**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ**
**EXTENSIÓN CHONE**

**CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA**

# TRABAJO DE TITULACIÓN, MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TÍTULO:**

## "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO, PARA UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICO DEL SITIO LA PLAYITA DE LA PARROQUIA SAN ANTONIO"


**AUTORES:**

**HIDALGO BERMEO FREDDY RAÚL**

**ROSADO ALCÍVAR LUIS ERNESTO**

**TUTOR:**

**ING. ORLEY LOOR SOLÓRZANO**


PORTADA

**CHONE-MANABÍ-ECUADOR**

**2017**

Ing. Orley Loor Solórzano docente, de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí extensión Chone, en calidad de director de tesis,

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

# CERTIFICO:

Que la presente TESIS DE GRADO titulada: "*Estudio de factibilidad técnico-económico, para un sistema de generación eléctrica fotovoltaico del sitio La Playita de la Parroquia San Antonio*", ha sido exhaustivamente revisada en varias sesiones de trabajo, se encuentra lista para su presentación y apta para su defensa.

Las opiniones y conceptos vertidos en esta Tesis de Grado son fruto del trabajo, perseverancia y originalidad de sus autores: Hidalgo Bermeo Freddy Raúl y Rosado Alcívar Luis Ernesto, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Chone, Marzo del 2017

Ing. Orley Loor Solórzano

TUTOR

# DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Hidalgo Bermeo Freddy Raúl y Rosado Alcívar Luis Ernesto, declaramos ser autores (as) del presente trabajo de titulación: "*Estudio de factibilidad técnico-económico, para un sistema de generación eléctrica fotovoltaico del sitio La Playita de la Parroquia San Antonio*", siendo el Ing. Orley Loor Solórzano tutor (a) del presente trabajo; y eximo a la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí y a sus representante legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, opiniones, investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones vertidos en el presente trabajo, son exclusividad de sus autores.

Adicionalmente cedo los derechos de este trabajo a la universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, para que forme parte de su patrimonio de propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y trabajos de titulación, ya que ha sido realizado con apoyo financiero, académico o institucional de la universidad

Chone, Marzo del 2017

HIDALGO BERMEO FREDDY RAÚL
AUTOR

ROSADO ALCÍVAR LUIS ERNESTO
AUTOR

UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO DE MANABÍ"
EXTENSIÓN CHONE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

INGENIEROS ELÉCTRICOS

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO, PARA UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICO DEL SITIO LA PLAYITA DE LA PARROQUIA SAN ANTONIO", elaborado por los egresados: Hidalgo Bermeo Freddy Raúl y Rosado Alcívar Luis Ernesto, de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

Chone, Marzo del 2017

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

Ing. Odilón Schnabel Delgado
DECANO

Ing. Orley Loor Solórzano
DIRECTOR DE TESIS.

……
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

……
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

……
SECRETARIA

**DEDICATORIA.**

Este trabajo de titulación, es dedicado a mi madre por ser parte fundamental en mi vida, mi tía, por su gran apoyo incondicional y a mi abuelo por sus grandes consejos, quienes día a día, aportaron con gran amor, cariño y paciencia, para lograr culminar esta meta propuesta.

A mis compañeros que junto a ellos se recorrió este largo camino en el cual hubo buenos y malos momentos pero siempre con apoyo mutuo, en especial a mi compañero de tesis Luis Rosado que siempre estuvo ahí incondicionalmente.

A mis primos Karlipa Bermeo y Raúl García por ser fuente de superación y motivación para no permitirme renunciar.

De todo corazón le agradezco por las cosas buenas que de una u otra manera me ayudó a seguir luchando por culminar este logro.

*Freddy Bermeo*

DEDICATORIA.

Doy gracias a Dios, por concederme la vida tan maravillosa que tengo y por poner a grandes personas en mi camino. A mi padre Heráclito Trinidad Rosado del Valle, por tus esfuerzos que son impresionantes y tu amor que es para mí invaluable y me has proporcionado todo y cada cosa que he necesitado, de verdad que tengo mucho por agradecerte, la constancia la sabiduría, tu gran capacidad de creer en mí, tus enseñanzas que las aplico cada día, que son fundamental para superarme profesionalmente.

A mi madre Mary Eudicita Alcívar Cedeño, eres una mujer que simplemente me hace llenar de orgullo, te amo y no va haber manera de devolverte tanto que me has ofrecido desde incluso antes de nacer, esta metas es un logro más que llevo a cabo, y sin lugar a duda ha sido en gran parte gracias a ti, no sé en done me encontraría de no ser por tu ayuda, tu compañía y tu gran amor.

A mis hermanos el cual les dedico de manera especial porque son el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentaron en mí las bases de responsabilidad y deseo de superación, en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y sus grandes corazones me lleva a admirarlos cada día más.

A mi hijo por ser la inspiración de querer luchar y superarme cada día más para alcanzar mis metas propuestas. A los catedráticos Orley Loor y Rodolfo Acosta que con el pasar de los años se convirtieron en un ejemplo a seguir. A mis compañeros ya que con ellos vivimos los buenos y malos momentos que solo se viven en la Universidad y que con algunos más que compañeros son verdaderos amigos, como mi gran amigo de tesis Freddy Hidalgo, que siempre estuvo apoyándome.

A mi gran amigo de infancia Héctor Lenin Mera Buenaventura, el cual fue la primera persona que me incentivo a superarme en mi vida profesional, sin el nada de esto se hubiera realizado. El trabajo de titulación que he realizado, es dedicado a mis padres, por su esfuerzo y cariño, a mis hermanos por sus grandes concejos cuando creyeron en mí y en mi capacidad de convertirme en un profesional y a todas aquellas personas que estuvieron apoyándome para lograr mi sueño

*Luís Rosado.*

## RECONOCIMIENTO.

Nuestro trabajo de titulación es la culminación del aporte realizado por nosotros.

Por ende agradecemos a nuestros padres y familiares, los cueles nos apoyaron incondicionalmente para no fracasar y ser fuente de motivación para< superarnos día a día.

A nuestros profesores que inculcaron grandes enseñanzas las cuales fueron gran aporte por los conocimientos adquiridos, y a la universidad por prepararnos para ser profesionales competentes.

A nuestro tutor de tesis el Ing. Orley Loor, por su paciencia y gran apoyo al encaminarnos al éxito.

A todos nuestros compañeros que de una u otra forma hicieron superar nuestros límites para lograr este éxito con la expectativa propuesta.

Freddy y Luis

## SÍNTESIS.

La presente investigación tiene un punto de vista y un análisis de apreciación documentado, apoyados en información recabada que permitirá el desarrollo del *Estudio de factibilidad técnico-económico, para un sistema de generación eléctrica fotovoltaico del sitio La Playita de la Parroquia San Antonio*, señalando, que la vivienda no cuenta con servicio eléctrico público,

Es por la situación específica, que se realizaron las respectivas investigaciones para cuantificar los sistemas de generación eléctrica utilizados en países vecinos y como también en nuestro territorio, detallando tipos, características, zona de aplicación, anomalías que podrían generarse por el hecho de encontrarse a la intemperie y con condiciones atmosféricas poco propicias.

Las cálculos obtenidos de manera teórica, sirvieron para conocer que los circuitos de generación eléctrica por medio de paneles solares del tipo fotovoltaico, son muy bien aplicable en entornos con mucha o poca humedad, con radiación solar extrema o vaga, como existe en nuestro medio, ya que la tecnología que se manejará en el diseño de este proyecto no incidirá o provocará daño alguno al medio ambiente, lo que permite el uso de estos conjuntos de técnicas.

PALABRAS CLAVES

Conjuntos de técnicas; Análisis de apreciación; Estudio de factibilidad; instalación de paneles solares; entornos con mucha o poca radiación solar; generación eléctrica fotovoltaico; modelos de aplicación.

ABSTRACT.

The present research has a documented point of view and analysis of appreciation, supported by information gathered that will allow the development of the study of technical and economic feasibility, for a photovoltaic electricity generation system of the La Playita site of San Antonio Parish, That the house does not have public electric service,

It is because of the specific situation that the respective investigations were carried out to quantify the electric generation systems used in neighboring countries and also in our territory, detailing types, characteristics, area of application, anomalies that could be generated by the fact that Inclement weather conditions.

The calculations obtained in a theoretical way, served to know that electric generation circuits by means of solar panels of the photovoltaic type, are very well applicable in environments with high or low humidity, with extreme solar radiation or vague, as it exists in our environment, Since the technology that will be handled in the design of this project will not affect or cause any damage to the environment, which allows the use of these sets of techniques.

KEYWORDS

Sets of techniques; Analysis of appreciation; Feasibility study; Installation of solar panels; Environments with little or no solar radiation; Photovoltaic electricity generation; Application models.

TABLA DE CONTENIDO pág.

PORTADA..... I

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR..... II

DECLARACIÓN DE AUTORÍA ..... III

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN. ..... IV

DEDICATORIA. ..... V

RECONOCIMIENTO. ..... VII

SÍNTESIS. ..... VIII

**INTRODUCCIÓN.** ..... 1

**CAPITULO I** ..... 15

**1. ESTADO DEL ARTE.** ..... 15

**1.1. Antecedentes.** ..... 15

**1.1.1. Energía renovable.** ..... 15

**1.1.2. Clasificación de la energía renovable.** ..... 15

**1.1.3. La energía solar y los paneles solares.-** ..... 16

**1.1.4. Sistema foto térmico**.- ..... 17

**1.1.5. La conversión fotovoltaica**.- ..... 17

**1.1.6. Tipos de Paneles Fotovoltaicos.-** ..... 18

**1.1.7. Módulos Solares de Celdas de Silicio.-** ..... 18

**1.1.8. Placas solares de capa fina.-** ..... 19

**1.1.9. Celdas flexibles.-** ..... 20

**1.1.10. Capas transparentes.-** ..... 21

**1.1.11. Celdas orgánicas.-** ..... 21

**1.1.12. Celdas de concentración.-** ..... 21

**1.1.13. Eficiencias de Celdas Fotovoltaicos.-** ..... 22

**1.1.14. Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico.-** ..... 23

**1.1.16. Radiación solar e Irradiación global del lugar.-** ..... 24

**1.1.17. Radiación solar y Ángulos orientación del panel.-**.....25

**1.1.18. Radiación solar y los componentes de irradiación.-** .....26

**1.1.19. Radiación solar y las variables astronómicas.-** .....27

**1.1.20. Horas pico de radiación solar.-** .....31

**1.1.22. Dimensionado de los sistemas autónomos.-**.....33

**1.1.23. Determinación de las horas picos.-** .....34

**1.1.24. Determinación de inclinación óptima y HPS.-** .....35

**1.1.25. Cálculos de la cantidad de paneles a emplear.-**.....36

**1.1.26. Calculo de cantidad de baterías.-**.....36

**1.1.27. Estimación de la potencia del regulador.-** .....37

**1.1.28. Estimación y parámetros del inversor.-**.....38

**CAPITULO II** .....40

**2. DIAGNOSTICO O ESTUDIO DE CAMPO.**.....40

**2.1. El sistema eléctrico y la carga instalada en una vivienda del sitio La Playita.** .....40

**2.2. Descripción proceso de recopilación de la información.** .....40

**2.2.1. Población y muestra.**.....41

**2.2.2. Métodos y técnicas.** .....41

**2.3. Procesamiento de la información.**.....41

**2.4. Resultados de la investigación de campo e interpretaciones.**.....42

**CAPITULO III**.....52

**3. CONSUMO ELÉCTRICO DE LA VIVIENDA.** .....52

**3.1. Demanda del consumo eléctrico de la vivienda del sitio la Playita.**.....52

**3.1.1. Antecedente.** .....52

**3.2. DETERMINAR LA EFICIENCIA Y CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO DE LOS PANELES TERMO SOLAR Y FOTOVOLTAICA.** .....53

**3.2.1. Energía solar térmica.** .....53

**3.2.2. Energía solar fotovoltaica.**.....54

**3.3. SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA UNA VIVIENDA.** .....56

**3.4. Cálculos para el diseño de un sistema de panel solar fotovoltaica.** .....56

**3.4.1. Diseño en bloque del sistema fotovoltaico.** .....57

**3.4.2. Inclinación de los paneles solares.**.....58

**3.4.3. Dimensionado de los paneles fotovoltaicos.-**.....58

**3.4.4. Dimensionamiento de los acumuladores (baterías).** .....59

**3.4.5. Dimensionamiento del regulador DC.** .....60

**3.4.6. Dimensionamiento del inversor.**.....61

**CAPITULO IV** .....62

**4. PROPUESTA PARA LA DOTACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON PANELES SOLARES.**.....62

**4.1.1. Cálculos para el diseño de un sistema de panel solar fotovoltaico total.**.....62

**4.1.2. Diseño en bloque del sistema fotovoltaico.** .....63

**4.1.3. Inclinación de los paneles solares.**.....63

**4.1.4. Dimensionado de los paneles fotovoltaicos.-**.....63

**4.1.5. Dimensionamiento de los acumuladores (baterías).** .....64

**4.1.6. Dimensionamiento del regulador DC.** .....65

**4.1.7. Dimensionamiento del inversor.**.....66

**4.2. Análisis económico del sistema fotovoltaico.**.....66

**CAPITULO V**.....68

**5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.** .....68

**5.1. CONCLUSIONES GENERALES.** .....68

**5.2. RECOMENDACIONES.**.....69

5.3. BIBLIOGRAFÍA. .....70

5.4. ANEXOS. .....72

## INTRODUCCIÓN.

Los modelos actuales de producción de energía eléctrica, sostienen un avance tecnológico muy importante en el ámbito de las energías renovables, que determinan mejoras en la calidad y el rendimiento en cuanto a la producción y estabilidad de la potencia generada, por su importancia en el impacto ambiental y ecológico, este tipo de producción de energía eléctrica es muy viable, donde hay lugares en el que la electrificación no ha llegado, por razones que dependen de su geografía.

Partiendo de esta necesidad, se propone realizar un "Estudio de factibilidad técnico-económico, para un sistema de generación eléctrica fotovoltaico del sitio La Playita de la Parroquia San Antonio", considerando la necesidad de tener un servicio de energía eléctrica de buena calidad y estabilidad.

Es necesario tener en cuenta que hay otras formas de producción de energía eléctrica que puedan resultar más apropiadas y con mejores prestaciones, esto lo detalla FERRACCI, Philippe (2001), cuando expresa " La producción de electricidad esta potenciada mediante varias forma obtención, siendo entre las comunes: la energía hidráulica, la energía térmica, la energía solar, la energía química, etc.", sin embargo se escogió este proyecto pensando en las variables que fortalecen el desarrollo de la investigación, realizando una comparación de tecnología y referencias económicas, así como también por la importancia de ser amigable con el ecosistema.

La mayoría de las fuentes de energía en uso hoy en día como el gas, el carbón y el petróleo son materiales biológicos muy antiguos que se derivan su energía del sol. Del mismo modo, la energía contenida en la madera tiene su origen en última instancia en el sol, a través del proceso conocido como fotosíntesis.

Cabe destacar, que el uso de dispositivos generadores de electricidad mediante la utilización de la energía solar ha sido empleado en una gran cantidad de proyectos electrificación, teniendo en cuenta, que a medida que pasa los años, sufren modificaciones en su estructura y tecnología como en otras particularidades.

Sin embargo, según MALONEY Timothy J (2006) cuando menciona que "La energía solar es referida normalmente a la energía directa del sol, este tipo de energía en general

describe a la generación de calor o electricidad a través del sol", entonces, la luz del sol se puede usar directamente para generar electricidad por medio de celdas fotovoltaicas.

La concentración de la energía solar en forma de calor es otra forma de aprovechar esta forma de energía, en el ambiente doméstico, se usan calentadores solares de agua, que permiten reducir el consumo de otras formas de energía como el gas o la energía eléctrica. También existen tecnologías avanzadas para concentrar el calor del sol en plantas generadoras de electricidad de gran potencia para usos industriales o comerciales.

El uso de celdas fotovoltaicas o paneles solares es cada vez más común como una alternativa eficiente y de bajo costo para generar electricidad ya que la energía solar tiene muchísimas ventajas sobre otras fuentes de energía denotando algunas de las más importantes:

Entre las más comunes está la energía solar es un recurso renovable prácticamente ilimitado, hay virtualmente una provisión ilimitada de energía solar que podemos usar y es una energía renovable, esto significa que nuestra dependencia de combustibles fósiles se puede reducir en proporción directa a la cantidad de energía solar que producimos. Con el constante incremento en la demanda de fuentes de energía tradicionales y el consiguiente aumento en los costos, la energía solar es cada vez más una necesidad.

No contamina, la energía solar es una excelente fuente de energía alternativa porque no hay contaminación al usarse, tiene un bajo costo de aprovechamiento, el único costo asociado al uso de la energía solar es el costo de fabricación de los componentes e instalación, tras la inversión inicial no hay costos adicionales asociados a su uso.

Según MARTIN, Ricardo (2004) menciona que: "Es adaptable a las necesidades; Los sistemas de energía solar pueden ser diseñados para ser flexibles y expandibles". Esto significa que tu primer proyecto solar puede ser pequeño y puedes aumentar en el futuro la capacidad de tu sistema para adaptarlo a tus necesidades, al empezar con un proyecto relativamente pequeño puedes reducir el gasto inicial.

La energía solar es limpia, "Un sistema de energía solar para generación eléctrica en el hogar puede potencialmente eliminar hasta 18 toneladas de emisiones de gases de invernadero al ambiente cada año", de esta forma lo describe PIEDRAFITA, Ramón (2004).

La energía solar opera con sistemas silenciosos, no hay contaminación por ruido, la encuentras en todos lados. Una gran ventaja de la energía solar es su uso en ubicaciones remotas, es la mejor forma de proveer electricidad a lugares aislados en todo el mundo, donde el costo de instalar líneas de distribución de electricidad es demasiado alto.

Este tipo de energía tiene grandes ventajas que la hacen muy atractiva para cualquier uso, ya sea en tu propio hogar, o para la generación de energía eléctrica para fábricas y comercios, sin embargo, también tiene algunas desventajas cuando se la compara con otras fuentes de energía. Algunas de ellas son:

Por otro lado los grandes proyectos de generación de energía solar a escala comercial pueden requerir grandes cantidades de tierra. Sin embargo, un sistema para una casa habitación no tiene este problema.

Los costos iniciales de instalación de un sistema de energía solar pueden ser altos comparados con otras alternativas. Sin embargo, como se señaló en el apartado de ventajas, no existen costos posteriores, por lo que la inversión inicial se recupera rápidamente. Para algunas familias los costos iniciales pueden ser un obstáculo importante, por lo que en muchos países existen apoyos gubernamentales y esquemas de financiamiento.

Según SANDRON, Paúl (2003), especifica que "En algunos lugares la luz solar no tiene la intensidad o no es suficientemente constante para proporcionar un flujo de energía permanente". Este prácticamente no es un problema en Ecuador, ya que nuestro país cuenta con una excelente captación de luz solar en prácticamente todo su territorio.

En conclusión, la energía solar es una excelente alternativa para proveer las necesidades de energía de la sociedad moderna, ya que es limpia y eficiente, aunque tiene algunas desventajas, la mayoría de ellas sólo aplica para proyectos muy grandes o en ubicaciones específicas donde la luz solar no es adecuada, para países como el Ecuador, que cuentan con una ubicación excelente para el aprovechamiento de la energía solar, esta forma de energía es una opción que debemos aprovechar al máximo.

Según TALAYERO (2008), menciona que "El avance en la elaboración de materiales y sistemas de aplicación, permiten mejorar la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, debido a su tamaño y gran eficiencia, este modelo propuesto, permitirá

de manera significativa, realizar un enfoque hacia la utilización de los paneles fotovoltaicos de baja tensión y los efectos que tendrá en la matriz energética".

El silicio es actualmente el material más comúnmente usado para la fabricación de células fotovoltaicas. Se obtiene por reducción de la sílice, compuesto más abundante en la corteza de la Tierra, en particular en la arena o el cuarzo.

El primer paso es la producción de silicio metalúrgico, puro al 98%, obtenido de pedazos de piedras de cuarzo provenientes de un filón mineral la técnica de producción industrial no parte de la arena.

El silicio se purifica mediante procedimientos químicos (Lavado + Decapado) empleando con frecuencia destilaciones de compuestos clorados de Silicio, hasta que la concentración de impurezas es inferior al 0.2 partes por millón. Así se obtiene el Silicio grado semiconductor con un grado de pureza superior al requerido para la generación de energía Solar Fotovoltaica.

Este ha constituido la base del abastecimiento de materia prima para aplicaciones solares hasta la fecha, representando en la actualidad casi las tres cuartas partes del aprovisionamiento de las industrias.

Sin embargo, para usos específicamente solares, son suficientes dependiendo del tipo de impureza y de la técnica de cristalización, concentraciones de impurezas del orden de una parte por millón. Al material de esta concentración se le suele denominar Silicio de grado solar.

Con el silicio fundido, se realiza un proceso de crecimiento cristalino que consiste en formar capas mono moleculares alrededor de un germen de cristalización o de un cristalito inicial. Nuevas moléculas se adhieren preferentemente en la cara donde su adhesión libera más energía. Las diferencias energéticas suelen ser pequeñas y pueden ser modificadas por la presencia de dichas impurezas o cambiando las condiciones de cristalización.

La semilla o germen de cristalización que provoca este fenómeno es extraída del silicio fundido, que va solidificando de forma cristalina, resultando, si el tiempo es suficiente, un monocristal y si es menor, un policristal. La temperatura a la que se realiza este proceso es superior a los 1500 °C.

El procedimiento más empleado en la actualidad es el Proceso Czochralski, como lo detalla SCHONEK Jacques (2000) indicando que "El Silicio cristalino así obtenido tiene forma de lingotes, estos lingotes son luego cortados en láminas delgadas cuadradas si es necesario de 200 micrómetros de espesor, que se llaman obleas. Después del tratamiento para la inyección del enriquecido con dopante (P, As, Sb o B) y obtener así los semiconductores de silicio tipo P o N".

Es cuando después del corte de las obleas, las mismas presentan irregularidades superficiales y defectos de corte, además de la posibilidad de que estén sucias de polvo o virutas del proceso de fabricación, esta situación puede disminuir considerablemente el rendimiento del panel fotovoltaico así que se realizan un conjunto de procesos para mejorar las condiciones superficiales de las obleas tales como un lavado preliminar.

La eliminación de defectos por ultrasonidos, el decapado, el pulido o la limpieza con productos químicos. Para las celdas con más calidad (monocristal) se realiza un tratado de texturizado para hacer que la oblea absorba con más eficiencia la radiación solar incidente.

Posteriormente, las obleas son «metalizadas», un proceso que consiste en la colocación de unas cintas de metal incrustadas en la superficie conectada a contactos eléctricos que son las que absorben la energía eléctrica que generan las uniones P/N a causa de la irradiación solar y la transmiten.

La producción de células fotovoltaicas requiere energía, y se estima que un módulo fotovoltaico debe trabajar alrededor de 2 a 3 años según su tecnología para producir la energía que fue necesaria para su producción (módulo de retorno de energía).

Los materiales y procesos de fabricación son objeto de programas de investigación ambiciosos para reducir el costo y el reciclado de las células fotovoltaicas, la tecnología de película delgada sobre sustratos sin marcar recibió la aceptación de la industria más moderna cuando en 2006 y 2007, el crecimiento de la producción mundial de paneles solares se ha visto obstaculizado por la falta de células de silicio y los precios no han caído tanto como se esperaba, la industria busca reducir la cantidad de silicio utilizado.

Las células monocristalinas han pasado de 300 micras de espesor a 200 y se piensa que llegarán rápidamente a las 180 y 150 micras, reduciendo la cantidad de silicio y la energía requerida, así como también el precio.

A medida que avanza el tiempo, aparecen nuevos mecanismos y sistemas que incurrirían en mejoras en todos los aspectos, esto obliga a investigar pormenorizadamente para descubrir cómo trabajan y en donde se los puede emplear sin que estos sufran daño estructural o daño eléctrico permanente.

La investigación es de gran relevancia para la colectividad por su carácter de innovador, ya que, según REYES, E.A. (2001), manifiesta que "Ningún sistema es permanente y ninguna maquina eléctrica es ideal o perfecta, es decir siempre sufrirá algún tipo de cambio en su tecnología que provocará perdida o ganancia al realizar su tarea".

Los paneles solares son una de las fuentes más promisorias de alternativa suplementaria de energía en el mundo. Pueden instalarse en casi cualquier superficie plana y estable donde podrán generar cantidades de energía en climas predominantemente de clima cálido y requieren menos mantenimiento activo y cuidado que la energía de viento o hidroeléctrica. Sin embargo, los paneles solares toman un poco de energía para su producción, haciendo de la cuestión de su efectiva vida útil un factor importante en su eficiencia completa.

Debido a la degradación solar, los paneles solares pierden eficiencia al ser usados. La radiación ultravioleta de los rayos solares separa uniones moleculares en el silicón utilizado en las celdas, provocándoles que funcionen menos eficientemente. Por ello, una celda solar que ha permanecido almacenada por 30 años será más productiva en energía que otra que haya estado produciendo electricidad por la misma cantidad de tiempo. La pérdida efectiva anual de una celda solar funcionando está estimada en el 0,5%.

La vida actual de funcionamiento de un panel solar, definido como la vida útil en tiempo durante la cual un panel solar es capaz de producir electricidad, tiende a ser muy larga. Según, ARRIAGA, Jesús. (1998) menciona: "Muchas estimaciones la consideran como la mitad de un siglo y más a la vida útil efectiva, definida por la longitud de tiempo en que el panel solar puede razonablemente esperarse a que funcione antes de convertirse económicamente en razonable para ser reemplazarla", es mucho más corto, alrededor de 25 años.

Mediante la investigación de las tipologías y modelos, se establece el marco teórico de los equipos que darán el prototipo del proceso y de las anomalías que surten al utilizar equipos solares, obteniendo de aquello la diferencia de potencial inicial para calcular la cantidad de paneles que se emplearán en el proyecto.

Los datos conseguidos de los antecedentes y estadísticas de electrificación en zonas rurales, indican que en el lugar seleccionado aún no han sido considerados para la electrificación, por factores de índole geográfica, es por esto que se considera oportuna y efectiva esta investigación, así mismo, a medida que avanza la tecnología aumenta también la demanda de consumo, por lo que se considera realmente oportuno y efectiva.

En la Parroquia San Antonio, por mucho tiempo ha sufrido de innumerables cortes y fluctuaciones en el fluido eléctrico, debido a que su red eléctrica ya ha sobrepasado los años de servicio para la que fue diseñada, esto provoca que reiteradamente sufra daño la red de media y baja tensión, es por el mismo motivo que en el Sitio La Playita, las mismas circunstancias ocurren y con un agravante más, la falta o poco mantenimiento de las redes eléctricas que se encuentran, por estas razones se plantea este proyecto de investigación, con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes del Sitio La Playita de la Parroquia San Antonio del Cantón Chone.

Al observar estos antecedentes, se recurrió a plantear varias interrogantes, las cuales fueron las que iniciaron las ideas de mejorar el servicio de energía eléctrica en el Sitio seleccionado, al realizar el estudio básico se llegó a la conclusión que el mejor producto es el sistema de generación fotovoltaico.

Según VILLARRUBIA (2010) “Es inaplazable el uso de tecnología renovable en la generación de energía eléctrica, debido a que se ha incrementado el uso de equipos electrónicos consumidores de electricidad y más allá de consumismo, los usuarios deben estar en constante comunicación con la población en general”.

La lógica indica que el ser humano debería apostar por la energía renovable para garantizar su subsistencia como especie, se estima que el Sol abastecerá las fuentes de energía renovable a través de la radiación solar, su incidencia en las lluvias, el viento, etc. durante, al menos, cuatro mil millones de años.

El uso de estas energías por otra parte, no genera gases de efecto invernadero ni otras emisiones contaminantes porque dentro de su funcionabilidad no existe una descomposición química que haga una reacción tan fuerte que provoque el desprendimiento de gases nocivos.

La energía renovable es abundante, la cantidad de la energía solar que llega a la tierra es más de 1.000 veces de la cantidad que consume la humanidad actualmente. En otros términos: la energía que viene del sol en dos minutos es igual a la energía que todo el mundo usa en un año.

Consecuentemente este proyecto estará orientado a la investigación para incentivar la búsqueda de nuevos métodos de corrección y mejora de la energía eléctrica limpia en calidad y en eficiencia, toda vez que el proyecto queda abierto a mejoras en su diseño y el planeamiento de su estructura.

Además, con este proyecto se evaluarán varios productos, materiales, elementos conductores, la electrónica de los dispositivos, la tecnología que se acople a las necesidades del usuario, en costo y beneficio, y por su puesto la mínima transgresión ante el impacto ambiental que en toda investigación previa se debe realizar.

A todo esto se le debe incluir la predisposición que tienen los proponentes de este proyecto para realizar esta investigación, a los guías o tutores de esta investigación que contribuirán con su conocimiento en el mejoramiento de este producto, así como también a los moradores del territorio seleccionado, por su interés en tener tecnología que sirva para el progreso de su comunidad.

Con la presentación de este trabajo de investigación, se aportará con vasta información que será de utilidad para nuevas investigaciones que se realicen en este campo de la ingeniería, así como también, será el precursor de la utilización de tecnología renovable en el sitio seleccionado para este trabajo.

Es por ello, que en el CAPÍTULO I, se detalla todo lo concerniente a la parte técnica, modelos gráficos, demostración científica, comparación y desarrollo del tema propuesto como proyecto de investigación en términos generales, es donde se precisa el objeto y el campo de investigación de este trabajo.

En el CAPITULO II, se diagnostica mediante estudio de campo utilizando los métodos y las técnicas de investigación apropiadas, no con el fin de elaborar una teoría, sino, para aumentar la objetividad de las interpretaciones dadas de los hechos y fenómenos estudiados sobre los circuitos de paneles solares fotovoltaicos.

En el CAPITULO III, mediante los resultados del diagnóstico, se permite establecer una alternativa en la solución del problema, estas acciones sirven para mejorar los diseños de circuitos de tipos solares existentes y para las que se automaticen mediante los nuevos proyectos encaminados al mejoramiento del buen vivir de los ciudadanos en los pueblos y ciudades.

Se encuentran varias metodología que se aplica a este proyecto, como el Tipo de Investigación, en este caso será de manera bibliográfica con los contenidos científicos citados, elaborados por otros autores y de criterio propio, por el conocimiento adquirido durante los años de estudio. También se refuerza el Nivel de Investigación, detallando de manera descriptiva y comprobatoria todo los resultados que sirven para elaborar el informe de este proyecto de investigación.

Además, se expresan los métodos que se aplican a esta investigación tales como el analítico, deductivo e inductivo, como también las técnicas de recolección de información siendo la más apropiada para este proyecto la encuesta y la observación, teniendo como referencia la población y muestra a los moradores del Sitio La Playita de la Parroquia San Antonio.

En el CAPÍTULO IV, se manifiesta una forma de solucionar el problema mediante una propuesta técnica desarrollada mediante los datos recabados durante la descripción de los capítulos anteriores.

En el CAPITULO V, se indican las conclusiones y recomendaciones que a juicio de los proponentes son las apropiadas para esta investigación.

**FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Qué prestaciones se obtendría al realizar un estudio de factibilidad técnico-económico, para un sistema de generación eléctrica fotovoltaico del sitio La Playita de la Parroquia San Antonio?

El adelanto tecnológico se ha vuelto totalmente dependiente de la disponibilidad continua de suministro eléctrico, en la mayoría de los países, el suministro eléctrico comercial se abastece a través de redes nacionales, que interconectan numerosas estaciones generadoras a las cargas. La red eléctrica pública, debe abastecer las necesidades básicas nacionales de iluminación, calefacción, refrigeración, aire acondicionado, transporte y residenciales, así como el abastecimiento crítico a comunidades, grupos financieros, comerciales, médicas y de comunicación.

El suministro eléctrico comercial literalmente le permite al mundo moderno actual funcionar a un paso acelerado; la tecnología sofisticada ha penetrado profundamente en nuestros hogares y carreras, y con la llegada del comercio electrónico está cambiando continuamente la forma en la que interactuamos con el resto del mundo, por estas razones se establecen proyectos que alivien la falta de energía en lugares que no llega la red pública, como el uso de los paneles solares.

La tecnología inteligente exige un suministro libre de interrupciones o perturbaciones, un estudio reciente en los Estados Unidos ha demostrado que las firmas industriales y comerciales digitales están perdiendo algunos millones de dólares por año a consecuencia de interrupciones en el suministro, debido a los anomalías que aparecen en las líneas de transmisión y distribución de electricidad ocasionada por los tramos muy largos que no han sido proyectado con exactitud, lo que provoca que fallen componentes críticos de muchos equipos que estén conectados a la red de suministro eléctrica pública.

En los procesos automatizados, líneas enteras de producción pueden descontrolarse, creando situaciones riesgosas para el personal de planta y costoso desperdicio de materia prima, la pérdida de procesamiento de datos en una gran corporación financiera puede costar miles de dólares irrecuperables por minuto de tiempo de inactividad, así como muchas horas posteriores de tiempo de recuperación, el daño de programas y datos causado por una interrupción en el suministro puede provocar problemas en las operaciones de recuperación de software que puede llevar semanas resolver, sin embargo en algunos sectores se provee un sistema de respaldo de energía con tecnología solar fotovoltaica.

El Ecuador no está alejado a esta realidad, muchos problemas en el suministro se originan en la red de suministro eléctrico comercial, que con sus miles de kilómetros de líneas de

transmisión, está sometida a condiciones climáticas como humedad, frio intenso, calor abrasivo, salinidad, tormentas con rayos en ciertos inviernos, nieve, hielo e inundaciones, junto con fallas de los equipos, accidentes de tránsito y grandes operaciones de conexión.

Asimismo, los problemas en el suministro que afectan a los equipos tecnológicos actuales frecuentemente se generan en forma local dentro de una instalación a partir de diversas situaciones, como la de construcción, grandes cargas de arranque, componentes defectuosos en la distribución e incluso el típico ruido eléctrico de fondo provocado por los transformadores que no son sometidos a control de calidad, teniendo en su partes físicas, elementos de mala calidad y mal proceso de ensamblado que a corto plazo provoca el daño a la unidad.

Acordar términos y normativas, es el primer paso para tratar las perturbaciones energéticas en todas sus etapas, el uso generalizado de componentes electrónicos en todo lo que nos rodea, desde equipos hogareños hasta el control de procesos industriales masivos y costosos, ha hecho que se tome más conciencia sobre la calidad del suministro y los tipos de sistemas tecnológicas que se deben emplear para entregar energía eléctrica de buena calidad sin desmejorar el medio ambiente y el buen vivir de los ciudadanos .

En la Provincia de Manabí, se está haciendo un cambio de visión, preparando de manera muy significativa a los estudiantes y profesionales para igualar y o hasta mejorar el concepto de instalación de redes eléctricas que sostenían años atrás y con experiencia de provincias y ciudades vecinas que fueron pioneras de estas mejoras, al usar sistemas solares con tecnología fotovoltaica con las nuevas tecnologías.

En general esta investigación, dará un punto de partida para tener un material que sirva para identificar y puntualizar el tipo de sistemas que se pueda emplear en un determinado lugar junto a las condiciones naturales que determinarán el correcto funcionamiento del sistema solar fotovoltaico.

**OBJETIVO GENERAL.**

Realizar un estudio de factibilidad técnico-económico para un sistema de generación eléctrica fotovoltaico para el sitio La Playita de la Parroquia San Antonio.

## HIPÓTESIS.

Con un estudio de factibilidad técnico – económico se tendrá la mejor solución de suministro de energía eléctrica alternativa basada en tecnología fotovoltaica.

## VARIABLE DEPENDIENTE.

Estudio de factibilidad técnico – económico.

## VARIABLE INDEPENDIENTE.

Solución de suministro de energía eléctrica alternativa.

## TAREAS CIENTÍFICAS DE INVESTIGACIÓN.

**TAREA 1**.- Analizar el estado del arte sobre las bondades de la energía solar.

**TAREA 2.-** Definir los fundamentos teóricos sobre los tipos de paneles solares.

**TAREA 3.-** Determinar la eficiencia y características de desempeño de los paneles termo solar y fotovoltaica.

**TAREA 4.-** Realizar la propuesta de selección del mejor sistema de generación eléctrica.

## DISEÑO METODOLÓGICO:

### Tipo de investigación.

Este tipo de investigación utilizara métodos, técnicas e instrumentos que permitirán alcanzar el objetivo propuesto.

### Métodos Teóricos.

Los métodos teóricos que se aplicaran en el desarrollo que se aplicaran en el desarrollo de la investigación son los siguientes:

**Análisis -Síntesis. -** este tipo de metodología permitirá obtener información relacionada con el problema que se investigará y permitirá obtener conocimiento del estado actual de la instalación eléctrica de la vivienda.

**Inducción- Deducción. -** este tipo de metodología permitirá realizar una evaluación respecto a la situación del sistema eléctrico existente en la vivienda, esta información permitirá concluir y recomendar las acciones para evaluar las posibles variantes de los dispositivos a instalar.

**Bibliográfico. -** este tipo de metodología, se utilizará para la investigación, el material que permitirá la búsqueda de información con relación a las variables del tema, además, la investigación bibliográfica constituye una excelente introducción a todos los otros tipos de investigación, además de que constituye una necesaria primera etapa de todas ellas, puesto que ésta proporciona el conocimiento de las investigaciones ya existentes – teorías, hipótesis, experimentos, resultados, instrumentos y técnicas usadas- acerca del tema o problema que el investigador se propone investigar o resolver.

La obtención de la información se la realizara mediante los textos de ingeniería eléctrica y electrónica, tesis de grado de la carrera de ingeniería eléctrica y electrónica, realizadas por estudiantes profesionales en la actualidad, revistas y o artículos científicos.

## POBLACIÓN Y MUESTRA.

### Población.

El sitio la Playita de la parroquia San Antonio, está constituido por 50 viviendas.

### Muestra.

La muestra será igual al 100% de la población por ser de tamaño pequeño, se detallará en el siguiente cuadro.

| LUGAR | POBLACIÓN | MUESTRA | % |
|---|---|---|---|
| Sitio La Playita de la Parroquia San Antonio del Cantón Chone | Viviendas | 50 | 100 |
| | TOTAL | 50 | 100 |

## MÉTODOS Y TÉCNICAS.

**Métodos empíricos**.- el método empírico que se empleara en el desarrollo de la investigación será el siguiente:

**Entrevista**: Se realizará entrevista al presidente o representante del sitio La Playita de la parroquia San Antonio del Cantón Chone.

**La Encuesta**: Se realizará la encuesta a los habitantes de La Playita de la parroquia San Antonio del Cantón Chone.

# CAPITULO I

## 1. ESTADO DEL ARTE.

### 1.1. Antecedentes.

#### 1.1.1. Energía renovable.

Las energías renovables son la alternativa más limpia para el medio ambiente, además, se encuentran en la naturaleza en una cantidad ilimitada y, una vez consumidas, se pueden regenerar de manera natural o artificial. Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), frente a las fuentes convencionales, las energías renovables son recursos limpios cuyo impacto es prácticamente nulo y siempre reversible.

#### 1.1.2. Clasificación de la energía renovable.

**a. Energía hidráulica**.- Es la producida por la caída del agua. Las centrales hidroeléctricas en represas utilizan el agua retenida en embalses o pantanos a gran altura.

El agua en su caída pasa por turbinas hidráulicas, que trasmiten la energía a un alternador, el cual la convierte en energía eléctrica.

**b. Energía eólica**.- Es la energía cinética producida por el viento. A través de los aerogeneradores o molinos de viento se aprovechan las corrientes de aire y se transforman en electricidad.

Dentro de la energía eólica, podemos encontrar la eólica marina, cuyos parques eólicos se encuentran mar adentro.[1]

**a. Energía solar**.- Este tipo de energía nos la proporciona el sol en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente). El uso de la energía del sol se puede derivar en energía solar térmica (usada para producir agua caliente de baja temperatura para uso sanitario y calefacción) solar fotovoltaica (a través de placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar), etc.

[1] *http://twenergy.com/a/que-son-las-energias-renovables-516*

**b. Energía geotérmica.-** Es una de las fuentes de energía renovable menos conocidas y se encuentra almacenada bajo la superficie terrestre en forma de calor y ligada a volcanes, aguas termales, fumarolas y géiseres. Por tanto, es la que proviene del interior de la Tierra.

**c. Energía mareomotriz.**- El movimiento de las mareas y las corrientes marinas son capaces de generar energía eléctrica de una forma limpia. Si hablamos concretamente de la energía producida por las olas, estaríamos produciendo energía undimotriz u olamotriz. Otro tipo de energía que aprovecha la energía térmica del mar basado en la diferencia de temperaturas entre la superficie y las aguas profundas se conoce como maremotérmica.

**d. Energía de la biomasa.-** Es la procedente del aprovechamiento de materia orgánica animal y vegetal o de residuos agroindustriales. Incluye los residuos procedentes de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, así como los subproductos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera.

Las energías renovables son recursos abundantes y limpios que no producen gases de efecto invernadero ni otras emisiones dañinas para el medio ambiente como las emisiones de CO2, algo que sí ocurre con las energías no renovables como son los combustibles fósiles. Una de sus principales desventajas, es que la producción de algunas energías renovables es intermitente ya que depende de las condiciones climatológicas, como ocurre, por ejemplo, con la energía eólica.

Con todo, el IDAE apunta que por su carácter autóctono, este tipo de energías "verdes" contribuyen a disminuir la dependencia de nuestro país de los suministros externos, aminoran el riesgo de un abastecimiento poco diversificado y favorecen el desarrollo tecnológico y la creación de empleo.[2]

### 1.1.3. La energía solar y los paneles solares.-

La Energía solar es la que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del Sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear, donde el aprovechamiento de la energía solar se puede

[2] http://twenergy.com/a/que-son-las-energias-renovables-516

realizar de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema foto térmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico).

### 1.1.4. Sistema foto térmico.-

La conversión térmica de alta temperatura consiste en transformar la energía solar en energía térmica almacenada en un fluido, que sirve para calentar un líquido en unos dispositivos llamados colectores, estos líquidos alcanzan altas temperaturas que al evaporarse, alcanza grandes presiones dentro de una recamara con turbinas conectadas a generadoras eléctricas.

### 1.1.5. La conversión fotovoltaica.-

Consiste en la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica, al utilizar para ello unas placas solares formadas por células fotovoltaicas (de silicio o de germanio) enlazadas mediantes terminales dentro del panel, y que alcanza tensiones nominales entre 6, 12, 24, 36,48 voltios continuos (DC), con una gama de potencias por encima de los 100 vatios.

Estas energías mantienen las ventajas en que es una energía no contaminante y proporciona energía barata en países no industrializados. Además tienen varios inconvenientes, entre ellas que es una fuente energética intermitente, ya que depende del clima y del número de horas de Sol al año. Por otro lado, su rendimiento energético es bastante bajo.[3]

Los paneles o módulos tienen una vida útil de (25 a 30) años, estas células de silicio transforma la energía de los photones de los rayos solares en energía eléctrica, este proceso funciona también cuando hay nubes livianas, pero con menos rendimiento, siendo muy importante la construcción interna de cada panel, específicamente cuantas células estén conectadas en serie, y el dimensionamiento del sistema solar.

El mejor rendimiento con luz de manera indirecta (con nubes livianas) tienen paneles que internamente ubican 36 o múltiples de 36 celdas en serie, porque producen una tensión

[3] http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/solar.htm

más alta, que permite cargar las baterías todavía con un promedio de 30 % de la potencia máxima.

Las placas fotovoltaicas no tienen partes móviles y por ello no necesitan mantenimiento, según su sitio de instalación debe ser limpiado manualmente con agua, estos módulos se colocan por ejemplo en el techo, donde llega mayor tiempo el sol o donde hay menos sombra.

### 1.1.6. Tipos de Paneles Fotovoltaicos.-

Los paneles o módulos fotovoltaicos se pueden producir de muchos elementos, teniendo mejoras y nuevos métodos de producción, además el uso de nuevos elementos incluyendo materiales orgánicos, existiendo hoy una gran variedad de productos.

### 1.1.7. Módulos Solares de Celdas de Silicio.-

Las celdas fabricadas de bloques de silicio (ingots) son las más comunes. La experiencia comprobó una vida útil con frecuentemente más de 40 años sin ningún mantenimiento. Se distinguen entre placas compuestas de celdas mono cristalinas y poli cristalina.

En la práctica la diferencia entre ambas es mínima, teniendo la mayor eficiencia las mono cristalinas, puede tener importancia cuando el espacio disponible es reducido.

Figura 1 de celdas mono cristalinas y poli cristalinas.

Frecuentemente con placas poli cristalinas se puede conseguir más energía por el mismo precio y además, tradicionalmente se discutieron dos argumentos en contra de este tipo de placas solares que a continuación se detallara para mejorar el criterio técnico necesario para el abordado de la sinopsis.

Aunque el silicio es muy abundante (por ejemplo en arena), la cantidad con suficiente pureza (99.9999%) es limitada y consecuentemente caro. Una escasez de silicio de alta pureza anunciado en 2005 fue evitada con nuevos descubrimientos y mejores procesos de fabricación. Varias empresas que invirtieron fuertemente en tecnologías alternativas hoy se encuentran en serios problemas para competir con los paneles de silicio tradicionales, cada vez más asequibles.

El argumento de que la energía (eléctrica) necesaria para producir las placas solares es mayor a la que ellas generan durante su vida (tiempo de retorno energético). Aunque con validez hace más de 50 años atrás, las placas de silicio fabricadas hoy con procesos modernos y celdas más finas necesitan menos de dos años para producir la energía que se usó para su propia fabricación, además, en países de alta radiación como el Ecuador, este tiempo de retorno todavía es más corto.

### 1.1.8. Placas solares de capa fina.-

Para reducir los costos de producción y salir de la posible escasez de silicio se empezaron a investigar e invertir en placas de otros materiales. A más de paneles solares de capa fina (thin film solar cells) con silicio (amorfas), se logró una importante reducción de los costos usando otros elementos. Los más importantes son módulos de capa delgada de cobre, indio y selenio (CIS) o de cobre, indio, galio y selenio (CIGS) y módulos de capa delgada a base de cadmio y telurio (CdTe).

Modernos procesos como por ejemplo tecnologías de imprenta resultan en capas ultra finas usando menos materia prima. Inversiones masivas en estas nuevas tecnologías (en gran parte asegurado por programas gubernamentales) permitieron instalaciones de parques solares de gran tamaño, con el resultado de que la empresa First Solar (EEUU) con sus placas tipo CdTe se convirtió en el 2009 temporalmente en el productor fotovoltaico más grande del mundo.

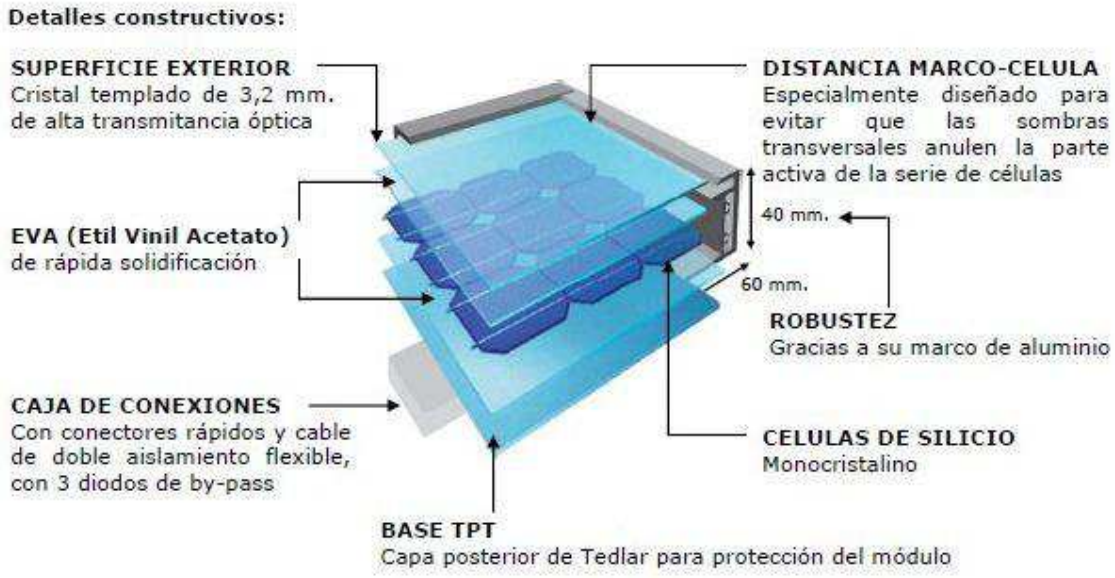



Figura 2 Celda solar de capa fina

### 1.1.9. Celdas flexibles.-

Las nuevas formas de producción permiten también producir celdas flexibles que abren posibilidades que la rigidez de los paneles tradicionales no lo permite. Estas celdas cada vez más se incorporan en la ropa, mochilas, sombrillas, etc. A parte de aplicaciones especiales, sirven para cargar aparatos de poco consumo.

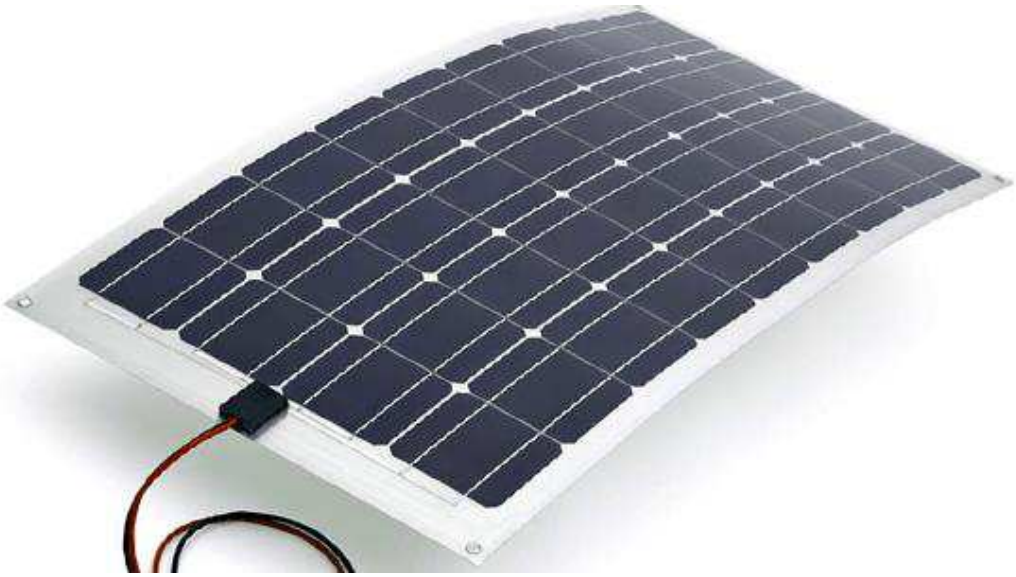


Figura 4 de celda flexible

Así se puede evitar un celular descargado, alimentar otros aparatos portátiles o tener luz en la playa una vez que se va el sol.

### 1.1.10. Capas transparentes.-

Un desarrollo práctica es la recién empezada producción de ventanas con capas finas semi-transparentes. Es una válida alternativa arquitectónica para incluirlas en edificios. Con estas se puede reemplazar los vidrios polarizados y usar la energía generada para apoyar la climatización de los edificios.

### 1.1.11. Celdas orgánicas.-

Celdas orgánicas ya se puede tejer en la ropa, por ejemplo para cargar aparatos de telecomunicación es la conocida y de interés especial es la Celda Grätzel de material simple similar a la fotosíntesis con características muy prometedoras. Con esta invención el Prof. Grätzel ganó el Premio Tecnológico del Millenium en el 2010. Actualmente están preparando una primera producción industrial.

A causa del uso de materiales simples, se espera en el futuro una importante reducción de los precios debido a la gran competencia leal y desleal que existen entre corporaciones que ven una gran fuente de riqueza en la producción de celdas fotovoltaicas. Contrario de las celdas cristalinas, estas tienen la ventaja que la eficiencia aumenta con la temperatura.

### 1.1.12. Celdas de concentración.-

Concentrar la luz con sistemas ópticos es otro desarrollo para aumentar la relativamente baja eficiencia de las celdas fotovoltaicas y reducir los costos. Aunque se logró mejorar la eficiencia por un factor importante en los sistemas instalados, la necesidad de orientarlos exactamente hacia el sol y el control de la alta temperatura generada imponen sistemas sofisticados con un mantenimiento alto y costoso.

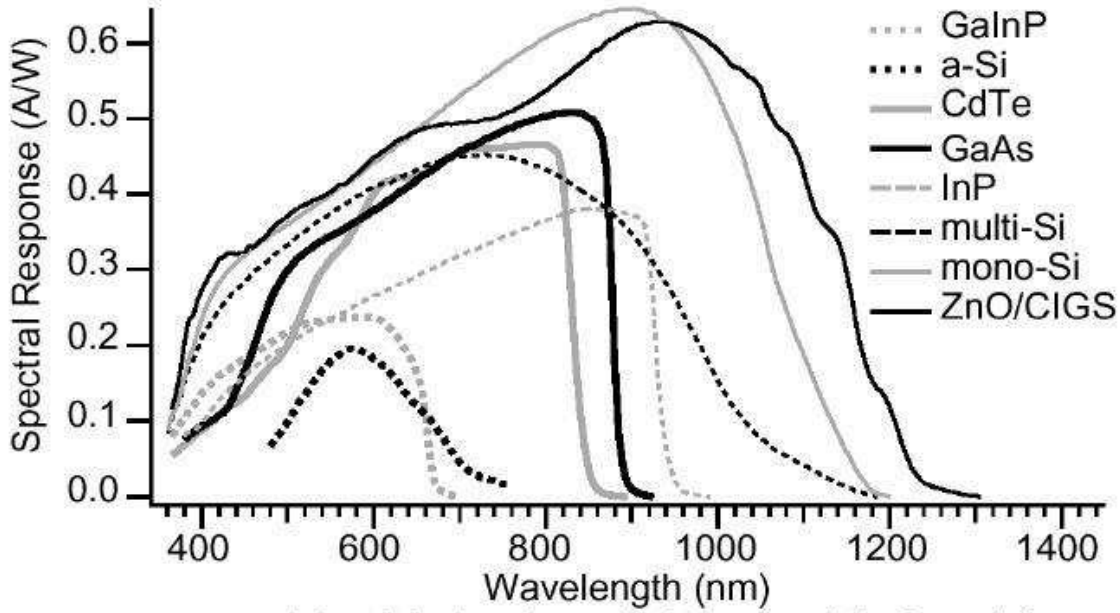
Nuevas tecnologías que eviten las desventajas están bajo desarrollo de esta manera las investigaciones continúan fuertemente. En 2013 por ejemplo se alcanzaron con el mineral Perovskite producidas en el laboratorio celdas fotovoltaicas con una sorprendente eficiencia de 15% en el laboratorio.

Este mineral, la primera vez descrito en 1839, no es tóxico, abundante y conocido como semiconductor desde años. Lo excitante es el rápido avance en lograr esta eficiencia en menos de cuatro años (de solamente 3% en 2009), mientras otras tecnologías necesitaban décadas para lograr algo similar. Este salto nutre la esperanza de producir dentro de pocos años nuevas celdas de Perovskite hasta un 30% de eficiencia a costos muy bajos.

### 1.1.13. Eficiencias de Celdas Fotovoltaicos.-

A parte de reducir los costos de la producción relativamente complicada y especializada, el reto más importante es aumentar la eficiencia. Existe una sana competencia entre instituciones científicas internacionales. En los laboratorios se lograron eficiencias de más de 40%. [4]

Lamentablemente faltan años, hasta que estos productos de mejor eficiencias sean disponibles comercialmente. Para el uso normal, las celdas mono cristalinas son las más eficientes, seguidas por las poli cristalinas, mientras los mejores paneles mono cristalinos superan ligeramente el 20%, la mayoría de los paneles en producción hoy captan alrededor del 15% de la energía disponible de la luz.



Respuesta espectral de células basadas en distintos materiales fotovoltaicos.

[4] http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/pvpaneles

Los paneles amorfos y otros de capa fina pocas veces superan el 10% para usos especiales (por ejemplo satélites y el Mars Rover) se producen módulos de arseniuro de galio (GaAs) que alcanzan una eficiencia de 30% o unen varios elementos (células fotovoltaicos multi unión) superando 40% (vea gráfica).

Aunque con las placas de capa fina de relativamente poca materia prima se logró reducir el costo de producción, queda cierta inseguridad sobre su durabilidad, por lo que todavía falta suficiente experiencia histórica y junto con algunos problemas desfavorables con la producción y calidad dejan algunas dudas.

Mientras las placas mono- y poli cristalinas son garantizadas de producir 80% de su energía sobre 25 años, todavía no se puede garantizar esta vida con las tecnologías más recientes, lo que afecta directamente la rentabilidad de los sistemas sobre el tiempo y en general favorece a las placas tradicionales de silicio.

### 1.1.14. Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico.-

Para el correcto dimensionamiento se debe te en cuenta varios parámetro que ayudaran de forma correcta a la mejor correlación de los equipos que se utilizarán en un sistema fotovoltaico y que dependerá de la potencia que será instalada.

**1.1.15. Radiación solar.-** El dimensionado de un sistema fotovoltaico depende de la energía solar disponible en el emplazamiento o lugar de la instalación y se debe considerar dos cuestiones clave importantes:

**a.** Energía solar disponible en el emplazamiento y su variación durante el día y el año.

Las unidades que se estimarán son:

Irradiancia I: Potencia de la radiación solar (W) por m2: W/m2

Irradiación G: energía solar por m2 durante un tiempo determinado (día, mes, año).

**b.** Inclinación óptima del panel fotovoltaico para captar la máxima energía solar.

Las unidades más frecuentes:

Joules/m2 = W·s/m2

kWh/m2 = $3.6 \cdot 10^6$ Joules/m2

Langley = 1caloría/cm2 = $41.86 \cdot 10^3$ Joules/m2

### 1.1.16. Radiación solar e Irradiación global del lugar.-

Estos datos para diversos lugares del mundo pueden consultarse en la web: http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/. Hay que entrar las coordenadas del lugar (latitud y longitud), que se pueden obtener por ejemplo en: https://www.google.com.ec/maps/.

A manera de ejemplos:

Barcelona: 41.40N 2.17E (41.40; 2.17); Lima: 12.07S 77.05O (-12.07; -77.05);

Estocolmo: 59.33N 18.07E (59.33; 18.07); Ecuador: 0º13'S 78º 31'O con referencia de sus capital Quito, y siendo el lugar donde se valla elabora el proyecto con las siguientes coordenadas geográficas -0.6967188,-80.1030806. Notar en los datos que siguen, las grandes diferencias de energía solar entre los distintos lugares y entre los meses de mayor y menor radiación.[5]

Ecuador- Chone latitud -0.697 / longitud -80.103

| Orientación | Unidad | Locación e información del clima |
|---|---|---|
| **Latitud** | °N | -0.697 |
| **Longitud** | °E | -80.103 |
| **Elevación** | M | 247 |
| **Temperatura baja** | °C | 20.48 |
| **Temperatura promedio** | °C | 30.09 |
| **Amplitud térmica** | °C | 9.3 |
| **Días fríos** | días | 0 |

Tabla 1

[5] http://espanol.mapsofworld.com/continentes/sur-america/ecuador/latitud-y-longitud-de-ecuador.html

| Meses | T. del Air | Humedad. relativa | Radiación solar diaria - horizontal | Presión atmosférica | Velocidad del viento | T. de la tierra |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | °C | % | kWh/m$^2$/d | kPa | m/s | °C |
| **ENERO** | 24.9 | 75.5% | 5.30 | 98.2 | 2.3 | 27.4 |
| **FEBRERO** | 25.1 | 78.3% | 5.24 | 98.2 | 1.9 | 26.8 |
| **MARZO** | 25.1 | 78.5% | 5.92 | 98.2 | 1.8 | 26.6 |
| **ABRIL** | 25.4 | 75.1% | 5.81 | 98.2 | 1.8 | 27.4 |
| **MAYO** | 25.7 | 70.2% | 5.26 | 98.2 | 2.0 | 28.0 |
| **JUNIO** | 25.6 | 65.0% | 4.08 | 98.3 | 2.5 | 28.2 |
| **JULIO** | 25.5 | 60.7% | 4.00 | 98.3 | 2.7 | 28.6 |
| **AGOSTO** | 25.6 | 58.5% | 4.23 | 98.3 | 2.8 | 29.6 |
| **SEPTIEMBRE** | 25.3 | 62.2% | 4.49 | 98.3 | 2.7 | 29.8 |
| **OCTUBRE** | 25.0 | 65.7% | 4.54 | 98.3 | 2.7 | 29.6 |
| **NOVIEMBRE** | 24.4 | 68.0% | 4.63 | 98.3 | 2.7 | 28.8 |
| **DICIEMBRE** | 24.7 | 71.4% | 5.05 | 98.3 | 2.6 | 28.3 |
| **ANUAL** | **25.2** | **69.1%** | **4.88** | **98.3** | **2.4** | **28.3** |

Tabla 2

### 1.1.17. Radiación solar y Ángulos orientación del panel.-

La energía captada por un panel dependerá de su orientación respecto del sol, debido a esto en general los paneles tienen que estar orientados al Ecuador:

**a.** En el hemisferio norte deberá estar orientada hacia el sur;

**b.** En hemisferio sur deberá estar orientada hacia el norte.

La orientación del panel está determinada por dos ángulos (α, β):

**a.** (α): ángulo que forma el plano perpendicular al panel con la dirección Norte-Sur

**b.** (β): ángulo que forma el panel con la horizontal

Para el cálculo de la inclinación óptima se supondrá que $\alpha = 0$.

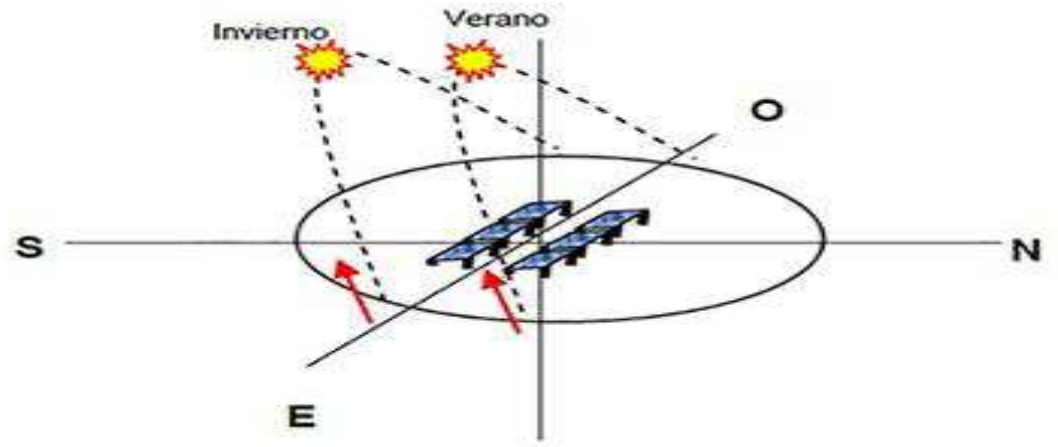



Figura de inclinación de paneles fotovoltaico

### 1.1.18. Radiación solar y los componentes de irradiación.-

El cálculo de la energía recibida en diferentes inclinaciones β se suele realizar por programas de computación que parten de los datos medidos de la irradiación global del lugar y del cálculo de sus componentes directa y difusa de la radiación solar:

Componente directa Id: parte de la energía que llega a un plano directamente de los rayos del sol.

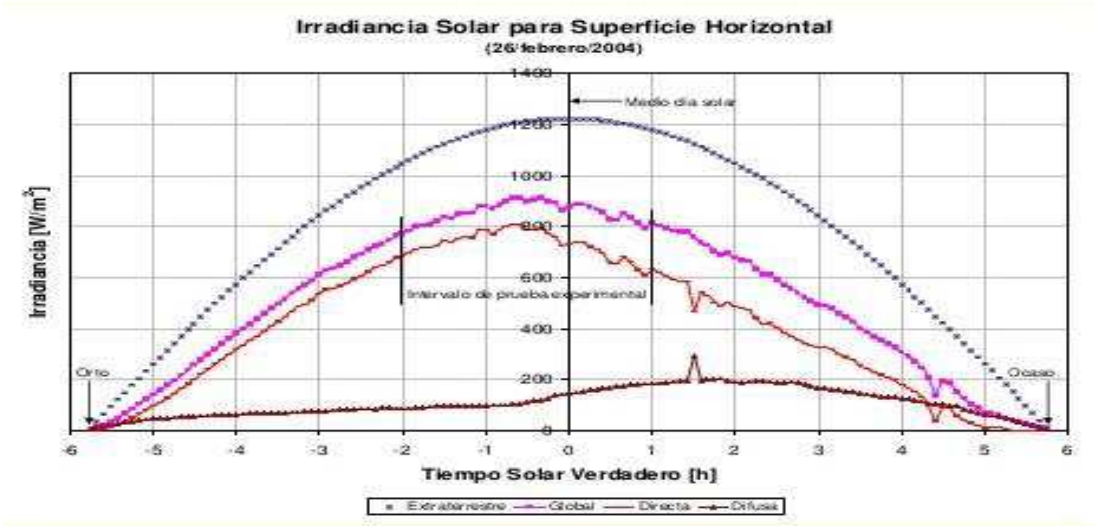



Figura de irradiación solar directa, difusa y global.

Componente difusa Dd: parte de la energía que llega a un plano excluyendo la componente directa. Incluye el albedo que procede de reflexión por superficies próximas. Irradiación global: Gd = Id+Dd

### 1.1.19. Radiación solar y las variables astronómicas.-

Las fórmulas para calcular Id y Dd utilizan magnitudes de coordenadas terrestres y celestes del lugar en donde se realiza el estudio y del sol, determinadas de esta manera:

**a.** Declinación solar δ: es el ángulo que forma la línea sol-tierra y el plano ecuatorial celeste (proyección del ecuador terrestre).

**b.** La eclíptica es la órbita que recorre el sol y forma un ángulo de 23.45º con el ecuador. δ=0 el 21 de marzo y el 23 de septiembre.

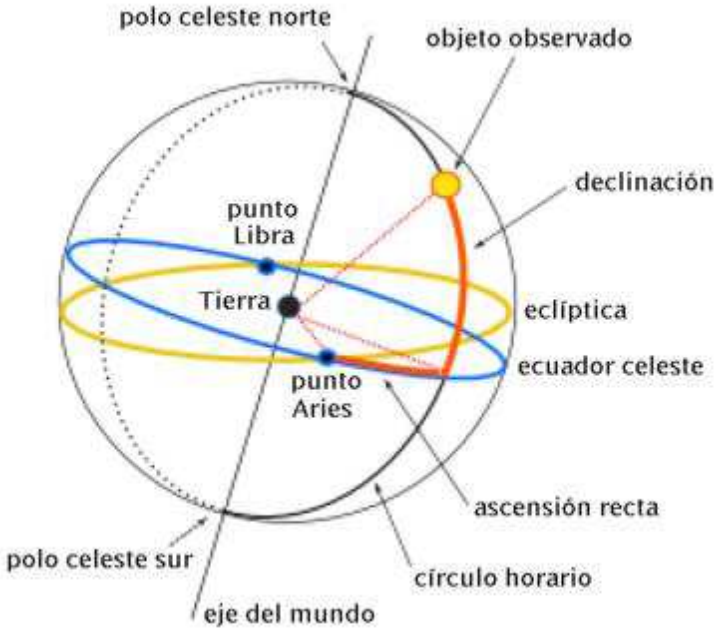



Gráfico de la declinación solar

**c.** Latitud ϕ: es el ángulo entre el punto considerado y el ecuador, medido sobre el meridiano que pasa por el lugar.

**d.** Longitud λ: es el ángulo entre que forman el plano del meridiano que pasa por el lugar con el de referencia (Greenwich)

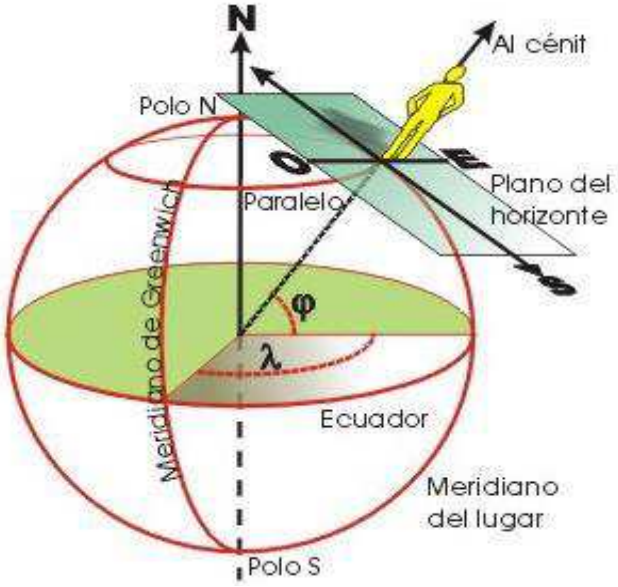



Gráfico del plano en el horizonte según el meridiano

**e.** Altitud solar γs: ángulo desde el plano horizontal hasta el centro del disco solar.

**f.** Azimut solar αs: ángulo en el plano horizontal entre el plano que pasa por la vertical y el sol y la dirección norte sur.

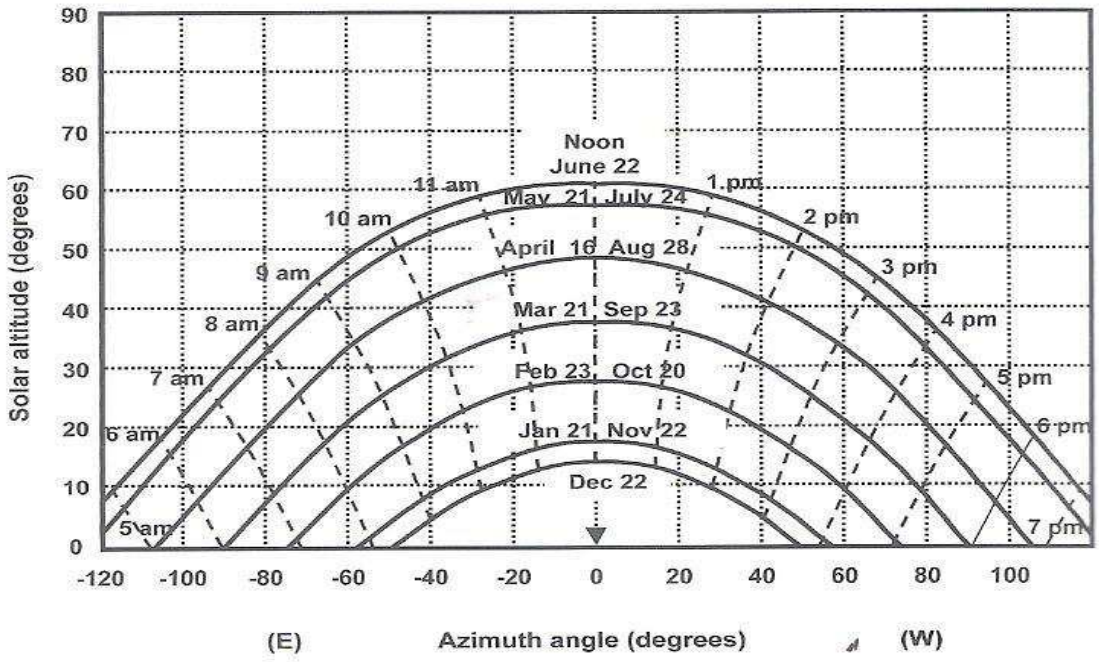



Gráfico del ángulo de azimuth según la altitud del sol

Esto indica que el trayecto del sol en un lugar determinado varía a lo largo del año y la altitud junto al azimut permiten dibujar las trayectorias. Se razona en el grafico que la duración del día es el doble del tiempo entre la hora de salida del sol y mediodía.

En un emplazamiento determinado el sol describe una trayectoria durante el día, por lo que cuando sale por el horizonte toma el nombre o se denomina orto (amanecer) y cuando desaparece por el horizonte toma el nombre o se denomina ocaso (anochecer). En el mediodía el sol tiene una altitud máxima que es cuando pasa por el meridiano del lugar, y se le asigna un ángulo solar 0. Si ws es el ángulo de salida del sol, la duración del día es 2ws, por otro lado el ángulo de salida del sol ws está en función de la declinación δ y de la latitud φ.

Por lo que la expresión queda demostrada de la siguiente forma:

$$\omega_s = cos^{-1}(-tg\emptyset \,.tg\ \delta)$$

La expresión para el cálculo de la irradiación solar sobre la superficie del sol queda expresada de la siguiente forma:

$$G_{od}(kWh/m^2 dia)$$

Donde:

$$G_{od} = \frac{24}{\pi}\, I_{CS} E_0[(\omega_s \,.sen\delta\,.\ sen\theta) + (cos\delta \,.cos\theta\,.\ sen\omega_s)]$$

$I_{CS}$ = constante solar = 1367 W/m$^2$

$E_0$= corrección excentricidad de la órbita = $1 + 0.33\cos(\frac{2\pi d_n}{365})$

$d_n$= orden del día en el calendario juliano

$\omega_s$= ángulo de salida del sol = $arc\cos(\ -tag\emptyset \,.tag\delta\ )$

$\emptyset$= latitud del lugar

$\delta$= declinación solar = $[(0{,}0006918 - 0{,}399912\ cos\neg + 0{,}070257\ sen\ \neg) - (0{,}006758 \cos 2\neg + 0{,}000907\ sen\ 2\neg) - (0{,}002697\ cos3\neg + 0{,}00148\ sen3\neg)]$

$\neg$= ángulo diario = $2\pi \frac{d_n - 1}{365}$

Para el cálculo de la irradiación difusa solar en la superficie horizontal se denota la siguiente expresión:[6]

$$D_d(kWh/m^2 dia)$$

Donde:

$D_d = G_d[1{,}39 - 4{,}027K_d + 5{,}531K_d^2 - 3{,}3{,}108K_d^3]$

$G_d$= irradiación global en superficie horizontal

$K_d$= índice de transparencia atmosférica = $\frac{G_d}{G_{0d}}$

Para el cálculo de la irradiación directa solar en la superficie horizontal se denota la siguiente expresión:

$$I_d(kWh/m^2 dia)$$

$$I_d = G_d - D_d$$

Para el cálculo de la irradiación en el plano inclinado β suponiendo que α = o $(kWh/m^2 dia)$. Siendo el factor de corrección geométrico:

[6] VINAS. LLUÍS, *Dimensionado de sistemas fotovoltaicos*, pág.(1-68), Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España

$$R_b(\beta) = \frac{\omega_s sen\delta \,.\, sen\,(\theta - \beta) + cos\beta \,.\, \cos(\theta - \beta)\, sen\omega_s}{\omega_s sen\delta \,.\, sen\theta + cos\delta \,.\, \cos\theta\, sen\omega_s}$$

Y donde la radiación directa en el plano inclinado de β

$$I_d(\beta) = I_d * R_d$$

La radiación difusa en el plano inclinado de $\beta$

$$D_d(\beta) = D_d[(G_d - D_d \frac{R_b(\beta)}{G_{0d}} + \frac{1}{2}(1 + cos\beta \frac{G_d - D_d}{G_{0d}}]$$

Donde la radiación global en el plano inclinado de β

$$G_d(\beta) = I_d(\beta) + D_d(\beta)$$

### 1.1.20. Horas pico de radiación solar.-

Las Horas Pico Solar (HPS) equivalen a la duración en horas de un día semejante, que con una irradiación constante de 1 kW/m2, un panel proporcionara la misma energía total que el día considerado. Notar que si en determinado punto se recibe durante un día una irradiación G en kWh/m2, las HPS de este día tendría el mismo valor numérico que G.

### 1.1.21. Dimensionando el sistema fotovoltaico.-

Una vez elegida una inclinación del panel a la vista de la aplicación fotovoltaica concreta, los datos de radiación se concretan en una tabla de valores medios diarios de HPS para los distintos meses del año. Por lo que dimensionar un sistema fotovoltaico significa calcular el número de sus componentes y su interconexión, para cumplir unos objetivos determinados que dependen de la aplicación concreta. Si se trata de un sistema fotovoltaico conectado a la red su objetivo es generar la máxima electricidad posible.

Si se trata de un sistema fotovoltaico autónomo su objetivo será asegurar la disponibilidad de electricidad durante el máximo tiempo posible. En el dimensionado, como en todo problema de diseño, hay infinitas soluciones y siempre es una solución de compromiso entre diversos factores técnicos, económicos y sociales.

Un sistema autónomo debe generar energía eléctrica y acumularla en baterías para ser utilizada en el momento en que se requiera. Es un sistema más complejo que el conectado a la red.

Actualmente el diseño de un sistema fotovoltaico se realiza utilizando herramientas informáticas, pero es conveniente hacer una primera aproximación "manual" para adquirir unos conocimientos cualitativos y cuantitativos básicos del sistema que hay que dimensionar.[7]

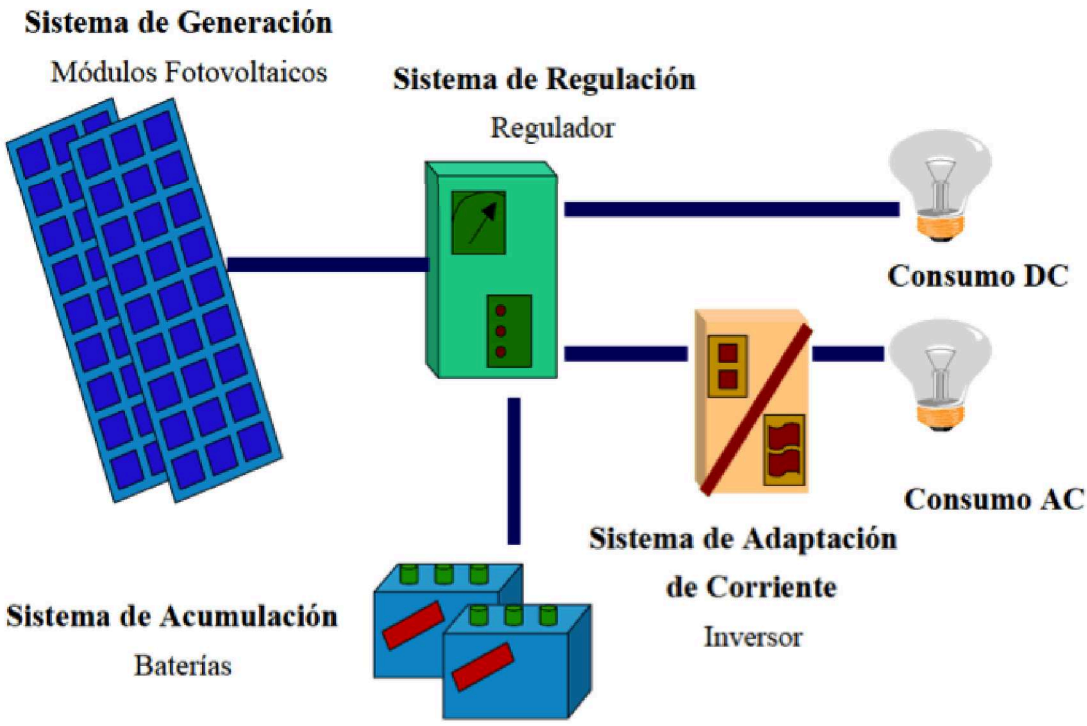



Figura en bloques de un sistema fotovoltaico.

[7] VINAS. LLUÍS, *Dimensionado de sistemas fotovoltaicos*, pág.(1-68), Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España

### 1.1.22. Dimensionado de los sistemas autónomos.-

Para realizar un buen dimensionamiento de un sistema fotovoltaico es necesario tener las siguientes consideraciones descritas en los siguientes s métodos de cálculos.

**a. Método de balance energético.-** Que se basa en el principio de la energía generada y la energía consumida.

Energía generada = Energía consumida

Donde el cálculo de la energía consumida por día se emplea los siguientes tópicos imprescindibles para el cálculo de este sistema.

- Selección de las horas solar pico (HPS) para la aplicación
- Dimensionado del generador fotovoltaico: número de paneles y su interconexión
- Dimensionado del sistema de acumulación (baterías)
- Dimensionado del regulador de tensión y corriente
- Dimensionado del inversor de corriente (DC-AC)
- Dimensionado del cableado

**b. Consumo de energía del usuario.-** para la estimación de la cantidad de energía que el usuario va a requerir diariamente se necesitará establecer las siguientes incógnitas de las siguientes expresiones:

**a. Calculo de energía consumida en corriente continua:**

$$E_{DC} = \Sigma P_{(DC)i} * t_{di}$$

Donde:

$P_{(DC)i}$= potencia nominal del equipo en W

$t_{di}$= tiempo diario de uso en horas (h)

**b. Energía consumida en corriente alterna (AC) en Wh:**

$$E_{AC} = \Sigma P_{(AC)i} * t_{di}$$

Donde:

$P_{(AC)i}$= potencia nominal del equipo en W

$t_{di}$= tiempo diario de uso en horas (h)

El consumo total diario en (Wh) quedara establecido de la siguiente forma:

$$E_T = \frac{E_{DC}}{n_{BAT}} + \frac{E_{AC}}{n_{BAT} * n_{INV}}$$

Donde:

$n_{BAT}; n_{INV}$= Eficiencia de la batería y del inversor.

### 1.1.23. Determinación de las horas picos.-

El método de balance energético parte de la igualdad entre energía consumida por día y energía generada por día:

$$E_T = HPS * P_P * N_T$$

Donde la energía generada por día es la potencia pico del panel (se supone que trabajará en el punto de máxima potencia) por el número de horas pico del día, por el número de paneles. Se puede determinar dos estrategias para determinar HPS:

**a.** HPS media del peor mes. Minimiza el sistema de acumulación, pero usa más paneles que los estrictamente necesarios.

**b.** HPS media del año. Minimiza el número de paneles, pero deberá invertir más en un sistema de acumulación mayor.

Además de lo antes expuesto es necesario tener unas estrategias que nos ayuden a mitigar el peor mes de irradiación solar, entre ella tenemos:

### 1.1.24. Determinación de inclinación óptima y HPS.-

De esta forma se debe buscar la mejor inclinación de los paneles para así obtener una buena radiación solar en los paneles.

**a.** Obtención de la tabla de radiación global diaria (kWh/m2) en el emplazamiento de la instalación para cada mes y para diversas inclinaciones.

**b.** Obtención de la tabla de consumo diario ET (kWh) para cada mes.

**c.** Obtención de la tabla diaria de relación consumo/radiación para cada mes y cada inclinación.

**d.** Identificación para cada inclinación del máximo consumo/radiación. Se obtiene el mes más desfavorable para cada inclinación.

**e.** Del conjunto de valores anteriores se elige la inclinación que tenga el valor menor, es decir, la radiación mayor.

**f.** Se toma el HPS del peor mes y de la mejor inclinación para este mes.

Según las estrategias para una media anual, se debe determinar la inclinación óptima y HPS considerando los siguientes tópicos:

**a.** Obtención de la tabla de radiación global diaria (kWh/m2) en el emplazamiento de la instalación para cada mes y para diversas inclinaciones.

**b.** Cálculo de la irradiación anual total para diversas inclinaciones.

**c.** Seleccionar la inclinación que proporciona una irradiación total anual mayor.

**d.** Calcular el HPS medio diario dividiendo la irradiación anual por 365.

### 1.1.25. Cálculos de la cantidad de paneles a emplear.-

Para determinar la cantidad de paneles que se usaran en un sistema de generación eléctrica mediante la obtención de energía solar, se deben realizar los siguientes cálculos.

**a. Calculo del número total de paneles por balance energético:**

$$N_{T=}E_T/[HPS * P_P * P_G]$$

Donde:

$HPS = G_d(\beta)$= irradiación global en plano inclinado β

$P_P$= Potencia pico del panel

$P_G$= Factor global de pérdidas (entre 0,65 y 0,9)

**b. Cálculos del número de paneles en serie:**

$$N_S = V_{BAT}/V_P$$

Donde:

$V_{BAT}$= tensión nominal de la batería.

$V_P$= tensión nominal del panel.

**c. Cálculo del número de ramas de paneles en paralelos:**

$$N_P = N_T/N_S$$

Los valores de $N_P, N_T, N_S$, se redondean por exceso.

### 1.1.26. Calculo de cantidad de baterías.-

Deben considerarse los siguientes parámetros para el correcto funcionamiento del sistema según el tipo de clima y otras variantes que se interpongan en el correcto orden de

funcionamiento, con lo que se debe estimar la mínima energía que debe proporcionar la batería a las cargas ΔE (Wh). A determinar según especificaciones de la instalación y considerando:

**a. Días de autonomía D**: número de días consecutivos que, en ausencia de sol, el sistema de acumulación debe poder proporcionar: $\Delta E_{aut} = D \cdot E_T$ Este requisito deben cumplirlo todos los sistemas.

**b. Déficit estacional:** para atender al déficit entre la energía consumida y la energía generada durante determinado período de tiempo: $\Delta E_{def} = [E_T - E_G]$ periodo Requisito importante para la estrategia de media anual, donde la máxima profundidad descarga Pd (usualmente para baterías de plomo ácido Pd=0.7) y la capacidad del sistema de acumulación (baterías):

$$C_n = (Ah) = \frac{\Delta E}{V_{bat} * P_d}$$

### 1.1.27. Estimación de la potencia del regulador.-

Corresponde calcular la máxima corriente (IR) que debe ser capaz de soportar el regulador en funcionamiento. Tiene que ser la mayor entre (IG) corriente generada por los paneles, y (IC) corriente consumida por las cargas:

$$I_R = \max(I_G, I_C)$$

Donde el valor de $I_G$ será:

$$I_G = I_{pmpP} * N_P$$

$$I_{pmpP} = P_P / V_{pmpP}$$

$I_{pmpP}$= corriente producida por cada rama en paralelo

$N_P$= número de ramas en paralelos de los paneles

$P_P$= potencia pico del panel fotovoltaico

$V_{pmpP}$= tensión nominal del panel en punto máxima potencia

El valor de $I_C$ será:

$$I_C = P_{DC}/\, V_{bat} \, + \, P_{AC}/220$$

### 1.1.28. Estimación y parámetros del inversor.-

Los parámetros para seleccionar el inversor, tienen mucha relación con la capacidad de corriente que se necesita y según los parámetros se necesita:

**a.** Potencia nominal (kW): ligeramente superior a $P_{AC}$ (no conviene sobredimensionarlo para conseguir que trabaje en la potencia que presenta mayor eficiencia.

**b.** Tensión nominal de entrada (V): será la del sistema de acumulación, pero estableciendo un cierto margen ya que la tensión de las baterías varía.

**c.** Tensión nominal de salida (Vef).

**d.** Frecuencia de operación (Hz) - Eficiencia del inversor

### 1.1.29. Cálculo para el dimensionamiento del cableado.-

Debe estimarse la sección de los cables. Es un aspecto importante debido al alto valor de la corriente continua que circula por el sistema, que puede producir pérdidas significativas de energía por efecto Joule. Su valor puede estimarse de la siguiente forma:

$$P_R = I^2 * R_C$$

$$R_C = \rho * (L/S)$$

$P_R$= potencia perdida en los cables por efecto joule.

$R_C$= resistencia óhmica de los cables.

$\rho$= resistividad del conductor del cable.

$L$= longitud de los cables.

$S$= sección del conductor del cable.

# CAPITULO II

## 2. DIAGNOSTICO O ESTUDIO DE CAMPO.

### 2.1. El sistema eléctrico y la carga instalada en una vivienda del sitio La Playita.

En toda la zona perteneciente al lugar de estudio no existe una línea de distribución que dote de energía eléctrica a las viviendas adyacentes a la zona lo que permite diferenciar de otros estudios por su forma cualitativa y cuantitativa ya que se realizará un estudio que permita facilitar la instalación de un sistema fotovoltaico.

El sitio se encuentra ubicado en la Parroquia San Antonio perteneciente al Cantón Chone, al Suroeste del Centro de Chone.

Figura de la población del Sitio La Playita de San Antonio, cuya geo referencia es -0.6992721; -80.1566871[8]

### 2.2. Descripción proceso de recopilación de la información.

En el Sitio La Playita de San Antonio, se procedió a realizar la recopilación de información; se procedió a recopilar los datos, la misma que consistió en entrevistar al dueño del predio, encuestar a los y a los habitantes del sitio de la investigación, y posteriormente se procedió a la tabulación de los datos.

[8] https://www.google.com.ec/maps/@-0.6992721,-80.1566871,366m/data=!3m1!1e3

### 2.2.1. Población y muestra.

**Población.**

El sitio la Playita de la parroquia San Antonio, está constituido por 50 viviendas.

**Muestra.**

La muestra será igual al 100% de la población por ser de tamaño pequeño, se detallará en el siguiente cuadro.

| LUGAR | POBLACIÓN | MUESTRA | % |
|---|---|---|---|
| Sitio La Playita de la Parroquia San Antonio del Cantón Chone | Viviendas | 50 | 100 |
| | TOTAL | 50 | 100 |

### 2.2.2. Métodos y técnicas.

**Métodos empíricos. -** el método empírico que se empleará en el desarrollo de la investigación será el siguiente:

**Entrevista:** Se realizará entrevista a la familia que reside en la vivienda rural del sitio Limón de Platanales de la Parroquia Santa Rita del Cantón Chone.

**La Encuesta**: Se realizará la encuesta a la familia que reside en la vivienda rural del sitio Limón de Platanales de la Parroquia Santa Rita del Cantón Chone.

## 2.3. Procesamiento de la información.

Para el procesamiento y tabulación de la información se utilizó parte de las herramientas del paquete office, con lo que se procedió a la tabulación y elaboración de cuadros y gráficos estadísticos.

## 2.4. Resultados de la investigación de campo e interpretaciones.

1 ¿Cree usted que la energía eléctrica es importante para el desarrollo de las actividades del sector?

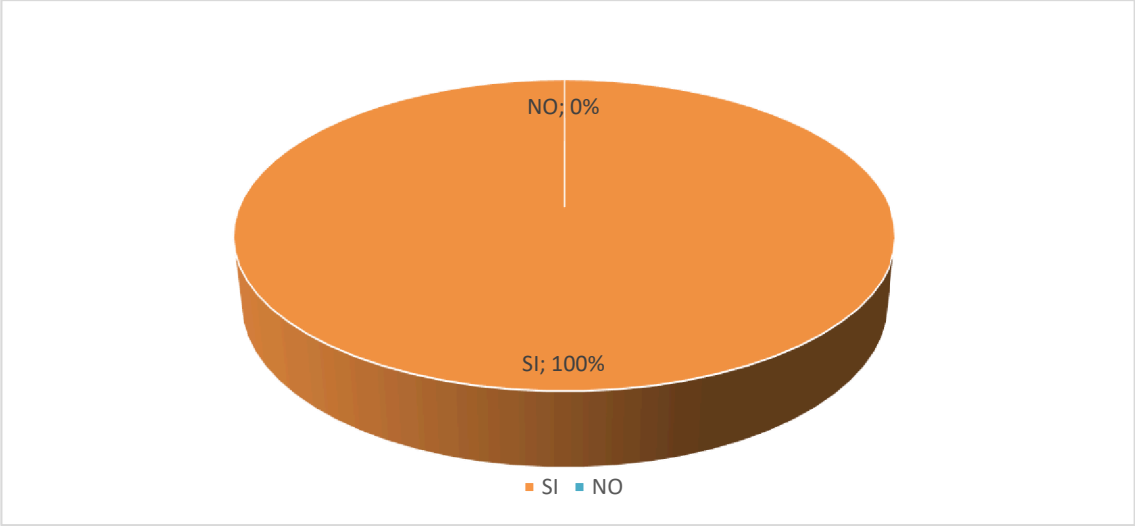
TABLA 1

| ALTERNATIVA | f | % |
|---|---|---|
| SI | 50 | 100 |
| NO | 0 | 0 |
| TOTAL | 50 | 100 |

**Fuente:** Habitantes del Sitio La Playita de San Antonio de Chone

**Elaborado por:** Hidalgo Bermeo Freddy Raúl y Rosado Alcívar Luis Ernesto

GRAFICO 1




**Análisis e interpretación;** Con la finalidad de saber la importancia que tiene el servicio eléctrico para el desarrollo de las actividades diarias de la familia del Sitio La Playita de San Antonio Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 50 viviendas encuestadas que representan el 100% de la muestra indican que SI es importante servicio eléctrico para el desarrollo de las actividades diarias.

2.- ¿Sabe usted que son los paneles solares?

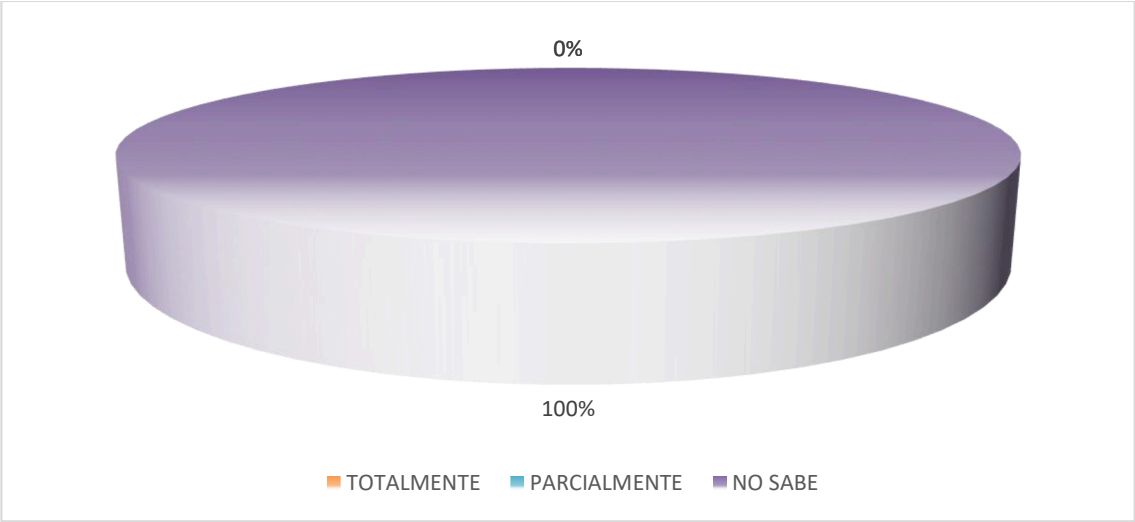
TABLA 2

| ALTERNATIVA | f | % |
|---|---|---|
| TOTALMENTE | 0 | 0 |
| PARCIALMENTE | 0 | 0 |
| NO SABE | 50 | 100 |
| TOTAL | 50 | 100 |

**Fuente:** Habitantes del Sitio La Playita de San Antonio de Chone

**Elaborado por:** Hidalgo Bermeo Freddy Raúl y Rosado Alcívar Luis Ernesto

GRAFICO 2




**Análisis e interpretación;** Con la finalidad de saber la importancia que tiene el servicio eléctrico para el desarrollo de las actividades diarias de las familias del Sitio La Playita de San Antonio del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 50 viviendas encuestadas que representan el 100% de la muestra indicaron que NO saben sobre los paneles solares.

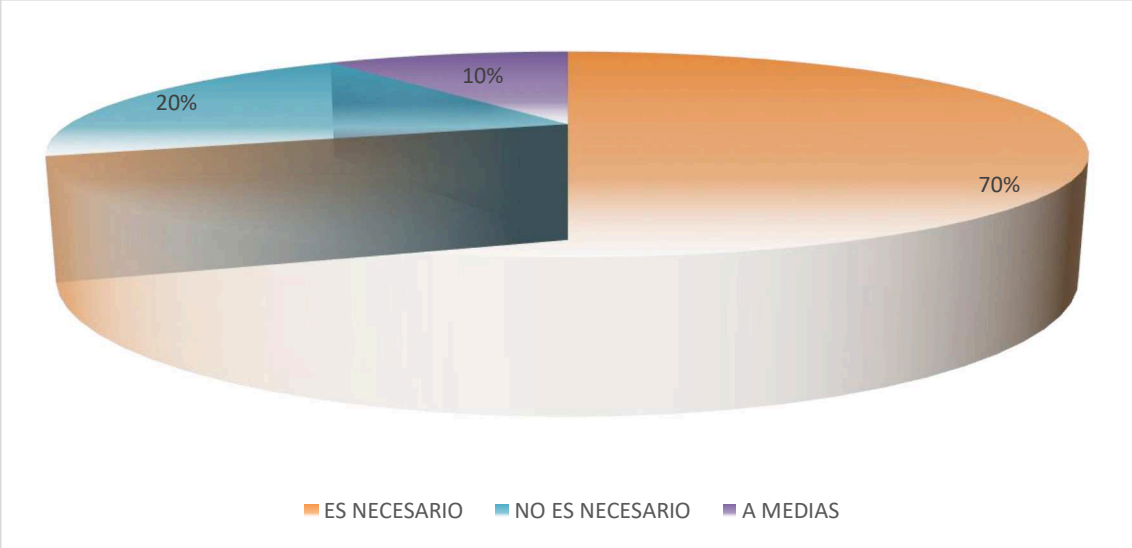
3.- ¿Le gustaría conocer las características de los paneles solares?

TABLA 3

| ALTERNATIVA | f | % |
|---|---|---|
| ES NECESARIO | 35 | 70,00% |
| NO ES NECESARIO | 10 | 20,00% |
| A MEDIAS | 5 | 10,00% |
| TOTAL | 50 | 100% |

**Fuente:** Habitantes del Sitio La Playita de San Antonio de Chone
**Elaborado por:** Hidalgo Bermeo Freddy Raúl y Rosado Alcívar Luis Ernesto

GRAFICO 3




**Análisis e interpretación;** Con la finalidad de saber la importancia que tiene el servicio eléctrico para el desarrollo de las actividades diarias de las familias del Sitio La Playita de San Antonio del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 50 viviendas encuestadas que representan un 70% de la muestra manifestaron que es necesario conocer las características de los paneles solares, un 20% manifestaron que no es necesario y un 10% manifestaron que a medias es necesario.

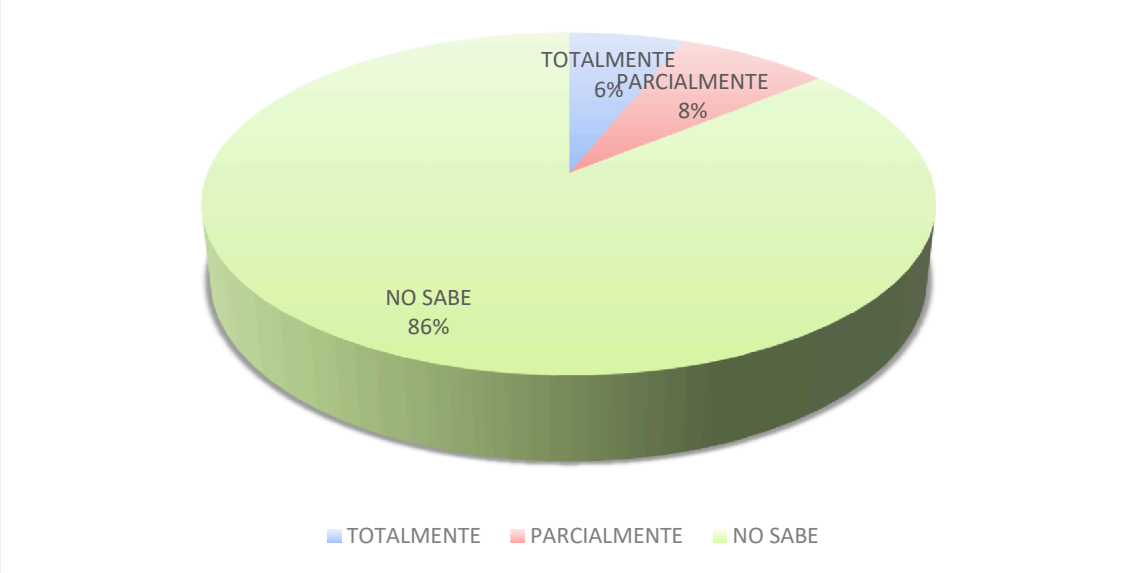
4.- ¿Han incurrido en su hogar interrupciones no programadas en el servicio eléctrico?

TABLA 4

| ALTERNATIVA | f | % |
|---|---|---|
| TOTALMENTE | 3 | 6,00% |
| PARCIALMENTE | 4 | 8,00% |
| NO SABE | 43 | 86,00% |
| Total | 50 | 100% |

**Fuente:** Habitantes del Sitio La Playita de San Antonio de Chone
**Elaborado por:** Hidalgo Bermeo Freddy Raúl y Rosado Alcívar Luis Ernesto

GRAFICO 4




**Análisis e interpretación;** Con la finalidad de saber la importancia que tiene el servicio eléctrico para el desarrollo de las actividades diarias de las familias del Sitio La Playita de San Antonio del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 50 viviendas encuestadas que representan el 86% de la muestra manifestaron que no se ha enterado de interrupciones no programadas en el servicio eléctrico; un 8% parcialmente y un 6% totalmente.

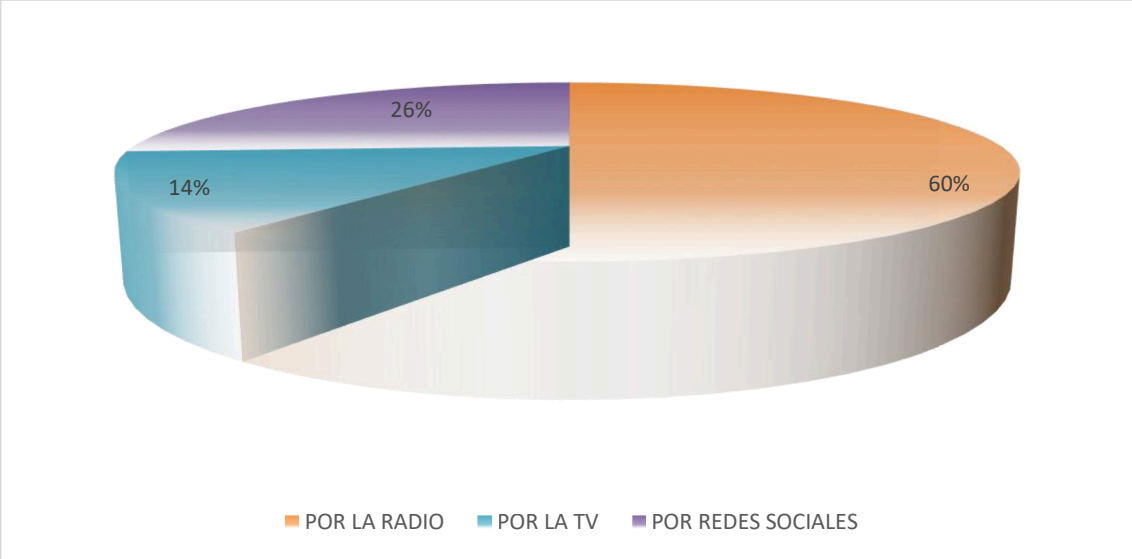
5.- ¿Usted recibe avisos sobre interrupciones programadas en el servicio eléctrico?

TABLA 5

| ALTERNATIVA | f | % |
|---|---|---|
| POR LA RADIO | 30 | 60,00% |
| POR LA TV | 7 | 14,00% |
| POR REDES SOCIALES | 13 | 26,00% |
| TOTAL | 50 | 100% |

**Fuente:** Habitantes del Sitio La Playita de San Antonio de Chone
**Elaborado por:** Hidalgo Bermeo Freddy Raúl y Rosado Alcívar Luis Ernesto

GRAFICO 5




**Análisis e interpretación;** Con la finalidad de saber la importancia que tiene el servicio eléctrico para el desarrollo de las actividades diarias de las familias del Sitio La Playita del San Antonio del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 50 viviendas encuestadas que representan el 60% de la muestra indicaron que por radio recibe avisos sobre interrupciones programadas en el servicio eléctrico; el 14% manifestó que por televisión; y un 26% recibe avisos por las redes sociales sobre interrupciones programadas en el servicio eléctrico.

6.- ¿Sabe usted de algún tipo de generación eléctrica alternativa?

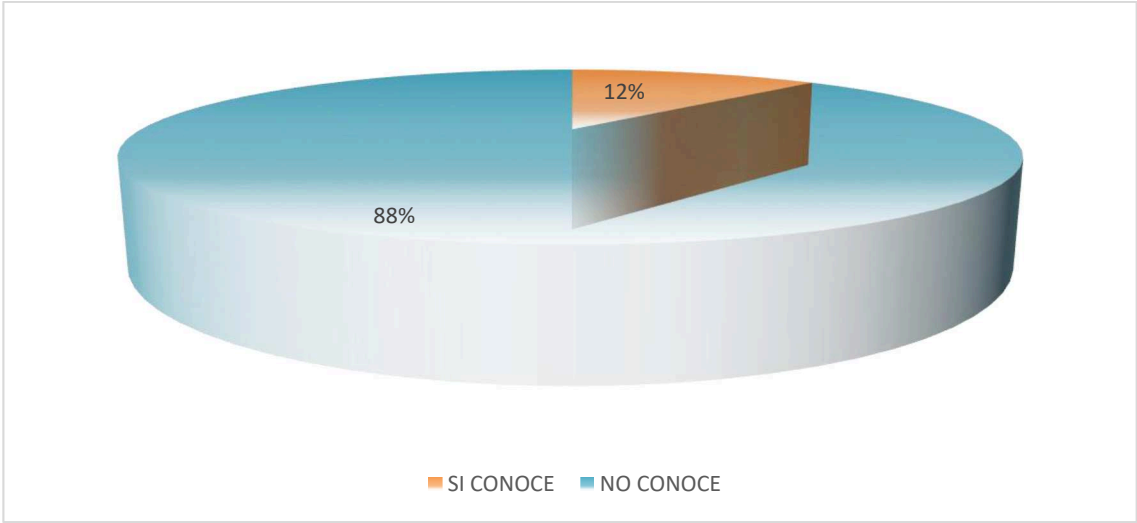
TABLA 6

| ALTERNATIVA | f | % |
|---|---|---|
| SI CONOCE | 6 | 12,00% |
| NO CONOCE | 44 | 88,00% |
| TOTAL | 50 | 100% |

**Fuente:** Habitantes del Sitio La Playita de San Antonio de Chone

**Elaborado por:** Hidalgo Bermeo Freddy Raúl y Rosado Alcívar Luis Ernesto

GRAFICO 6




**Análisis e interpretación;** Con la finalidad de saber la importancia que tiene el servicio eléctrico para el desarrollo de las actividades diarias de las familias del Sitio La Playita de San Antonio del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 50 viviendas encuestadas que representan el 88% manifestaron que NO saben de algún tipo de generación eléctrica alternativa; el 12% manifestó que SI.

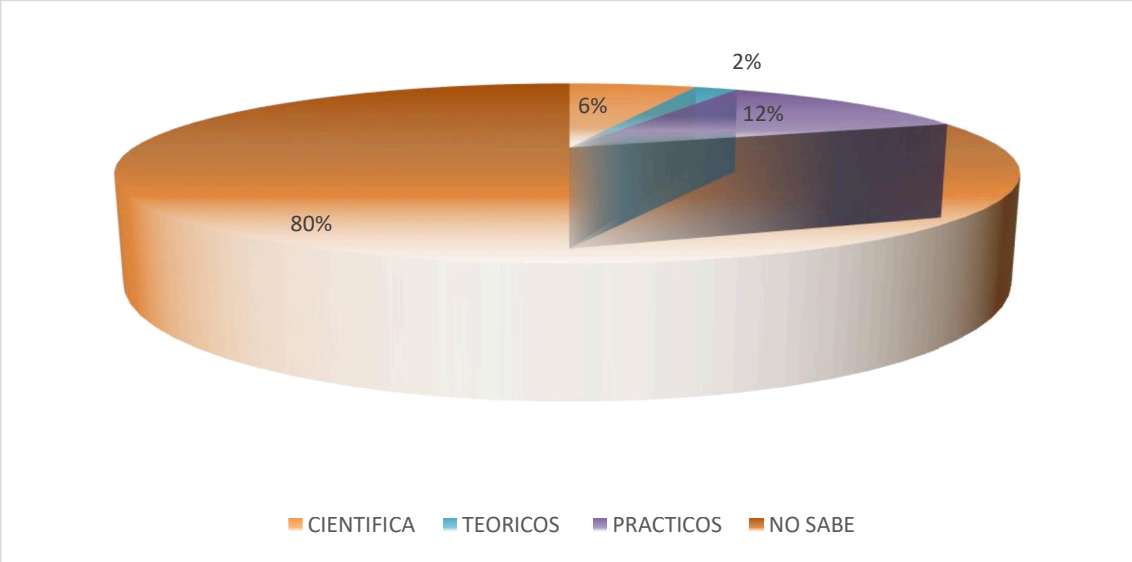
7.- ¿Sabe usted que criterios técnicos deben usarse para la generación de energía eléctrica fotovoltaica?

TABLA 7

| ALTERNATIVA | f | % |
|---|---|---|
| CIENTÍFICA | 3 | 6,00% |
| TEÓRICOS | 1 | 2,00% |
| PRÁCTICOS | 6 | 12,00% |
| NO SABE | 40 | 80,00% |
| TOTAL | 50 | 100% |

**Fuente:** Habitantes del Sitio La Playita de San Antonio de Chone
**Elaborado por:** Hidalgo Bermeo Freddy Raúl y Rosado Alcívar Luis Ernesto

GRAFICO 7




**Análisis e interpretación;** Con la finalidad de saber la importancia que tiene el servicio eléctrico para el desarrollo de las actividades diarias de las familias del Sitio La Playita de San Antonio del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 50 viviendas encuestadas que representan el 80% de la muestra manifestaron que NO SABER qué criterios técnicos deben usarse para la generación de energía eléctrica fotovoltaica; el 12% manifestó que prácticos, un 2% teóricos y un 6% científicos.

8.- ¿Conoce usted que beneficio presta al sistema eléctrico la utilización de equipos de generación fotovoltaica?

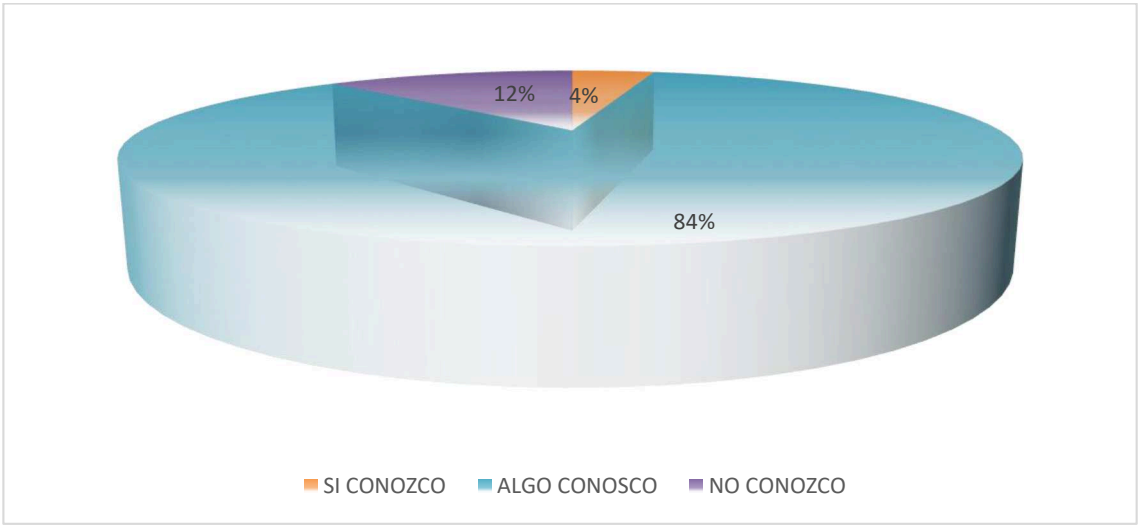
TABLA 8

| ALTERNATIVA | f | % |
|---|---|---|
| SI CONOZCO | 2 | 4,00% |
| ALGO CONOZCO | 42 | 84,00% |
| NO CONOZCO | 6 | 12,00% |
| TOTAL | 50 | 100% |

**Fuente:** Habitantes del Sitio La Playita de San Antonio de Chone

**Elaborado por:** Hidalgo Bermeo Freddy Raúl y Rosado Alcívar Luis Ernesto

GRAFICO 8




**Análisis e interpretación;** Con la finalidad de saber la importancia que tiene el servicio eléctrico para el desarrollo de las actividades diarias de las familias del Sitio La Playita de San Antonio del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 50 viviendas encuestadas que representan el 84% de la muestra indicaron que algo conoce que beneficio presta al sistema eléctrico la utilización de equipos fotovoltaicos; el 12% manifestó que no algo conoce; un 4% que si conoce.

9.- ¿Sabe sobre generación eléctrica fotovoltaica?

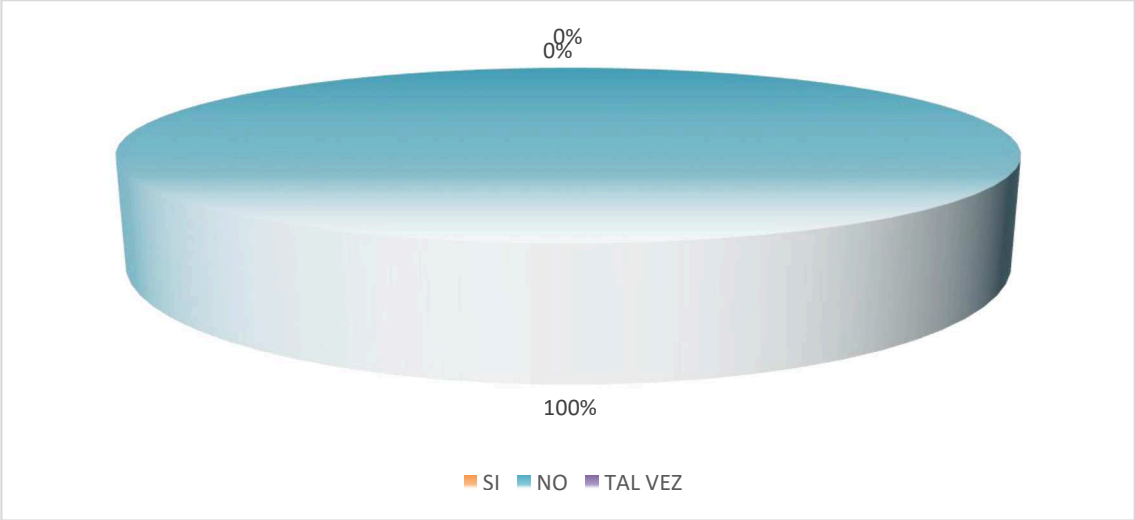
TABLA 9

| ALTERNATIVA | f | % |
|---|---|---|
| SI | 0 | 0,00% |
| NO | 50 | 100,00% |
| TAL VEZ | 0 | 0,00% |
| TOTAL | 50 | 100% |

**Fuente:** Habitantes del Sitio La Playita de San Antonio de Chone

**Elaborado por:** Hidalgo Bermeo Freddy Raúl y Rosado Alcívar Luis Ernesto

GRAFICO 9




**Análisis e interpretación;** Con la finalidad de saber la importancia que tiene el servicio eléctrico para el desarrollo de las actividades diarias de las familias del Sitio La Playita de San Antonio del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 50 viviendas encuestadas que representan el 100% manifestaron que NO conoce sobre la generación eléctrica fotovoltaica.

10.- ¿Cree usted saber cómo se les llama a los sistemas de generación eléctrica con medios solares?

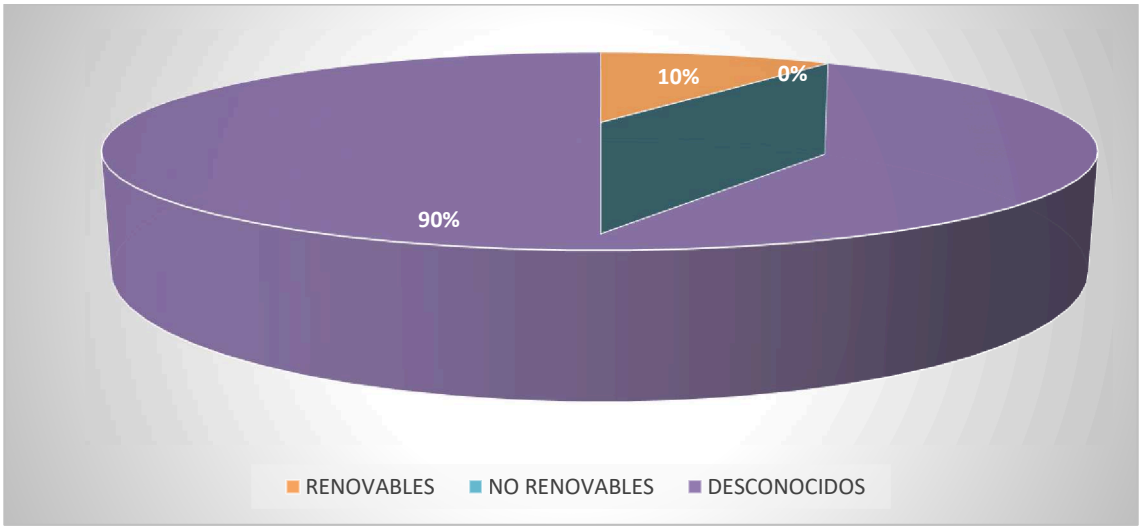
TABLA 10

| ALTERNATIVA | f | % |
|---|---|---|
| RENOVABLES | 5 | 10,00% |
| NO RENOVABLES | 0 | 0,00% |
| DESCONOCIDOS | 45 | 90,00% |
| TOTAL | 50 | 100% |

**Fuente:** Habitantes del Sitio La Playita de San Antonio de Chone

**Elaborado por:** Hidalgo Bermeo Freddy Raúl y Rosado Alcívar Luis Ernesto

GRAFICO 10




**Análisis e interpretación;** Con la finalidad de saber la importancia que tiene el servicio eléctrico para el desarrollo de las actividades diarias de las familias del Sitio La Playita de San Antonio del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 50 viviendas encuestadas que representan el 90% de la muestra indicaron no saber cómo se les llama a los sistemas de generación eléctrica con medios solares; un 10% piensa que es renovables.

# CAPITULO III

## 3. CONSUMO ELÉCTRICO DE LA VIVIENDA.

### 3.1. Demanda del consumo eléctrico de la vivienda del sitio la Playita.

#### 3.1.1. Antecedente.

En base al análisis y las decisiones tomadas en el capítulo anterior se establece que es procedente realizar un proyecto para el Estudio de factibilidad para la instalación de paneles solares que doten de energía eléctrica a vivienda rural del Sitio Limón de Platanales Parroquia Santa Rita Cantón Chone, para lo cual se considerará aspectos importantes como la potencia total de los aparatos de uso diario y la demanda futura.

El diseño del circuito de paneles solares se realizará apegado a las normas vigentes de la AMERICAN POWER SISTEN SOLARE S.A., en el cual se describe el proceso de elaboración del proyecto justificando cada uno de los valores calculados ya sea en función de parámetros, ecuaciones o tablas.

Cabe indicar que la población del sitio La Playita de San Antonio su estatus económico se lo establece como de media hacia abajo, por lo que se estima una media de consumo de potencia con el fin de realizar los cálculos para el diseño del sistema de generación de energía fotovoltaico.

| EQUIPO | CANT. | P. WATT | P. TOTAL |
|---|---|---|---|
| REFRIGERADORA | 1 | 160 | 160 |
| BOMBA DE AGUA | 1 | 550 | 550 |
| TELEVISOR | 1 | 80 | 80 |
| LÁMPARA FLUORESCENTE | 4 | 15 | 60 |
| LÁMPARA FLUORESCENTE | 1 | 40 | 40 |
| LÁMPARA FLUORESCENTE | 3 | 23 | 69 |
| COMPUTADORA | 1 | 670 | 670 |
| CODIFICADOR TV | 1 | 25 | 25 |
| FOCO INCANDESCENTE | 3 | 100 | 300 |
| **TOTAL** | **16** | **1663** | **1954** |

Tabla de potencia de consumo de los aparatos domésticos.

Después de obtener la potencia total de consumo que estará instalada en la vivienda, se procede a dimensionar el circuito que suministrara la potencia necesaria para que al momento de que arranque cualquiera de los aparataros, el inversor de corriente no sufra daño irreversible.

Para realizar el cálculo se establece que el perfil de potencia instalada será de 2KVA a una tensión de 120/240v, los días de trabajos o autonomía serán 7 días, y la tensión nominal de los acumuladores es de 24voltios con una eficiencia del 0,95%, la eficiencia del inversor es del 0,90%, con un factor de potencia de 0,9 para el cálculo del circuito completo.

## 3.2. DETERMINAR LA EFICIENCIA Y CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO DE LOS PANELES TERMO SOLAR Y FOTOVOLTAICA.

Aunque ambas tecnologías se basen en el aprovechamiento de la energía del sol sobre paneles o colectores solares, la energía solar térmica y la energía solar fotovoltaica presentan numerosas diferencias que intentaremos esclarecer mediante esta comparativa.

En primer lugar y a grandes rasgos, podemos entender que la energía solar térmica se usa para absorber la energía del sol y transformarla en calor que se pueda usar directamente para calentar agua o mediante su almacenamiento, poder incluso generar electricidad (energía termosolar), aunque este uso es más bien industrial y en este artículo nos centraremos en el uso a escala doméstica. En cambio, la energía solar fotovoltaica utiliza la energía del sol para transformarla en electricidad. Viendo un poco más en detalle cada una de ellas:

### 3.2.1. Energía solar térmica.

Su uso principal a nivel doméstico es para producción de agua caliente sanitaria (ACS). Es una tecnología muy simple: a grandes rasgos, los paneles o colectores solares contienen un líquido en su interior, que mediante la exposición al sol, se calienta.

Posteriormente ese líquido caliente transfiere su calor al agua caliente de tu vivienda.

Al echar un vistazo a las principales ventajas de la energía solar térmica:

La energía solar térmica es más eficiente respecto al espacio utilizado que la solar fotovoltaica

La instalación puede superar fácilmente el 70% de eficiencia en su funcionamiento

Es una tecnología mucho menos compleja que la fotovoltaica, se puedes instalarlo con bastante sencillez.

Contribuye sensiblemente al ahorro de tus gastos domésticos para la obtención de agua caliente sanitaria.

Pero también tiene unos puntos negativos a tener en cuenta:

El rendimiento de la instalación es mucho menor en los meses de invierno, cuando las necesidades de agua caliente son mayores.

Las instalaciones solares fotovoltaicas son más versátiles que las térmicas

Los colectores solares tienen menor vida útil

Pueden afectarles las heladas, el uso de anticongelantes en el fluido calor portador es totalmente indispensable.

### 3.2.2. Energía solar fotovoltaica.

Es una tecnología más moderna que la energía solar térmica, y todavía sigue necesitando avances técnicos que mejoren su rendimiento y eficiencia. Existen distintos tipos de paneles solares fotovoltaicos, cada uno con distintas características, precios y prestaciones y que se resumen en mono cristalinos, poli cristalinos y de capa fina. Todos ellos se basan en el silicio para absorber la energía del sol y transformarla en electricidad.

Algunas de los puntos a favor de la energía solar fotovoltaica incluyen:

Pueden proveer de energía limpia por más de 30 años, estando los paneles solares garantizados por 20 años o más en casi todos los fabricantes.

Pueden cubrir una buena parte de tu consumo eléctrico y por lo tanto, pueden contribuir a un gran ahorro a tu factura de la luz.

Son muy eficientes en verano

No les afectan las heladas

Pero también hay que tener en cuenta ciertas desventajas:

Mayor inversión para una instalación de igual potencia a una instalación térmica

Necesitan mayor superficie en tejados, cubiertas o jardines

La instalación es más compleja, por lo que lo normal es recurrir a un instalador para que te realice las conexiones de forma correcta y segura.

Las instalaciones solares fotovoltaicas están sometidos a numerosos trámites burocráticos y a impuestos que alargan el tiempo de amortización de la instalación.

En resumen, viendo de un modo esquemático una comparativa entre energía solar térmica y energía solar fotovoltaica, se puede decir que:

| CARACTERÍSTICAS | ENERGÍA SOLAR TÉRMICA | ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA |
|---|---|---|
| **USOS** | Producción de agua caliente sanitaria, calefacción de piscinas | Generación de electricidad |
| **FUNCIONAMIENTO BÁSICO** | Similar a crear un efecto invernadero | Efecto fotoeléctrico |
| **TIPOS PRINCIPALES** | Planos y de tubos de vacío | Mono cristalinos, poli cristalinos y de capa fina |
| **EFICIENCIA MEDIA DE LOS PANELES** | 90% | 15% |

| | | |
|---|---|---|
| **EFICIENCIA DEL SISTEMA** | 65% | 10% |
| **VIDA ÚTIL GARANTIZADA** | 10 años | 20 años |
| **TIEMPO DE AMORTIZACIÓN MEDIO** | 8-10 años | 14-16 años |

En definitiva, el uso de paneles solares térmicos y fotovoltaicos son tecnologías que proveen al hogar de energía renovable limpia y que contribuyen a un planeta más sostenible. La energía solar térmica parece ser más accesible y al alcance de mucha más gente, mientras que la solar fotovoltaica ofrece más independencia de las compañías eléctricas.

Lo ideal sería instalar ambos sistemas en tu hogar, pero todo depende de tus necesidades, tu disposición a soportar trámites burocráticos más o menos largos y tu capacidad de inversión, teniendo en cuenta que en ambos casos la instalación se amortizará y acabará ahorrándote un significativo en tus gastos domésticos.

## 3.3. SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA UNA VIVIENDA.

## 3.4. Cálculos para el diseño de un sistema de panel solar fotovoltaica.

Para realizar el cálculo de un sistema que entregue la potencia necesaria para una vivienda del sitio, se considera una tensión de 120/240voltios de corriente alterna, la potencia que se necesitará estará determinada por el consumo eléctrico de los aparatos que en la vivienda existe, en cuanto a los días de trabajos o autonomía serán 7 días, y la tensión nominal de los acumuladores o baterías es de 24voltios con una eficiencia del 0,95%, la eficiencia del inversor es del 0,90%, con un factor de potencia de 0,9 para el cálculo del circuito completo.

$$E_T = \frac{E_{DC}}{n_{BAT}} + \frac{E_{AC}}{n_{BAT} * n_{INV}}$$

| EQUIPO | CANT | P. WATT | P. TOTAL |
|---|---|---|---|
| REFRIGERADORA | 1 | 160 | 160 |
| BOMBA DE AGUA | 1 | 550 | 550 |
| TELEVISOR | 1 | 80 | 80 |
| LÁMPARA FLUORESCENTE | 4 | 15 | 60 |
| LÁMPARA FLUORESCENTE | 1 | 40 | 40 |
| LÁMPARA FLUORESCENTE | 3 | 23 | 69 |
| COMPUTADORA | 1 | 670 | 670 |
| CODIFICADOR TV | 1 | 25 | 25 |
| FOCO INCANDESCENTE | 3 | 100 | 300 |
| **TOTAL** | **16** | **1663** | **1954** |

Al reemplazar quedaría omitida el consumo DC, debido a que todo el circuito estará alimentada por la componente AC con una potencia máxima de consumo, la cual al redondear es de 2000w:

$$E_{AC} = VA * cos\varphi\ (W)$$
$$E_{AC} = 2000VA * 0{,}9$$
$$\boldsymbol{E_{AC} = 1800vatios}$$

$$E_T = \frac{E_{AC}}{n_{BAT} * n_{INV}}$$
$$E_T = \frac{4500}{0{,}95 * 0{,}90}$$
$$\boldsymbol{E_T = 2105{,}3\ W/h\ Día}$$

### 3.4.1. Diseño en bloque del sistema fotovoltaico.

Según el diagrama en bloques, es sistema estará dispuesto con la totalidad de todos sus componentes en forma sistemática y orientada según lo dispuesto en la instalación básica de un sistema de esta naturaleza, disponiéndose de la siguiente forma:

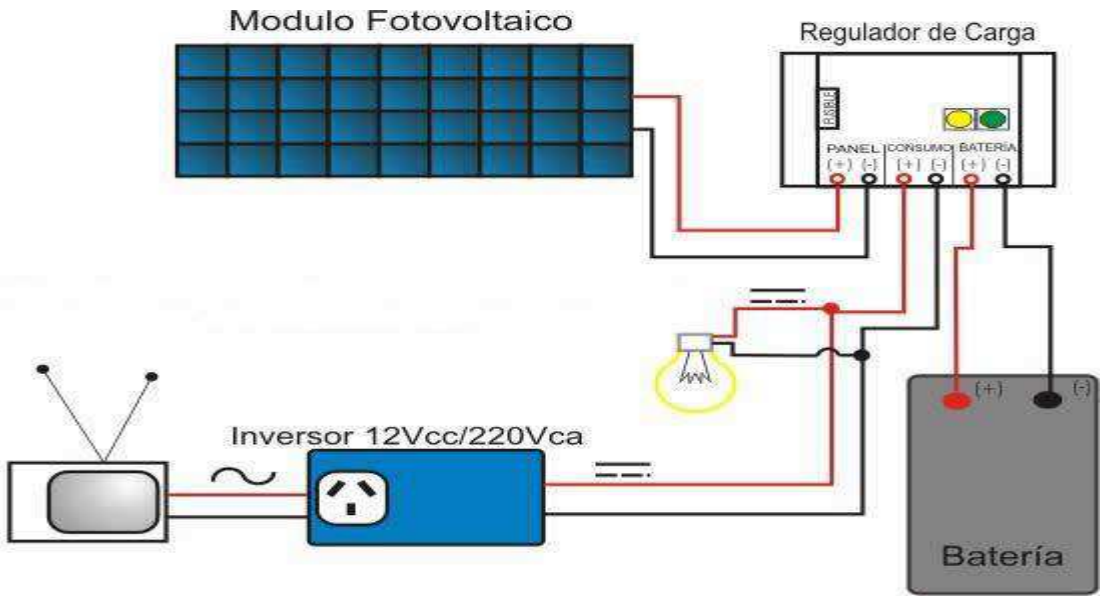



**Figura de la composición básica del sistema fotovoltaico**

### 3.4.2. Inclinación de los paneles solares.

Según el método ante descrito y tomando en cuenta las HPS= 1501h, la orientación de los paneles debe estar hacia el Sur, de 30º a 45º en verano y de 55º a 60º en invierno, tomando una media en ambos casos 37,5° para verano y 57,5° para invierno, como el diseño es fijo se debe obtener una media de ambas orientaciones para contemplar la máxima radiación en las dos estaciones meteorológicas, esta sería de **47,5°** de inclinación.

### 3.4.3. Dimensionado de los paneles fotovoltaicos.-

Las características de los paneles que se han elegido para trabajo tienen las siguientes denominaciones técnicas:

Panel fotovoltaico de potencia 110 Wp,
Tensión de panel VpmP = 17.4 V
Corriente de panel IpmP = 6.3 A
El número total de paneles, tomando HPS = 1,501 horas (peor mes) y con un factor de pérdidas PG =0.75 será:

$$N_T = \frac{E_T}{P_P * HPS * P_G}$$

$$N_T = \frac{2105{,}3W}{110W * 1{,}501h * 0{,}75}$$

$$\boldsymbol{N_T = 17\ Paneles}$$

El número de paneles en serie será:

$$N_s = \frac{V_{BAT}}{V_p}$$

$$N_s = \frac{24V}{17{,}4V}$$

$$\boldsymbol{N_s = 1{,}38\ paneles\ en\ serie}$$

$$\boldsymbol{Equibalente\ a\ 2\ paneles\ en\ serie}$$

El número de ramas de paneles en paralelo será:

$$N_P = \frac{N_T}{N_S}$$

$$N_P = \frac{17}{2}$$

$$\boldsymbol{N_P = 8{,}5}\ \textbf{Paneles en Paralelo}$$

$$\boldsymbol{Equibalente\ a\ 9\ ramas\ en\ paralelos}$$

### 3.4.4. Dimensionamiento de los acumuladores (baterías).

Para este modelo en el diseño se considera la especificación de 7 días de autonomía en ausencia de sol:

$$\Delta E = D * E_T$$

$$\Delta E = 7 * 2105{,}3$$

$$\boldsymbol{\Delta E = 14737{,}1Wh}$$

Según el proceso de descarga, se le asignan un margen equivalente al 70%

$$C_n(Ah) = \frac{\Delta E}{V_{BAT} * P_d}$$

$$C_n(Ah) = \frac{14737{,}1Wh}{24V * 0{,}7P_d}$$

$$\boldsymbol{C_n(Ah) = 877{,}2Ah}$$

Si se divide los Ah por la capacidad de la batería se obtiene el número de baterías que llevara el banco.

$$T_{BAT} = \frac{C_n}{I_{BAT}}$$

$$T_{BAT} = \frac{877{,}2\ Ah}{70Ah}$$

$$\boldsymbol{T_{BAT} = 13\ BATERIAS}$$

### 3.4.5. Dimensionamiento del regulador DC.

La corriente máxima que producirá el sistema generador de paneles fotovoltaico será de:

$$I_G = N_P * I_{pmpP}$$

$$I_G = 17 * 6{,}3A$$

$$\boldsymbol{I_G = 107{,}1A}$$

La corriente máxima que pueden consumir las cargas será de:

$$I_C = \frac{P_{AC}}{V_{OUT}}$$

$$I_C = \frac{2105{,}3W}{240V}$$

$$\boldsymbol{I_C = 8{,}77A}$$

La corriente máxima que debe soportar el regulador es de:

$$I_R = \max(I_G; I_C)$$

$$\boldsymbol{I_R = 8{,}77A}$$

### 3.4.6. Dimensionamiento del inversor.

Para el cálculo del inversor se toma en cuenta las pérdidas del banco de baterías y las pérdidas propias del inversor, que dependen de las características técnicas del equipo a instalar, que en el caso de este proyecto se asume el 10% de perdida en el inversor y un 30% en el banco de baterías, por lo tanto:

$$E_{Inv} = E_T * (0{,}10 + 0{,}30)$$
$$E_{Inv} = 2105{,}3W * 1{,}40$$
$$\boldsymbol{E_{Inv} = 2947{,}4W/h}$$

El inversor debe ser de una capacidad superior a la potencia instalada en los paneles fotovoltaicos, debido a que este equipo debe trabajar constantemente y con fluctuaciones de potencia muy erráticas.

De esta forma queda establecido el modelo estructurado para un sistema fotovoltaico que generará 3kVA - 120/240V para una vivienda del sitio La Playita de San Antonio, que cumple con todos los parámetros técnicos y ambientales, que establece el CONELEC, en función de los sistemas de generación eléctrica con modelos ambientalista y preservación de la fauna animal y vegetal.

# CAPITULO IV

## 4. PROPUESTA PARA LA DOTACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON PANELES SOLARES.

### 4.1.1. Cálculos para el diseño de un sistema de panel solar fotovoltaico total.

Según el capítulo anterior se estimó que la potencia requerida para la dotación de energía eléctrica para una vivienda promedio es de 3Kva, con una tensión de 120/240voltios alternos.

Para el cálculo del sistema que abastezca a toda la población (50 viviendas), se continúan con los parámetros durante la estimación de la demanda futura, sin embargo, se debe corregir la potencia que deberá suministrar el circuito, lo que acarrea un nuevo cálculo del diseño, para tal efecto se considera un aumento significativo de un 30% de la potencia requerida como la demanda futura.

$$E_T = \frac{E_{DC}}{n_{BAT}} + \frac{E_{AC}}{n_{BAT} * n_{INV}}$$

Tomando la potencia que requería una vivienda (2105,3w) y la cantidad de viviendas que en el sitio La Playita de San Antonio existe, se calcula la potencia total para el desarrollo del sistema fotovoltaico que alimentará a toda la zona ante descrita. Al reemplazar quedaría omitida el consumo DC, debido a que todo el circuito estará alimentada por la componente AC con una potencia máxima de consumo:

$$P_t = 2150{,}3VA * 50$$
$$P_t = 105265VA$$

$$E_{AC} = VA * cos\varphi\ (W)$$
$$E_{AC} = 105265VA * 1{,}30$$
$$E_{AC} = 136844VA * 0{,}9$$
$$\boldsymbol{E_{AC} = 123160vatios}$$

$$E_T = \frac{E_{AC}}{n_{BAT} * n_{INV}}$$

$$E_T = \frac{123160}{0{,}95 * 0{,}90}$$

$$\boldsymbol{E_T = 144046{,}8\, W/h\ Día}$$

### 4.1.2. Diseño en bloque del sistema fotovoltaico.

Según el diagrama en bloques del capítulo anterior referente a la configuración de los componentes a utilizar, es sistema estará dispuesto con la totalidad de todos sus componentes en forma sistemática y orientada según lo dispuesto en la instalación básica de un sistema de esta naturaleza.

### 4.1.3. Inclinación de los paneles solares.

Según el método ante descrito y tomando en cuenta las HPS= 1501h, la orientación de los paneles debe estar hacia el Sur, de 30º a 45º en verano y de 55º a 60º en invierno, tomando una media en ambos casos 37,5° para verano y 57,5° para invierno, como el diseño es fijo se debe obtener una media de ambas orientaciones para contemplar la máxima radiación en las dos estaciones meteorológicas, esta sería de **47,5°** de inclinación.

### 4.1.4. Dimensionado de los paneles fotovoltaicos.-

Las características de los paneles que se han elegido para trabajo tienen las siguientes denominaciones técnicas:

Panel fotovoltaico de potencia 110 Wp,
Tensión de panel VpmP = 17.4 V
Corriente de panel IpmP = 6.3 A

El número total de paneles, tomando HPS = 1,501 horas (peor mes) y con un factor de pérdidas PG =0.75 será:

$$N_T = \frac{E_T}{P_P * HPS * P_G}$$

$$N_T = \frac{\mathbf{144046,8}W}{110W * 1{,}501h * 0{,}75}$$

$$\boldsymbol{N_T = 1163,2\ Paneles}$$

El número de paneles en serie será:

$$N_s = \frac{V_{BAT}}{V_p}$$

$$N_s = \frac{24V}{17{,}4V}$$

$$\boldsymbol{N_s = 1,38\ paneles\ en\ serie}$$

$$\boldsymbol{Equibalente\ a\ 2\ paneles\ en\ serie}$$

El número de ramas de paneles en paralelo será:

$$N_P = \frac{N_T}{N_S}$$

$$N_P = \frac{1163{,}2}{2}$$

$$\boldsymbol{N_P = 581,6}\ \textbf{Paneles en Paralelo}$$

$$\boldsymbol{Equibalente\ a\ 582\ ramas\ en\ paralelos}$$

### 4.1.5. Dimensionamiento de los acumuladores (baterías).

Para este modelo en el diseño se considera la especificación de 7 días de autonomía en ausencia de sol:

$$\Delta E = D * E_T$$

$$\Delta E = 7 * 144046{,}8$$

$$\boldsymbol{\Delta E = 1008327,6Wh}$$

Según el proceso de descarga, se le asignan un margen equivalente al 70%

$$C_n(Ah) = \frac{\Delta E}{V_{BAT} * P_d}$$

$$C_n(Ah) = \frac{47894{,}7Wh}{24V * 0{,}7P_d}$$

$$\boldsymbol{C_n(Ah) = 60019{,}5Ah}$$

Si se divide los Ah por la capacidad de la batería se obtiene el número de baterías que llevara el banco.

$$T_{BAT} = \frac{C_n}{I_{BAT}}$$

$$T_{BAT} = \frac{60019{,}5\ Ah}{70Ah}$$

$$\boldsymbol{T_{BAT} = 857{,}4\ BATERIAS}$$

### 4.1.6. Dimensionamiento del regulador DC.

La corriente máxima que producirá el sistema generador de paneles fotovoltaico será de:

$$I_G = N_P * I_{pmpP}$$

$$I_G = 1163{,}2 * 6{,}3A$$

$$\boldsymbol{I_G = 7328{,}2A}$$

La corriente máxima que pueden consumir las cargas será de:

$$I_C = \frac{P_{AC}}{V_{OUT}}$$

$$I_C = \frac{144046{,}8W}{240V}$$

$$\boldsymbol{I_C = 600{,}2A}$$

La corriente máxima que debe soportar el regulador es de:

$$I_R = \max(I_G; I_C)$$

$$\boldsymbol{I_R = 600{,}2A}$$

### 4.1.7. Dimensionamiento del inversor.

Para el cálculo del inversor se toma en cuenta las pérdidas del banco de baterías y las pérdidas propias del inversor, que dependen de las características técnicas del equipo a instalar, que en el caso de este proyecto se asume el 10% de perdida en el inversor y un 30% en el banco de baterías, por lo tanto:

$$E_{Inv} = E_T * (0{,}10 + 0{,}30)$$
$$E_{Inv} = 144046{,}8W * 1{,}40$$
$$\boldsymbol{E_{Inv} = 201665{,}5W/h}$$

El inversor debe de ser de una capacidad superior a la potencia instalada en los paneles fotovoltaicos, debido a que este equipo debe trabajar constantemente y con fluctuaciones de potencia muy erráticas y pensando en la demanda futura.

De esta forma queda establecido el modelo estructurado para un sistema fotovoltaico que generará 205kVA-120/240V, que cumple con todos los parámetros técnicos y ambientales, cumpliendo con lo que establece el CONELEC, en función de los sistemas de generación eléctrica con modelos ambientalista y preservación de la fauna animal y vegetal.

## 4.2. Análisis económico del sistema fotovoltaico.

Una vez establecido los cálculos de los dispositivos requeridos para la datación de un sistema fotovoltaico, se procede a realizar el presupuesto referencial que servirá como punto de partida para el ejecútese de este proyecto.

| ÍTEM | MATERIALES | CANT. | V. UNI | V. TOTAL |
|---|---|---|---|---|
| 1 | PANEL SOLAR DE CRISTAL DE SILICIO 110W 17.5V | 1163,2 | $125,00 | $145.400,00 |
| 2 | REGULADOR DE VOLTAJE Y CORRIENTE PARA SISTEMA SOLAR | 1 | $2.500,00 | $2.500,00 |
| 3 | BATERÍA DE 70AH | 857 | $87,00 | $74.559,00 |
| 4 | INVERSOR DE CORRIENTE DC/AC 205KVA | 1 | $13.250,00 | $13.250,00 |
| 5 | CABLEADO Y ACCESORIO | 1 | $4.500,00 | $4.500,00 |
| 6 | ESTRUCTURA PARA SOSTÉN DE LOS PANELES SOLARES | 1163,2 | $4,50 | $5.234,40 |
| 7 | PUESTA EN FUNCIONAMIENTO | 1 | $4.500,00 | $4.500,00 |
| | | | **TOTAL** | **$249.943,40** |

Tabla del presupuesto referencial para el sistema de generación de electricidad fotovoltaica

Al realizar el respetivo análisis, se observa que el costo para la dotación de un sistema de generación fotovoltaica con una potencia de 205kva, es de $249943,40; es un costo elevado para la economía que la zona, pero el costo beneficio que este proyecto propone tiene una connotación más allá de lo económico.

Desde el punto de vista ambiental, este diseño es totalmente amigable con el medio ambiente, lo que mejora la calidad de vida de la fauna animal y silvestre, desde el punto de vista económico, este proyecto tiene una vida útil aproximada de 25 años sin un mantenimiento y hasta 35 con un buen mantenimiento, lo que en el peor de los casos si se divide el costo del proyecto por los años de servicio se obtiene un valor de $9997,7 de costo anual, si esto se lo divide para el número de viviendas queda: $199,95, lo que equivale a un mensual de $17,00 que sería justamente el valor de una planilla de energía eléctrica aproximadamente por el consumo de cada vivienda.

# CAPITULO V

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 5.1. CONCLUSIONES GENERALES.

Al concluir el proceso de la investigación, se considera elaborar un sumario con conclusiones ideales.

Que los parámetros que se tomaron para la realización de los cálculos de consumo, fueron obtenido por un aproximado de cada vivienda.

Que se realizó el estudio para la instalación de paneles solares a una vivienda rural del sitio La Playita de San Antonio del Cantón Chone, basándose en un grupo de normas ya existentes, estableciendo la factibilidad de este estudio.

Que el proyecto es viable por todos los aspectos estudiados, tanto económico, social, ambiental y tecnológico, teniendo como eje principal el poder servir a la comunidad, así como también al mejoramiento del conocimiento adquirido durante los años de estudio de los proyectistas.

Que los habitantes del sitio se manifiestan muy interesados en el proyecto por su carácter de novedoso y por la poca implicación o afectación que le traería a la naturaleza, así la construcción garantiza la vida útil de los equipos y el de las propias instalaciones.

Que hay que tener presente que al realizar una instalación de este tipo, se tiene mayor confiabilidad, seguridad, continuidad en el servicio, menor impacto ambiental, ya que éstas no tienden a sufrir mayor número de averías, debido a sus condiciones físicas.

Que el costo de instalación es mucho mayor en comparación con una instalación que provea el servicio eléctrico desde la empresa pública.

## 5.2. RECOMENDACIONES.

Se debe continuar con el análisis de los modelos de sistemas de generación de electricidad mediante el uso de energías renovables, con el fin de demostrar de manera técnica que hay más prestaciones de uso en la distribución de energía eléctrica.

Realizar vinculación y convenios con entidades públicas y privadas para que los proyectos de investigación tengan la posibilidad de ser realizados o implementados.

Proponer la ejecución de más proyectos que sirvan para dotar de energía eléctrica a otro sitio vecino que también sufran la carencia del suministro eléctrico, aplicando el mismo método detallado en este proyecto.

Al realiza o ejecutar la implementación de este proyecto, los proponentes de este estudio serán los técnicos encargados de la puesta en funcionamiento de dicho trabajo, con el fin de garantizar la continuidad del equipo de trabajo.

Cuando se adquiera los equipos que serán utilizados en el desarrollo o implantación del sistema fotovoltaico, se garantice su elaboración por parte de empresas que cumplan los más altos estándares de fabricación, con el fin de que se cumpla con el tiempo de vida útil de cada artefacto

Realizar capacitaciones constantes a los docentes y estudiantes con conocimientos innovadores y con esto lograr un alto criterio investigativo, favoreciendo a la sociedad con profesionales probos.

Que el presente trabajo de investigación una vez culminado se presente y socialice a las autoridades para su posterior aplicación y sea una herramienta más para el beneficio de todos los profesionales.

## 5.3. BIBLIOGRAFÍA.


ACI American Concrete Institute "Código de Construcción para Concreto Reforzado ACI 318S-05", Enero 2005.

BALCELLS, Josep, Eficiencia en el uso de la Energía Eléctrica, Editorial de la Universidad Politécnica de Cataluña, España 2012.

BETTEGA Eric Armónicos: rectificadores y compensadores activos; Enero 2000

CALVAS Roland Las perturbaciones eléctricas en BT; Enero 2001

CALVAS Roland Perturbaciones en los sistemas electrónicos y esquemas de conexión a tierra; Junio 1998

COLLOMBET, Christian Los armónicos en las redes perturbadas y su tratamiento; Septiembre 1999

DORANTES, González, Automatización y Control. Prácticas de Laboratorio, Editorial McGraw-Hill 2004.

DURAN, José, Electrónica, editorial Medes S.A., Barcelona 2009.

FERRACCI, Philippe, La calidad de la energía eléctrica Original francés: octubre 2001 Versión español; octubre 2004

FIORINA Jean Noël Onduladores y armónicos (caso de cargas no lineales); Junio 1992

GOMEZ, C. Conceptos Generales De Redes Eléctricas. Colon: Inacap; Marzo 2005.

MARTIN, Ricardo, Manual Práctico Electricidad, Editorial de Cultura S.A., Colombia 2004.

SCHONEK Jacques Las peculiaridades del 3er armónico; Julio 2000

WEB GRAFÍAS.

http://electronicafacil.net/tutoriales/Fuentes-alimentacion.php

http://recursostic.educacion.es/newton/web/Documentacion_4D/fisica/electromag/Induccion.htm

http://asifunciona.com/electrotecnia/ke_induc_elecmagnetica/ke_induc_elecmagnetica_1.htm

http://buenastareas.com/ensayos/Transformadores-Toroidales/7029463.html.

## **5.4.** ANEXOS.

ANEXOS

ANEXO 1

REALIZANDO ENCUESTA EN EL SITIO LA PLAYITA DE SAN ANTONIO

ANEXOS 2

REALIZANDO ENCUESTA EN EL SITIO LA PLAYITA DE SAN ANTONIO

ANEXO 3

REALIZANDO ENCUESTA EN EL SITIO LA PLAYITA DE SAN ANTONIO

ANEXO 4

VIVIENDA RURAL DEL SITIO LA PLAYITA DE SAN ANTONIO

ANEXO 5

**INVERSOR DE CORRIENTE DC/AC EXPANDIBLE DE 100KVA**

PANELES SOLARES PUESTA EN TECHO

ANEXO 6

# UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ EXTENSIÓN CHONE.

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

## FORMULARIO DE ENTREVISTA

**Dirigida a:** Presidente del sitio La Playita de la parroquia San Antonio del Cantón Chone.

**Objetivo:** Realizar un estudio de factibilidad técnico-económico para un sistema de generación de energía eléctrica fotovoltaica para el sitio La Playita de la Parroquia San Antonio.

**Instrucciones:** Mucho agradeceremos se sirva responder con sinceridad y honestidad a cada una de las interrogantes que se formula en la siguiente entrevista, de su respuesta y contestación dependerá el éxito de la misma.

CUESTIONARIO DE PREGUNTAS

1. ¿Cuál es su criterio, sobre la calidad del servicio eléctrico suministrado por la empresa eléctrica pública?
2. ¿Qué opina usted, sobre la calidad de la energía eléctrica que llega hasta su vivienda?
3. ¿Cuál es el criterio respecto al mal funcionamiento de los equipos eléctricos por la pésima calidad de la energía eléctrica?
4. ¿En qué estado considera usted que se encuentra el sistema eléctrico de su vivienda?

5. ¿Cuál es su criterio, sobre el mejoramiento del sistema eléctrico mediante la generación alternativa de energía eléctrica?

6. ¿Considera usted que, al realizar un estudio para el diseño de un sistema alternativo de energía eléctrica, ocasione daños al medio ambiente?

7. ¿Cree usted que el uso de la energía solar y sus componentes para la generación de electricidad, afecte al buen vivir de los habitantes del Sitio La Playita?

8. ¿Cree usted, que el estudio de factibilidad para la implementación de paneles solares afecte a la economía de los habitantes del Sitio La Playita?

9. ¿Cree usted que al realizar el proyecto y su implementación mejorará la calidad de la energía eléctrica y disminuirá los riesgos de accidentes eléctricos?

10. ¿Cree usted que esta investigación aportará al desarrollo de su sociedad familiar considerando que el servicio eléctrico es indispensable para el desarrollo de las actividades?

Gracias por su aporte y colaboración

ANEXO 7

# UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

# EXTENSIÓN CHONE.

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

## FORMULARIO DE ENCUESTA

**Dirigida a:** habitantes del sitio La Playita de la parroquia San Antonio del Cantón Chone.

**Objetivo:** Realizar un estudio de factibilidad técnico-económico para un sistema de generación de energía eléctrica fotovoltaica para el sitio La Playita de la Parroquia San Antonio.

**Instrucciones:** Mucho agradeceremos se sirva responder con sinceridad marcando con una X dentro del paréntesis de la alternativa de su elección.

DATOS INFORMATIVOS.

Lugar y fecha:……..

Ubicación: Rural ( ) Urbana ( ) Urbana Marginal ( )

Barrio/Recinto:……Parroquia:…….Cantón……..….

CUESTIONARIO DE PREGUNTAS.

1.- ¿Cree usted que la energía eléctrica es importante para el desarrollo de las actividades del sector?

Si ( )
No ( )

2.- ¿Sabe usted que son los paneles solares?

Totalmente ( )
Parcialmente ( )
No Sabe ( )

3.- ¿Le gustaría conocer las características de los paneles solares?

Es necesario ( )
No es necesario ( )
A medias ( )

4.- ¿Han incurrido en su hogar interrupciones no programadas en el servicio eléctrico?

Totalmente ( )
Parcialmente ( )
No Sabe ( )

5.- ¿Usted recibe avisos sobre interrupciones programadas en el servicio eléctrico?

Por la radio ( )
Por la televisión ( )
Por redes sociales ( )

6.- ¿Sabe usted de algún tipo de generación eléctrica alternativa?

Conoce ( )
No conoce ( )

7.- ¿Sabe usted que criterios técnicos deben usarse para la generación de energía eléctrica fotovoltaica?

Científica ( )
Teóricas ( )
Prácticos ( )
No sabe ( )

8.- ¿Conoce usted que beneficio presta al sistema eléctrico la utilización de equipos de generación fotovoltaica?

Si conozco ( )
Algo conozco ( )
No conozco ( )

9.- ¿Sabe sobre generación eléctrica fotovoltaica?

| | |
|---|---|
| Si | ( ) |
| No | ( ) |
| Tal vez | ( ) |

10.- ¿Cree usted saber cómo se le llama a los sistemas de generación eléctrica con medios solares?

| | |
|---|---|
| Renovables | ( ) |
| No renovables | ( ) |
| Desconocidos | ( ) |

Gracias por su aporte y colaboración