



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ  
EXTENSIÓN CHONE**

**CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, MODALIDAD  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TÍTULO:**

**“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”**

**AUTORES:**

**CEDEÑO ZAMBRANO CRISTHIAN JAVIER**

**GILER VERA PEDRO RUBÉN**

**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 PARA LA INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES QUE DOTEN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A VIVIENDA RURAL DEL SITIO LIMÓN DE PLATANALES PARROQUIA SANTA RITA CANTÓN CHONE”, 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: Giler Vera Pedro Rubén y Cedeño Zambrano Cristhian Javier, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Chone, Febrero del 2017

Ing. Orley Loor Solórzano

TUTOR

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Nosotros, Giler Vera Pedro Rubén y Cedeño Zambrano Cristhian Javier, declaramos ser autores (as) del presente trabajo de titulación: “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”, 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, Febrero del 2017

GILER VERA PEDRO RUBÉN

CEDEÑO ZAMBRANO CRISTHIAN JAVIER

AUTOR

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 PARA LA INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES QUE DOTEN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A VIVIENDA RURAL DEL SITIO LIMÓN DE PLATANALES PARROQUIA SANTA RITA CANTÓN CHONE”, elaborado por los egresados: Giler Vera Pedro Rubén y Cedeño Zambrano Cristhian Javier, de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

Chone, Febrero del 2017

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

Ing. Odilón Schnabel Delgado

Ing. Orley Loor Solórzano

DECANO

DIRECTOR DE TESIS.

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

SECRETARIA

## **DEDICATORIA.**

Quiero dedicar este proyecto a Dios por su infinito amor, porque ha estado junto a mí en cada momento de mi vida bendiciéndome y guiándome por el camino del bien.

A mis padres Jorge García y Neyce Vergara, quienes han sido mi apoyo incondicional, que en el transcurso de mi vida estaban pendiente de mi superación y cada paso que doy.

Por confiar en mí y no haber dudado de mi capacidad, porque cada reto y desafío no solo ha sido para mí sino también para ellos, así es su demostración de amor.

A mi esposa Yuli Almeida, quien me apoyó y alentó para continuar cuando parecía que me iba a rendir, que sin su amor y comprensión, no hubiese logrado la meta.

A la inspiración más grande que tengo, mi adorado hijo Jorge Andrés, es el por quien lucho cada día, que ha sido mi pilar fundamental y motivación para mi superación.

## DEDICATORIA.

Este ciclo de estudio se lo dedico a todas las personas que me apoyaron para que logre esta meta; en especial:

A Dios quien guía mi camino, porque con su bendición todo es posible.

A mi madre Amarillis Cedeño, quien me ayudo en este camino con paciencia y comprensión, porque siempre deseó ver a su hijo realizado.

A mi padre Humberto Vera, que gracias a su apoyo y confianza depositada en mí, he logrado ser un profesional.

A mi querida esposa Cecilia Mendoza, que con su amor incondicional y paciencia, me motivo a seguir y no doblegar hasta lograr mi meta tan anhelada.

A mis hijos Jorge Adrián y Stefany Ailyn, mi motor, mi inspiración, mi razón de superación para así darle un ejemplo de constancia, perseverancia y ser un profesional de quien se puedan sentir orgullosos.

“Porque con la constancia y dedicación se consiguen las metas trazadas doblegando todas las adversidades para llegar al éxito”.

## **RECONOCIMIENTO.**

Al finalizar el presente trabajo de investigación, te agradecemos a ti Dios por bendecirnos para llegar hasta donde llegamos, porque hiciste realidad este sueño tan anhelado.

A la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí” Extensión Chone, por darnos la oportunidad de estudiar y ser unos profesionales. A nuestro tutor del trabajo de investigación, por su esfuerzo y dedicación, quien con su conocimiento, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en nosotros que podamos terminar nuestros estudios con éxitos.

También agradecer a nuestros profesores durante toda mi vida profesional, porque todos han aportado con un granito de arena a nuestra formación, por sus consejos, sus enseñanzas y más que todos por su amistad. Son muchas las personas que han formado parte de nuestra vida profesional a las que nos encantaría agradecerles su amistad, consejo, apoyo, animo, y compañía, en los momentos más difíciles.

Algunas están aquí, y otras en los recuerdos y en nuestros corazones, sin importar en donde estén damos gracias por formar parte de nosotros, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones. Para ellos: Muchas Gracias y que Dios los bendiga.

“No se trata de cuanto realizamos, sino con cuanto amor lo hacemos. No se trata de cuanto entregamos sino de cuanto amor ponemos en lo que entregamos”.

## SÍNTESIS.

La presente investigación hace un enfoque documentado y un análisis de apreciación, basados en información recabada para 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, señalando, que la vivienda no cuenta con servicio eléctrico público, debido a que su ubicación es poco accesible.

Debido a la situación particular, se realizaron las respectivas investigaciones para cuantificar los sistemas utilizados en países vecinos y como también en nuestro medio, detallando tipologías, características, modelos de aplicación, zona de aplicación, anomalías que podrían generarse por el hecho de encontrarse a la intemperie y con condiciones geográficas poco favorables.

Las deducciones obtenidas 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 como lo es la de nuestro medio, ya que la tensión que se manejaran en el diseño de este proyecto no incidirá a que provoque daño alguno por el factor del medio ambiente, lo que permite el uso de esta tecnología.

## PALABRAS CLAVES

Análisis de apreciación; Estudio de factibilidad; instalación de paneles solares; entornos con mucha o poca humedad; vivienda rural; modelos de aplicación; fotovoltaico.

## ABSTRACT.

The present research makes a documented approach and an appreciation analysis, based on information gathered for feasibility study for the installation of solar panels that provide electrical energy to rural housing in the site of Limon de Platanales Parish Santa Rita Canton Chone, noting that Housing does not have public electricity service, because its location is not accessible.

Due to the particular situation, the respective investigations were carried out to quantify the systems used in neighboring countries and also in our environment, detailing typologies, characteristics, application models, application area, anomalies that could be generated by the fact that Weather conditions and with unfavorable geographical conditions.

The deductions obtained theoretically, served to know that the electric generation circuits by means of solar panels of the photovoltaic type, are very well applicable in environments with much or little humidity as it is the one of our environment, since the tension that is Management in the design of this project will not affect to cause any damage by the factor of the environment, which allows the use of this technology.

## KEYWORDS

Analysis of appreciation; Feasibility study; Installation of solar panels; Environments with high or low humidity; Rural housing; Application models; Photovoltaic.

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
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>16</b>
<b>1. ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1. Antecedentes.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.1. Energía renovable.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.2. Clasificación de la energía renovable. ....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.3. La energía solar y los paneles solares.-.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1.4. Sistema fototérmico.- .....</b>	<b>18</b>
<b>1.1.5. La conversión fotovoltaica.- .....</b>	<b>18</b>
<b>1.1.6. Tipos de Paneles Fotovoltaicos.- .....</b>	<b>19</b>
<b>1.1.7. Módulos Solares de Celdas de Silicio.- .....</b>	<b>19</b>
<b>1.1.8. Placas solares de capa fina.-.....</b>	<b>20</b>
<b>1.1.9. Celdas flexibles.-.....</b>	<b>21</b>
<b>1.1.10. Capas transparentes.- .....</b>	<b>21</b>
<b>1.1.11. Celdas orgánicas.- .....</b>	<b>21</b>
<b>1.1.12. Celdas de concentración.-.....</b>	<b>22</b>
<b>1.1.13. Eficiencias de Celdas Fotovoltaicos.-.....</b>	<b>22</b>
<b>1.1.14. Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico.-.....</b>	<b>23</b>
<b>1.1.16. Radiación solar e Irradiación global del lugar.- .....</b>	<b>24</b>

1.1.17.	<b>Radiación solar y Ángulos orientación del panel.-</b> .....	26
1.1.18.	<b>Radiación solar y los componentes de irradiación.-</b> .....	27
1.1.19.	<b>Radiación solar y las variables astronómicas.-</b> .....	28
1.1.20.	<b>Horas pico de radiación solar.-</b> .....	32
1.1.22.	<b>Dimensionado de los sistemas autónomos.-</b> .....	33
1.1.23.	<b>Determinación de las horas picos.-</b> .....	35
1.1.24.	<b>Determinación de inclinación óptima y HPS.-</b> .....	36
1.1.25.	<b>Cálculos de la cantidad de paneles a emplear.-</b> .....	36
1.1.26.	<b>Calculo de cantidad de baterías.-</b> .....	37
1.1.27.	<b>Estimación de la potencia del regulador.-</b> .....	38
1.1.28.	<b>Estimación y parámetros del inversor.-</b> .....	39
<b>CAPITULO II</b> .....		41
2.	<b>DIAGNOSTICO O ESTUDIO DE CAMPO.</b> .....	41
2.1.	<b>El sistema eléctrico y la carga instalada en la vivienda rural.</b> .....	41
2.2.	<b>Descripción proceso de recopilación de la información.</b> .....	41
2.2.1.	<b>Población y muestra.</b> .....	42
2.2.2.	<b>Métodos y técnicas.</b> .....	42
2.3.	<b>Procesamiento de la información.</b> .....	42
2.4.	<b>Resultados de la investigación de campo e interpretaciones.</b> .....	43
<b>CAPITULO III</b> .....		53
3.	<b>CONSUMO ELÉCTRICO DE LA VIVIENDA RURAL.</b> .....	53
3.1.	<b>Demanda del consumo eléctrico de la vivienda rural.</b> .....	53
3.1.1.	<b>Antecedente.</b> .....	53
3.2.	<b>MODELO DE FACTIBILIDAD EN LA VIVIENDA ATENDIDA EN EL PROYECTO.</b> .....	54
3.3.	<b>Cálculos para el diseño de un sistema de panel solar fotovoltaica que suministre 5kva- 120 / 240Vac</b> .....	54

3.3.1.	<b>Diseño en bloque del sistema fotovoltaico.</b>	55
3.3.2.	<b>Inclinación de los paneles solares.</b>	55
3.3.3.	<b>Dimensionado de los paneles fotovoltaicos.-</b>	55
3.3.4.	<b>Dimensionamiento de los acumuladores (baterías).</b>	56
3.3.5.	<b>Dimensionamiento del regulador DC.</b>	57
3.3.6.	<b>Dimensionamiento del inversor.</b>	58
<b>CAPITULO IV</b>		60
4.	<b>PROPUESTA PARA LA DOTACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON PANELES SOLARES.</b>	60
4.1.1.	<b>Cálculos para el diseño de un sistema de panel solar fotovoltaica.</b>	60
4.1.2.	<b>Diseño en bloque del sistema fotovoltaico.</b>	61
4.1.3.	<b>Inclinación de los paneles solares.</b>	61
4.1.4.	<b>Dimensionado de los paneles fotovoltaicos.-</b>	61
4.1.5.	<b>Dimensionamiento de los acumuladores (baterías).</b>	63
4.1.6.	<b>Dimensionamiento del regulador DC.</b>	64
4.1.7.	<b>Dimensionamiento del inversor.</b>	64
4.2.	<b>Análisis económico del sistema fotovoltaico.</b>	65
<b>CAPITULO IV</b>		67
5.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	67
5.1.	<b>CONCLUSIONES GENERALES.</b>	67
5.2.	<b>RECOMENDACIONES.</b>	68
5.3.	<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	69
5.4.	<b>ANEXOS.</b>	71

## **INTRODUCCIÓN.**

En la presente investigación se hace un enfoque de las nuevas tecnologías que ha traído como consecuencia la necesidad de adaptar el hábitat del hombre, con el objeto de brindar mayores niveles de seguridad, confort y economía a la sociedad, y así facilitarle el proceso de integración con el entorno, establecer los criterios tecnológicos necesarios para el diseño de las obras con el necesario ahorro de energía, evitando las pérdidas debido a equipos con mala calidad de diseño y poca normativa.

Este proyecto de investigación cumple dos propósitos fundamentales: producir conocimientos, que es la parte de la investigación básica y resolver problemas prácticos que es la investigación aplicada, debido a que tiene relación con la elaboración de diseños de circuitos fotovoltaicos y su posterior puesta en funcionamiento.

La investigación está compuesta de distintas etapas interrelacionadas, cuya intención final es conseguir solucionar los problemas que se originan por la utilización de los paneles solares de tipo fotovoltaico en baja tensión; ya que en los últimos años, se ha visto un incremento sustancial en la implementación de este tipo de tecnología.

En gran medida, el crecimiento poblacional de las ciudades en general, obliga a las empresas comercializadoras de energía eléctrica a aumentar la potencia de generación, transmisión, distribución y comercialización del servicio eléctrico, sin embargo hay zonas que no son atendidas con la agilidad que se merecen, debido a muchos factores, como por ejemplo la disponibilidad de recursos financieros económicos por parte del gobierno de turno o simplemente la poca o nula entereza política que ayude a la adquisición de equipo y materiales para el mejoramiento de las redes eléctricas, por aquello es muy viable este proyecto.

La gran importancia que se está dando a los nuevos modelos de producción de energía con mejoras en su calidad y gracias a los avances tecnológicos, el Ecuador por medio del CONELEC, institución que lleva el control energético, hace énfasis en las investigaciones sobre las formas de producción de energía eléctrica con tecnología renovable, debido a su importancia en el impacto ambiental y ecológico, aún más, cuando en lugares en el que la electrificación no ha llegado por razones que dependen aun de la movilización.

Siendo estos lugares de muy difícil acceso, por los caminos vecinales y pendientes empinadas, no aptos para vehículos de gran envergadura, partiendo de esa necesidad, se propone realizar un “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”.

Es necesario tener en cuenta que hay otras formas de producción de energía eléctrica que puedan resultar más simples y con prestaciones que podrían llevar a que este trabajo de investigación no tenga la relevancia que se desea, como lo manifiesta: BETTEGA. Eric (2000) “Cuando se empieza un diseño o modelado de un proyecto, este debe tener la pertinencia y cualidades que necesita para un correcto desempeño”, sin embargo, se escogió este proyecto pensando en las variables que fortalecen el desarrollo de la investigación, como por ejemplo la importancia de ser amigable con el ecosistema.

Cabe destacar, que el uso de paneles fotovoltaicos ha sido empleado en una gran cantidad de proyectos energéticos considerados amigables con el medio ambiente, en un sinnúmero de locaciones a nivel de nuestro país como internacionalmente, teniendo en cuenta, que el proceso por el cual los dispositivos que se emplean en estos proyectos para la producción de electricidad mediante el uso de paneles fotovoltaicos, sufren modificaciones en su estructura y tecnología como en otras características.

Según, Mc Gram Hill (1989), “El primer beneficio del uso de la energía solar es la conservación saludable del medio ambiente”, esto quiere decir que el uso de este tipo de energía no genera sustancias nocivas para la supervivencia de los seres vivos que habitan el planeta, además, otro beneficio es el impulso que la economía de un país recibe cuando implementa este tipo de energía limpia.

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. El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema foto térmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico).

La conversión térmica de alta temperatura consiste en transformar la energía solar en energía térmica almacenada en un fluido. Para calentar el líquido se emplean unos dispositivos llamados colectores.

La conversión fotovoltaica consiste en la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica. Se utilizan para ello unas placas solares formadas por células fotovoltaicas (de silicio o de germanio).

Ventajas: Es una energía no contaminante y proporciona energía barata en países no industrializados.

Inconvenientes: Es una fuente energética intermitente, ya que depende del clima y del número de horas de Sol al año. Además, su rendimiento energético es bastante bajo.

Por estas razones, no se debe desfavorecer a este proyecto, debido a que a medida que avanza el tiempo y los años, aparecen nuevos dispositivos que se les debe investigar pormenorizadamente para descubrir cómo funcionan y en donde se los puede emplear sin que estos sufran daño estructural o daño eléctrico permanente.

Según: CALVAS. Roland (2001) manifiesta que: “La electricidad que produce, durante unos veinte o treinta años (dependiendo de la calidad del sistema), es totalmente gratis”, esto elimina por completo el costo mensual de las facturas de electricidad, sin dejar de mencionar la mejor parte del asunto: los dueños de los paneles solares tienen la posibilidad de ceder a las compañías eléctricas su excedente de energía (en el caso de que los paneles produzcan más energía de la que se utiliza en la casa), recibiendo altos ingresos por ello.

Sería poco racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberarnos definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras, contaminantes o, simplemente, agotables.

Es preciso, no obstante, señalar que existen algunos problemas que debemos afrontar y superar. Aparte de las dificultades que una política energética solar avanzada conllevaría por sí misma, hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas fluctuaciones y a variaciones más o menos bruscas. Así, por ejemplo, la radiación solar es menor en invierno, precisamente cuando más la solemos necesitar.

Es de vital importancia proseguir con el desarrollo y perfeccionamiento de la todavía incipiente tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar, para conseguir las condiciones que la hagan definitivamente competitiva, a escala planetaria.

Es por esto, que el tema de investigación es de gran relevancia para la sociedad por su carácter de innovador, ya que, que ninguna maquina eléctrica es ideal o perfecta, es decir siempre sufrirá algún tipo de cambio en su tecnología que provocará pérdida o ganancia al realizar su labor.

Por otro lado, según FIORINA, Jean (1992) menciona que: “Con el avance continuo de las energías alternativas, los paneles solares residenciales cada vez son más accesibles para el público en general, pues la tendencia marca que, en los próximos años, reinarán las energías renovables y sustentables que causen beneficios al ambiente”.

Las células solares fotovoltaicas, dispuestas en paneles solares, ya producían electricidad en los primeros satélites espaciales, actualmente se perfilan como la solución definitiva al problema de la electrificación rural, con clara ventaja sobre otras alternativas, pues, al carecer los paneles de partes móviles, resultan totalmente inalterables al paso del tiempo, no contaminan ni producen ningún ruido en absoluto, no consumen combustible y no necesitan mantenimiento. Además, y aunque con menos rendimiento, funcionan también en días nublados, puesto que captan la luz que se filtra a través de las nubes.

La electricidad que así se obtiene puede usarse de manera directa por ejemplo para sacar agua de un pozo o para regar, mediante un motor eléctrico, o bien ser almacenada en acumuladores para usarse en las horas nocturnas. La electricidad fotovoltaica generada también se puede inyectar en la red general, obteniendo una buena rentabilidad económica, bien sea por medio de su autoconsumo o mediante su venta, ya que cada vez más países priman tanto a los pequeños como a los grandes productores de electricidad fotovoltaica, dado el beneficio que aporta para el medio ambiente.

A medida que se desarrolla la investigación, se permite establecer el marco teórico de los elementos que darán la pauta del proceso y de los fenómenos físicos que surgen al emplear química en los paneles fotovoltaicos, obteniendo de aquello la diferencia de potencial inicial para calcular la cantidad de paneles que se emplearan en el proyecto.

Dentro de las energías renovables que más se están usando, la solar es la más importante hasta el momento, con inversiones en tecnología e instalaciones millonarias. Se construyen decenas de granjas solares alrededor del mundo para generar cientos de megavatios de electricidad, con las cuales se genera energía eléctrica a partir de energías verdes o limpias lo cual ayuda enormemente a combatir el calentamiento global.

La energía solar es la energía renovable más utilizada en todo el mundo, pero aun no es una energía disponible para las personas, es muy cara aún. Para que los precios bajen la producción tiene que ser mayor, por lo que nos toca la responsabilidad de empezar a usarla para que en un futuro cercano sea accesible para todas las personas de este planeta.

Así como también, los datos recabados de las proyecciones y estadísticas de electrificación en zonas rurales, denotando que en el lugar escogido aún no han sido considerados para la electrificación, por factores de índole geográfica, es por esto que se considera oportuna y efectiva esta investigación.

Según ARRIAGA, JESÚS (1998), “Las nuevas tecnologías en el desarrollo de materiales y modelos de aplicación, permiten ir descubriendo alternativas para mejorar la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, siendo estos empleados en una gran cantidad de aparatos eléctricos de consumo masivo en todo el mundo, 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 la utilización de estos dispositivos ayudando a la repotenciación para mejorar el consumo de energía eléctrica.

La flexibilidad de la energía solar permite a los usuarios tener diferentes tipos de sistemas de energía solar, adaptada a tus necesidades y preferencias específicas, la electricidad solar puede servir como una fuente de energía para un trabajo específico. Esta podría ser utilizada para la iluminación de un patio, la calle, o para un sistema de seguridad en el hogar, entre otras aplicaciones.

En términos generales, los sistemas de energía solar se pueden clasificar principalmente en: Directos, aislados, interconectados e híbridos. Cualquiera de estos tipos de sistemas tienen sus beneficios y aplicaciones, y cada uno puede, o no, cumplir con todos o parte de los requisitos eléctricos del usuario.

Las celdas de los paneles solares se hacen generalmente de silicio, el mismo material que se utiliza para fabricar los transistores y circuitos integrados. El silicio es tratado, de modo que cuando la luz incide sobre él, se liberan electrones, por lo que se genera una corriente eléctrica. En base a esto, tenemos diferentes tipos de paneles solares.

Hay tres tipos básicos de celdas solares: Tenemos las celdas monocristalinas, que se cortan a partir de un lingote de silicio, mientras que las celdas policristalinas se cortan de un lingote compuesto de muchos cristales más pequeños. El tercer tipo es la amorfa o de película fina.

Es inaplazable, porque según COLLOMBET, Christian (1999), menciona que “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”. 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.

La electricidad tradicional proviene a partir de combustibles fósiles como el carbón y el gas natural. Cuando se queman combustibles fósiles para crear energía, emiten gases tóxicos que son la causa principal de la contaminación y el calentamiento global.

Otro punto en contra de estas fuentes de energía, no es únicamente el hecho de que son malos para el medio ambiente, sino que también son un recurso finito. La disponibilidad limitada crea un mercado volátil en el que los precios de la energía pueden dispararse en un corto período de tiempo.

Diferentes factores influyen en cuanta energía genera un Panel Solar, como es el caso de su potencia. Si la instalación de paneles solares es grande, habrá una mayor producción de potencia, tal y como sucede en un auto, mientras más grande sea el motor, más potencia tendrá.

Ahora bien, manteniendo el ejemplo de un auto, éste necesita combustible, y mientras más combustible tenga, mayor tiempo podremos tener el pie en el acelerador. En el caso de un panel solar, el combustible es el sol, y tenemos algo llamado: Horas Sol Pico.

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 infracción 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 este estudio de factibilidad, 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 sitio escogido, por su interés en tener tecnología que sirva para el mejoramiento del buen vivir.

Una de las razones más importantes es el cuidado al medio ambiente y una mayor atención hacia el cambio climático; lo cual ha llevado a buscar energías con baja emisión de carbono, denominadas energías renovables. La primera es la energía solar y sus principales cualidades son:

Produce poca o ninguna emisión de carbono, a diferencia de la quema de combustibles fósiles, la energía solar no genera o genera muy poco estos gases, causantes del cambio climático y del efecto invernadero.

Es inagotable, mientras que los combustibles como el petróleo, el gas y el uranio, existen en cantidades limitadas, la energía del sol se espera que exista por lo menos de igual manera que nosotros, por lo que se considera inagotable. Esto significa que no tendremos que preocuparnos porque se vaya a terminar.

Requiere poco mantenimiento, debido a que los materiales que se utilizan requieren poco mantenimiento, lo cual hace barato su mantenimiento.

No contamina, además de no emitir carbono, la energía solar no genera subproductos tóxicos o emisiones, lo que es una verdadera tecnología verde.

Es silenciosa, a diferencia de las turbinas utilizadas en energía eólica o los hornos de las plantas de carbón, la energía solar casi no genera nada de ruido.

La energía solar es de bajo costo a largo plazo, aunque el costo inicial de la instalación es caro, la energía solar en la mayoría de los casos se paga por sí misma en un corto tiempo, así como también, el costo de la energía solar se ha fijado en la inversión inicial, a diferencia de las fuentes de energía que funcionan con combustibles, los cuales requieren un pago constante.

Es necesario destacar que esta investigación fue elegida, por la importancia de tener y garantizar un suministro de energía eléctrica estable, por el modelo de clasificación como energía renovable no perjudicial para el medio ambiente, por la entereza que se le da al

tema de estudio por parte de los proponentes de la investigación, y porque se ejerce un vínculo con la comunidad, elemento esencial para el desarrollo de este proyecto.

Al realizar un análisis del estado en que se encuentra el sector asociado a esta investigación, se identifican situaciones que difieren con otras investigaciones con características similares, tales como la metodología de los equipos que se utilizará para realizar el análisis de los factores geográficos y meteorológicos, los equipos de recolección y almacenamiento de energía y su trasportación hasta su entrega en los inversores de potencia y otros elementos.

Según COLLOMBET, Christian (1999) manifiesta que: “Los circuitos eléctricos que se diseñan para una determinada zona, son semejantes entre sí, porque en ellos se encontraran las mismas variables que se necesitan para calcular las propiedades eléctricas, siendo sus variables indistintas aquellas que se modifican de acuerdo a distancia, potencia, frecuencia entre otras.”

Esta investigación se la considera necesaria debido a su alto nivel de conocimiento que se genera, porque servirá como modelo de guía para futuras investigaciones, es necesaria esta investigación porque el lugar que se seleccionó no tienen suministro de energía eléctrica, razones que hacen necesaria el realizar esta investigación; además que se la considera oportuna porque es el mejor momento debido a los factores socio económicos y ambientales, con un alto nivel de efectividad al momento de su implementación.

En sistemas eléctricos autónomos juegan un papel importante la ampliación y el tipo de conexión de cada uno de los componentes. Por medio de la conexión en corriente alterna la instalación se puede ampliar fácilmente tanto en el lado de la generación de energía solar, eólica, hidráulica, diésel etc., como en el lado del consumo.

Por otra parte, FERRACCI, Philippe (2004), manifiesta que “Al usar energía renovable, con equipos receptores de energía solar, se amplía el rango de amplitud en la elaboración de nuevos aparatos que funcionen con altas características y parámetros, mejorando calidad y servicio en lugares que son de difícil acceso y olvidados por parte de sus autoridades”.

Las aplicaciones agrícolas son muy amplias, en invernaderos solares pueden obtenerse mayores y más tempranas cosechas; los secaderos agrícolas consumen mucha menos

energía si se combinan con un sistema solar, y, por citar otro ejemplo, pueden funcionar plantas de purificación o desalinización de aguas sin consumir ningún tipo de combustible.

Actualmente se perfilan como la solución definitiva al problema de la electrificación rural, con clara ventaja sobre otras alternativas, pues, al carecer los paneles de partes móviles, resultan totalmente inalterables al paso del tiempo, no contaminan ni producen ningún ruido en absoluto, no consumen combustible y no necesitan mantenimiento.

Por otro lado, SANDRON, PAÚL (2003), menciona que “Cómo la amenaza del agotamiento de los combustibles fósiles aumenta, la fuente de energía alternativa puede volver a convertirse en la principal forma utilizada por la sociedad”, entonces, la energía solar es una de las más fácilmente disponibles y poco utilizadas del planeta. Su propagación hace de ella una opción viable para todos los climas de la Tierra, los paneles solares pueden usarse para acumular la energía del sol recolectando el calor producido por este y convirtiendo sus rayos en electricidad.

La energía solar es una energía que siempre ha estado ahí, latente, pero que realmente no se ha desarrollado lo suficiente si la comparamos con otros tipos de energía, como los combustibles fósiles (carbón, petróleo o gas natural) o la energía nuclear. A decir verdad, la mayor parte de las energías renovables van con retraso respecto a otras, pero parece que la situación está cambiando poco a poco.

En algunos países, como Alemania, la energía solar cobra un gran protagonismo; a finales de los 80 y principios de los 90 se pusieron en marcha varios planes para la construcción de plantas de energía solar y tejados solares. Además, el gobierno alemán ha fomentado la implantación de este tipo de energía con subvenciones y ayudas.

En Rajastán (India), se han construido cocinas solares, con la capacidad de alimentar a 1000 personas al día. La cocina solar más grande del mundo puede servir 33.800 comidas diarias. Chipre es el país que más cantidad de energía solar produce por habitante, y más del 90% de sus edificios contienen captadores solares térmicos, en Grecia es capaz de abastecer a uno de cada 4 habitantes mediante la energía solar, y sus instalaciones de energía solar suponen más del 20 % de todos los europeos.

En Israel, una ley instaurada hace 20 años, obliga a que los edificios están dotados de colectores solares, lo que implica que el 85% de las viviendas tengan energía solar, La energía solar es susceptible de ser aprovechada en numerosos ámbitos, que incluyen algunas industrias y sectores que actualmente solo miran en la dirección de los combustibles fósiles.

Una de las posibles aplicaciones de la energía solar y que, de hecho, ya se está llevando a cabo en algunas ciudades, es como fuente de alumbrado público. En algunas zonas se han colocado farolas que funcionan a través de energía solar y son capaces de acumular energía durante el día para ofrecer luz durante la noche. Se trata de un sistema que daría lugar al autoabastecimiento de luz y que ofrecería un gran ahorro en el alumbrado público.

Por otro lado, otra de las posibles aplicaciones de la energía solar podría estar en la industria automovilística, donde todavía no ha pasado de ser el sistema de propulsión de algunos prototipos de imagen futurista. Sin embargo, la idea de vehículos totalmente autónomos que no necesitan de combustible o de recargarse eléctricamente y que además son totalmente limpios y respetuosos con el medio ambiente debería valorarse. Al menos, mucho más de lo que se ha venido haciendo hasta ahora.

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 metodologías que se aplican a este proyecto, tales 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 todos 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 Limón de Platanales Parroquia Santa Rita Cantón Chone.

### **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Qué beneficio se obtendría al realizar un 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?

El desarrollo 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 las 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 ajeno 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, frío 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 normas, esto significa un mejor confort y una visión totalmente elegante de lugar.

En general esta investigación, dará un punto de partida para que a futuro tenga 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 para la instalación de paneles solares que doten de energía eléctrica a vivienda rural del Sitio Limón de Platanales Parroquia Santa Rita Cantón Chone.

#### **HIPÓTESIS.**

Con un estudio de este tipo se podrá determinar si la tecnología de paneles solares es apropiada como fuente de suministro de energía eléctrica a las comunidades rurales del Sitio Limón de Platanales Parroquia Santa Rita Cantón Chone.

#### **VARIABLE DEPENDIENTE.**

Tecnología de paneles solares.

#### **VARIABLE INDEPENDIENTE.**

Fuente de suministro de energía eléctrica.

#### **TAREAS CIENTÍFICAS DE INVESTIGACIÓN.**

**TAREA 1.-** Analizar el estado del arte sobre el uso de energía solar.

**TAREA 2.-** Definir los fundamentos teóricos para determinar el funcionamiento del panel solar fotovoltaico.

**TAREA 3.-** Determinar la demanda del consumo eléctrico de la vivienda rural.

**TAREA 4.-** Elaborar el modelo de factibilidad en la vivienda atendida en el proyecto.

**TAREA 5.-** Diseñar la propuesta para la dotación de energía eléctrica con paneles solares fotovoltaicos.

## **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.**

La población estará formada por 8 habitantes de la vivienda rural del sitio Limón de Platanales de la Parroquia Santa Rita del Cantón Chone.

### **Muestra.**

La muestra se aplicará a la totalidad de la población (8 habitantes), por tratarse de un número reducido de participantes.

LUGAR	POBLACIÓN	MUESTRA	%
Sitio Limón de Platanales de la Parroquia Santa Rita del Cantón Chone	Vivienda rural	8	100
	TOTAL	8	100

## **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.

## 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 transmiten 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.<sup>1</sup>

**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.

---

<sup>1</sup> <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 CO<sub>2</sub>, 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.<sup>2</sup>

### **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

---

<sup>2</sup> <http://twenergy.com/a/que-son-las-energias-renovables-516>

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

#### **1.1.4. Sistema fototérmico.-**

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 recámara 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 mediante 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.<sup>3</sup>

Los paneles o módulos tienen una vida útil de (25 a 30) años, estas células de silicio transforman la energía de los fotones 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 cuántas 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

---

<sup>3</sup> [http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos/energia/solar.htm](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 monocristalinas (izquierda) y policristalina (derecha).

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

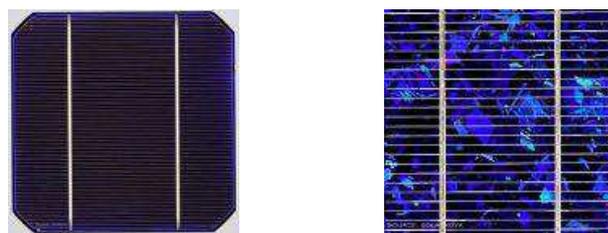


Figura 1 de celdas monocristalinas y policristalinas.

Frecuentemente con placas policristalinas 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 (amorfos), 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).

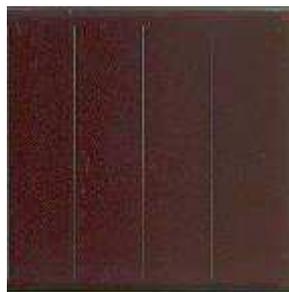


Figura 2 Celda solar de capa fina

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.

#### **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.

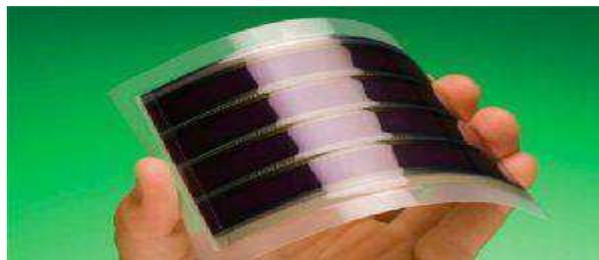


Figura 4 de celda flexible

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.

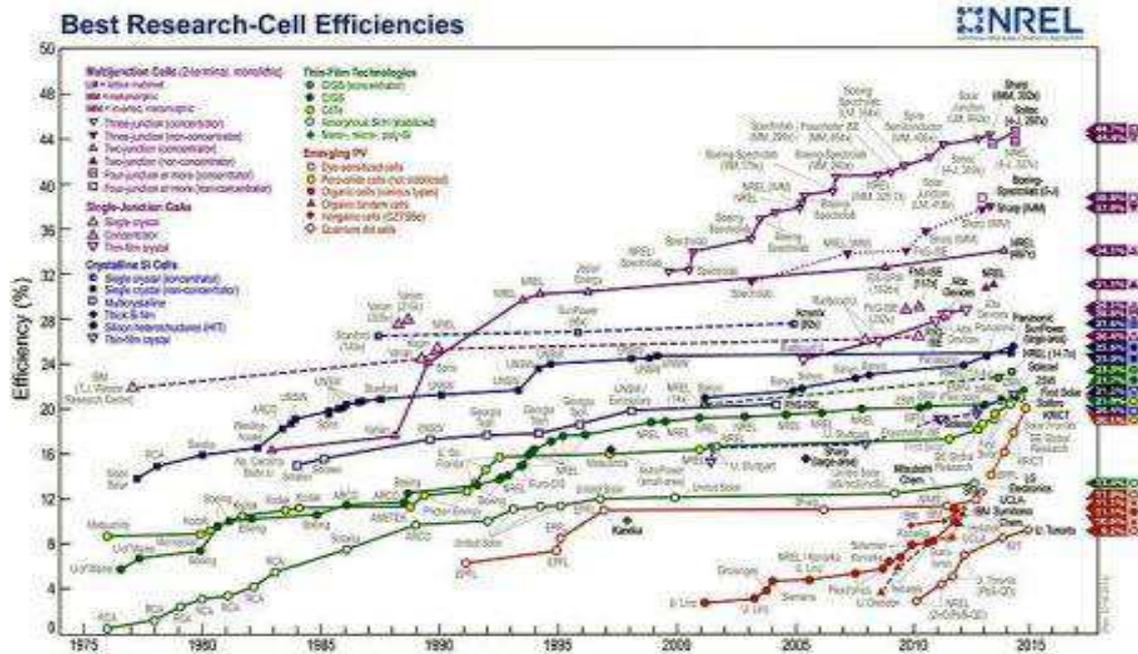
#### **1.1.13. Eficiencias de Celdas Fotovoltaicas.-**

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%.<sup>4</sup>

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

---

<sup>4</sup> <http://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/pvpaneles>



La figura 5 muestra este proceso (fuente National Renewable Energy Laboratory, NREL).

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 fotovoltaicas 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 policristalinas 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 tener en cuenta varios parámetros 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 m<sup>2</sup>: W/m<sup>2</sup>

Irradiación G: energía solar por m<sup>2</sup> durante un tiempo determinado (día, mes, año).

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

Las unidades más frecuentes:

Joules/m<sup>2</sup> = W·s/m<sup>2</sup>

kWh/m<sup>2</sup> = 3.6·10<sup>6</sup> Joules/m<sup>2</sup>

Langley = 1caloría/cm<sup>2</sup> = 41.86·10<sup>3</sup> Joules/m<sup>2</sup>

### **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: 0°13'S 78° 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.<sup>5</sup>

**ECUADOR- CHONE Latitud -0.697 / Longitud -80.103.**

---

	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

---

Meses	T. del Air	Humedad. relativa	Radiación solar diaria horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del viento	T. de la tierra
	°C	%	kWh/m <sup>2</sup> /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

<sup>5</sup> <http://espanol.mapsofworld.com/continentes/sur-america/ecuador/latitud-y-longitud-de-ecuador.html>

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
<b>ANUAL</b>	25.2	69.1%	4.88	98.3	2.4	28.3

Tabla 1

### 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 ( $\alpha$ ,  $\beta$ ):

- a. ( $\alpha$ ): ángulo que forma el plano perpendicular al panel con la dirección Norte-Sur
- b. ( $\beta$ ): ángulo que forma el panel con la horizontal

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

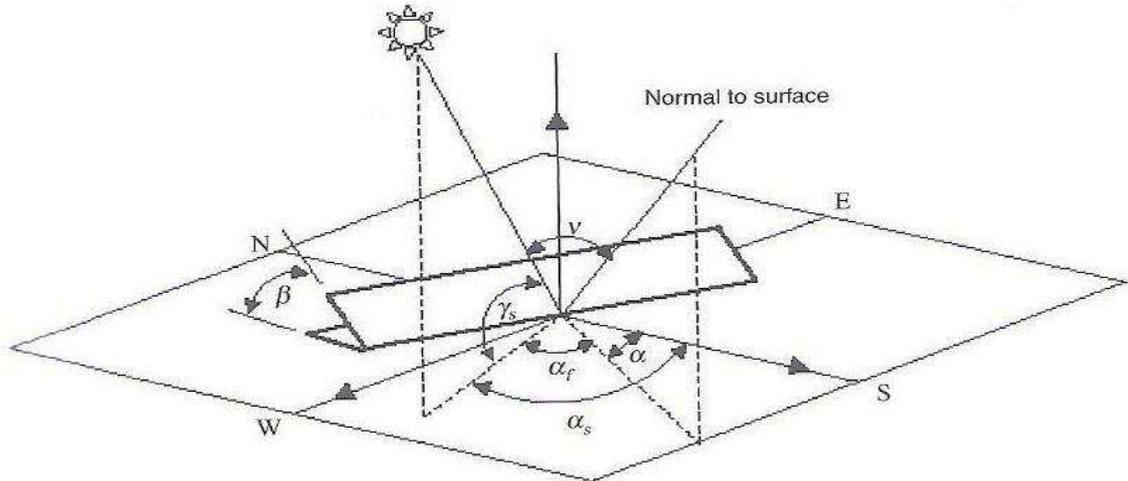


Figura de inclinación de paneles fotovoltaico

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

El cálculo de la energía recibida en diferentes inclinaciones  $\beta$  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  $I_d$ : parte de la energía que llega a un plano directamente de los rayos del sol.

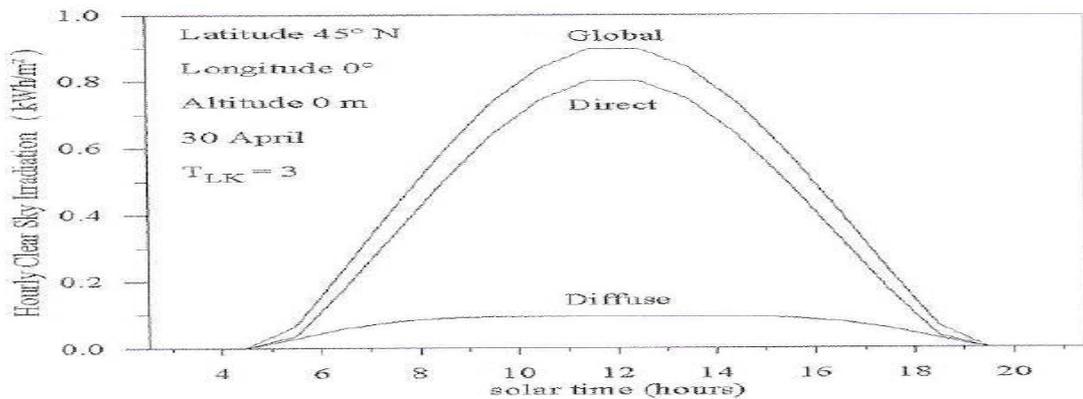


Figura de irradiación solar directa, difusa y global.

Componente difusa  $D_d$ : 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:  $G_d = I_d + D_d$

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

Las fórmulas para calcular  $I_d$  y  $D_d$  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  $\delta$ : 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  $23.45^\circ$  con el ecuador.  $\delta=0$  el 21 de marzo y el 23 de septiembre.

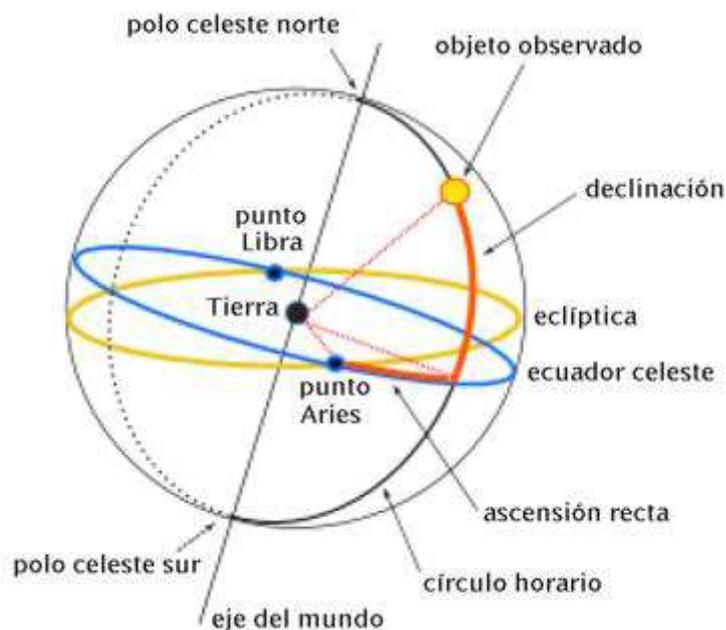


Gráfico de la declinación solar

- c. Latitud  $\phi$ : es el ángulo entre el punto considerado y el ecuador, medido sobre el meridiano que pasa por el lugar.
- d. Longitud  $\lambda$ : es el ángulo entre que forman el plano del meridiano que pasa por el lugar con el de referencia (Greenwich)

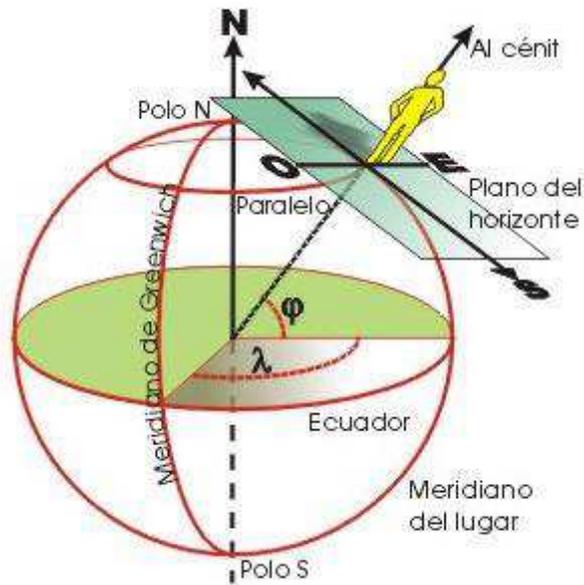


Gráfico del plano en el horizonte según el meridiano

- e. Altitud solar  $\gamma$ s: ángulo desde el plano horizontal hasta el centro del disco solar.
- f. Azimut solar  $\alpha$ s: ángulo en el plano horizontal entre el plano que pasa por la vertical y el sol y la dirección norte sur.

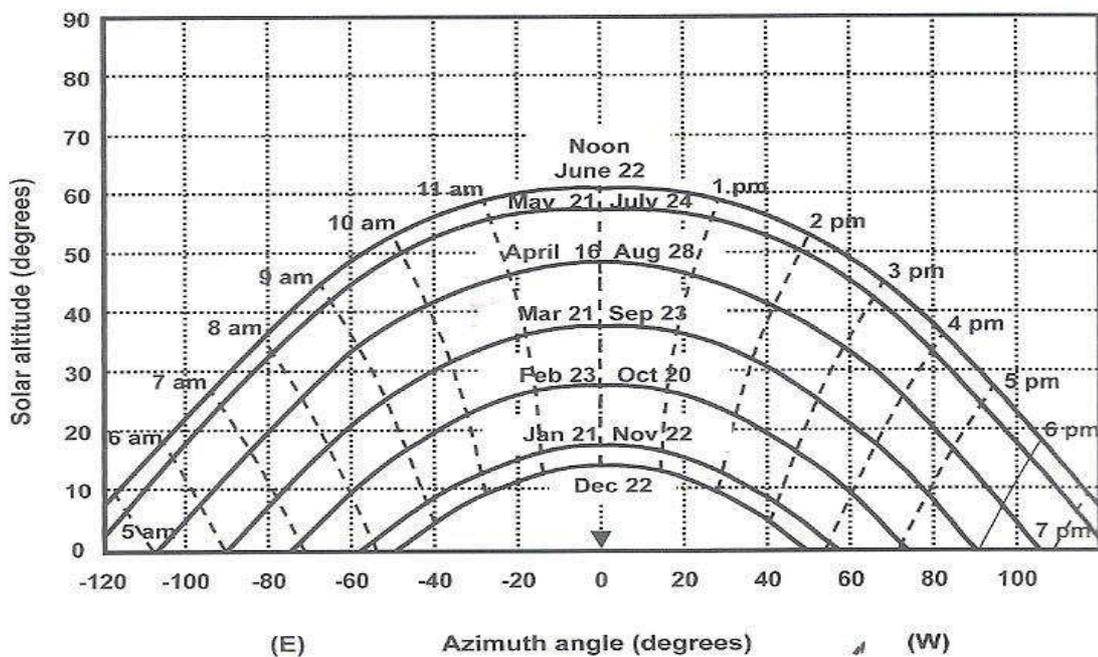


Gráfico del ángulo de azimuth según la altitud del sol

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  $\omega_s$  es el ángulo de salida del sol, la duración del día es  $2\omega_s$ , por otro lado el ángulo de salida del sol  $\omega_s$  está en función de la declinación  $\delta$  y de la latitud  $\phi$ .

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

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\operatorname{tg}\phi \cdot \operatorname{tg}\delta)$$

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

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

Donde:

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

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

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

$d_n$  = orden del día en el calendario juliano

$$\omega_s = \text{ángulo de salida del sol} = \operatorname{arc\,cos}(-\operatorname{tag}\phi \cdot \operatorname{tag}\delta)$$

$\phi$  = latitud del lugar

$$\delta = \text{declinación solar} = [(0,0006918 - 0,399912 \cos \gamma + 0,070257 \text{ sen } \gamma) - (0,006758 \cos 2\gamma + 0,000907 \text{ sen } 2\gamma) - (0,002697 \cos 3\gamma + 0,00148 \text{ sen } 3\gamma)]$$

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

Para el cálculo de la irradiación difusa solar en la superficie horizontal se denota la siguiente expresión:<sup>6</sup>

$$D_d (\text{kWh/m}^2 \text{ dia})$$

Donde:

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

$G_d$  = irradiación global en superficie horizontal

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

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

$$I_d (\text{kWh/m}^2 \text{ dia})$$

$$I_d = G_d - D_d$$

Para el cálculo de la irradiación en el plano inclinado  $\beta$  suponiendo que  $\alpha = 0$  ( $\text{kWh/m}^2 \text{ dia}$ ). Siendo el factor de corrección geométrico:

---

<sup>6</sup> VINAS. LLUÍS, *Dimensionado de sistemas fotovoltaicos*, pág.(1-68), Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España

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

Y donde la radiación directa en el plano inclinado de  $\beta$

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

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

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

Donde la radiación global en el plano inclinado de  $\beta$

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

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

Las Horas Pico Solar (HPS) equivale a la duración en horas de un día semejante, que con una irradiación constante de 1 kW/m<sup>2</sup>, 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/m<sup>2</sup>, 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.<sup>7</sup>



Figura en bloques de un sistema fotovoltaico

### 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 métodos de cálculos.

<sup>7</sup> VINAS. LLUÍS, *Dimensionado de sistemas fotovoltaicos*, pág.(1-68), Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España

**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. Cálculo de energía consumida en corriente continua:**

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

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:**

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

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/m<sup>2</sup>) 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/m<sup>2</sup>) 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. Cálculo del número total de paneles por balance energético:**

$$N_T = E_T / [HPS * P_P * P_G]$$

Donde:

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

$P_P$  = 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. Cálculo 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  $\Delta E$  (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:  $\Delta E_{\text{aut}} = D \cdot E_T$  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:  $\Delta E_{\text{def}} = [E_T - E_G]$  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):

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

### 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:

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

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

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

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

$P_P$  = potencia pico del panel fotovoltaico

$V_{\text{pmpP}}$  = 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 ( $V_{ef}$ ).
- 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 la vivienda rural.

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 de estudio 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 Limón de Platanales Parroquia Santa Rita Cantón Chone, al noreste de la cabecera cantonal de Chone.



Figura de la vivienda rural, cuya geo referencia es -0.7414363; -80.0064873; Sitio Limón de Platanales.<sup>8</sup>

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

Mediante documento dirigido al propietario de la vivienda rural del Sitio Limón de Platanales del Cantón Chone, se solicitó la respectiva autorización para poder realizar la recopilación de información; obtenida la aprobación, se procedió a recopilar los datos, la misma que consistió en entrevistar al dueño del predio, encuestar a los habitantes de la vivienda rural involucrados en la investigación, y posteriormente se procedió a la tabulación de los datos.

<sup>8</sup> <https://www.google.com.ec/maps/@-0.7414363,-80.0064873,204m/data=!3m1!1e3?hl=es-419>

### 2.2.1. Población y muestra.

#### **Población.**

La población estará formada por 8 habitantes de la vivienda rural del sitio Limón de Platanales de la Parroquia Santa Rita del Cantón Chone.

#### **Muestra.**

La muestra se aplicará a la totalidad de la población (8 habitantes), por tratarse de un número reducido de participantes.

<b>LUGAR</b>	<b>POBLACIÓN</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>%</b>
Sitio Limón de Platanales de la Parroquia Santa Rita del Cantón Chone	Vivienda rural	8	100
	<b>TOTAL</b>	8	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?

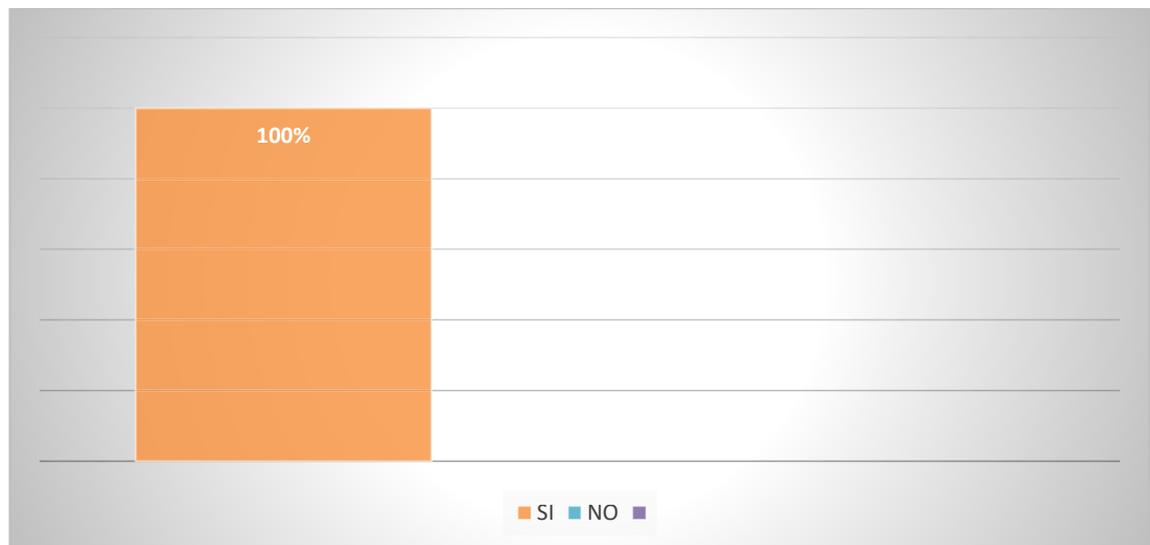
TABLA 1

ALTERNATIVA	f	%
SI	8	100
NO	0	0
TOTAL	8	100

**Fuente:** Habitantes del Sitio Limón de Platanales de Chone

**Elaborado por:** Pedro Rubén Giler Vera y Cristhian Javier Cedeño Zambrano

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 Limón de Platanales del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 8 habitantes encuestadas que representan el 100% manifestaron que SI es importante servicio eléctrico para el desarrollo de las actividades diarias.

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

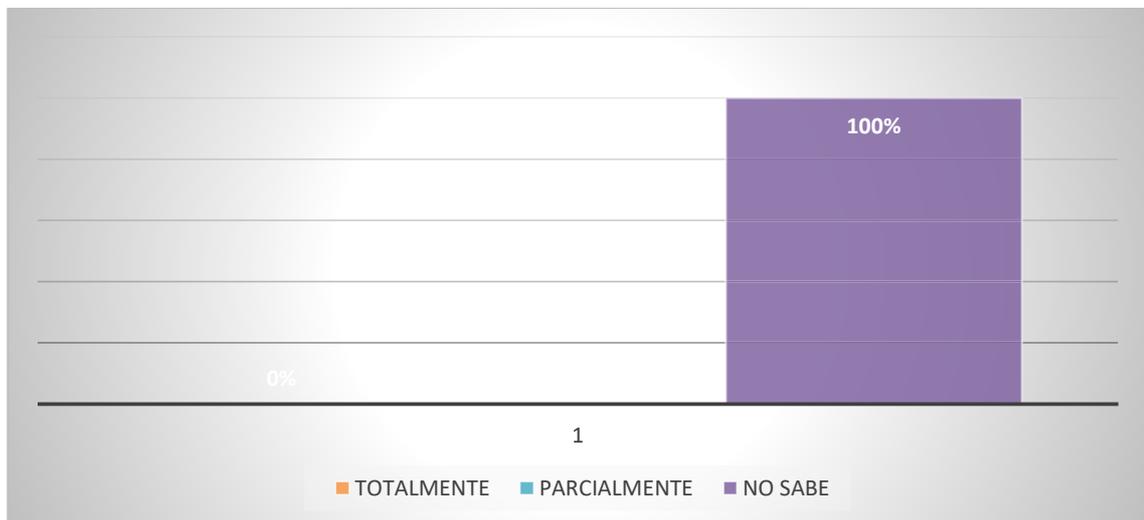
TABLA 2

ALTERNATIVA	f	%
TOTALMENTE	0	0
PARCIALMENTE	0	0
NO SABE	8	100
TOTAL	8	100

**Fuente:** Habitantes del Sitio Limón de Platanales de Chone

**Elaborado por:** Pedro Rubén Giler Vera y Cristhian Javier Cedeño Zambrano

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 Limón de Platanales del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 8 habitantes encuestadas que representan el 100% manifestaron que NO saben si fue repotenciado eléctricamente su barrio.

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

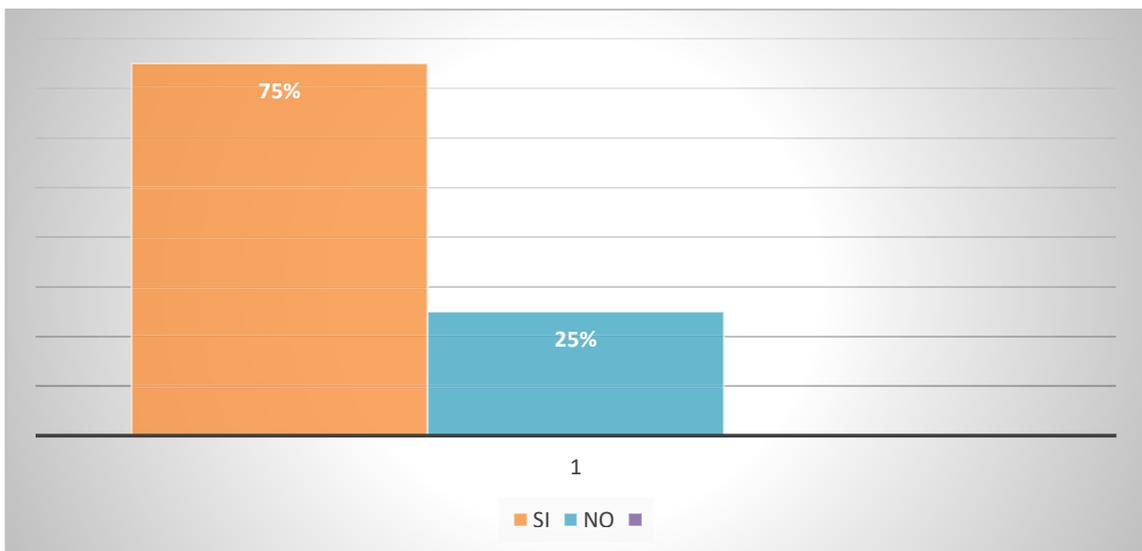
TABLA 3

ALTERNATIVA	f	%
SI	6	75,00%
NO	2	25,00%
Total	8	100%

**Fuente:** Habitantes del Sitio Limón de Platanales de Chone

**Elaborado por:** Pedro Rubén Giler Vera y Cristhian Javier Cedeño Zambrano

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 Limón de Platanales del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 8 habitantes encuestadas que representan un 75% manifestaron que es necesario conocer las características de los paneles solares, un 5% manifestaron que no es necesario y un 25% manifestaron que a medias es necesario.

4.- ¿Se ha enterado de interrupciones no programadas en el servicio eléctrico?

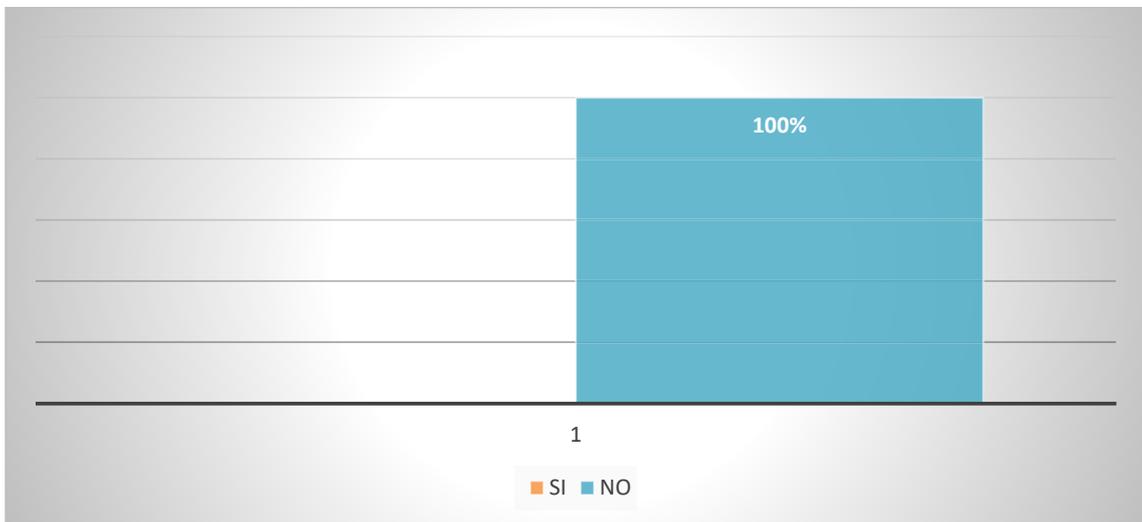
TABLA 4

ALTERNATIVA	f	%
SI	0	0,00%
NO	8	100,00%
TOTAL	8	100%

**Fuente:** Habitantes del Sitio Limón de Platanales de Chone

**Elaborado por:** Pedro Rubén Giler Vera y Cristhian Javier Cedeño Zambrano

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 Limón de Platanales del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 8 habitantes encuestadas que representan el 100% manifestaron que NO se enteraron de interrupciones no programadas en el servicio eléctrico.

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

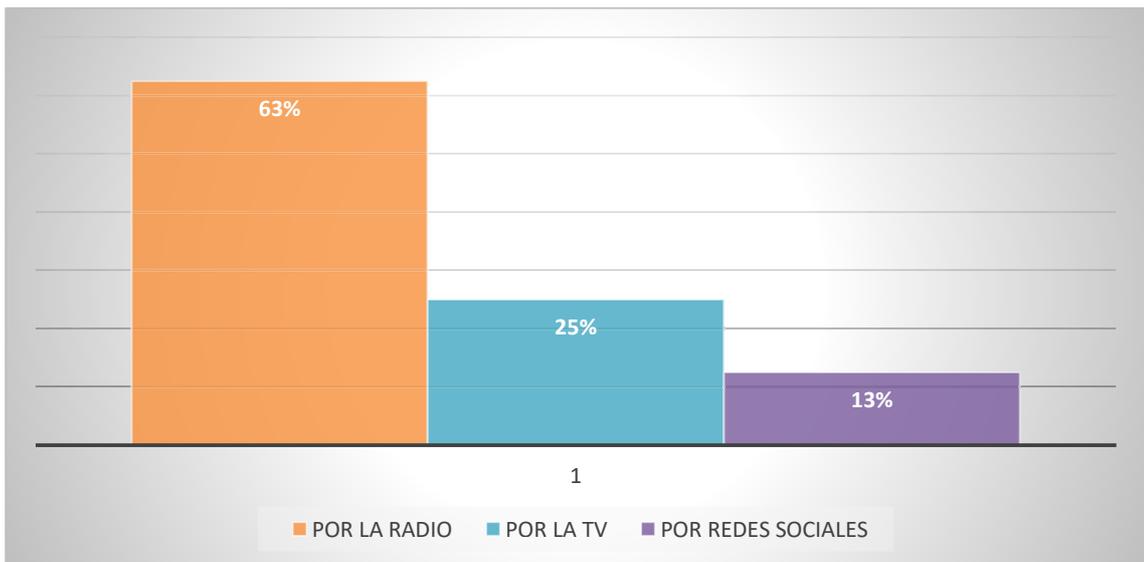
TABLA 5

ALTERNATIVA	f	%
POR LA RADIO	5	63%
POR LA TV	2	25%
POR REDES SOCIALES	1	13%
TOTAL	8	100%

**Fuente:** Habitantes del Sitio Limón de Platanales de Chone

**Elaborado por:** Pedro Rubén Giler Vera y Cristhian Javier Cedeño Zambrano

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 Limón de Platanales del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 8 habitantes encuestadas que representan el 63% manifestaron que por radio recibe avisos sobre interrupciones programadas en el servicio eléctrico; el 25% manifestó que por televisión; y un 13% recibe avisos por las redes sociales sobre interrupciones programadas en el servicio eléctrico.

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

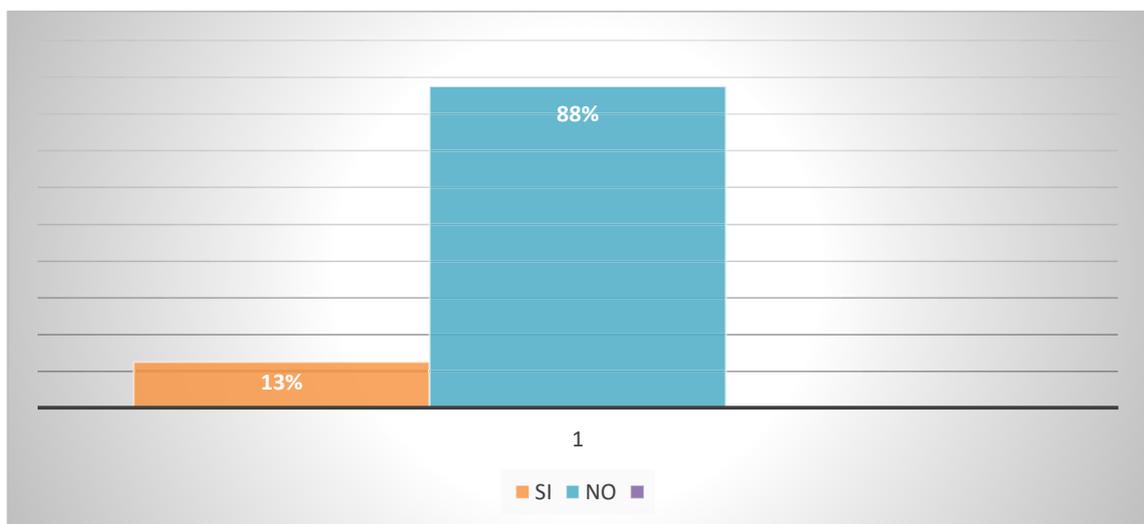
TABLA 6

ALTERNATIVA	f	%
SI	1	13%
NO	7	88%
TOTAL	8	100%

**Fuente:** Habitantes del Sitio Limón de Platanales de Chone

**Elaborado por:** Pedro Rubén Giler Vera y Cristhian Javier Cedeño Zambrano

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 Limón de Platanales del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 8 habitantes encuestadas que representan el 88% manifestaron que NO saben de algún tipo de generación eléctrica alternativa; el 13% manifestó que SI.

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

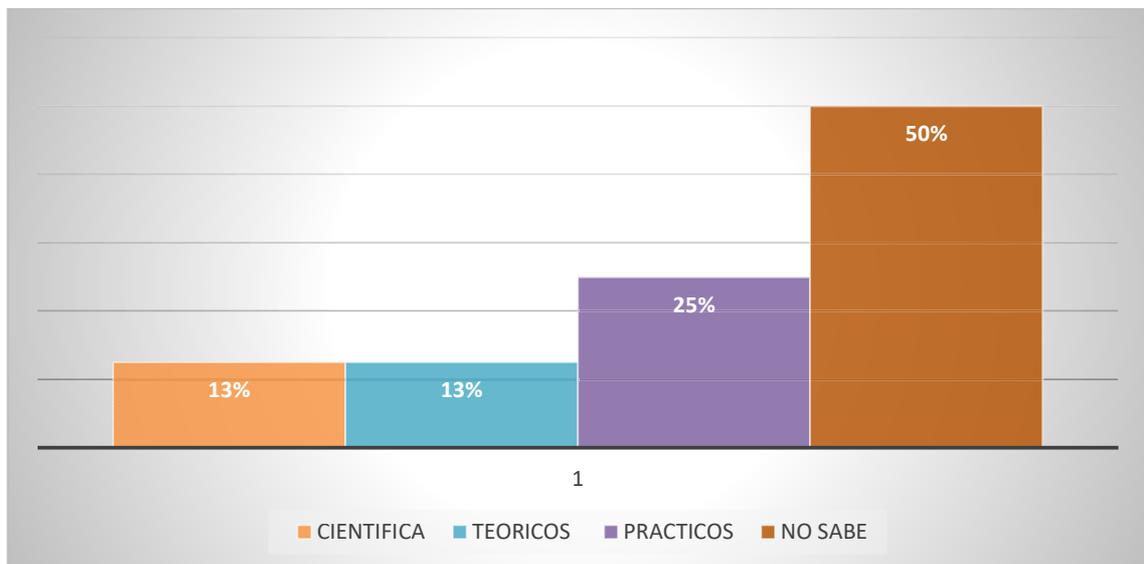
TABLA 7

ALTERNATIVA	f	%
CIENTÍFICA	1	12,50%
TEÓRICOS	1	12,50%
PRÁCTICOS	2	25,00%
NO SABE	4	50,00%
TOTAL	8	100%

**Fuente:** Habitantes del Sitio Limón de Platanales de Chone

**Elaborado por:** Pedro Rubén Giler Vera y Cristhian Javier Cedeño Zambrano

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 Limón de Platanales del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 8 habitantes encuestadas que representan el 50% manifestaron que NO SABER qué criterios técnicos deben usarse para la generación de energía eléctrica fotovoltaica; el 25% manifestó que prácticos, un 13% teóricos y un 13% científicos.

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

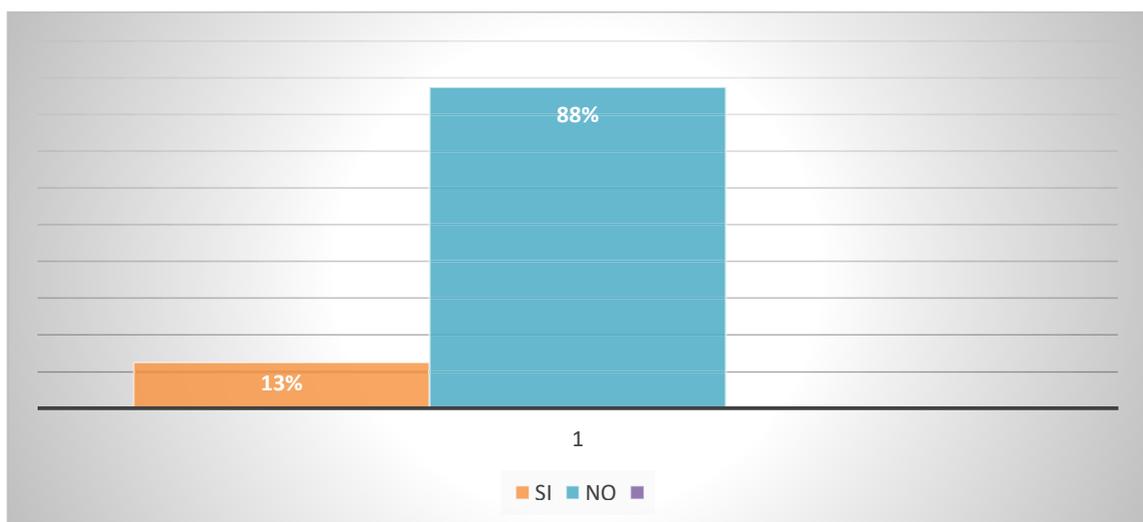
TABLA 8

ALTERNATIVA	f	%
SI	1	12,50%
NO	7	87,50%
TOTAL	8	100%

**Fuente:** Habitantes del Sitio Limón de Platanales de Chone

**Elaborado por:** Pedro Rubén Giler Vera y Cristhian Javier Cedeño Zambrano

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 Limón de Platanales del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 8 habitantes encuestadas que representan el 88% manifestaron que NO conoce que beneficio presta al sistema eléctrico la utilización de equipos fotovoltaicos; el 13% manifestó que si algo conoce,

9.- ¿Sabe sobre generación eléctrica fotovoltaica?

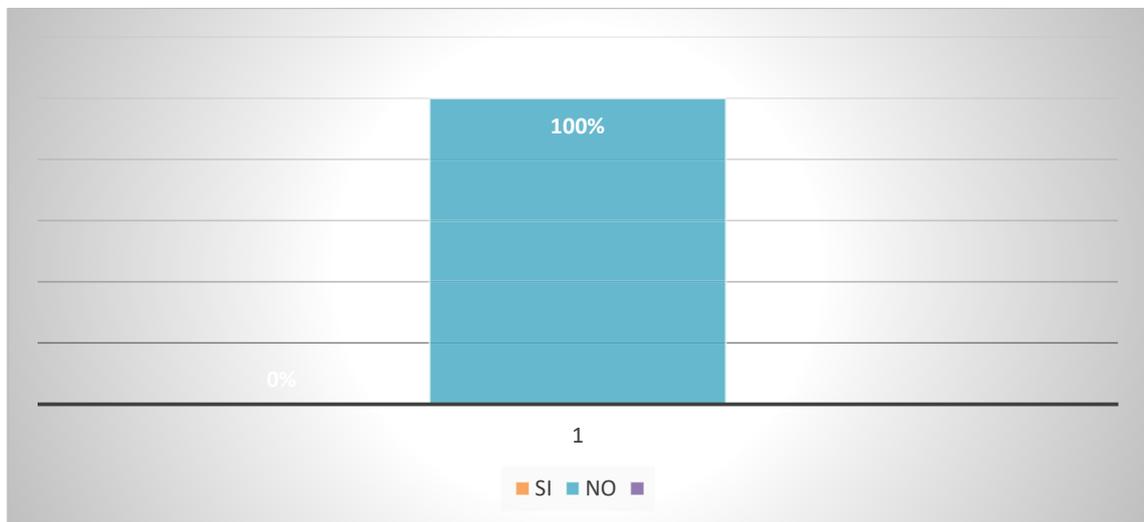
TABLA 9

ALTERNATIVA	f	%
SI	0	0
NO	8	100
TOTAL	8	100

**Fuente:** Habitantes del Sitio Limón de Platanales de Chone

**Elaborado por:** Pedro Rubén Giler Vera y Cristhian Javier Cedeño Zambrano

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 Limón de Platanales del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 8 habitantes 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?

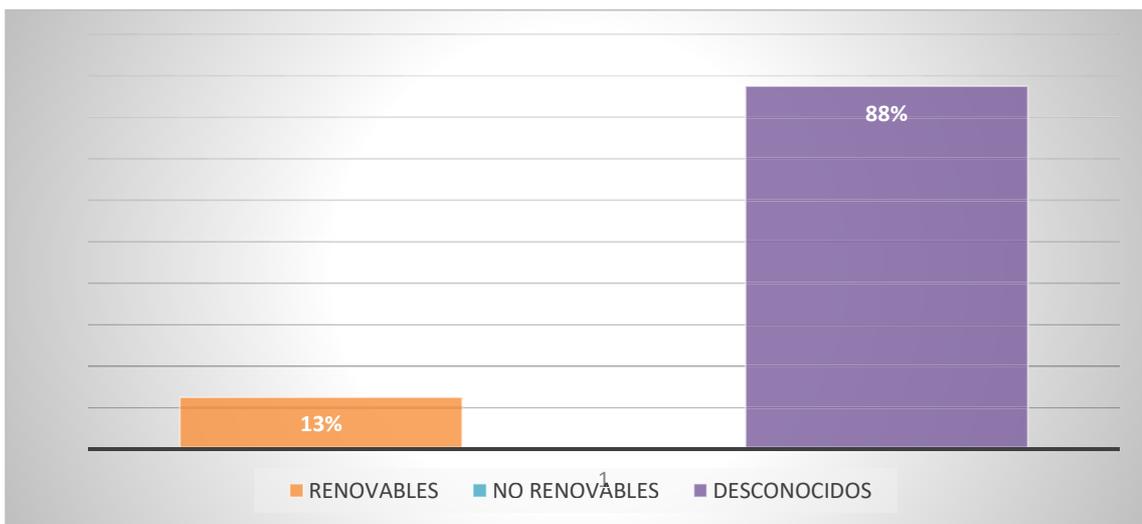
TABLA 10

ALTERNATIVA	f	%
RENOVABLES	1	12,50%
NO RENOVABLES	0	0,00%
DESCONOCIDOS	7	87,50%
TOTAL	8	100%

**Fuente:** Habitantes del Sitio Limón de Platanales de Chone

**Elaborado por:** Pedro Rubén Giler Vera y Cristhian Javier Cedeño Zambrano

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 Limón de Platanales del Cantón Chone, se pudo obtener los siguientes resultados 8 habitantes encuestadas que representan el 88% manifestaron saber cómo se les llama a los sistemas de generación eléctrica con medios solares; un 13% piensa que es renovables.

### CAPITULO III

#### 3. CONSUMO ELÉCTRICO DE LA VIVIENDA RURAL.

##### 3.1. Demanda del consumo eléctrico de la vivienda rural.

###### 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.

<b>EQUIPO / ARTEFACTO</b>	<b>CANT.</b>	<b>P. WATT</b>	<b>P. TOTAL</b>
REFRIGERADORA	1	160	160
BOMBA DE AGUA	1	550	550
TELEVISOR	2	80	160
LÁMPARA FLUORESCENTE	1	80	80
LÁMPARA FLUORESCENTE	2	40	80
LÁMPARA FLUORESCENTE	2	23	46
COMPUTADORA	1	670	670
ARROCERA	1	700	700
LAVADORA	1	750	750
CODIFICADOR TV	2	25	50
FOCO INCANDESCENTE	2	100	200
COCINA DE INDUCCIÓN	1	1450	1450
<b>TOTAL</b>		<b>4628</b>	<b>4896</b>

Tabla de potencia de consumo de los aparatos domésticos.

Después de obtener la potencia total de consumo que estará instalada en la vivienda rural, se procede a dimensionar el circuito que suministrara la potencia necesaria para que al

momento de que arranque cualquiera de los aparatos, el inversor de corriente no sufra daño irreversible.

Para realizar el cálculo se establece que el perfil de potencia instalada será de 5KVA 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. MODELO DE FACTIBILIDAD EN LA VIVIENDA ATENDIDA EN EL PROYECTO.**

#### **3.3. Cálculos para el diseño de un sistema de panel solar fotovoltaica que suministre 5kva- 120 / 240Vac**

La potencia instalada será de 5kva a una tensión de 120/240voltios alternos, 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.

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

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:

$$E_{AC} = VA * \cos\varphi (W)$$

$$E_{AC} = 5000VA * 0,9$$

$$E_{AC} = 4500vatios$$

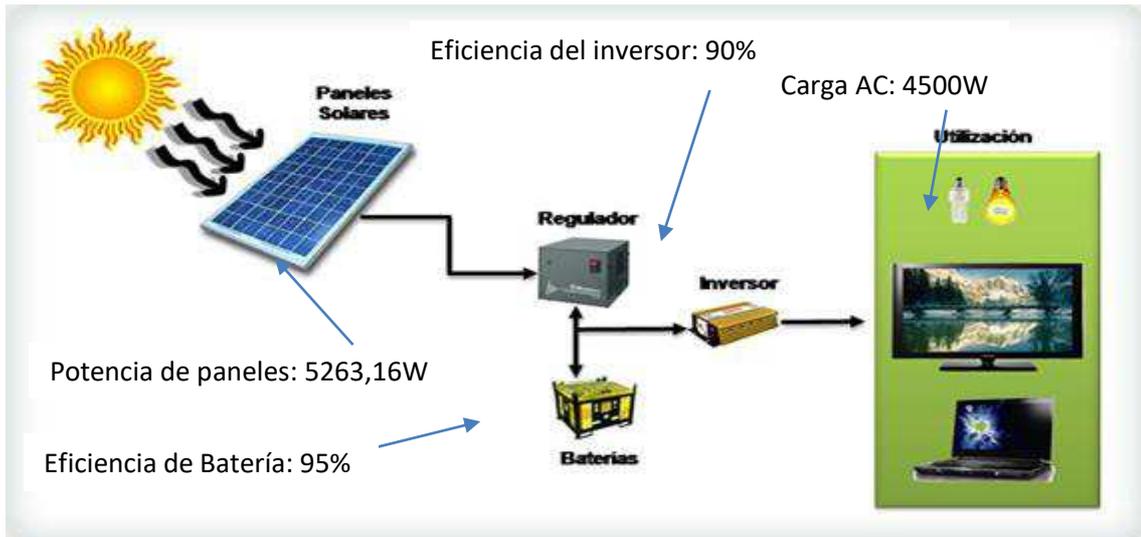
$$E_T = \frac{E_{AC}}{n_{BAT} * n_{INV}}$$

$$E_T = \frac{4500}{0,95 * 0,90}$$

$$E_T = 5263,16 W/h \text{ Día}$$

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

Según el diagrama en bloques, es sistema estará dispuesto con la totalidad de todos d 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 5Kva – 120/240V.**

### 3.3.2. Inclinação 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 30° a 45° en verano y de 55° a 60° 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.

### 3.3.3. 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  $V_{pmP} = 17.4 V$

Corriente de panel  $I_{pmP} = 6.3 A$

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

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

$$N_T = \frac{5263,16W}{110W * 1,501h * 0,75}$$

$$N_T = 42,5 \text{ Paneles}$$

El número de paneles en serie será:

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

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

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

***Equivalente a 2 paneles en serie***

El número de ramas de paneles en paralelo será:

$$N_p = \frac{N_T}{N_s}$$

$$N_p = \frac{43}{2}$$

$$N_p = 21,5 \text{ Paneles en Paralelo}$$

***Equivalente a 22 ramas en paralelos***

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

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

$$\Delta E = D * E_T$$

$$\Delta E = 7 * 5263,16$$

$$\Delta E = 36842,12Wh$$

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

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

$$C_n(Ah) = \frac{36842,12Wh}{24V * 0,7P_d}$$

$$C_n(Ah) = \mathbf{2192,98Ah}$$

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

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

$$T_{BAT} = \frac{2192,98 Ah}{70Ah}$$

$$T_{BAT} = \mathbf{31,33 BATERIAS}$$

### 3.3.5. Dimensionamiento del regulador DC.

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

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

$$I_G = 22 * 6,3A$$

$$I_G = \mathbf{138,6A}$$

La corriente máxima que pueden consumir las cargas será de:

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

$$I_C = \frac{4500W}{240V}$$

$$I_C = \mathbf{18,75A}$$

La corriente máxima que debe soportar el regulador es de:

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

$$I_R = 138,6A$$

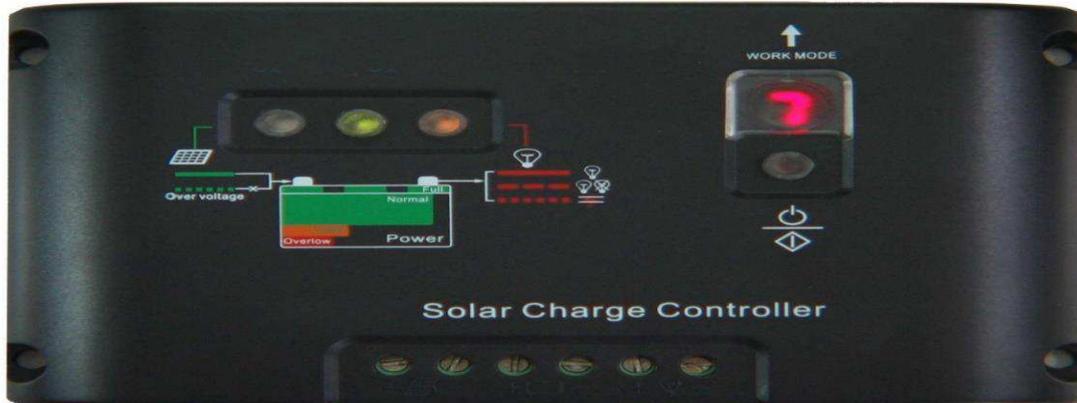


Figura de un regulador de corriente DC para Batería

### 3.3.6. 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 pérdida en el inversor y un 30% en el banco de baterías, por lo tanto:

$$E_{Inv} = E_T * (0,10 + 0,30)$$

$$E_{Inv} = 4500W * 1,40$$

$$E_{Inv} = 6300W/h$$

Que dando establecido que 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.



Figura del inversor de CD a CA

De esta forma queda establecido el modelo estructurado para un sistema fotovoltaico que generará 5kVA - 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.

## 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 fotovoltaica.

Según el capítulo anterior se estimó que la potencia requerida para la dotación de energía eléctrica para la vivienda rural era de 5Kva, con una tensión de 120/240voltios alternos, 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 final, estos parámetros continúan durante la estimación de la demanda futura, sin embargo, al tomar la demanda futura 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.

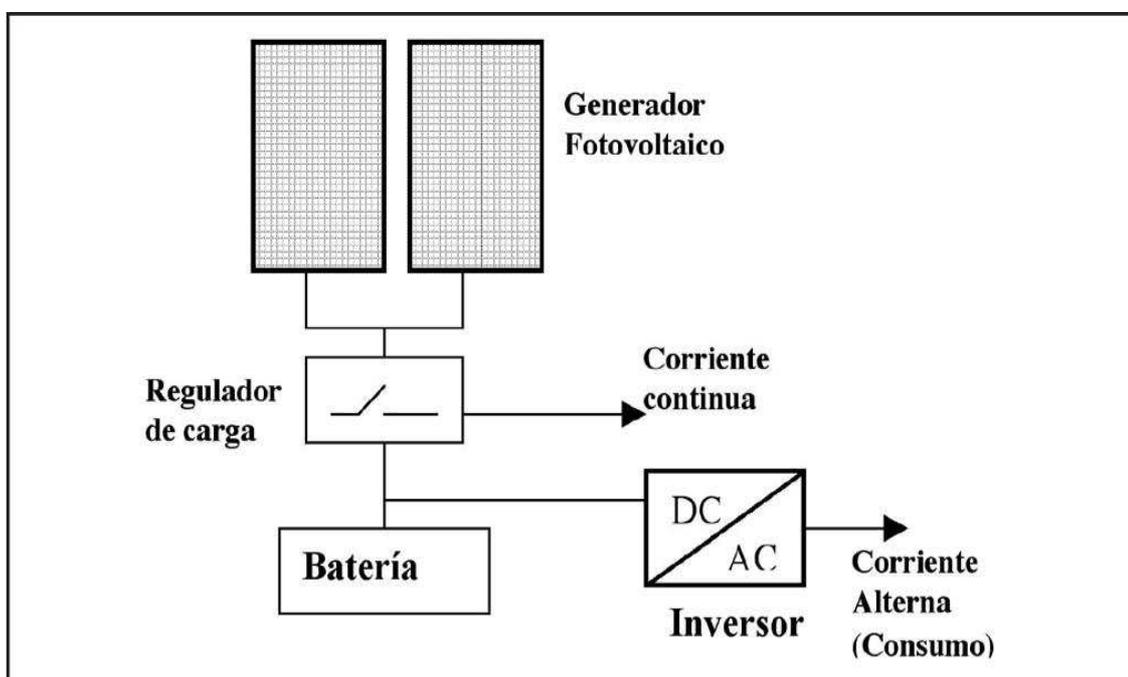


Diagrama del sistema eléctrico del bloque de generación solar

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

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:

$$E_{AC} = VA * \cos\varphi (W)$$

$$E_{AC} = 5000VA * 1,30$$

$$E_{AC} = 6500VA * 0,9$$

$$E_{AC} = \mathbf{5850vatios}$$

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

$$E_T = \frac{5850}{0,95 * 0,90}$$

$$E_T = \mathbf{6842,10 W/h Día}$$

#### **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, disponiéndose de la siguiente forma:

#### **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 30° a 45° en verano y de 55° a 60° 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  $V_{pmP} = 17.4 \text{ V}$

Corriente de panel  $I_{pmP} = 6.3 \text{ A}$



Ubicación de la pendiente para la puesta de los paneles solares.

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

$$N_T = \frac{E_T}{P_P * HPS * P_G}$$
$$N_T = \frac{6842,10W}{110W * 1,501h * 0,75}$$
$$N_T = 55,3 \text{ Paneles}$$

El número de paneles en serie será:

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

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

**$N_s = 1,38$  paneles en serie**  
**Equivalente a 2 paneles en serie**

El número de ramas de paneles en paralelo será:

$$N_p = \frac{N_T}{N_s}$$

$$N_p = \frac{55}{2}$$

**$N_p = 27,5$  Paneles en Paralelo**

**Equivalente a 27 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:

$$\Delta E = D * E_T$$

$$\Delta E = 7 * 6842,10$$

$$\Delta E = \mathbf{47894,7Wh}$$

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

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

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

$$C_n(Ah) = \mathbf{2850,9Ah}$$

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

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

$$T_{BAT} = \frac{2850,9 Ah}{70Ah}$$

$$T_{BAT} = \mathbf{40,72 BATERIAS}$$

#### 4.1.6. Dimensionamiento del regulador DC.

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

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

$$I_G = 27 * 6,3A$$

$$I_G = \mathbf{170,1A}$$

La corriente máxima que pueden consumir las cargas será de:

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

$$I_C = \frac{5850W}{240V}$$

$$I_C = \mathbf{24,4A}$$

La corriente máxima que debe soportar el regulador es de:

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

$$I_R = \mathbf{170,1A}$$

#### 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 pérdida en el inversor y un 30% en el banco de baterías, por lo tanto:

$$E_{Inv} = E_T * (0,10 + 0,30)$$

$$E_{Inv} = 5850W * 1,40$$

$$E_{Inv} = \mathbf{8190W/h}$$

Que dando establecido que 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 8,5kVA - 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	55	\$125,00	\$6.875,00
2	REGULADOR DE VOLTAJE Y CORRIENTE PARA SISTEMA SOLAR	1	\$182,00	\$182,00
3	BATERÍA DE 70AH	40	\$87,00	\$3.480,00
4	INVERSOR DE CORRIENTE DC/AC 8.5KVA	1	\$3.250,00	\$3.250,00
5	CABLEADO Y ACCESORIO	1	\$850,00	\$850,00
6	ESTRUCTURA PARA SOSTÉN DE LOS PANELES SOLARES	55	\$4,50	\$247,50
7	PUESTA EN FUNCIONAMIENTO	1	\$250,00	\$250,00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$15.134,50</b>

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 8,5kva, es de \$15134,50; 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 \$605.38 de costo anual, lo que equivale a un mensual de \$50,45 que justamente seria el valor de una planilla de energía eléctrica aproximadamente.

## **CAPITULO IV**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **5.1. CONCLUSIONES GENERALES.**

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

La utilidad y relevancia de este estudio se demuestra en el hecho de que aún no se disponen de proyectos elaborados sobre este tema aplicable en la zona elegida.

Se realizó 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, basándose en un grupo de normas ya existentes. Cumpliendo con el objetivo principal de la tesis, el cual es el de establecer una guía técnica para realizar instalaciones de sistemas eléctricos fotovoltaicos.

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.

Que al desarrollar el proyecto, se destacan las normas que están respaldadas bajo el nombre de varias compañías encargada de brindar soporte, y encargado de comercializar los mejores productos, donde certifican y garantizan el trabajo de realizar una instalación de este tipo, donde indican como cumplir los estándares de diseño, construcción y así garantizar 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 convenios con entidades públicas y privadas para realizar proyectos que tengan relevancia y de carácter ambiental con carreras de Informáticas con el fin de elaborar software de aplicación en el control para el manejo del ciclo del sol y poder recoger la mayor radiación solar del día y con este poder corroborar lo expresado en las deducciones detalladas en este proyecto.

Proponer la ejecución de más proyectos que sirvan para dotar de energía eléctrica a otro sitio vecino que también sufren 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 el buen funcionamiento de los equipos, y ayudar con su mantenimiento.

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.

### **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/Inducion.htm](http://recursostic.educacion.es/newton/web/Documentacion_4D/fisica/electromag/Inducion.htm)

[http://asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_induc\\_electmagnetica/ke\\_induc\\_electmagnetica\\_1.htm](http://asifunciona.com/electrotecnia/ke_induc_electmagnetica/ke_induc_electmagnetica_1.htm)

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

5.4. ANEXOS.

ANEXOS

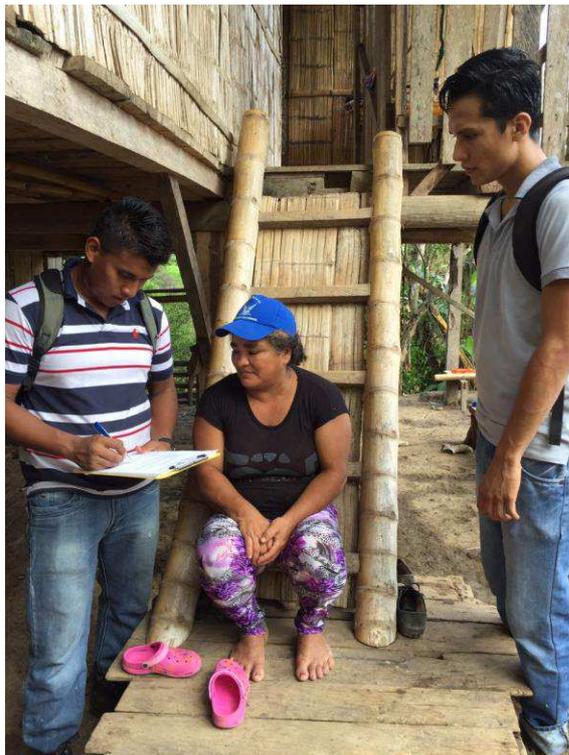
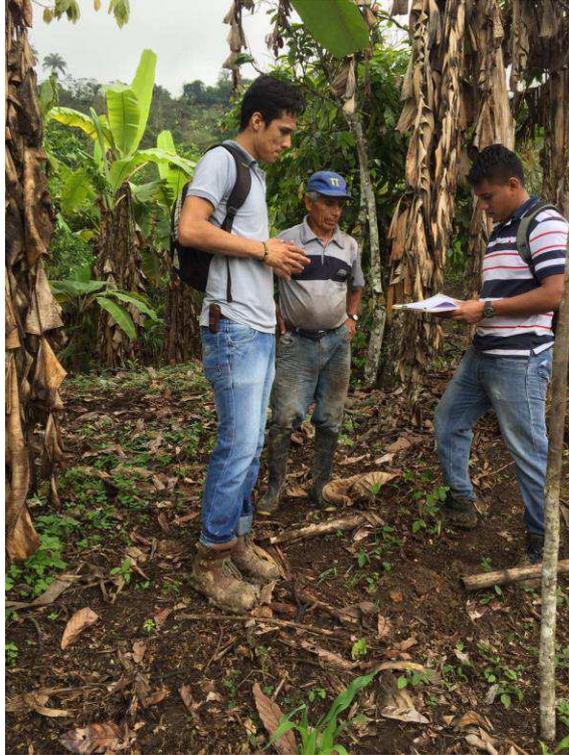
ANEXO 1

REALIZANDO ENCUESTA EN EL SITIO LIMÓN DE PLATANALES



## ANEXOS 2

### REALIZANDO ENCUESTA EN EL SITIO LIMÓN DE PLATANALES



ANEXO 3

REALIZANDO ENCUESTA EN EL SITIO LIMÓN DE PLATANALES



ANEXO 4

VIVIENDA RURAL DEL SITIO LIMÓN DE PLATANALES



## ANEXO 5

### INVERSOR DE CORRIENTE DC/AC EXPANDIBLE DE 7-15KVA



### PANELES SOLARES PUESTA EN TECHO





## UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ EXTENSIÓN CHONE.

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

### FORMULARIO DE ENTREVISTA

**Dirigida a:** Propietario de la vivienda rural del sitio Limón de Platanales de la parroquia Santa Rita del Cantón Chone.

**Objetivo:** Realizar un 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.

**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 la seguridad respecto a los accidentes tipo eléctrico en su vivienda?
6. ¿Considera usted que, al realizar un estudio de carga eléctrica en las instalaciones de su vivienda, se obtendrán datos con los que se llegara a soluciones para mejorar las instalaciones?
7. ¿Cree usted que las instalaciones eléctricas de su residencia contienen materiales eléctricos certificados?
8. ¿Cree usted, que el estudio de factibilidad para la implementación de paneles solares a su vivienda mejorara el suministro de energía eléctrica?
9. ¿Cree usted que al realizar el proyecto y su implementación mejorar 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.



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

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**FORMULARIO DE ENCUESTA**

**Dirigida a:** habitantes de la vivienda rural del sitio Limón de Platanales de la parroquia Santa Rita del Cantón Chone.

**Objetivo:** Realizar un 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.

**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?

Si ( )

No ( )

4.- ¿Se ha enterado de interrupciones no programadas en el servicio eléctrico?

Si ( )

No ( )

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?

Si conozco ( )

No conozco ( )

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 ( )

No ( )

9.- ¿Sabe sobre generación eléctrica fotovoltaica?

Si ( )

No ( )

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

Renovables ( )

No renovables ( )

Desconocidos ( )

Gracias por su aporte y colaboración