larga vida a la intemperie, sus planos son realizados

para tener el soporte adecuado al peso a sobrecargar, en este caso el peso total de los paneles solar, colocado a un ángulo considerable al sol.

También se emplean tornillos inoxidables para la sujeción de los módulos, teniendo un buen contacto eléctrico entre el marco de los módulos y los perfiles soporte, por seguridad frente a posibles pérdidas de aislamiento en el generador o efectos inducidos por descargas atmosféricas.

2.14. MANTENIMIENTO DEL CERCO ELÉCTRICO CON SISTEMA FOTOVOLTAICO

Una vez instalado, el cerco eléctrico esta no requiere de mantenimiento constante, pero si se debe tomar en cuenta que el área esté libre de vegetación como ramas, hojas de árboles, pajonales que puedan hacer contacto con el alambrado, también se debe mantener rígido las líneas y chequear cada cierto tiempo el nivel de voltaje que lo encontramos en el gabinete instalado.

3. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

3.1 MEMORIA DE CÁLCULO

3.1.1 Localización de la instalación

La fuente natural de Agua, se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga parroquia de Alaquez, sector Mogotes ver Anexo I.

Ubicación geográfica:

Latitud: -0,87254556, Longitud: -78,42103258

Con sus respectivas coordenadas UTM:

17 M786976,92 m E,9903492.12 m S, Zona 17, Sur, aproximadamente a 3 992 m.s.n.m.



Figura 3.1. Ubicación Geográfica del sector Mogotes.

3.1.2. Cálculo de inclinación óptima

Para la posición de inclinación que tuvieron los paneles fotovoltaicos se utiliza la Ecuación (2.1)., donde la latitud donde se encuentra el sector es de $-0,87254556^\circ$ considerando este valor de manera positiva para el cálculo de inclinación.

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * |\Phi| \quad (2.1)$$

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * |-0,87254556|$$

$$\beta_{opt} = 4,30^\circ$$

Con este valor obtenido se tiene un ángulo de inclinación en los paneles fotovoltaicos de $4,30^\circ$, donde no tiene mucha variación con respecto a los 0° , mientras tanto se toma en cuenta 15° de inclinación con el fin de procurar que no se acumule mucho polvo o algún otro elemento que pueda obstruir la captación de la radiación solar.

3.1.3. Cálculo de cargas en corriente alterna

Para el desarrollo del cálculo de las cargas en corriente alterna, se considera la cantidad de artefactos o equipos a utilizar, la potencia y el tiempo de uso de cada uno de los equipos a instalar, ya que con los datos obtenidos se determina la energía en corriente continua. Para el cálculo de esta energía se utiliza la Ecuación (3.1).

$$E_{AC} = n * P * t \quad (3.1)$$

Donde:

$n =$ Cantidad de artefactos o equipos.

$P =$ Potencia (W).

$t =$ tiempo de consumo al día $\left(\frac{h}{\text{día}}\right)$.

Tabla 3.1. Determinación de las cargas en corriente alterna.

Artefacto	Cantidad	Potencia (W)	Tiempo (h/día)	Energía (Wh/día)
Energizador Hagroy HR-10000.	1	4,5	24	108
Cámaras de vigilancia HIK-VISION	3	10	8	240
Perifoneo	1	50	8	400
TOTAL		64,5		748 (Wh/día)

A partir de los cálculos obtenidos se determinó la carga en corriente alterna total diaria con un valor de 748 Wh/día teniendo en cuenta las horas que se emplea de consumo, donde al cerco eléctrico se estima el tiempo de consumo completo de un día que son las 24 horas brindando así la confiabilidad del sistema.

Se consideró un consumo diario limitado para las cámaras de vigilancia, ya que el sistema de generación fotovoltaico abastece en un total de 8 horas al día, por lo que existen proyectos de generación eléctrica posteriores, donde la diferencia de las horas restantes podrá abastecer las 16 horas restantes.

3.1.4. Cálculo de cargas en corriente continua

Con los datos obtenidos de la Tabla 3.1 se realiza el producto entre las cargas en AC y un factor de conversión que se establece por el uso de un inversor DC - AC para proyectos futuros como se muestra en la Ecuación (3.2).

Se espera un crecimiento de la carga del 20 % a la estimación de la energía eléctrica requerida para el sistema y se dimensiona la instalación para satisfacer la demanda aumentada [25].

$$E_{DC} = E_{AC} * 1,2 \quad (3.2)$$

$$E_{DC} = (748 * 1,2)Wh/día$$

$$E_{DC} = 897,6 Wh/día$$

Dentro del diseño de iluminación se consideran luminarias led de consumo de corriente continua, el cual se le sumará a la carga total DC.

Tabla 3.2. Determinación de las cargas Luminarias DC.

Artefacto	Cantidad	Potencia (W)	Tiempo (h/día)	Energía (Wh/día)
Lámparas led DC	2	9	1	18
TOTAL				18 (Wh/día)

$$E_{DCtotal} = E_{DC} + E_{DCluminaria} \quad (3.3)$$

$$E_{DCtotal} = (897,6 + 18) Wh/día$$

$$E_{DCtotal} = 915,6 Wh/día$$

3.1.5. Selección de voltaje del sistema

Una vez establecida la potencia que se va a instalar al sistema fotovoltaico, se selecciona el voltaje con el que van a operar los equipos.

Conocemos la potencia que se va a instalar que es $P = 64,5 W$, como se observa en la Tabla 3.1., podremos seleccionar el voltaje, donde el voltaje del sistema es $V_{sist} = 12 V$.

3.1.6. Cálculo de la capacidad Amperios - Hora (Ah)

Una vez establecido el consumo energético por día, utilizamos la Ecuación (3.3)., donde se determinará la profundidad de descarga.

Para establecer el DOD (Profundidad de Descarga) se analizará la Tabla 3.3., teniendo en cuenta el tipo de batería, profundidad de descarga máxima.

Tabla 3.3. Profundidad de descarga con el tipo de batería.

Tipo de batería	DOD	Tipo de proyecto	Capacidad (Ah)
Gel	70 %	Rural	Menor 1 500 Ah
Tubulares (OPZv)	85 %	Industrial	Mayor 1 500 Ah
Litio	98 %	Telecomunicaciones	

El sistema de profundidad de descarga para el sistema es igual al 70 % por ser un proyecto ubicado en un sector rural.

Los días de autonomía establecido para el sistema es de 1 día con la finalidad de garantizar el funcionamiento, cuando no exista generación fotovoltaica.

$$Capacidad (Ah) = \frac{Consumo \left(\frac{Wh}{dia}\right) * Autonomia(dia)}{V(Bateria) * DOD} \quad (2.3)$$

$$Capacidad (Ah) = \frac{915,6 Wh/dia * 1}{12 V * 0,7}$$

$$Capacidad = 109 Ah$$

3.1.7. Cálculo dimensionamiento paneles solares

Las horas solares pico se obtuvo de la página web NASA POWER, donde se obtiene el valor histórico anual de los últimos 4 años considerando el año, 2 022 los últimos datos como se observa la Figura 3.2., para la obtener la radiación expresada en kW - h/m² al día, se considera la longitud y latitud en donde se va implementar el sistema de generación fotovoltaico.

```

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Monthly and Annual
Dates (month/day/year): 01/01/2019 through 12/31/2022
Location: Latitude -0.8725 Longitude -78.42
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 2495.01 meters
The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999
Parameter(s):
ALLSKY_SFC_SW_DWN CERES SYN1deg All Sky Surface Shortwave Downward Irradiance (kW-hr/m^2/day)
-END HEADER-D
PARAMETER YEAR JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC ANN
ALLSKY_SFC_SW_DWN 2019 4.07 3.66 3.73 3.80 3.67 3.80 4.04 4.43 4.82 4.01 3.89 3.85 3.98
ALLSKY_SFC_SW_DWN 2020 4.43 4.20 3.98 3.79 3.74 3.81 3.70 4.63 4.28 4.51 4.72 3.58 4.11
ALLSKY_SFC_SW_DWN 2021 3.79 3.82 3.64 3.72 3.80 3.75 4.10 3.89 4.18 4.18 4.11 3.78 3.90
ALLSKY_SFC_SW_DWN 2022 4.17 3.54 3.67 3.83 3.64 3.61 3.74 4.12 4.59 4.34 4.46 4.25 4.00

```

Figura 3.2. Resolución Nativa Mensual y Anual de las HSD [20].

El parámetro que se utilizó para la elección del dato es la Irradiación Descendente de onda corta de toda la superficie del cielo despejado (ALLSKY SURFACE SHORTWAVE DOWNWARD IRRADIANCE), es la irradiancia solar total incidente (directa más difusa) en un plano horizontal en la superficie de la Tierra en todas las condiciones del cielo.

Verificando los datos en los años del 2 019 hasta el 2 022, se determinó que en el mes de febrero del 2 022 se obtiene una irradiación de 3, 54 kWh/m² día, valor a escoger para el dimensionamiento con la finalidad de garantizar la solvencia de la carga siendo el valor menor de todos los 4 años.

Se determinó las Horas Solares Pico (HSP), empleando la Ecuación (2.2).

$$HSP = \frac{\text{Irradiación}}{1\ 000} = \frac{\frac{Wh}{m^2\ día}}{\frac{W}{m^2}}$$

Conversión:

$$3.54 \frac{kWh}{m^2\ día} = 3\ 540\ Wh/m^2\ día$$

$$HSP = \frac{3\ 540 \frac{Wh}{m^2\ día}}{1\ 000 \frac{W}{m^2}}$$

$$HSP = 3,54\ h/día$$

Dentro de la Ecuación (2.4)., se determinó la eficiencia del sistema para evaluar la potencia a generar de los paneles fotovoltaicos donde se considera lo siguiente.

Sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFCR) una eficiencia al sistema del 81 %.

Sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA) una eficiencia al sistema del 72 % [21].

$$P_{GFV} = \frac{E_{DC}}{HSP * \eta_{sistema}} \quad (2.4)$$

$$P_{GFV} = \frac{915,6\ Wh/día}{3,54\ h/día * 0,72}$$

$$P_{GFV} = 359,22\ W$$

Conociendo las condiciones de cambios climáticos se sobredimensiona la potencia generada de los paneles fotovoltaicos con una eficiencia de fábrica del 20,20 %.

$$P_{GFV} = 359,22\ W * 1,202$$

$$P_{GFV} = 431,78\ W$$

3.1.8. Cálculo cantidad de paneles a utilizar

$$Cantidad = \frac{P_{GFV}}{P_{Fabricante}} \quad (3.4)$$

$$Cantidad = \frac{431,78 W}{160 W}$$

$$Cantidad = 2.69$$

Donde:

P_{GFV} = Potencia para la generación de los paneles fotovoltaicos

$P_{Fabricante}$ = Potencia de los paneles fotovoltaicos

3.1.9. Cálculo de protecciones en corriente continua

En los sistemas de generación fotovoltaica, se debe considerar todos los tipos de protecciones para evitar descargas eléctricas peligrosas y disipar rápidamente el exceso de voltaje antes de que llegue a los equipos.

Para calcular el tamaño de las protecciones, como se muestra en Ecuación (3.5) y (3.6)., se debe considerar la ficha técnica de los paneles solares.

La International Electrotechnical Commissions (IEC) o Comisiones Internacionales de Electrotécnica reconocen que la protección de sistemas es diferente de las instalaciones eléctricas estándar. Esto se refleja en la norma IEC 60269-6 que define las características específicas que debe cumplir una protección considerando un rendimiento para la tensión del 20 % [24].

Para la intensidad se refleja en la norma NEC 690.8(A)(2), establece que la corriente máxima del circuito se define como 1.25 o el 25 % multiplicado por la corriente nominal de cortocircuito del módulo fotovoltaico [23].

$$Tensión = V_{DC} * No. paneles (serie) * 1,20 \quad (3.5)$$

$$Tensión = 21,8 V_{DC} * 3 * 1,20$$

$$Tensión = 78,48 V$$

$$Corriente = I_{SC} * 1,25 \quad (3.6)$$

$$Corriente = 9,4 A * 1,25$$

$$Corriente = 11,75 A$$

Donde:

V_{DC} = Voltaje de cortocircuito de los paneles solares.

3.1.10. Conductores eléctricos

Las propiedades que cuenta cada cable de todo un sistema fotovoltaico deben estar diseñados con el objetivo de generar sistemas más fiables y duraderos.

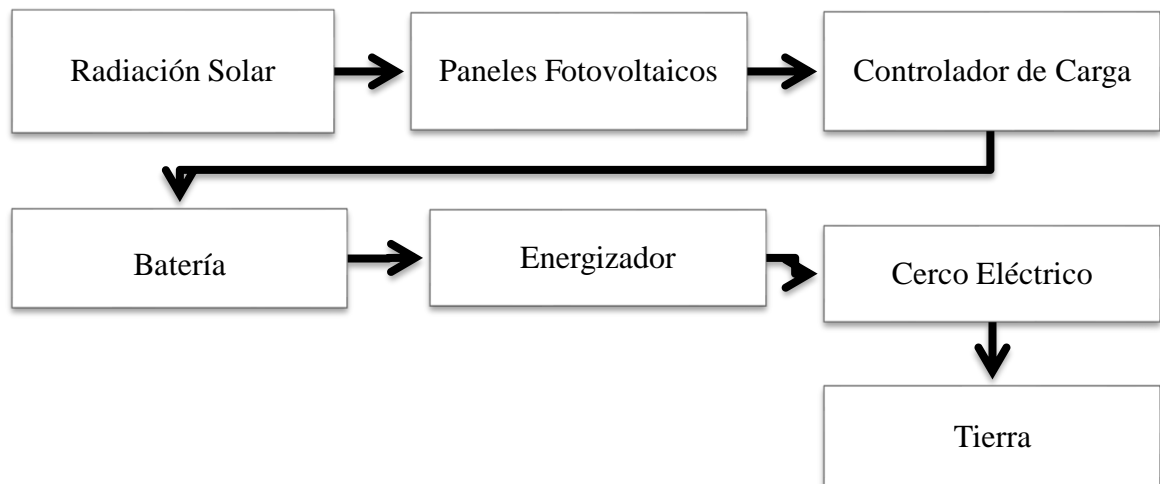
La sección del cable dependerá de la intensidad máxima que se puede someter al conductor como indica la Figura 3.3.

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A		
8 AWG	40 A	50 A	55 A		
6 AWG	55 A	65 A	75 A		
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A		
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A		
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Figura 3.3. Calibre del conductor en función de la corriente [22].

3.2. DIAGRAMA DE FLUJO

En la representación del diagrama de flujo se puede detallar el proceso que cumple el sistema de generación fotovoltaico mediante la captación de la radiación solar con los paneles solares para posterior transformar y tener la alimentación necesaria para el funcionamiento óptimo de la cerca eléctrica.



3.3 DIAGRAMA UNIFILAR

La representación del diagrama unifilar ordena gráficamente los componentes de la instalación eléctrica, en nuestro proyecto de generación de energía mediante un sistema fotovoltaico para alimentar la cerca eléctrica se tiene un diagrama unifilar, como se evidencia en el Anexo G, el diseño del sistema fotovoltaico es para una instalación aislada o autónoma y de un consumo diario.

Se destaca los elementos y equipos principales de instalación, protecciones magnetotérmicas que se localizan aguas arriba de cada tramo de instalación paneles solares – controlador, controlador- baterías, baterías – carga.

Y los mandos de control, paro de emergencia y selector de posiciones que nos permiten tener el control de manera manual para el inicio del funcionamiento del sistema fotovoltaico.

3.4 ANÁLISIS DE TENSIÓN ESTÁTICA ESTRUCTURA PANELES SOLARES

Mediante el software CAD (Diseño asistido por ordenador) FUSIÓN 360, se analizó la deformación y la tensión en la estructura de los paneles solares a partir de cargas estructurales y restricciones considerando el peso de cada panel solar que es de 7,8 Kg cada, ver Figura 3.4.

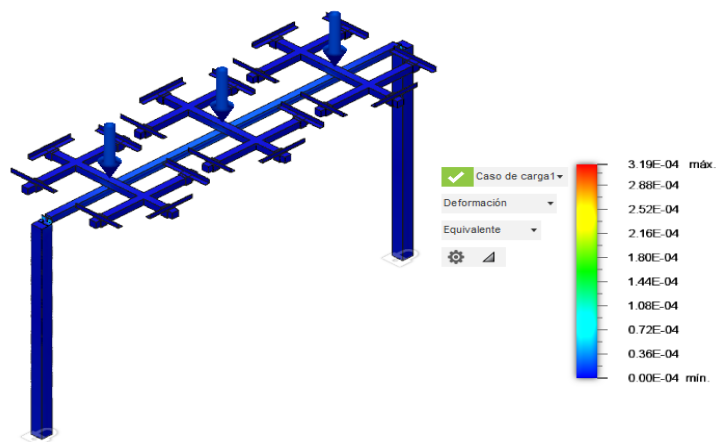


Figura 3.4. Análisis de tensión estática.

Los resultados que se muestran en la Figura 3.4., nos indican que la estructura no se pliega o se rompa con los criterios de análisis presentados en el Anexo H., donde el coeficiente de seguridad es de 4,43 brindando la seguridad que la estructura soporte las condiciones más adversas.

4 RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez establecidos los cálculos para el dimensionamiento del sistema procedemos a elegir los equipos.

Previo al análisis se procedió a realizar las conexiones de los paneles solares en serie.

Para un funcionamiento del sistema se eligió paneles solares de la marca POWEST de tecnología monocristalina.

Para el cálculo del número paneles se utilizó la Ecuación (3.4)., obteniendo los datos principales del panel proporcionados por el fabricante como indica la ficha técnica que se evidencia en el Anexo B.

Según el cálculo obtenido se necesitó tres paneles solares para abastecer el sistema, para este proyecto se seleccionó paneles solares monocristalinos de la marca POWEST 160 W de código NERM-160-8160 como indica la Figura 4.2.



Figura 4.2. Panel monocristalino 160 W.

4.3. CONTROLADOR DE CARGA

Una vez identificados los datos técnicos del panel solar $V_{oc} = 21,8 VDC$ $V_{mp} = 18,24 VDC$ como se indica en el Anexo C y la carga necesaria a implementarse al sistema $P = 480 W$, se analizó, las características de los controladores MPPT y PWM detallados en la Tabla 4.2., para su respectiva selección.

Tabla 4.2. Características Controlador PWM y MPPT.

PWM (Modulación por anchos de pulsos)	MPPT (Seguidor del punto de máxima potencia)
Son más económicos utilizados para pequeños sistemas de bajo costo.	Mucho más eficientes.
La tensión nominal de los paneles solares y de las baterías deben ser las mismas.	Se ajustan a la tensión de los paneles a la que precisa la batería según su etapa de carga, alrededor de un 30 % más de energía de un PWM.
Debido a la simplicidad de componentes, son muy longevos y sufren poco estrés térmico.	Mejor eficiencia de carga especialmente en climas fríos.

$$V_{Dc} = 21,8 * 3 = 65,4 VDC$$

$$V_{mp} = 18,24 * 3 = 54,72 \text{ VDC}$$

$$P = 480 \text{ W}$$

Considerando la conexión de 3 paneles solares de 160 W en serie, donde los voltajes se suman tenemos una potencia a generar de 480 W.

Se seleccionó un controlador de carga SCC-MPPT 3KW como se muestra en la Figura 4.3., compatible para el sistema de 12 V.



Figura 4.3. Controlador de Carga SCC-MPPT 3KM.

4.4. ENERGIZADOR CERCO ELÉCTRICO

Considerando la longitud total del cerco se seleccionó el electrificador de marca HAGROY diseñados para satisfacer las necesidades de la protección perimetral del mercado, contando con tecnología de fácil instalación y configuración.

El energizador HR-1 0000 como se indica en la Figura 4.4., consume una potencia de 4,5 W durante las 24 horas del día. Esto supone un consumo diario de energía donde electrificará una cerca con una longitud de 2 000 m lineales mismas que se encuentran distribuidas en 5 líneas por toda el área, donde el energizador tiene un alcance de 3 000 m lineales de alimentación que se muestra en el Anexo D.



Figura 4.4. Energizador HAGROY HR 1 0000.

4.5. PROTECCIONES SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.5.1. Protecciones paneles solares

El dimensionamiento de las protecciones de los paneles solares se realizó utilizando la Ecuación (3.5) y (3.6)., los valores de voltaje y corriente de cortocircuito proporcionados por el fabricante, como se muestra en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Características Protecciones en DC.

PROTECCIONES DC	
FUSIBLES	INTERRUPTORES MAGNETOTÉRMICOS
Protección contra sobre intensidades.	Protección contra cortocircuitos y sobreintensidades.
Al pasar corriente por el conductor se calienta se destruye y se abre el circuito.	Protege corrientes con un valor superior al nominal, cuando el dispositivo actúa se separan los polos y se abre el circuito.
Es necesaria su reposición.	No es necesaria su reposición después de actuar.
Bajo costo.	Alto costo.

Para el análisis de la Tabla 4.3., se consideró la utilización de interruptores magnetotérmicos con el fin de poder tener una actuación inmediata cuando exista el corte del circuito por el paso de corrientes elevadas de su valor nominal.

Las protecciones son para corriente continua mismas que no nos sirven las protecciones en corriente alterna ya que son de uso en diferentes aplicaciones.

Las protecciones que utilizamos son de la marca SIEMENS de 2 polos, como se puede ver en la Figura 4.5.



Figura 4.5. Interruptor Magnetotérmico SIEMENS 2 Polos.

4.5.2. Protecciones batería

La protección magnetotérmica de la batería está dimensionada al 125 % de la corriente máxima. La clasificación del interruptor se detalla en la Ecuación (4.1).

$$\text{Corriente} = \text{Máx. corriente de carga} * 1,25 \quad (4.1)$$

$$\text{Corriente} = 60 \text{ A} * 1,25$$

$$\text{Corriente} = 75 \text{ A}$$

4.6. DIAGRAMA DE CONEXIÓN SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Como se observa en el Anexo F., la conexión tiene una secuencia serial, donde se observa que el energizador está conectado de las baterías, cada trayecto del sistema cuenta con sus protecciones aguas arriba brindando la seguridad necesaria a los equipos y garantizando el funcionamiento de la cerca eléctrica, misma que se detalla todos los materiales eléctricos y equipos ocupados en nuestra implementación del sistema.

4.6.1. Conexión cerca eléctrica.

La conexión eléctrica cumple con la necesidad que requiere la conexión del cerco eléctrico, ya que por recomendaciones del fabricante ver Figura 4.6., nos recomienda las puestas a tierra para el funcionamiento de la cerca eléctrica.

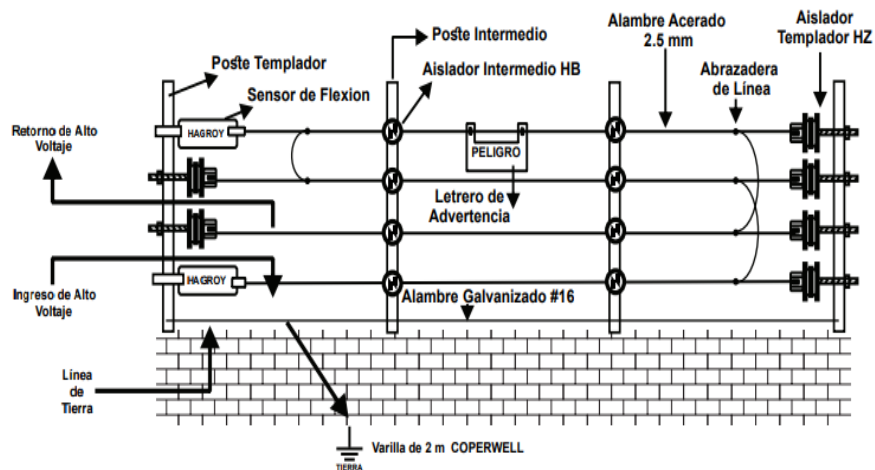


Figura 4.6. Instrucción de conexión cerca eléctrica.

4.7. IMPLEMENTACIÓN DE LA CERCA ELÉCTRICA

Se empezó mediante la construcción de la estructura diseñada en Fusión 360 que consta de la base de los paneles basada en los planos de diseño del Anexo E, la caja de seguridad de la batería y la base del tablero de control la misma que se puede observar en la Figura 4.7. Se realizó unos cortes en el metal de acuerdo a los planos generados, para que estos puedan ser soldados, de la misma manera se procedió a una limpieza total de la estructura para pintar cada pieza y alargar la vida útil de la estructura.



Figura 4.7. Proceso de la construcción de la estructura, corte, soldadura, limpieza y pintura.

Próximo del secado de pintura se realizó una envoltura con film plástico y se traslada la estructura al sitio de colocación en este caso a la fuente de agua natural donde se desarrolló el ensamblaje de la estructura soporte de los paneles solares, base de batería y tablero de control, teniendo en cuenta el grado de inclinación y su colocación de acuerdo a los puntos cardinales como se muestra en la Figura 4.8.



Figura 4.8. Ensamble y colocación de las estructuras en la zona de implementación.

Consecutivamente, se desarrolló la conexión de los equipos los mismos que son el controlador, electrificador, protecciones magnetotérmicas, al interior del gabinete como se visualiza en la Figura 4.9., para que estos puedan quedar colocados totalmente seguros, también se ubicó unas señaléticas en su parte frontal para obtener un tablero de control.



Figura 4.9. Conexión de los equipos en el tablero de control.

Se colocó los paneles fotovoltaicos en su estructura base y proceder a sus respectivas conexiones las mismas que el transporte de cableado desde los paneles hacia el tablero de distribución es a través de tubería corrugada Bx de acero inoxidable de manera subterránea, también se instaló la batería en su caja de seguridad y el tablero de control en su estructura a soportar dentro de la vivienda, así realizando la conexión de los equipos con la batería, ver Figura 4.10.



Figura 4.10. Colocación de paneles y cableado.

Luego se procedió a la colocación de aisladores en el poste para el traspaso del hilo de alambre galvanizado, por consiguiente, se conectó el energizador que consta de un retorno y una salida mediante cable bujía hacia la cerca eléctrica de igual manera fue transportada mediante una tubería Bx de acero inoxidable en forma subterránea. En esta etapa también se realizó la conexión de la cerca eléctrica con su puesta a tierra como se visualiza en la Figura 4.11.



Figura 4.11. Conexión de la cerca eléctrica.

De la misma manera se ejecutó un sistema de conexión de 12 V, para generar iluminación en dicha residencia, por ende, se toma en consideración la señalización del cableado conectados en el tablero, ver Figura 4.12.



Figura 4.12. Conexión de iluminación y etiquetado de cables.

Finalmente, se obtuvo los resultados de las conexiones tanto del tablero de control como los paneles fotovoltaicos instalados para el cerco eléctrico, ver Figura 4.13., las misma que se comprobó la potencia, corriente y voltaje mediante el piranómetro y multímetro, generados para su funcionamiento.



Figura 4.13. Implementación concluida.

4.8. RECOLECCIÓN DE DATOS

Mediante el uso del pirómetro y multímetro, se obtuvo datos de radiación, potencia, voltaje y corriente que nos sirvió, para analizar la cantidad de generación brindada por el sistema previo a los cálculos obtenidos, como se observa en la Figura 4.14., misma que se tomó valores de sitios web para su dimensionamiento.



Figura 4.14. Recolección de datos con el pirómetro y multímetro.

El análisis de los datos que se recolectó en la zona de implementación del sistema, al ser una ubicación a una altura de 4 000 m.s.n.m. Se encontró una variación de temperaturas y climas ya que es una zona con mayor índice de climas fríos, nubosos y con pocos días soleados.

En la Tabla 4.4., se analizó la irradiancia en un día intermedio con nubosidad, condición climática primordial en esta se analizó la generación de una potencia mínima de 17 W y una potencia máxima de 125 W en diferente horario visualizada en la Figura 4.15., por esta razón es notorio que a pasar las horas del día tenemos un crecimiento de generación que se evidencia en la Figura 4.16.



Figura 4.15. Toma de datos del regulador y pirómetro en el horario de las 11:00 am y 13:30 pm.

Tabla 4.4. Irradiancia en un día intermedio de nubosidad.

	Hora	Wm ²	Potencia W	Voltaje (V)	Corriente (A)	Voltaje Batería
1	9:30	154,5	17	13,07	1,3	13,4
	10:00	155,3	23	11,5	2	13,4
	10:30	147,8	19	9,04	2,1	13,4
	11:00	196	32	14,0	2,3	13,4
	11:30	176	26	13,9	1,87	14
	12:00	294,6	42	16,8	2,5	13,4
	12:30	203,8	38	19	2	13,3
2	13:00	396,4	56	15,5	3,6	13
	13:30	425,7	60	14,0	4,3	13,4
	14:00	577,9	94	14,02	6,7	13,9
	14:30	630,6	125	14,2	8,8	14,2

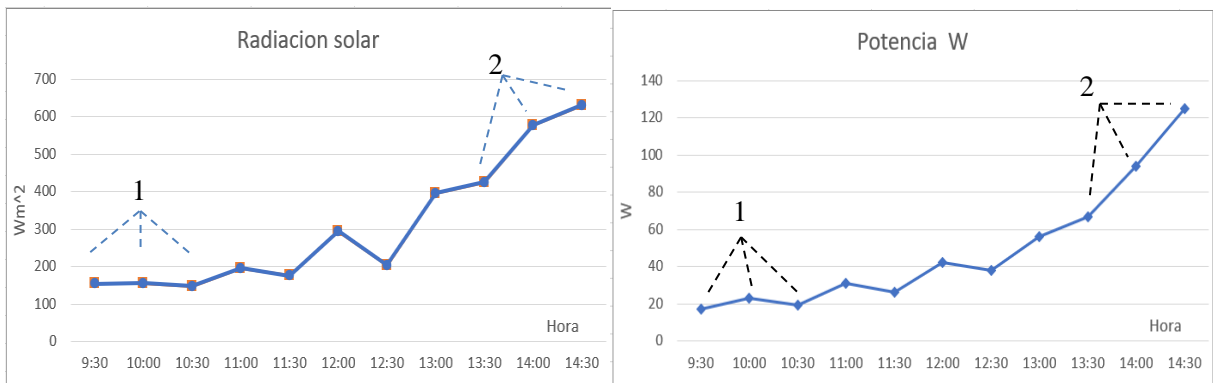


Figura 4.16. Radiación solar y potencia día intermedio de nubosidad.

Basándonos en la recolección de datos obtenidos como podemos ver en la Figura 4.16., en las diferentes mediciones que se realizó desde las 9:30 am hasta las 14:30 pm se tiene una radiación variable en el tiempo, donde su rango mínimo de generación es de (147,8 – 155,3) Wm^2 con una potencia generada de (17 - 19) W, mientras que en un rango máximo de generación de (425,7 – 630,6) Wm^2 se obtiene una potencia generada de (60 - 125) W, misma que se evidencia en los rangos tanto mínimos y máximo, se recibió potencias que son favorables para el funcionamiento del sistema.

En la Tabla 4.5., se analizó la irradiancia en un día intermedio con nubosidad a temperaturas bajas, con una condición climática crítica para el análisis de generación, en estas condiciones se obtuvo una potencia mínima de 13 W y una potencia máxima de 67 W, como se observa en la Figura 4.17., siendo aún favorable para el consumo del sistema de cerco eléctrico y cámaras de vigilancia, es notorio que a pasar las horas del día se tuvo un crecimiento de generación que se evidencia en la Figura 4.18.



Figura 4.17. Toma de datos del regulador y piranómetro en el horario de las 07:30 am, 9:00 am y 11:00 am.

Tabla 4.5. Irradiancia en el peor día.

	Hora	Wm^2	Potencia W	Voltaje (V)	Corriente (A)	Voltaje Batería
1	7:00	95,3	13	13	1	12,9
	7:30	72	10	13,2	0,8	13,20
	8:00	98,4	14	13,08	1,07	13
	8:30	114,6	14	13,08	1,07	13,1
	9:00	123	21	13,04	1,6	13,3
	9:30	132,4	15	12,93	1,16	13,4
	10:00	129,8	16	13,11	1,22	13,3
	10:30	178,6	27	12,37	1,94	13
2	11:00	203,1	32	14	2,3	13,4
	11:30	311,4	43	19,02	2,36	13,6
	12:00	426,8	67	15,58	4,3	13,9

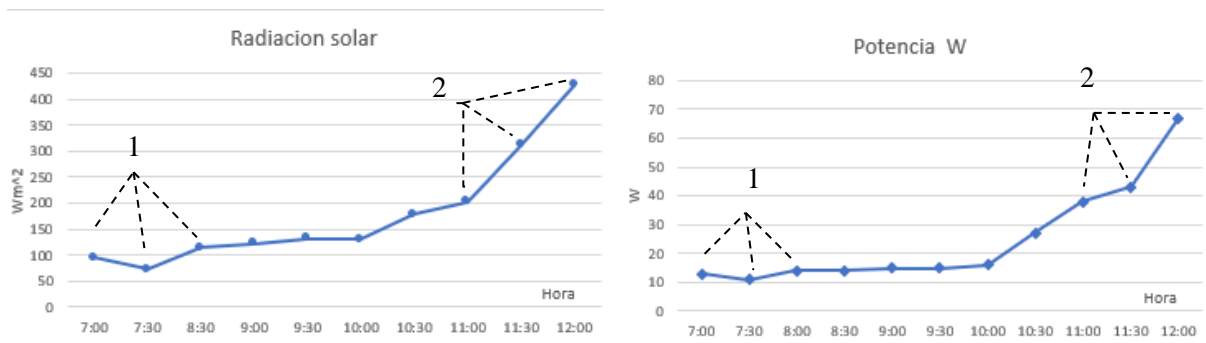


Figura 4.18. Irradiación solar y potencia en el peor día.

En base a la recolección de datos que se obtuvo, como podemos ver en la Figura 4.18., en las diferentes mediciones que se realizó desde las 7:00 am hasta las 12:00 pm se tiene una radiación variable en el tiempo, donde a referencia de un rango mínimo de generación es de (72 – 98,4) Wm^2 con una potencia generada de (10 - 14) W, mientras que en un rango máximo de generación de (203,1 – 426,8) Wm^2 con una potencia generada de (32 - 67) W, como resultado se evidenció que los rangos tanto mínimos y máximo se obtuvo potencias que son favorables para el funcionamiento del sistema.

En la Tabla 4.6., se analizó la irradiancia en un día soleado con las mismas condiciones de análisis primordiales y favorables para el funcionamiento del sistema que se obtuvo una

potencia mínima 94 W y una potencia máxima de 151 W, como se observa en la Figura 4.19., generada en un intervalo de tiempo y con el crecimiento de la potencia como se evidencia en la Figura 4.20., siendo esta una favorable para funcionamiento del sistema implementado.



Figura 4.19. Toma de datos del regulador y piranómetro en el horario de 10:45 am y 13:00 pm.

Tabla 4.6. Irradiancia en un día soleado.

Hora	Wm ²	Potencia W	Voltaje (V)	Corriente (A)	Voltaje Batería
10:15	975,9	94	14,02	6,7	13,9
10:45	983,4	96	13,6	7,8	12,8
11:00	996,1	98	14	7	13
11:30	1004,8	101	14,04	7,19	13,1
12:00	1010,2	115	14,05	8,18	13,3
12:30	1028,7	120	14,21	8,44	13,4
13:00	1034,1	125	14,2	8,8	13,3
13:30	1029	129	12,37	9,08	13
14:00	1037,5	137	14,2	9,64	13,4
14:45	1042,6	142	14,21	9,99	13,6
15:30	1050	151	14,24	10,6	13,9

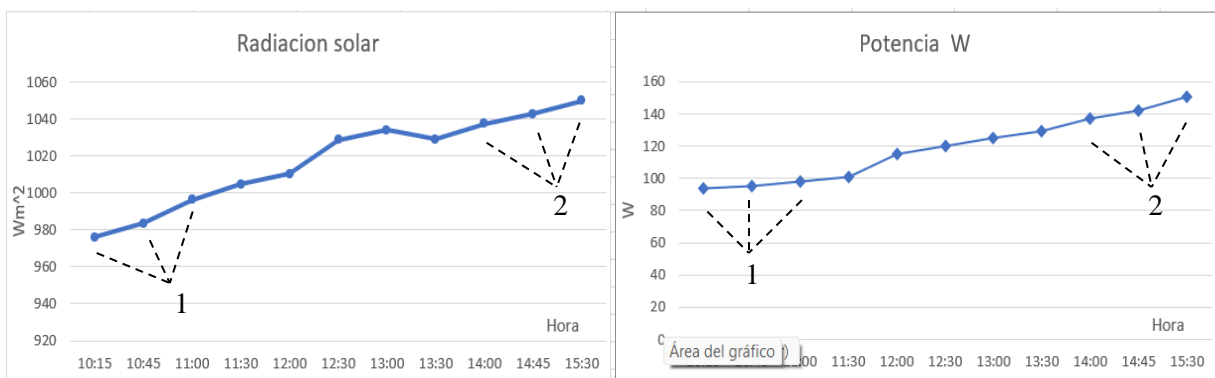


Figura 4.20. Radiación solar y potencia día soleado.

En base a la recolección de datos que se obtuvo como podemos ver en la Figura 4.18., en las diferentes mediciones realizadas desde las 10:15 am hasta las 15:30 pm se tiene una radiación variable en el tiempo, donde su rango mínimo de generación es de (975,9 – 996,1) Wm² con una potencia generada de (94 - 98) W, mientras que en un rango máximo de generación de (1

037,5 – 1 050) Wm^2 se obtuvo una potencia generada de (137 - 151) W, como resultado se evidencia los rangos tanto mínimos y máximo de potencias que son favorables para el funcionamiento del sistema.

El análisis de las tres condiciones climáticas que se pueden presentar en el páramo tenemos generaciones de potencias aceptables desde un rango de consumo del sistema, brindando así una carga constante a la batería de 12,9 V a 14 V, donde garantizamos la autonomía del sistema en el caso que tengamos valores de temperatura bajos de radiación comparado a la condición que se obtiene de potencias bajas.

4.9. ANÁLISIS DE COSTOS

4.9.1. Costos directos

Los detalles de costos que se utilizaron para la implementación de paneles fotovoltaicos para el cerco eléctrico, y la construcción del soporte del equipo se detallan en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7. Costo de materiales

Equipo de instalación eléctrica y cerco fijo				
DETALLE	Unidad	Cantidad	V/Unitario \$	V/Total \$
Panel solar monocristalino POWEST 160 W		3	110	330
Controlador de carga SCC MPPT 3 kW		1	230	230
Batería de 150 Ah / 12 V tipo gel		1	380	380
Electrificador HR-10000		1	100	100
Magnetotérmicos		3	20	60
Alambre galvanizado #14	metro	2 500	163,95	193,95
Aislador templador Hagroy Hz		630	0,26	163,8
Cable bujía flexible #18	metro	50	0,56	28
Varilla copperweld 5/8 * 1,80		1	12	12
Cable sólido #10	metro	30	1,38	41,4
Cable batería #4	metro	8	4,78	38,24
Letrero de prevención Cerca eléctrica		4	1,3	5,2
Gabinete metálico 600x600x200		1	110,72	110,72
Riel DIM		1	1,43	1,43
Interruptor doble		1	2,38	2,38
Paro de Emergencia		1	2,48	2,48
Terminal de compresión		25	0,18	4,5
Sub total				1704,1
Construcción de la base				
DETALLE		Unidad	V/U \$	V/T \$
Ángulo 40mmx4mm		2	14,94	29,88
Tubo cuadrado negro 100mmx2mm		1	41,95	41,95

Tubo cuadrado negro 60mmx2mm		2	50,12	100,24
Tuerca 1/2"		18	0,12	2,2
Perno 1/2"		18	0,33	5,94
Tuerca 7/8"		2	0,55	1,11
Perno 7/8"		2	1,56	3,13
Pintura anticorrosiva	galón	1	15,18	15,18
Thinner	litro	1	3,04	3,04
Electrodos 6011		50	4	4
Subtotal				206,67

Tabla 4.8. Costos Directos

Costos directos	Precio \$
Equipo de instalación eléctrica y cerco fijo	1 704,1
Construcción de la base	2 06,67
Subtotal	1 910,77

4.9.2 Costo indirecto

Los gastos más importantes se detallan en la tabla 4.9.

Tabla 4.9. Costo indirecto

Material Indirecto			
DETALLE	CANTIDAD	V/U\$	V.TOTAL \$
Transporte	5	25	125
Viáticos	6	40	40
Mano de obra	2	80	160
Subtotal			325

4.9.3 Inversión total

Los gastos de la inversión en la implementación y estudio total se detallan en tabla 4.10.

Tabla 4.10. Costo de la inversión total.

DETALLE	VALOR TOTAL \$
Costo directo	1 970,77
Costo indirecto	325
Inversión total	2 295,77

La inversión total del proyecto es de 2 295,77 dólares, cabe mencionar que el transporte representa el 10 % de gastos totales, de la misma manera la junta administradora de agua potable San Antonio de Alaquez cubre el monto en un 50 %.

4.10. Impactos

4.10.1. Impacto económico

Se realizó una inversión para la seguridad de la fuente de agua natural, obteniendo una implementación de la cerca eléctrica en el área, dicha decisión tendrá un impacto en la rentabilidad del proyecto.

4.10.2. Impacto práctico

El cerco eléctrico al ser alimentado mediante energía fotovoltaica ayuda a dar seguridad al área donde está ubicada la fuente natural de agua consumida por la parroquia de Alaquez.

4.10.3. Impacto ambiental

Al utilizar la energía solar, permitimos conservar la naturaleza disminuyendo la contaminación, ya que al implementar un sistema fotovoltaico tenemos una energía amigable al medio ambiente y se está aportando a mejorar nuestro planeta permitiendo así el desarrollo de la flora y la fauna.

4.10.4. Impacto tecnológico

El cerco eléctrico al ser alimentado mediante el aprovechamiento directo de la energía solar reduce el gasto energético que sustentan compañías de electricidad, fomentando el uso de energías alternativas para otras actividades.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- En el presente proyecto la investigación sobre el estado climático, el sistema fotovoltaico aislado y cercas eléctricas en el páramo de Mogotes, misma que se analizó en distintas fuentes bibliográficas, las cuales nos proporciona información relevante sobre la existencia tecnologías en el área de paneles solares fotovoltaicos, es por ello que es importante mencionar que cuando existe variación en el clima se reduce la eficiencia energética, teniendo en cuenta la pérdidas de energía y estos no absorben en su totalidad toda la radiación, que el sistema fotovoltaico requiere.
- Se utilizó la página web NASA POWER para obtener la radiación solar en el páramo de mogotes para poder calcular los equipos de rendimiento para la zona aislada, mismas que nos ayudan para la generación de energía, la potencia requerida a instalar es de 64,5 W, el voltaje del sistema es de 12 V y la potencia instalada mediante los paneles fotovoltaicos es de 480 W, con el mismo voltaje, puesto que esta potencia es establecida para proyectos futuros, su batería dispone de un día de autonomía, Para la obtención de los equipos se tuvo la colaboración por parte de la junta de agua de Alaquez.

- Se realizó el análisis de los datos recolectados ya que, al ser una zona aislada y ubicada a 4 000 m.s.n.m., tenemos cambios de temperatura misma que en su peor día se obtuvo una potencia máxima de 64 W, y en su mejor día se estima una potencia máxima de 151 W, siendo estas una condición estable y favorable para el consumo de nuestra cerca eléctrica.
- El panel que se ocupa es de tipo monocristalino, ya que tiene mayor rendimiento y mejor capacidad de captar los rayos del sol, en este se realizó un sistema de soporte metálico, puesto que la altura de la instalación del sistema fotovoltaico es de 2,60 m, así evitando la manipulación del ángulo, misma que posee los 15° por mantenimiento, de la misma forma fue ubicado los equipos dentro de un gabinete IP65 y el transporte del cableado se realizó de manera subterránea mediante tubería corrugada galvanizada, así generando mayor seguridad a nuestra implementación.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para los próximos proyectos de implementación se debe considerar el sistema en el que se trabaja el circuito, ya que este proyecto se encuentra instalado en corriente continua. Para la colocación del perifoneo y cámaras de vigilancia se requiere la consideración de un inversor para obtener una conversión de corriente DC – AC.
- Con el pasar del tiempo de la instalación se recomienda realizar un mantenimiento preventivo cada tres meses ya sea por parte de la junta de agua de Alaquez o de la Universidad, tomando en cuenta la vinculación con el pueblo, teniendo las debidas precauciones con el controlador de carga y conexiones en general, ya que si se llega a obstruir no se tiene generación de corriente continua para la cerca eléctrica.
- Se recomienda tomar en cuenta el mantenimiento de la cerca ya que, al estar un lugar montañoso, la paja crece al igual que la maleza a los alrededores de la cerca, es por ellos que se debe mantener limpia para evitar un corto circuito, de igual manera tomar hay que tomar en cuenta el alambrado, debido a que la conexión es en serie y si se llega a cortar un alambre tiende a no circular corriente por la misma.
- Para proyectos futuros se puede aprovechar de la fuente de agua natural, en esta realizar una instalación de un pico central hidroeléctrica para así poder generar energía beneficiando el caudal de agua.

6. REFERENCIAS

- [1] J. R. Vilorio, Energías Renovables, Madrid (España): Ediciones Paraninfo, 2013.
- [2] J. L. V. Labarta, Instalaciones solares fotovoltaicas, Madrid (España): Donostiarra, 2011.
- [3] M. P. Aparicio, Radiación solar y su aprovechamiento energético, Barcelona: Marcombo, 2020.
- [4] J. A. Flores Larico, Método para la mejora del suministro sostenible de energía eléctrica renovable con celdas fotovoltaicas en las zonas rurales de la Región Arequipa, 2018, Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018.
- [5] M. P. Aparicio, Energía solar fotovoltaica, Barcelona: Marcombo, 2015.
- [6] Clamper, «Guía de aplicación para la protección de sistemas fotovoltaicos,» 2019. [En línea]. Available: https://evecsa.com/wp-content/uploads/2020/11/MKT-015768-Guia-Fotovoltaico_-Espanhol_Interativo.pdf.
- [7] V. C. Castellano Karen, «Diseño e implementación de un cerco eléctrico para protección del ganado utilizando energía fotovoltaica,» 2021. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8087/1/PI-001765.pdf>.
- [8] A. Constante y J. Chipugsi, «Estudio de la eficiencia energética en la generación fotovoltaica, a partir de diferentes tecnologías y sus componentes,» 2023. [En línea]. Available: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/10366/1/PI-002444.pdf>.
- [9] J. E. Guaranga Allauca , «Diseño de un sistema para la seguridad de una vivienda mediante pasarela activada por voz y video a desarrollarse en la empresa Rio solar Smart Energy de la ciudad de Riobamba,» 2018. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/234580118.pdf>.
- [10] Hagroy, «Hagroy Electronic,» 2023. [En línea]. Available: <https://hagroy.com/catalogo-virtual-hagroy-2023/>.
- [11] A. Llamuca y X. Caisaguano , «Control y monitoreo de un sistema de generación de energía eléctrica con paneles solares para el alumbrado público en la facultad de informática y electrónica,» 2016. [En línea]. Available: <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/6127/1/108T0182.pdf>.
- [12] M. Martínez y B. Mora , «Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en vivienda de zona rural donde no llega el tendido eléctrico situado en el golfo de Guayaquil,» 2022. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22810/1/UPS-GT003826.pdf>.
- [13] A. Morales y D. Gomez, «Dimensionamiento e implementación de paneles fotovoltaicos

- aplicados al área residencial en un sector costero de la provincia del Guayas,» 2022. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22499/1/UPS-GT003707.pdf>.
- [14] R. Oña, «Diseño e implementación de un controlador de carga para un sistema fotovoltaico autónomo,» 2005. [En línea]. Available: <https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/515/T-ESPE-027549.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [15] G. Palacios Carmona y C. A. Predes, «Diseño y simulación mediante software especializado de la generación de electricidad con paneles solares fotovoltaicos para la distribuidora comercial Paredes,» 2022. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23437/1/UPS%20-%20TTS1023.pdf>.
- [16] D. A. Reyes Guerrero, «Diseño y construcción de un piranómetro basado en las celdas de CdTe para la medición del recurso solar,» 2021. [En línea]. Available: <http://repositorio.upsin.edu.mx/Fragmentos/tesinas/DISE%C3%91O%20Y%20CONSTRUCCION%20DE%20UN%20PIRANOMETRO,%20BASADO%20EN%20CELSDAS%20DE%20CdTe%20PARA%20LA%20MEDICION%20DEL%20RECURSO%20SOLAR.pdf>.
- [17] W. Velasco, «Implementación de un prototipo de un cerco eléctrico para protección de ganado utilizando energía solar y envío de mensajes cuando exista una violación del sistema,» 2018. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9250/1/108T0270.pdf>.
- [18] B. Zamora y A. Zambrano, «Implementación del cercado eléctrico con paneles solares en la cabaña de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión la Maná,» 2022. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9541/1/UTC-PIM-000600.pdf>.
- [19] A. Solar, «Weather Spark,» 2024. [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/20034/Clima-promedio-en-Latacunga-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-SolarEnergy>.
- [20] N. Power, «Prediction of Worldwide Energy Resources,» [En línea]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. [Último acceso: 2024].
- [21] E. Sebastian, «Calcular los cables para fotovoltaicos - 3,» 2022. [En línea]. Available: <https://eliseosebastian.com/calcular-cables-conductores-para-paneles-fotovoltaicos-3/>.
- [22] N. 2. C. 14, «ENERGÍAS RENOVABLES,» 2012. [En línea]. Available:

<https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-14-energic3adas-renovables-021412.pdf>.

- [23] EATON, «Protección de circuitos solares completa y fiable,» p. 12, 2014.
- [24] MERSEN, «SIZING FUSES FOR SYSTEMS PER THE NATIONAL ELECTRICAL CODE,» CANADA, 2018.
- [25] J. ALVARADO, «Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada,» 2018. [En línea].