UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

DESARROLLO DE UNA CELDA CON FUENTE SOLAR DE DISEÑO ALTERNATIVO: CELDA ELECTROQUÍMICA-FOTOVOLTAICA CASERA A BASE DE FLUORURO DE SODIO/ACIDO2HIDROXIPROPANO-1,2,3 TRICARBOLICO/SULFATO DE COBRE EN LOS MESES DE DICIEMBRE 2017 A JUNIO DEL 2018.

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

JORGE LUIS CASTILLO MENDOZA

PUCALLPA - PERÚ

2018

"Año del Dialogo y la Reconciliación Nacional"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 074/2018-CGyT-FCFyA-UNU

A las 10:15 am de día 07 de Septiembre del 2018 se reunieron los miembros del jurado calificador en el laboratorio de Quimica de la Facultad de Educacion y Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Ucayali, con cumplimiento al Memorando Multiple 143 - 2018-UNU-FCFyA-CGT conformado por los docentes:

Dr. Carlos Panduro Carbajal	**Presidente**
Ing. MSc. Gladys Elena Rojas Gutiérrez	**Miembro**
Ing. MSc. Cesar Mori Montero	**Miembro**

Para proceder a la evaluación de la tesis denominada **"Desarrollo de una celda con fuente solar de diseño alternativo: celda electroquímica-fotovoltaica casera a base de fluoruro de sodio/acido-2-hidroxipropano-1,2,3 tricarbolico/sulfato de cobre en los meses de diciembre 2017 a junio del 2016."** presentado por la **Bach. Jorge Luis Castillo Mendoza,** finalizada la sustentación de la tesis, se procedió a la formulación de las preguntas, las que fueron absueltas por el sustentante, en consecuencia, la tesis fue **APROBADA** por UNANIMIDAD, con el calificativo de BUENO declarando al sustentante apto para optar al título profesional de Ingeniero Ambiental. Siendo el asesor el **Dr. Rubén Darío Manturano Pérez**

A las 11:50 am se dio por concluido el acto académico, firmando en conformidad los miembros del jurado.

.....
Dr. Carlos Panduro Carbajal
Presidente

.....
Ing. M.Sc. Cesar Mori Montero
Miembro

.....
Ing. M.Sc. Gladys E. Rojas Gutiérrez
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

La presente tesis ha sido aprobada por los miembros del jurado evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Carlos Panduro Carbajal

Presidente

Ing. M.Sc. Cesar Mori Montero

Miembro

Ing. M.Sc. Gladys Elena Rojas Gutiérrez

Miembro

Dr. Rubén Darío Manturano Pérez

Asesor

Bach. Jorge Luis Castillo Mendoza

Tesista

DEDICATORIA

Al gran arquitecto del Universo por su infinito amor, por permitirme alcanzar mis metas y rodearme de esta familia tan maravillosa.

A mi hijo George Luigino Adrián Castillo Arenales, por hacerme un hombre fuerte y valiente para lograr mis objetivos y metas, ser un ejemplo a seguir en él y regalarme dicha y plenitud por su existencia y por el gran amor que representa cada día en nuestras vidas.

A mi querida y amada esposa Amelia Sabina Arenales Ríos, por el incomparable amor y dedicación que nos muestra cada momento.

A mi progenitor Cesar Publio Castillo Paredes, evidencia viva de un gran padre, por su invalorable apoyo total e incondicional a lo largo de toda mi vida y por haberme heredado el fuego antiguo y eterno negado a los mortales.

A mi madre y hermanos por acompañarme en este breve viaje terrestre conocido como "vida" y quienes día tras día indefectiblemente me llenan de enriquecedoras experiencias de vida que jamás olvido.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali, por haber permitido desarrollar la presente tesis en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

A mis padres, hermanos y familiares que estuvieron presentes en mi corazón y pensamientos durante el desarrollo de mi carrera profesional.

A mi esposa Amelia Sabina Arenales Ríos por el constante apoyo en todo momento de mi carrera profesional estando siempre a mi lado en los malos y buenos momentos.

A mi asesor el Dr. Rubén Darío Manturano Pérez por haberme brindado el apoyo oportuno en su conocimiento científico, y guiarme en todo el desarrollo de la tesis.

A mi abuelo, que en paz descanse, por sus orientaciones y conocimiento brindado sobre Zoroastro y el "circulo solar" que fue base e inspiración para la realización del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA……iv
AGRADECIMIENTO……v
RESUMEN……xi
ABSTRACT……xii
INTRODUCCION……7

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA……9

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..9
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA..... 11
CAPITULO II. MARCO TEORIO 12
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA..... 12
2.2. PLANTEAMIENTO TEORICO DEL PROBLEMA 17
2.3. DEFINICION DE TERMINOS..... 39
CAPITULO III. METODOLOGIA..... 47
3.1. LOCALIZACION 47
3.2. METODO..... 48
3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS 51
3.4. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCION DE DATOS 53
3.4.1. TECNICAS DE CAMPO ……53
3.4.2. PROCEDIMIENTOS EN LABORATORIO ……...54
3.5. METODO DE MUESTREO 58
3.5.1. TOMA DE DATOS ……58
3.5.2. ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS……58
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES..... 59
4.1. RESULTADOS 59
4.2. DISCUSION 65
CAPITULO V. CONCLUSIONES 66
CAPITULO VI. RECOMENDACIONES 67
REFERENCIA BIBLIOGRAICA……..68
BIBLIOGRAFIA ELECTRONICA ……..…69
ANEXOS …….. 70

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: : DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA ……. 18

TABLA 2: HELIOFANIA EN ESTACIONES METEOROLOGICAS DEL PAIS…… 34

TABLA 3: : PROCESO REDOX CON LA MEZCLA EN EL CONDUCTOR DE COBRE..... 38

TABLA 4: PROCESO REDOX EN EL MATERIAL SEMICONDUCTOR…… 38

TABLA 5: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES……..... 50

TABLA 6: PRUEBA FISICA DE RESISTIVIDAD DEL COBRE……..……59

TABLA 7: PRUEBA QUIMICA DEL SOLUTO FLUORURO DE SODIO……...…59

TABLA 8: PRUEBA QUIMICA DEL SOLVENTE ACIDO HIDROXIPROPANO……..59

TABLA 9: PRUEBA DE CAMPO DE RENDIMIENTO DE LA CELDA OPTIMA……...60

TABLA 10: RESULTADOS SOBRE EL POTENCIAL ENERGETICO DE LA MEZCLA…….....60

TABLA 11: PROMEDIOS MENSUALES DE RADIACION SOLAR EN OVENTENI……..……..60

TABLA 12: ELABORACION DE COSTOS POR UNIDAD DE CELDA……..…….63

TABLA 13: COSTO DEL CARGO DE ENERGIA ELECTRICA CON ELECTROGENERADOR……..……..64

TABLA 14: COMPARATIVO COSTOS CELDA SOLAR VS GRUPO ELECTROGENO…...…...64

ANEXOS

Anexo 01 Panel Fotográfico……..……..…….…..…..70
Fotografía 1.…..……..……..……....70
Fotografía 2. …..……...…….…...…...70
Fotografía 3. ……..…….…….……71
Fotografía 4. …….……....71
Fotografía 5. …….…….……..……72
Fotografía 6. …….……....72
Fotografía 7. …….…….……..…73
Fotografía 8. …….....73
Fotografía 9. …….…….……..……74
Fotografía 10. ……..…….……....74
Fotografía 11 ……..…….……75
Fotografía 12. ……...……....75
Fotografía 13. …….…….……76
Fotografía 14. ……...……....76
Fotografía 15. …….…….……77
Fotografía 16. ……..…….……....77
Fotografía 17. …….…….……78
Fotografía 18. ……...……....78
Fotografía 19. …….…….……79
Fotografía 20. ……...……....79
Fotografía 21. …….…….……80
Fotografía 22. ……..……....80

Fotografía 23……..……..……81

Fotografía 24. ……..……....81

Fotografía 25 …….……82

Fotografía 26. ……..…….....82

Fotografía 27. …….……..…83

Fotografía 28. ……..……....83

Fotografía 29. ……..…..……84

Fotografía 30. ……..……....84

Fotografía 31. …….……85

Fotografía 32. ……..…....85

Fotografía 33. …….……86

Fotografía 34. ……...…....86

Fotografía 35. …….……87

Fotografía 36. ……..……....87

Fotografía 37. …….……88

Fotografía 38. …….……88

Anexo 02 Formato de Encuesta sobre usos energéticos.....89

Anexo 03 Consolidado de Encuesta sobre usos energéticos.....90

RESUMEN

El presente trabajo ha sido realizado sobre el objetivo de desarrollar una celda con fuente solar, de diseño alternativo, uso funcional en zonas rurales y bajo costo de elaboración a partir de elementos de bajo costo y de fácil acceso como es el caso del limón, la pasta dental, el papel aluminio, la sal, los hilos de cobre y el sulfato de cobre.

Bajo este propósito se diseñó una celda que tiene un funcionamiento electroquímico, como la pila electroquímica, pero es activada con la luz solar por ello es denominada en este trabajo como celda "electroquímica fotovoltaica", usando los principios del acido2hidroxipropano-1, 2,3-tricarbolico que es obtenido del jugo de limón; el sulfato de cobre (cuyo costo es bajísimo en el mercado llegando a costar S/. 3 cada 100 g) y el fluoruro de sodio que se obtuvo de la pasta dental común.

Se obtuvo un prototipo, después de muchos ensayos tanto en las proporciones físicas de la celda como en la proporción de los compuestos químicos, de 51 x 40 cm con proporciones de área 1:1:1 logrando un rendimiento de 2.24 v y una intensidad de 0.12 A decayendo rápidamente a medida que se consumía sobre la placa a la luz del sol, esto mientras se realizaba las pruebas de campo en el Centro poblado de Oventeni, distrito de Raimondi, provincia de Atalaya, región Ucayali; bajo estas condiciones no satisface los requerimientos mínimos para proporcionar energía útil ; por lo que se abre la oportunidad de realizar más investigaciones sobre este modelo incluyendo medios de almacenamiento como baterías.

Palabras Claves: Energía solar, efecto fotoeléctrico, celda solar, demanda energética.

ABSTRACT

The present work has been carried out on the objective of developing a cell with solar source, of alternative design, functional use in rural areas and low cost of elaboration from elements of low cost and easy access as it is the case of the lemon, the toothpaste, aluminum foil, salt, copper wires and copper sulfate.

Under this purpose, a cell was designed that has an electrochemical functioning, such as the electrochemical cell, but is activated by sunlight, which is why it is called "photovoltaic electrochemistry" cell, using the principles of 2-hydroxypropane-2,3 acid. -tricarbolic that is obtained from lemon juice; the copper sulphate (whose cost is very low in the market, costing S /. 3 per 100 g) and the sodium fluoride that was obtained from the common toothpaste.

A prototype was obtained, after many tests both in the physical proportions of the cell and in the proportion of the chemical compounds, of 51 x 40 cm with proportions of 1: 1: 1 area achieving a yield of 2.24 v and an intensity of 0.12 A decaying rapidly as it was consumed on the plate in the sunlight, this while conducting field tests in the town center of Oventeni, Raimondi district, Atalaya province, Ucayali region; under these conditions it does not meet the minimum requirements to provide useful energy; so the opportunity to conduct more research on this model including storage media such as batteries is opened.

INTRODUCCIÓN

La producción de energía eléctrica a partir de la luz del sol se conoce como “efecto fotovoltaico”, que consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas. Las células están elaboradas con de silicio e impurezas de otros elementos químicos (boro y fósforo), capaces de generar cada una corriente de 2 a 4 A, a un voltaje de 0,46 a 0,48 V. Estas células se agrupan en serie sobre paneles solares para conseguir un voltaje mayor. (Ciemat, 1999)

Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión y otra parte por transmisión. El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a otra creando una corriente proporcional a la radiación incidente. (Hernández, et, al., 2007).

El mayor inconveniente que presenta este tipo de tecnología es el coste del equipo y, en algunas ocasiones, el tamaño del campo de paneles. No obstante, en lugares alejados de la red de distribución eléctrica, lo más rentable suele ser instalar energía solar fotovoltaica (Ciemat, 1999).

Objetivos:

Objetivo general

- Desarrollar una celda con fuente solar, de diseño alternativo, uso funcional en zonas rurales y bajo costo de elaboración.

Objetivos específicos

- Evaluar el rendimiento energético de la celda con fuente solar de diseño alternativo.
- Definir aplicaciones inmediatas para zonas rurales de la celda solar de diseño alternativo
- Determinar la equivalencia energética en iluminación de una vivienda rural con la energía proporcionada por la celda.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.- Planteamiento del problema

En nuestro país existen numerosas zonas de asentamiento poblacional rural que, principalmente por su lejanía de las grandes urbes, carecen de los servicios básicos como son, educación, salud, saneamiento y acceso a la energía; y a pesar de los denodados esfuerzos del estado por suplir alguna de estas necesidades, siempre se termina encontrando que la calidad de vida (desde el punto de vista occidental) en estas zonas no llegan al menos a ser estándar.

Una de los principales motivos que colocan en esta situación tan diferenciada a los pueblos rurales es la inversión que significa tanto para la empresa privada como para los proyectos públicos, debido a los fuertes gastos logísticos que implican y el mínimo beneficio económico o social; pues para toda entidad que desee realizar inversiones de este calibre siempre realizara un análisis costo/beneficio, que define en muchos casos la implementación de un proyecto, otro aspecto que ha mantenido a estos pueblos en el olvido es el mínimo impacto social que significa para el estado las obras publicas puesto que en estos lugares de densidad demográfica es ,en muchos casos, bajísima.

Sin embargo, el estado sigue realizando los esfuerzos necesarios para subsanar esta deficiencia en la gestión publica con iniciativas como las obras por impuestos y las asociaciones mixtas con las entidades privadas para la ejecución de obras de diversa índole, también implementa programas de saneamiento rural que permitirá en el corto plazo subsanar ciertos problemas de estas poblaciones; sin embargo, la energía aun es un tema delicado al momento de buscar inversiones para estos lugares.

Bajo estos aspectos resulta impensable no hacer algo que pueda permitir a quienes habitan estas zonas tan alejadas, el acceder a los servicios que puedan mejorar su “modus vivendus” es por ello que se considera que la solución de la energía es vital para que los demás servicios que se intenten implementar tengan el soporte motriz que promuevan el desarrollo de los asentamientos poblacionales en zonas rurales, y para el caso de nuestra región por su adecuada posición geográfica, las iniciativas con el uso energías renovables, particularmente la energía solar sería la más adecuada.

En la necesidad de aplicar la energía solar en zonas rurales, encontramos que las fuentes que se usan hoy en día abarca procesos socioeconómicos que intervienen con el gasto de recursos no renovables como el petróleo, y que podría producir a corto plazo caos a nivel global, por ende la energía solar es necesaria no solo para los humanos sino para evitar la destrucción de los demás seres vivos dentro del planeta tierra.

1.2.- Formulación del problema

El coste de uso energético en nuestro país es relativamente alto frente a otras economías y lo es también en comparación a los costos de uso energético en otros países, independientemente de esto la demanda es alta, esto debido a que las fuentes de suministro para la producción de energía en todas sus formas están en agotamiento, entre ellas la energía eléctrica. Las personas que viven en zonas alejadas son las más necesitadas

Surge la necesidad de obtener una forma ecológica y económica, que permita la sostenibilidad de su uso, ante esto nos formulamos la siguiente pregunta:

Una interrogante que se plantea es saber “¿es viable diseñar y elaborar una celda con fuente solar funcional con materiales sencillos y muy económicos que satisfagan la demanda energética en iluminación de una vivienda rural promedio?”

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- Antecedentes del problema

El crecimiento de la población mundial y la búsqueda por satisfacer sus estándares de vida y de confort, resulta en un incremento del uso de energía. Esta situación implica mayor uso de combustibles fósiles y un considerable impacto ambiental. De esta forma, el precio de dichos combustibles está en constante aumento y por ende, es necesario diversificar las fuentes energéticas.

En el mundo, un promedio de tres mil millones de personas utiliza leña como combustible para fines de cocina y calefacción e iluminación, de los cuales dos mil millones de personas se encuentran en áreas rurales y suburbanas (SHE, 2004). En América Latina y el Caribe cada año se consume 254 millones de m^3 de leña (FAO, 1999); de manera que, los más afectados resultan ser las personas que habitan en zonas rurales principalmente mujeres y niños que ahora tienen que recorrer mayor distancia para recolectar leña, generando problemas sociales y ambientales (FAO, 1981).

Los métodos y tecnología para celdas solares han sido poco estudiados, pero datan de la segunda parte del siglo XX. Desde

entonces el uso de celdas ha sido limitado a su empleo en la elaboración de paneles solares a base de compuestos químicos de alto costo y cuyo proceso industrial demanda tecnología de punta y consumo de mucha energía en el proceso. Durante la II Guerra Mundial el uso de celdas solares como parte de los paneles fueron un soporte energético en países como Rusia y Alemania, sin embargo su uso militar lo limitaba para ser extendida a la población, luego fueron apartadas del mercado por los hidrocarburos baratos. De nuevo durante los períodos de alto precio de la energía, como los años 70 y principios de los 80, el uso de energía solar se extiende principalmente en los EEUU y Canadá. Actualmente la tendencia es producir celdas solares a partir de minerales como el silicio pero cuya elaboración y precio en el mercado aun esta fuera del alcance del común de la población (Ortiz, L. *et al*, 2003).

Por muchos años Legacy Foundation (2003), ha realizado estudios sobre el uso de energía solar en países asiáticos, africanos y latinoamericanos (Perú, Nicaragua y Haití) en ambientes rurales y suburbanos, principalmente atraves de paneles solares. La tecnología de las celdas está orientada a sustituir el uso hidrocarburos, por la escasez y dificultad en su accesibilidad. En lugares donde se desarrolló la tecnología solar se ha reducido el consumo de energía eléctrica convencional y se ha dado mayor aprovechamiento a los residuos que generan.

En Perú y particularmente en la región Ucayali, el uso de celdas solares (siempre que no sea parte de un panel solar y este hecho de residuos reciclables) no ha sido extendida y ni siquiera desarrollada, por ello es de vital importancia el desarrollo de esta investigación, lo cual podría mitigar el cambio climático y mejorar la seguridad energética.

2.1.1.- ANTECEDENTES A NIVEL MUNDIAL

Aunque las celdas solares eficientes han estado disponibles recién desde mediados de los años 50, la investigación científica del efecto fotovoltaico comenzó en 1839, cuando el científico francés, Henri Becquerel descubrió que una corriente eléctrica podría ser producida haciendo brillar una luz sobre ciertas soluciones químicas.

El efecto fotoeléctrico fue observado primero en un material sólido (el metal selenio) en 1877. Este material fue utilizado durante muchos años para los fotómetros, que requerían de cantidades muy pequeñas de energía. Una comprensión más profunda de los principios científicos, fue provista por Albert Einstein en 1905 y Schottky en 1930, la cual fue necesaria antes de que celdas solares eficientes pudieran ser confeccionadas. Una célula solar de silicio que convertía el 6% de la luz solar que incidía sobre ella en electricidad fue desarrollada por Chapin, Pearson y Fuller en 1954, y esta es la clase de célula que fue utilizada en usos especializados tales como satélites orbitales a partir de 1958 (Sanchez,2014).

Las celdas solares de silicio disponibles comercialmente en la actualidad tienen una eficiencia de conversión en electricidad de la luz solar que cae sobre ellas de cerca del 18%, a una fracción del precio de hace treinta años. En la actualidad existen una gran variedad de métodos para la producción práctica de celdas solares de silicio (amorfas, monocristalinas o policristalinas), así mismo para las celdas solares hechas de otros materiales (seleniuro de cobre e indio, teluro de cadmio, arseniuro de galio, etc). (CORPSOLAR,2016)

2.1.2.- ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL

Torres (2003) estudió la calidad térmica y fisicoquímica de ciertos componentes para paneles solares convencionales en la ciudad de Tacna, del cual los resultados indicaron que el 70% de los materiales analizados tiene un tiempo de vida máxima de 8 años, en el caso del fosforo y el silicio solo 5 años de vida útil.

Carranza (1999) afirma que los estudios de radiación solar en distintos puntos del país deben realizarse cada 3 años debido al cambio de inclinación terrestre para tener una referencia clara en el cambio energético del Perú, además considera los siguientes puntos:

- La inversión es un factor clave para el impulso energético hacia un cambio de energías convencionales a energías renovables.

- Las zonas de mayor radiación son aquellas que tendrán mayor potencial de aprovechamiento para uso de paneles solares pudiendo recaudar hasta el 30% de la demanda total energética en ciudades como Trujillo, Piura, Tacna y Arequipa entre el 2000 y el 2008 aprox.

- Los valores de radiación en la distribución geográfica nacional (mapa solar) son variables y está sujeta a condiciones atmosféricas pero principalmente a la posición del planeta respecto al sol en su traslación cada 8 años y en su rotación cada 3 años.

- Las tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar son principalmente los paneles solares, y dado los altos costos que ello supone, se hace necesaria la innovación para el aprovechamiento sostenible de esta energía.

2.1.3.- ANTECEDENTES A NIVEL REGIONAL

Gómez (2011) afirma que en la electrificación del caserío *Nuevo Panaillo* del distrito de Yarinacocha, se obtuvieron los siguientes resultados:

- La demanda de energía eléctrica de una vivienda en el caserío *Nuevo Panaillo* es 35-50 Watts/hora.

- Se utilizó un kit solar 3k suficiente para abastecer durante 24 horas la demanda energética de 30 familias de bajos recursos que contaban con equipos domésticos básicos como televisor, plancha, licuadora, refrigeradora y focos ahorradores.
- Las condiciones climáticas influyeron dramáticamente en el rendimiento llegando a tener pérdidas de eficiencia de 60% en días totalmente nublados, las baterías servían durante doce horas desde las 5 pm a 5 am, sin embargo para días de cielo nublado las baterías ofrecían energía la mitad del tiempo.
- Se redujo los niveles de contaminación por emisión de gases CO, producto de la combustión de combustible fósil en grupos electrógenos en un 100%, lo cual equivale a 5600gCO/kWh.

2.2.- Planteamiento teórico del problema

El Departamento de Ucayali aporta el uno por ciento al Valor Agregado Bruto Nacional, a su vez el 21 por ciento al Producto Bruto Interno (PBI) de la Macro Región Oriente, mostrando así su crecimiento y desarrollo económico ascendiente, aun así Ucayali está carente en avances tecnológicos para el tema de energía, impidiendo presentar tecnología de punta para el aprovechamiento sustentable de sus recursos energéticos y de este modo presentar un nivel adecuado de organización para los distintos trabajos que allí se presentan (Alban y Manihuari, 2013).

Este desarrollo económico y el crecimiento poblacional contribuyeron a una mayor demanda de energía y por tanto la necesidad de satisfacer las necesidades de la población por parte de las autoridades responsables del suministro del recurso energético. Para ello el estado ha desarrollado una serie de estrategias no necesariamente exitosas por la falta de recursos económicos destinados al rubro de energías alternativas (Cañada, 1980).

El acceso a la energía eléctrica en el distrito de Calería y la calidad de este servicio ha aumentado significativamente durante los últimos años. Sin embargo, aún quedan desafíos importantes, incluso una cobertura insuficiente de este, especialmente en zonas rurales y valores impagables muchas veces exigido por el administrador del servicio de electrificación debido al despliegue de logística e inversión empleada para llegar a zona recónditas . Así como se puede observar en el siguiente cuadro, dónde se presente la demanda de este recurso según sus diversos usos, siendo el uso poblacional, el segundo en mayor volumen de uso. (Gomez, 1995).

TABLA 1: DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA

Fuente de generacion		Tasa de uso por unidad (Kwh)						
		2012						
Tipo	Nombre	Agrario	Poblacional	Industrial	Minero	Energético	Otros	Total
hídrica	A	0.4	50.65	300.33	7.44	0.00	0.00	358.8
	B							
	C							

gas	T1	0.2	32.5	18.5	2.00	0.00	0.06	53.2
	Tb2							
	T3							
Total								412

Fuente: Diagnostico de Distribución de energía eléctrica, 2013

2.2.1.- FUNDAMENTOS DE LA ENERGÍA FOTO VOLTAICA

El aprovechamiento de la energía solar requiere de la utilización de dispositivos que capten la energía proveniente del sol y la transformen en otra forma de energía compatible con la demanda que se pretende satisfacer. (Cañada, 1980)

Es preciso señalar que existen algunos problemas que debemos afrontar y superar. Aparte de las dificultades que una política energética solar avanzada conllevaría por si misma, hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas fluctuaciones y a variaciones más o menos bruscas, Por ejemplo, la radiación solar es menor en invierno, precisamente cuando más la necesitamos; por lo tanto es de vital importancia proseguir con el desarrollo de la incipiente tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar, para conseguir las condiciones que la hagan definitivamente competitiva, a escala planetaria y en tanto aplicarla para solucionar el problema de la falta de energía eléctrica en las regiones rurales. (Cañada y Pizango, 1980)

2.2.1.1.- El sol fuente de energía alterna

La energía, como problemática, ha sido percibida desde distintos puntos de vista dependiendo del momento histórico.

Desde los inicios del siglo hasta principios de los años setenta, el crecimiento económico de los países industrializados se fundamentó en la disponibilidad de una fuente de energía barata y abundante: el petróleo. A partir de la Segunda Guerra Mundial, tanto la producción mundial de petróleo como la demanda industrial de energía se han duplicado cada diez años. Las previsiones sobre la evolución del consumo de energía en el mundo, muestran un crecimiento similar en los próximos años. (Jones, 2002).

Aunque al final de los sesenta ya el crecimiento energético no se podía mantener indefinidamente, fue hasta la primera Crisis del Petróleo que la sociedad empezó a concientizarse del problema de la limitación de las reservas de combustibles fósiles, de las cuales sólo hay para 50 años de petróleo y 200 años de carbón si se mantiene el ritmo de consumo actual.

En Perú el petróleo ha permitido impulsar la industria con los recursos obtenidos de su explotación y generar electricidad, pero en la actualidad México enfrenta un gran reto debido a que el petróleo en el futuro se ira agotando poco a poco. Las únicas posibilidades de mantener un crecimiento económico sostenible, garantizando un suministro energético a largo plazo, son el incremento de su eficiencia y la búsqueda de fuentes de energía alternativas que puedan sustituir al petróleo. (Gomez, 1995).

Una de las principales fuentes de energía que podría sustituir al petróleo es la del sol, pues nuestro planeta recibe una cantidad de energía anual de aproximadamente 1,6 millones de KWH, de los cuales sólo un 40% es aprovechable, una cifra que representa varios cientos de veces la energía que se consume actualmente en forma mundial; es una fuente de energía descentralizada, limpia e inagotable. (IDAE, 2003)

El Sol, como fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los albores de la historia, puede satisfacer todas nuestras necesidades, si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Sería algo irracional no intentar aprovechar esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberarnos definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras o, simplemente, contaminantes. (SENHAMI., 2008)

2.2.1.2.- Energía renovable

La energía renovable es aquella que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, esto es por la inmensa cantidad de energía que contienen y porque son capaces de regenerarse por medio naturales.

Algunas de las formas de energía renovables son:

- Nuclear. Esta es generada por medio de la fisión nuclear en el átomo del uranio.

- Eólica. Es aquella que proviene del viento.

- Geotérmica. Es aquella que se genera a partir del calor de la tierra.

- Maremotriz, Es aquella que es a través del movimiento de las olas.

- Hidroeléctrica. Es aquella que se genera por medio de las caídas de agua o cascadas.

Éstas son formas de energía que se originan a partir de la energía del sol, siendo ésta el resultado de un proceso de fusión nuclear que tiene lugar en su interior. De toda la energía producida, nuestro planeta recibe menos de una millonésima parte, es una cantidad enorme en proporción al tamaño de nuestro planeta y los requerimientos de energía, basta decir que la energía diaria proporcionada por el sol a la tierra es aproximadamente igual al consumo mundial de energía en 27 años. Al llegar esta energía a la superficie terrestre se pude transformar en calor útil, electricidad, o usarse para producir un combustible.Existen cuatro tecnologías fundamentales que nos ayudan en aprovechar la energía del sol, en beneficio del hombre sin afectar el medio ambiente, éstas son:

1. Calentamiento de agua doméstica.
2. Obtención de vapor.
3. Calentamiento especial activo.
4. Conversión directa (solar / electricidad).

2.2.1.2.1.- La energía solar

La energía solar es una fuente de vida y origen de la mayoría de las formas de energía en la tierra como ya se mencionó anteriormente. Este tipo de energía representa el mejor modelo característico de fuente renovable, sin embargo al tomarse directamente de la radiación solar, el aprovechamiento energético no alcanza rendimientos equiparables a los de otras fuentes. La energía solar, como recurso energético terrestre, está constituida simplemente por la porción de la luz que emite el Sol y que es interceptada por la Tierra. (Garg, 1982)

Las aplicaciones que nos puede ofrecer son:

- **Luz.** Es la energía que recibimos directamente y es llamada energía luminosa.
- **Calor.** Por medio de colectores térmicos, la energía solar es transformada en energía térmica.
- **Electricidad.** Se logra a través de las llamadas celdas solares, la energía luminosa puede ser transformada en energía eléctrica.

La radiación solar tiene tres tipos:

- Radiación directa
- Radiación difusa
- Radiación reflejada

a) La radiación directa. Es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias, esta puede reflejarse y concentrarse para su utilización. Para captar mejor la radiación directa se pueden utilizar unos mecanismos llamados seguidores que sirven para orientar el sistema receptor hacia el sol.

b) La radiación difusa Es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión (es el cambio en la dirección de un rayo de luz cuando este no logra traspasar la interfaz entre dos medios) y refracción solar en la atmosfera (es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro), en las nubes, y el resto de elementos atmosféricos y terrestres, en este tipo de radiación no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas direcciones.

c) La radiación reflejada: Es la radiación reflejada por el suelo o por los objetos cercanos.

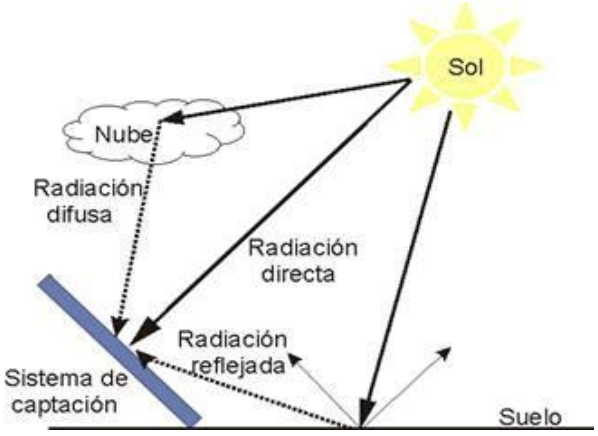


Figura 1. Componentes de la radiación solar terrestre total.

Una importante ventaja de la energía solar es que permite la generación de energía en el mismo lugar de consumo mediante la integración arquitectónica. Así podemos dar lugar a sistemas de generación distribuida en los que se eliminen casi por completo las pérdidas relacionadas con el transporte que en la actualidad suponen aproximadamente el 40% del total de la energía generada. (Sarmiento, 1999)

Las diferentes tecnologías fotovoltaicas se adaptan para sacar el máximo rendimiento posible de la energía que recibimos del sol.

2.2.1.2.2.- El efecto fotovoltaico

El fenómeno fotovoltaico fue descubierto en 1839 y las primeras celdas solares de selenio fueron desarrolladas en 1880. Sin embargo, no fue sino hasta 1950 que se desarrollaron las celdas de silicio monocristalino que son las más utilizadas en la industria fotovoltaica. A finales de la década de los setentas las celdas fotovoltaicas comenzaban a ser utilizadas en aplicaciones terrestres como electrificación de pequeñas instalaciones (varios Watts de potencia) en sistemas de telecomunicación, televisión rural, entre otras. En la actualidad las instalaciones con capacidades de uno a diez celdas están siendo utilizadas de forma común alrededor del mundo para aplicaciones agroindustriales como el bombeo de

agua, refrigeración, preservación de productos perecederos o desalación de agua. (Cañada, 1980)

El efecto fotovoltaico es la propiedad que tienen algunos materiales como es el de la celda solar de absorber fotones de luz y emitir electrones. Esto consiste en que cuando los rayos solares (fotones de luz) inciden sobre la superficie del arreglo fotovoltaico, el cual está compuesto por dos delgadas láminas de silicio u obleas, P y N separadas por un semiconductor, al entrar en contacto con las partículas de luz y la superficie de la capa P se provoca una reacción (liberación de electrones de los átomos de silicio los cuales se encuentran en movimiento y pasan a través del semiconductor hasta la capa N) dando como resultado una diferencia de potencial con respecto a la capa N, generando una corriente eléctrica directa por lo que si a las terminales del dispositivo se les conecta una carga eléctrica, por ejemplo un foco, entonces éste se encenderá debido a la corriente eléctrica que pasa a través de él. Esta es la evidencia física del efecto fotovoltaico. La celda solar representa la unidad mínima de conversión de potencia eléctrica en un generador fotovoltaico como se muestra en la figura 02 que es la representación esquemática del efecto fotovoltaico. (Duffie, 1996).

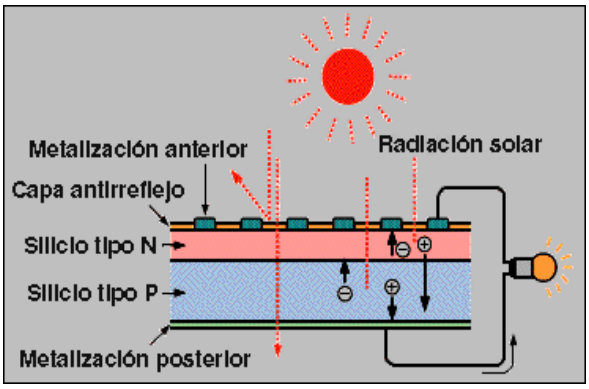


Figura 2. Representación esquemática del Efecto Fotovoltaico.



Figura 03. Representación esquemática del panel solar

2.2.1.2.3 Celdas fotovoltaicas

Definición

Las celdas solares fotovoltaicas son dispositivos electrónicos que tienen la función de transformar la luz solar directamente en energía eléctrica sin pasar antes por un estado de energía térmica.

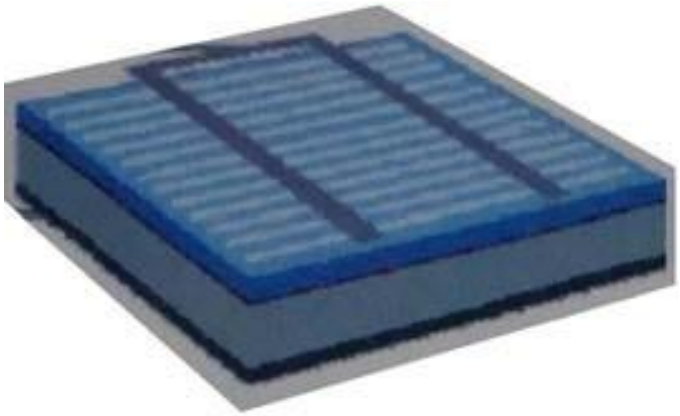


Figura 4. Celda Solar.

Las celdas solares no tienen partes mecánicas, están hechas de delgadas capas de material semiconductor (**es aquel que conduce la electricidad en determinadas condiciones**), usualmente están elaboradas a base de silicio puro, y son capaces de generar corrientes de 2 a 4 amperes, a un voltaje de 0.46 a 0.48Volts utilizando como fuente la radiación luminosa, tienen la propiedad de tener una gran conductividad y una ausencia total de resistividad eléctrica, están unidas a contactos de metal para completar el circuito eléctrico que se encuentran encapsuladas en vidrio o plástico. (Garg, 1982)

Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado. Parte de la radiación incidente (que llega a la tierra) se pierde por reflexión (rebota) y otra por transmisión (atraviesa la célula). El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente proporcional a la radiación

incidente. La capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula**.** (Ciemat, 1999)

Las celdas fotovoltaicas (FV) individuales tienen una producción eléctrica limitada, la cual puede ser utilizada para operar equipos pequeños tales como juguetes, relojes y calculadoras de bolsillo. Para incrementar la salida (voltaje y amperaje) de una fuente FV, las celdas individuales se unen eléctricamente en diferentes formas. (Duffie, 1996)

a) Colectores de enfoque. Semejantes a los planos, estos colectores poseen partes móviles para seguir el movimiento del sol, puesto que absorben solo la radiación directa.

b) Colectores planos: Dispositivos de captación solar, generalmente fijos, que aprovechan la radiación solar directa y difusa. La parte colectora puede estar formada por una o más hojas de vidrio o plástico.

Desventajas

- Los costos actuales de las celdas fotovoltaicas son elevados, aunque se esperan que sean competitivos en unos 7 a 15 años.
- Podrían haber límites potenciales en su uso debido a una cantidad insuficiente de galio y cadmio
- La ausencia de un control eficaz de la contaminación podrían permitir la producción de niveles moderados de la

contaminación del agua por desechos químicos introducidos en el proceso de manufactura

2.2.2.- Factores naturales incidentes en un captador solar

- Insolación o Irradiación
- Angulo de Inclinación
- La Trayectoria del Sol
- La Temperatura
- Humedad
- Las sombras (montañas, edificios o árboles)
- Condiciones Climatológicas (días lluviosos o nublados)
- Contaminación ambiental (el polvo y los agentes corrosivos)

Insolación o Irradiación

La Insolación es la cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un lugar de la Tierra en un día concreto (insolación diurna) o en un año (insolación anual). Puede calcularse asumiendo que no hay atmósfera o que se mide en la parte alta de la atmósfera y se denomina insolación diurna o anual no atenuada o que se mide en la superficie de la Tierra para lo cual hay que tener presente la atmósfera y que en este caso se denomina atenuada siendo su cálculo mucho más complejo. (Ciemat, 1999)

La insolación también es conocida como la energía radiante que incide en una superficie de área conocida en un intervalo de tiempo dado. Este término tiene unidades de energía por área,

comúnmente Watts hora por metro cuadrado (W-h/m^2). Generalmente se reporta este valor como una acumulación de energía horaria, diaria, estacional o anual. La insolación también se expresa en términos de horas solares pico. Unas horas de energía es equivalente a la energía recibida durante una hora, a una irradiancia promedio de 1,000 W/m^2 como se observa en la Figura 19. La energía útil que produce el arreglo fotovoltaico es directamente proporcional a la insolación que recibe. (Cañada, 1980)

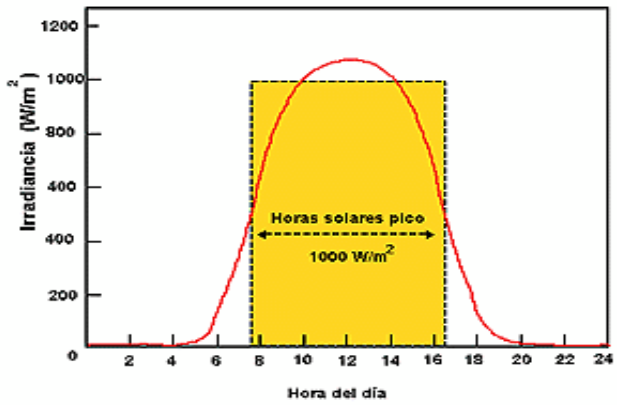


Figura 5. Irradiancia y horas solares pico

El efecto de la irradiación sobre el panel solar:

Los valores de Isc, Voc y curva característica cambian con el nivel de intensidad de la luz recibida (irradiancia E).

La corriente, voltaje y potencia pico aumentan con la irradiancia.

El cambio más significativo ocurre en la corriente, ya que el voltaje no se produce un gran cambio.

Por lo general este cambio en la corriente es directamente proporcional, por lo que si conocemos la corriente a una irradiancia

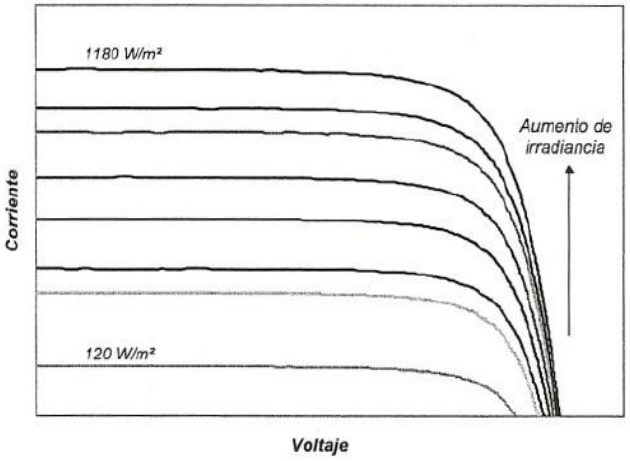


Figura 6. Corriente de un panel solar por efecto de la irradiación

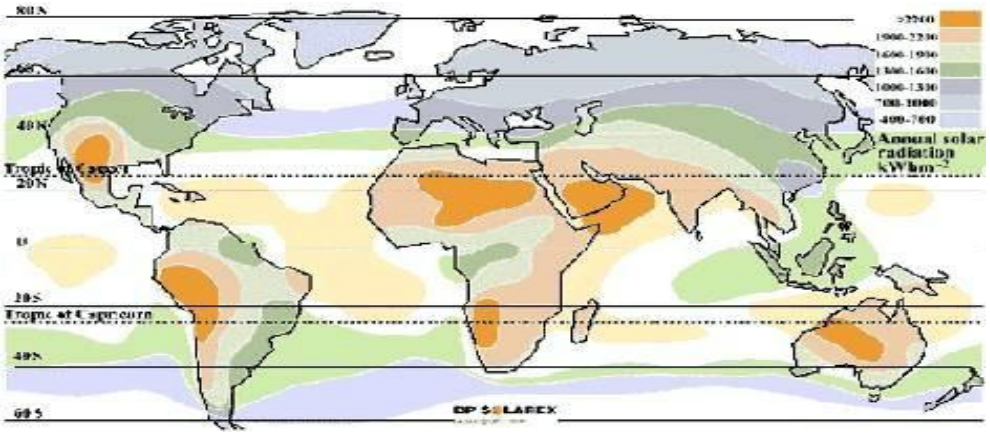


Figura 7. La irradiación a nivel mundial

La irradiación máxima corresponde a las zonas de color anaranjado en donde se reciben más de 2.250 Kwatios/m^2 año. El sol emite constantemente enormes cantidades de energía; una fracción de ésta alcanza la tierra. La cantidad de energía solar que recibimos en un solo día resulta más que suficiente para cubrir la demanda mundial de todo un año. Sin embargo, no toda la energía proveniente del sol puede ser utilizada de manera efectiva. Parte

de la luz solar es absorbida en la atmósfera terrestre o, reflejada nuevamente al espacio. (Ciemat, 1999)

La intensidad de la luz solar que alcanza nuestro planeta varía según el momento del día y del año, el lugar y las condiciones climáticas. La energía total registrada se denomina "radiación" e indica la intensidad de dicha luz. La radiación se expresa en Watios hora /m² y por día. (Garg, 1982)

Con el fin de simplificar los cálculos, la energía solar se expresa en equivalentes a horas de luz solar plena. La luz solar plena registra una potencia de unos 1,000 Watios /m². Ésta es, aproximadamente, la cantidad de energía solar registrada durante un día soleado de verano, con cielo despejado, en una superficie de un metro cuadrado, colocada perpendicular al sol. (Ciemat, 1999)

Mapas de Insolación

Son aquellos que indican el nivel de radiación que hay en una localidad dependiendo del mes y de la ubicación de ésta, estos valores son utilizados para determinar el tipo de panel solar que se debe instalar en ese lugar.

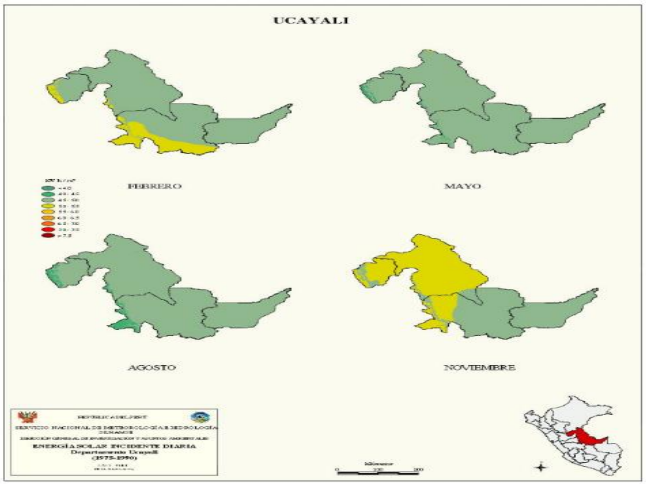


Figura 8. Mapa de Insolación Anual

TABLA 2: HELIOFANIA EN LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS DEL PAIS

			HELIOFANIA	
			Promedio	Desv.Estánd.
1	110133	Zarumilla	4,6	3,0
2	110136	Cañaveral	6,2	2,7
3	110176	San Roque	4,4	2,9
4	110228	Arenales	5,9	3,6
5	110230	La Esperanza	7,4	2,5
6	110232	Chilaco	6,8	2,5
7	110235	Morropón	5,5	3,0
8	110236	Olmos	5,8	3,2
9	110247	San Miguel	6,8	2,7
10	110253	Bagua Chica	5,5	3,0
11	110255	Chulucanas	5,5	2,8
12	110299	Pucalá	6,1	2,9
17	110334	Motupe	5,4	3,0
18	110335	Tinajones	6,7	3,1
19	110371	Celendín	5,2	3,1
20	110373	Cajabamba	6,7	2,9
21	110382	Bellavista	5,0	2,8
22	110384	La Unión	5,1	2,8
23	110387	Contamana	5,5	3,2
24	110441	Recuay	6,6	2,8

Movimiento aparente del sol en función de la hora del día y la época del año

La máxima energía se obtiene cuando los rayos solares llegan perpendiculares a la superficie del captador. En el caso de arreglos fotovoltaicos la perpendicularidad entre las superficies de los módulos y los rayos solares solo se puede conseguir si las estructuras de montaje del arreglo se mueven siguiendo al Sol.

Con el propósito de alcanzar un mejor rendimiento anual promedio en los paneles solares, existen estructuras de soporte del arreglo que ajustan automáticamente el azimutal y/o la elevación. Estas estructuras de montaje se llaman **seguidores**. Generalmente el ángulo de elevación del arreglo es fijo. En algunos casos se usan seguidores azimutales. Dependiendo de la latitud del lugar, los seguidores azimutales pueden incrementar la insolación promedio anual en un 15-25%. (Galindo, et, al., 2000)

En el caso de que no se tenga un seguidor solar, y se desea conseguir el máximo rendimiento, en las instalaciones fotovoltaicas que se encuentran en el hemisferio norte, los distribuidores de paneles solares recomiendan que el arreglo se monte en una estructura fija orientada hacia el sur con un ángulo de inclinación, que a causa de que el ángulo de elevación del Sol cambia durante el año los paneles solares deberán ser instalados en un ángulo fijo, determinado en algún punto entre los ángulos óptimos para el verano y para el invierno, como se muestra en la figura 25, de otra

forma el soporte donde van a ir colocados los panales deberían tener la facilidad de poder cambiar el ángulo de inclinación, dependiendo de la estación del año, recomendado que estos ángulos sean entre 30° y 45° para invierno y de 55° a 60° en verano. (Cañada, 1980)

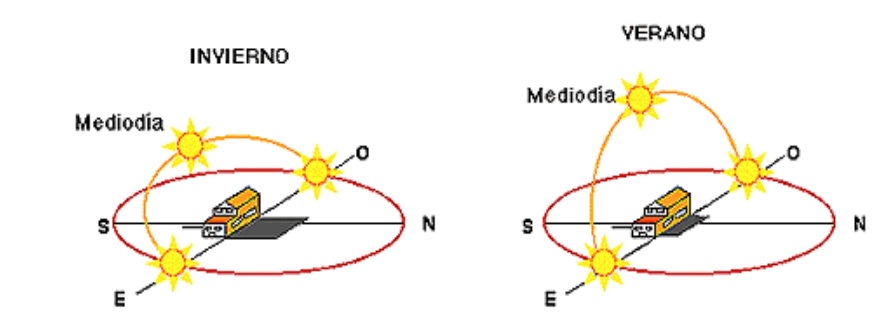


Figura 9. Movimiento del sol en relación a la tierra

2.2.3.- Aplicación de celdas fotovoltaicas

Las aplicaciones son muy amplias. Con 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. (Yanez, 1982)

Las "células solares", 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. (Garg, 1982)

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. Incluso es posible inyectar la electricidad sobrante a la red general, obteniendo un importante beneficio.. La energía solar puede ser perfectamente complementada Con otras energías convencionales, para evitar la necesidad de grandes y costosos sistemas de acumulación. Así, una casa bien aislada puede disponer de agua caliente y calefacción solares, con el apoyo de un sistema convencional a gas o eléctrico que únicamente funcionaría en los periodos sin sol. El coste de la "factura de la luz" sería sólo una fracción del que alcanzaría sin la existencia de la instalación solar. (IDAE, 2003)

Energía libre generada por la reacción fotoquímica sobre la celda propuesta

La Energía libre de Gibbs mide la espontaneidad de una reacción electroquímica. Cuando esta magnitud adquiere valor es negativo la reacción es espontanea en el sentido en el que está

propuesta. Si por el contrario la Energía libre de Gibbs es positiva la reacción es espontánea en sentido inverso.

$$\Delta G = - n \cdot F \cdot E$$

Siendo:

ΔG = Energía libre de Gibbs

n = número de electrones

F = Faraday, la carga de un mol de electrones, 96500 C

E = Potencial redox de la reacción

Por lo que se deduce analíticamente que la reacción es espontánea.

TABLA 3: PROCESO REDOX CON LA MEZCLA EN EL CONDUCTOR DE COBRE

		Proceso redox	**Pot. reduc**	**Pot oxidac.**
Aniones:	Cl^-	$2Cl^-_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$		– 1,36
Cationes:	Fe^{+3}	$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Fe_{(s)}$	+ 0,77	
	Cu^{+2}	$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$	+ 0,34	
	Na^+	$Na^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Na_{(s)}$	– 2,71	
Metales:	Al	$Al_{(s)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$		+ 1,68

TABLA 4: PROCESO REDOX EN EL MATERIAL SEMICONDUCTOR

		Proceso redox	**Pot. reduc**	**Pot oxidac.**
Anión:	F^-	$2F^-_{(aq)} \rightarrow F_{2(g)} + 2e^-$		– 2,87
Catión:	Na^+	$Na^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Na_{(s)}$	– 2,71	
Metal:	Cu	$Cu_{(s)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$		– 0,34

2.3.- Definición de términos básicos

- **Acumulador:** Elemento de instalación capaz de almacenar la energía eléctrica, transformándola en energía química. Se compone de diversas baterías conectadas entre sí en serie o en paralelo.
- **Amperio-hora:** Unidad usada para especificar la capacidad de una batería.

- **Balance de Sistema (BOS):** Representa el resto de componentes del sistema, añadidos a los módulos fotovoltaicos.

- **Baterías:** Acumulan la energía que reciben de los paneles. Cuando hay consumo, la electricidad la proporciona directamente la batería y no los paneles.

- **Diodo de bloqueo:** Diodo que impide que se invierta la corriente en un circuito. Normalmente es usado para evitar la descarga de la batería.

- **Caja de Conexiones:** Elemento donde las series de módulos fotovoltaicos son conectados eléctricamente y donde puede colocarse el dispositivo de protección, si es necesario.

- **Célula Fotovoltaica:** Unidad básica del sistema fotovoltaico donde se produce la transformación de la luz solar en energía eléctrica.
- **Central Fotovoltaica:** Conjunto de instalaciones destinadas al suministro de energía eléctrica a la red mediante el empleo de sistemas fotovoltaicos a gran escala.

- **Concentrador:** Dispositivo que mediante distintos sistemas, concentra la radiación solar sobre las células fotovoltaicas.

- **Contador:** El contador principal mide la energía producida (kWh) y enviada a la red, para que pueda ser facturada a la compañía a los precios autorizados. El contador secundario mide los pequeños consumos de los equipos fotovoltaicos (kWh) para descontarlos de la energía producida.

- **Controlador de Carga:** Componente del sistema fotovoltaico que controla el estado de carga de la batería.

- **Convertidor Continua - Continua:** Elemento de la instalación encargado de adecuar la tensión que suministra el generador fotovoltaico a la tensión que requieran los equipos para su funcionamiento.

- **Dimensionado:** Proceso por el cual se estima el tamaño de una instalación de energía solar fotovoltaica para atender unas

necesidades determinadas con unas condiciones meteorológicas dadas.

- **Integración en edificios:** Término que se refiere al diseño e integración fotovoltaica en el desarrollo de edificios, normalmente reemplazando los materiales que convencionalmente se emplean en los edificios.

- **Efecto Fotovoltaico:** Conversión directa de la energía luminosa en energía eléctrica.

- **Eficiencia:** En lo que respecta a células solares, es el porcentaje de energía solar que es transformada en energía eléctrica por la célula. En función de la tecnología y la producción técnica, ésta varía entre un 5% y un 30%.

- **Electrolito:** En el caso de las baterías empleadas en sistemas fotovoltaicos, es una solución diluida de ácido sulfúrico en la que se verifican los distintos procesos que permiten la carga y descarga de la batería.

- **Estructura de soporte:** Conjunto de elementos sobre los que se fijan mecánicamente los paneles fotovoltaicos para construir una planta fotovoltaica y, cuyas funciones son cargar el peso de los paneles y proporcionar una adecuada orientación e inclinación.

- **Fotón:** Cada una de las partículas que componen la luz.

- **Fotovoltaico (FV):** Relativo a la generación de fuerza electromotriz por la acción de la luz.

- **Generador:** Conjunto de todos los elementos que componen una instalación fotovoltaica, necesarios para suministrar energía a las distintas aplicaciones. Transforma la energía del Sol en energía eléctrica y carga las baterías.

- **Inclinación:** Ángulo que forma el panel fotovoltaico con una superficie perfectamente horizontal o a nivel.

- **Inversor:** Equipo electrónico que convierte la corriente continua generada por los paneles fotovoltaicos en corriente alterna. Es necesario para conectar una planta fotovoltaica a la red eléctrica de distribución general.

- **Kilovatio (kW):** Unidad de potencia equivalente a 1000 vatios.

- **Mantenimiento preventivo:** Conjunto de acciones destinadas a prevenir la aparición de fallos que afecten a la producción de energía de la planta fotovoltaica.

- **Mantenimiento correctivo:** Conjunto de acciones ejecutadas para subsanar una disfunción o fallo que afecte a la producción de energía de la planta.

- **Módulo fotovoltaico:** Conjunto de células fotovoltaicas, generalmente construidas a base de silicio, unidas

eléctricamente y encapsuladas en una sola unidad capaz de ser manipulada y conectada a un sistema de generación de energía eléctrica.

- **Nominal Operating Cell Temperature (NOCT):** Temperatura a la que trabaja una célula en un módulo bajo las Condiciones de Operación Estándar, que son: 20º Centígrados de temperatura ambiente, irradiación de 0.8 kW/m2 y velocidad media del viento de 1 m/s, con el viento orientado en paralelo al plano de la estructura y todos los lados de la estructura totalmente expuestos al viento.

- **Orientación:** Ángulo de orientación respecto al Sur Solar de la superficie de un panel. El Sur geográfico (o real) no debe confundirse con el magnético, que es el que señala la brújula, aunque en el caso de España la diferencia no suponga grandes desviaciones.

- **Panel fotovoltaico:** Dispositivo electrónico que transforma la energía solar en energía eléctrica.

- **Punto de máxima potencia de un Panel:** Potencia que suministra un panel fotovoltaico cuando el producto de la tensión por la intensidad es máximo.

- **Planta fotovoltaica:** En un sentido amplio, es un conjunto de módulos o paneles fotovoltaicos, conectados eléctricamente

entre sí, generando energía eléctrica de forma coordinada. En lo concerniente a este contrato, al inyectarse la energía generada por la planta fotovoltaica en la red eléctrica de distribución general, se deben incluir en la definición algunos elementos adicionales. Así pues, planta fotovoltaica se refiere al conjunto de paneles, cables, estructuras de soporte así como todos los equipos electrónicos necesarios para generar energía e inyectarla en la red eléctrica de distribución.

- **Plataforma fotovoltaica:** Conjunto de plantas fotovoltaicas, agrupadas en un mismo ámbito geográfico, conectadas a un mismo transformador.

- **Potencia nominal de una planta:** La legislación vigente mide la potencia nominal de una planta fotovoltaica en base a la potencia a la que es capaz de operar el inversor que la conecta a la red eléctrica de distribución. Así pues, una planta fotovoltaica con 100 kW de potencia nominal es, a efectos legales, aquella que emplea un inversor de esa potencia.

- **Radiación Solar:** Cantidad de energía procedente del sol que se recibe en una superficie y tiempo determinados.

- **Regulador:** Véase Controlador de Carga.

- **Rendimiento:** Es la relación que existe entre la energía que realmente transforma en energía útil y la que requiere un determinado equipo para su funcionamiento.

- **Silicio**: Elemento químico del que, de forma básica, se componen las células de un panel solar. Es de naturaleza prácticamente metálica, gris oscuro y de excelentes propiedades semiconductoras.

- **Sistema Aislado o Remoto:** Sistema fotovoltaico autónomo, no conectado a red. Estos sistemas requieren baterías u otras formas de acumulación. Suelen utilizarse en lugares remotos o de difícil acceso.

- **Sistema Conectado a Red:** Sistema fotovoltaico que actúa como una central generadora de electricidad, suministrando energía a la red.

- **Sistema Híbrido**: Sistema fotovoltaico que incluye otras fuentes que generan electricidad, tales como generadores eólicos o grupos electrógenos.

- **Tensión de un Circuito Abierto:** Es la diferencia de potencial medida entre dos extremos de un circuito eléctrico, cuando éste está abierto y sin carga.

- **Tensión Nominal:** Diferencia de potencial específica, para la que se diseña un equipo o una instalación. Se llama nominal porque la tensión puede variar por distintas circunstancias durante la operación.

- **Transformador:** Equipo electromagnético que convierte la corriente alterna de baja tensión a media tensión. Es necesario para conectar una planta fotovoltaica a la red eléctrica de media tensión y distribución general.

- **Vatio (W)**: Unidad de potencia eléctrica que equivalente a un julio por segundo.

- **Vatio Pico:** Unidad de potencia que hace referencia al producto de la tensión por la intensidad (potencia pico) del panel fotovoltaico en unas condiciones estándares de medida (STC).

- **Voltaje:** Anglicismo del término Tensión.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Localización

El desarrollo de la ceda solar casera electroquímica fotovoltaica se realizó en las instalaciones del laboratorio de química de la Facultad de ciencias Forestales y ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali en el Km 6.5 de la carretera Federico Basadre entrando a por la margen izquierda saliendo de la ciudad de Pucallpa.

La parte experimental del estudio se desarrolló en el centro poblado Oventeni, distrito de Raimondi, provincia de Atalaya, Departamento de Ucayali.

3.1.2 Características de las zonas de muestreo:



Figura 10: Centro poblado de Oventeni, distrito de Raimondi, provincia de Atalaya, departamento de Ucayali. **Fuente: Google maps.**

3.2.- Método

3.2.1.- Tipo de investigación

Enfoque de investigación: Es cuantitativa, ya que en este estudio, se buscó medir variables con referencia a magnitudes, así como secuencial y probatorio (Niño, 2011; Tamayo, 2006).

Tipo de investigación: El presente trabajo es **Descriptivo** ya que este tipo de estudios miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2010).

Diseño de la Investigación: E**xperimental**, Hernández et al. (2010) menciona que se denomina investigación experimental a toda investigación hace variar de forma intencional la variable independiente.

Tipo de diseño: Investigación transectorial, se recolectan datos en momentos y en tiempos dados. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (o describir comunidades, eventos, fenómenos o contextos (Velásquez y Rey, 2006; Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2007). Y por su alcance es de **diseño transectorial descriptivo**, de acuerdo a tienen como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiestan una o más variables (Hernández et al., 2010).

3.2.1.1.- Hipótesis, variables y operacionalizacion

3.2.1.1.1- Hipótesis

El rendimiento de una celda electroquímica-fotovoltaica casera a base de fluoruro de sodio/acido2hidroxipropano-1,2,3 tricarbolico/sulfato de cobre de diseño rectangular 0.25 m^2 puede generar la energía necesaria para suplir la demanda energética básica para el alumbrado de una vivienda de área rural.

3.2.1.1.2.- Variable

3.2.1.1.2.1.- Independientes

X_1: Parámetros Físicos y Químicos

$X_{1.1}$: Radiación solar

$X_{1.2}$: proporción de la mezcla fotoquímica

$X_{1.3}$: área de la celda

X_2: Demanda energética para alumbrado de una vivienda rural

$X_{2.1}$: Tabla de cálculo de gasto energético

3.2.1.1.2.2.- Dependientes

Y_1: Rendimiento energético de celda solar.

$Y_{1.1}$: Voltaje obtenido

$Y_{1.2}$: Amperaje obtenido

$Y_{1.3}$: Potencia obtenida

Y_2: Requerimiento energético de la celda solar para alumbrado de una vivienda rural

$Y_{2.1}$: Cuadro de potencias requeridas promedio

3.2.1.1.3.- Operacionalizacion de variables

TABLA 5: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES

VARIABLES	INDICADOR	CRITERIO DE MEDICION
INDEPENDIENTES: • Parámetros físicos y químicos • Demanda energética para alumbrado de una vivienda rural	✓ Tabla de cálculo de gasto energético ✓ Radiación solar ✓ Proporción de mezcla fotoquímica ✓ Proporciones de la celda	☑ Encuesta ☑ Cuadro de demanda elecrtica ☑ kWh/m^2 ☑ mol-g ☑ Valor de dimensiones ☑ m^2 ☑ cuadro de correlaciones de radiación diaria
DEPENDIENTE • Rendimiento energético de la celda solar • Requerimiento energético para alumbrado de una vivienda rural	✓ Voltaje obtenido ✓ Amperaje obtenido ✓ Potencia obtenida ✓ Cuadro de potencias requeridas promedio	☑ volt ☑ ampere ☑ W.h ☑ Wh/ casa

3.2.2.- Población y muestra

3.2.2.1.- Población

La población fue conformada por la totalidad de unidades de celdas solares a desarrollar.

3.2.2.2.- Muestra

La muestra fue estratificada y estaba conformada por la totalidad tipos de celdas desarrolladas según tamaño y composición, 3 celdas en total de distintos tipos. La toma de datos en cada muestra se realizara de forma manual puntual, en un tiempo definido con el prototipo más estable. Cada uno (prototipo) será evaluado siete veces por semana durante un mes en el laboratorio para definir al más estable.

Para la elección de la muestra de encuestados durante el trabajo de campo se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{K^2 \times p \times q \times N}{(e^2 \times (N-1)) + k^2 \times p \times q}$$

3.3.- Instrumentos de recolección de datos

3.3.1.- Materiales, equipos y herramientas

3.3.1.1.- Materiales y equipos en campo

- GPS
- Piranometro o solarimetro
- Celdas solares

- Multitester
- Encuestas
- Guantes
- Plumón indeleble
- Libreta de apuntes
- Formatos
- Cámara fotográfica

3.3.1.2.- Materiales y equipos en laboratorio

- Multitester
- Placas de aluminio
- Hilo de cobre
- Sulfato de cobre
- acido2hidroxipropano-1,2,3 tricarbolico
- Fluoruro de Sodio
- Base de madera
- Base de carton
- Soldador de estaño

3.3.1.3.- Materiales y equipos de gabinete

- Computadora
- Impresora B/N y color
- Memorias USB
- Software de base de datos y procesamiento de texto (MS Word, MS Excel)
- Software SPSS

3.3.2.- Herramientas

- Formulario de levantamiento de datos en campo
- Mapa de las zonas de muestreo

3.4.- Procedimiento de recolección de datos

3.4.1.- Técnicas de campo

3.4.1.1.- Puntos de muestreo y muestras

La selección de los puntos de muestreo se llevó a cabo de forma aleatoria e intencional, con el propósito de evaluar la semejanza de radiación en distintos puntos de una misma zona geográfica.

Las muestras se tomaron de forma manual, por ello fueron recolectadas en 3 puntos específicos con el prototipo más estable definido en laboratorio.

A. Criterios para la toma de valores de radiación en un punto específico.

- Con la ayuda de una tela, se limpió y retiro los materiales que obstruyeron el paso de rayos solares a la celda.
- Se leyó los valores arrojados por el piranometro.
- Se utilizaron los formatos de campo elaborados.
- Se realizó el procedimiento cada 3 horas en el tiempo sol diario de 7am a 6pm.
- Se realizó la lectura y la verificación de los equipos y la celda estando en óptimas condiciones al final del día.

B. Procedimiento para toma de valores eléctricos en un punto específico.

- Con la ayuda de una tela, se limpió y se retiró materiales que obstruyeron el paso de rayos solares a la celda.
- Se leyó los valores de voltaje y amperaje arrojados por el multitester.
- Se utilizó los formatos de campo elaborados.
- Se realizó el procedimiento cada 3 horas en el tiempo sol diario de 7am a 6 pm.
- Se realizó la lectura y verificación que los equipos y la celda estén en óptimas condiciones al final del día.

C. Preservación y transporte de muestra:

Las muestras, por su composición estuvieron protegidas por factores ambientales agresivos como viento fuerte y lluvias, para poder realizar la evaluación de su rendimiento energético de manera óptima.

3.4.2.- Procedimiento en laboratorio

Se forro la tapa de una caja de cartón con papel de aluminio. En el centro se delimito una franja trasversal pintada con esmalte sintético y se montó una resistencia formada con un hilo de cobre monopolar dispuesto en zigzag, **zona frontal de resistencia**. Esta zona una vez preparada se impregnó con una solución de zumo de limón y pasta dentífrica.

A ambos lados de esta zona quedaron dos áreas de papel de aluminio que se cubrieron con una disolución de cloruro sódico y sulfato de cobre y sobre la que posteriormente se esparció virutas de acero, **zonas semiconductoras laterales**.

Comprobado el correcto funcionamiento de la misma se ensayarán distintos tamaños 22×31 y 51×40 cm y en ambos casos variaba la relación entre las distintas zonas (semiconductora izquierda, frontal y semiconductora derecha.) siendo éstas 1:1:1 y 1:2:1.

Las reacciones redox son aquellas en las que se produce una transferencia de electrones entre dos especies. Uno de los reactivos cede electrones y se oxida, especie reductora, mientras que el que acepta los electrones se reduce, especie oxidante. Las reacciones redox siempre transcurren por sistemas de pares conjugados. El reductor da electrones y se oxida mientras que el oxidante gana esos electrones y se reduce.

Un ejemplo muy sencillo de llevar a cabo es la reacción entre el aluminio metálico y una sal de cobre (II). El aluminio, Al, puede oxidarse perdiendo electrones y convertirse en Al^{3+}, el Cu^{2+} puede ganar electrones y pasar a Cu según la siguiente reacción:

$$3\ Cu^{+2} + 2\ Al \rightleftharpoons 3\ Cu + 2\ Al^{+3}$$

Cuando se trata de equilibrios redox la reacción puede describirse como el resultado de dos semirreacciones, una de reducción:

$$Cu^{2+} + 2\ e^- \rightleftharpoons Cu$$

y otra de oxidación:

$$Al \rightleftharpoons Al^{+3} + 3\ e^-$$

Para llevarla a cabo basta con poner un poco de alguna sal de cobre (II) (p.e. cloruro de cobre o sulfato de cobre) sobre papel de aluminio (del que se usa en casa) y añadir unas gotas de agua. Al poco tiempo comienza a adquirir un color pardo y se desprenden gases y calor de forma bastante espectacular. Si el papel de aluminio puede llegar a perforarse si es fino y hay cantidad suficiente de sal de cobre.

Hay que tener algo de cuidado con las proyecciones ya que la mezcla se calienta bastante (es una reacción exotérmica). El papel de aluminio llega a agujerearse y queda recubierto de un residuo de color pardo. El aluminio se disuelve en el agua y el residuo pardo es el cobre metálico que se forma por reducción.

Las mezclas de los productos químicos son sencillas llevando las mezclas hasta el punto de saturación, Agua con sulfato de cobre (II) y agua con cloruro sódico. Es importante ir diluyendo progresivamente la disolución de sulfato de cobre (II) para evitar que esta degrade por completo el papel de aluminio. Para ello se ensaya previamente este paso aparte.

Encontrando las siguientes concentraciones óptimas:

- En 250 ml de jugo de limón, se disolvió una medida de crema dental (lo que echamos en el cepillo de dientes, 1,5 g de media)
- En 250 ml de agua se añadió 3 g de cloruro de sodio y 0,8 g de sulfato de cobre (II).

Otras precauciones a tener en cuenta en el montaje son:

- procurando que la celda con la “resistencia” quede completamente aislada del resto del panel.
- Revisando los contactos y asegurarse que el sol incida directamente sobre la superficie de la placa.

El conjunto una vez formado se expone a Sol lo que activa los procesos redox y se activa el funcionamiento.

El objeto de este trabajo es estudiar la relación la superficie de las distintas zonas de la placa. Para ello se prepararon cinco tipos de relación entre superficies y se encontró la relación óptima:

Dimensiones 0.51× 0.40 m: 0.2 m^2

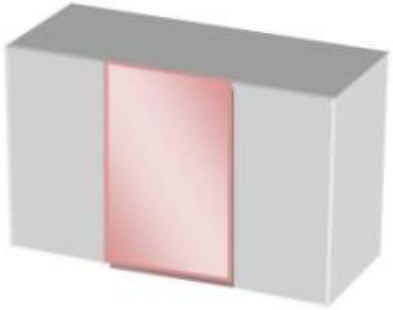


Figura 11. Celda solar casera modelo 1:1:1

3.5.- Método de muestreo

El modelo de Ångström-Prescott es el modelo más frecuentemente usado para estimar la irradiación solar relativa (**H/H_O**) basado en las horas de sol relativas (**n/N**). Esta ecuación fue sugerida por Prescott (1 940) como una modificación del modelo de Ångström propuesto en 1 924. Esta ecuación está dada por.

$$\frac{H}{H_o} = a + b\frac{n}{N}$$

Donde **H** es la irradiación solar medida en superficie, **H_O** es la irradiación solar en el tope de la atmósfera, **n** son las horas de sol efectivas o heliofanía y **N** es la duración astronómica del día para una fecha del año y latitud específicos. Los coeficientes empíricos **a** y **b** tienen un significado físico, donde **a+b** representa el valor máximo de la transmisividad de la atmósfera (*t*) mientras que el coeficiente **a** representa el mínimo valor de *t*

3.5.1.- Toma de datos in situ

3.5.1.1.- Análisis físicos y químicos

Con los equipos previamente calibrados se llevó a cabo la toma de los siguientes datos:

- Energía libre de Gibbs para cada proporción de mezcla fotoquímica
- Potencial electromotriz de los metales utilizados en la elaboración de la celda solar

Para los parámetros que no se midieron en campo fueron tomadas dentro del laboratorio especializado en Química.

CAPITULO IV

RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1.- RESULTADOS

TABLA 6 : PRUEBA FÍSICA DE RESISTIVIDAD PARA RESISTENCIA DE COBRE

N° Cobre	022	025	026	028	030	031	032
Resistividad	1.03Ω	1.41Ω	1.56Ω	1.85Ω	2.25Ω	2.83Ω	3.01Ω
Densidad	62.54 g/cm^3	62.84 g/cm^3	63.54 g/cm^3	63.55 g/cm^3	63.55 g/cm^3	63.56 g/cm^3	63.53 g/cm^3
Eficiencia	Baja	Baja	Optima	Promedio	Baja	Baja	Baja

TABLA 7: PRUEBA QUÍMICA SOLUTO OBTENCIÓN ESTEQUIOMÉTRICA DEL FLUORURO DE SODIO

g de NaF	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
Electronegatividad	-3.26 c	-3.28	-3.26	-3.72	-3.84	-3.99	-3.99
Electropositividad	0.09 p^+	0.08 p^+	0.02 p^+	0.02 p^+	0.02 p^+	0.01 p^+	0.01p^+
Energía Gibbs	-0.99 J	0.98J	1.98 J	2.99 J	3.90 J	4.92 J	4.91 J
Eficiencia	Muy baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Optima	Baja

TABLA 8: PRUEBA QUÍMICA SOLVENTE OBTENCIÓN ESTEQUIOMÉTRICA DEL ÁCIDO HIDROXIPROPANO

$C_6H_8O_7$ en ml	**100**	**150**	**200**	**250**	**300**	**350**	**400**
Electronegatividad	-2.57 c	-2.66	-3.25	-4.25	-4.22	-4.11	-4.05
Electropositividad	1.24 p^+	1.25 p^+	1.25 p^+	1.25 p^+	1.26 p^+	1.26 p^+	1.26 p^+
Energía Gibbs	2.02 J	2.98 J	3.41 J	4.89 J	4.78 J	4.76 J	4.76 J
Eficiencia	Baja	Baja	Baja	Optima	Muy baja	Muy baja	Muy baja

TABLA 9: PRUEBA DE CAMPO DE RENDIMIENTO ENERGÉTICO - CELDA OPTIMA 51X40 -1:1:1

	Radiación	Voltaje inicial	Voltaje final	Potencia promedio	Eficiencia
Mañana	$78\ wb/m^2$	0.50 v	1.23 v	0.14 w	26%
Mediodia	$125\ wb/m^2$	0.61 v	1.80 v	0.51 w	74%
Tarde	$65\ wb/m^2$	0.55 v	1.30 v	0.17 w	18%

TABLA 10: RESULTADOS SOBRE EL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LAS REACCIONES - CELDA OPTIMA 51X40 -1:1:1

Al(s) → Al3+(aq) + 3e− +1.68 V	El potencial de oxidación del Al
Cu2+(aq) + 2e− → Cu(s) +0.34 V	El potencial de reducción del cobre
2 Al(s) → 2 Al3+(aq) + 6e− + 1,68 V	Siendo el potencial de la ecuación general
3 Cu2+(aq) + 6e− → 3 Cu(s) + 0,34 V	
3 Cu+2 + 2 Al ⇌ 3 Cu + 2 Al+3 + 2,02 V	Es la ecuación general del proceso

Según los cuadros mostrados se puede entender que se ha obtenido proporciones optimas de peso y volumen de los insumos químicos que serán utilizados para la elaboración de esta celda solar electroquímica fotovoltaica, asimismo se observa que el momento del día más apropiado para su aplicación es al mediodía.

TABLA 11: PROMEDIOS MENSUALES DE LA RADIACIÓN SOLAR EN LA LOCALIDAD OVENTENI

Mes	N° Dias	N° Acum.	G (W/m^2)	G (kWh/m^2.dia)
Mayo	31	151	234,83	5,64
Junio	30	181	229,17	5,50
Julio	31	212	229,17	5,50

Debido a la variabilidad climatica se tiene a los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto como los mas calurosos del año en la Localidad de Oventeni pero se ha determinado que el mes de Mayo ha tenido mayor incidencia solar sobre su superficie llegando a los 234 Weber por metro cuadrado, que es la unidad de radiacion por área.

Resultados obtenidos de la aplicación de encuestas

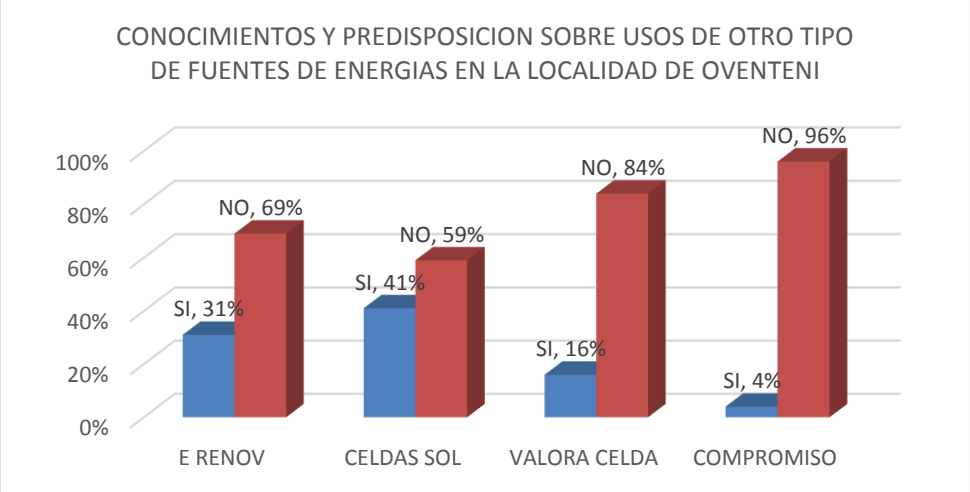


Grafico 1.- CONOCIMIENTOS Y PREDISPOSICION SOBRE USOS DE OTRO TIPO DE FUENTES DE ENERGIAS

La población muestral por encima del 55% del C.P Oventeni no cuenta con los conocimientos necesarios sobre energías renovables y no se encuentran comprometidos con su uso y beneficio puesto que no conocen sus ventajas.

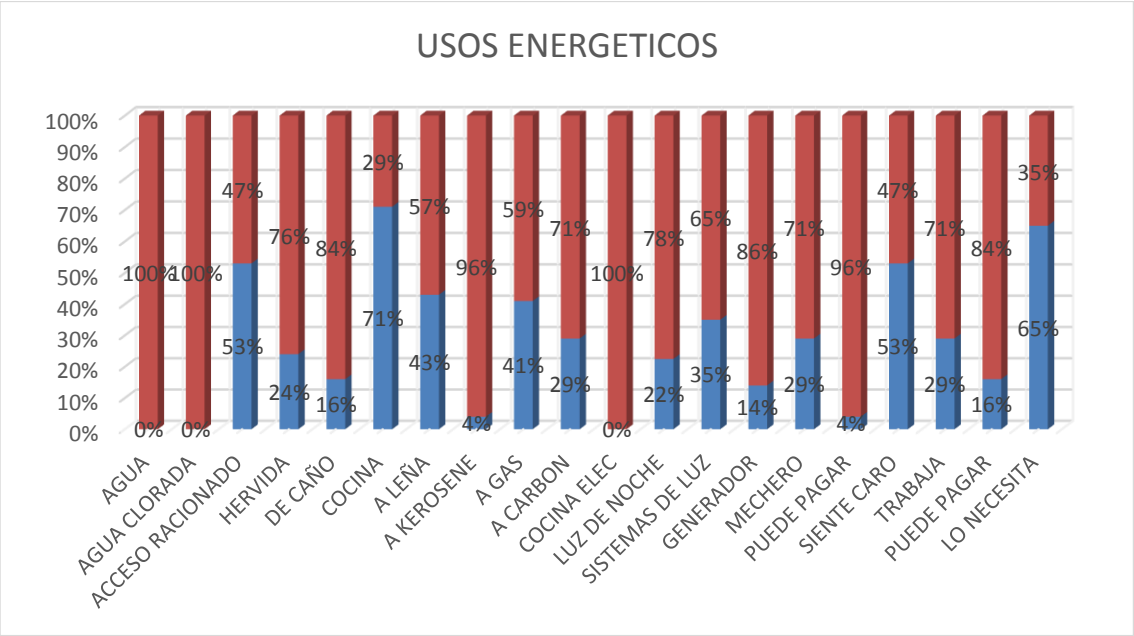


Gráfico 2.- USOS ENERGETICOS

Las condiciones de salud y bienestar de la población muestral de la localidad de Oventeni están determinadas por su nivel socioeconómico, el cual es una limitante para acceder a servicios que mejoren la calidad de vida de dichos pobladores; en este sentido el 100% no tienen acceso a servicios de saneamiento y no cuentan con información adecuada sobre el tratamiento de el agua que recogen de los ríos y quebradas cercanas.

Existe máximo uso de combustibles vegetales y fósiles como fuente energética para las actividades cotidianas del hogar, esta situación se manifiesta sobre la media del 70% de los pobladores.

La iluminación durante las noches, como mínima necesidad energética, en el centro poblado de Oventeni esta sostenida en el uso de mecheros y lamparines con fuente de combustibles fósiles y vegetales, lo que a su vez

genera un daño al medio ambiente y principalmente a la salud; esta situación se manifiesta sobre la media del 78% de la población de muestra; por otro lado, quienes pueden acceder al uso de electrogeneradores realizan gastos excesivos por el costo variable de los hidrocarburos.

El 96% de la población muestral está dispuesta a pagar por un servicio de energía eléctrica que sea cómoda y eficiente, toda vez que actualmente algunos pocos pobladores cuentan con electrogenerador y los costos que deben asumir están fuera del nivel de ingresos de la mayoría, el 53% siente percibe que los servicios actuales con uso de combustibles fósiles son demasiado caros y el 65% de la población muestral encuestada aceptan y son conscientes que el servicio energético que les pueda brindar mínimamente la iluminación en sus hogares es necesaria.

TABLA 12: ELABORACIÓN DE COSTOS POR UNIDAD DE CELDA SOLAR

Semana 1:

INSUMOS Y MATERIALES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
Papel aluminio	1 pliego	S/. 4	S/. 4
Tijeras	1 unid.	S/. 2	S/. 2
Martillo	1 unid.	S/. 10	S/. 10
Goma sintética	1 kg	S/. 3	S/. 3
Base de triplay	0.2 m^2	S/. 1.5	S/. 1.5
Clavos	¼ kg	S/. 1	S/. 1
Jarra con medida 1l	4 unid.	S/. 1	S/. 4
Pincel N°18	2 unid.	S/. 9	S/. 18
Regla 30 cm	1 unid.	S/. 1	S/. 1
Espátula	1 unid.	S/. 3	S/. 3
Balanza electrónica	1 unid.	S/. 85	S/. 85

Multímetro	1 unid.	S/. 29	S/. 29
Pasta dentífrica 108 g	1 unid.	S/. 4	S/. 4
Limón	4 kg	S/. 2	S/. 8
Sulfato de cobre	100 g	S/. 3	S/. 3
Sal	1 paquete.	S/. 0.5	S/. 0.5
Alambre de cobre N°24	2 m	S/. 2	S/. 2
Pintura smalte negro	1 unid.	S/. 8.5	S/. 8.5
		TOTAL	S/. **187.5**

Semana 2:

Limón	4kg	S/. 2	S/. 8
		TOTAL	**S/. 8**

Semana 3:

Limón	4 kg	S/. 2	S/. 8
		TOTAL	**S/. 8**

Semana 4:

Limón	4 kg	S/. 2	S/. 8
		TOTAL	**S/. 8**

Costo mes 1: **S/. 211.5**

Costo mes 2 al mes 6: **S/. 36**

Limón	16 kg	S/. 2	S/. 32
Papel aluminio	1 pliego	S/. 4	S/. 4
		TOTAL	S/. **36**

Costo mes 7: **S/. 44.5**

Costo mes 8 al mes 12: **S/. 36.**

COSTO ANUAL: S/. 616

TABLA 13: COSTO DEL CARGO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR ILUMINACIÓN RURAL CON FUENTE DE ELECTROGENERADOR A COMBUSTIBLE EN LA LOCALIDAD DE OVENTENI

ARTEFACTOS	TIEMPO DE USO	COSTO FIJO MENSUAL	TOTAL
Luminarias	7 h	S/. 156 (13 gl aprox.)	S/. 156
Radio	16 h		
Otros artefactos	4 h		
		TOTAL	**S/.156**

Costo anual: S**/. 1872**
Costo de un electro generador: **S/. 8569**

TABLA 14: COMPARATIVO COSTO CELDA SOLAR VS GRUPO ELECTRÓGENO PARA LUMINARIAS

TIEMPO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	TOTAL
Celda Casera	616	454.5	454.5	454.5	454.5	**S/. 2 434**
Electrógeno	9193	936	936	936	936	**S/. 12 937**

Beneficio obtenido: S/. 12 937 - S/. 2 434 **= S/. 10 503**

Razon beneficio-costo: $\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{\text{S/. 10 503}}{\text{S/. 2 434}} = 4.31$

4.2.- DISCUSION

Una vez expuestos al Sol todos los paneles se has registrado los siguientes valores de voltaje e intensidad:

Dimensiones 22×31 cm, relación áreas 1:1:1, Voltaje 2,06 V, Intensidad 0,07 A

Dimensiones 22×31 cm, relación áreas 1:2:1, Voltaje 2,14 V, Intensidad 0,09 A

Dimensiones 51×40 cm, relación áreas 1:1:1, Voltaje 2,30 V, Intensidad 0,12 A

A medida que aumentan las dimensiones de las placas aumenta la energía obtenida en las mismas aumento de la fuerza electromotriz y de la intensidad). La relación entre las distintas zonas (semiconductora izquierda, frontal y semiconductora derecha) no parece influir en los valores de voltaje e intensidad registrados.

En cuanto a la duración de las mismas se ha apreciado que las de mayor tamaño duran más tiempo, 55 días, que las más pequeñas, 38 días.

Se sabe, según Gregory Michel (2001) que la razón beneficio-costo debe ser mayor a 1 para que sea admitida:

$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} > 1 \rightarrow 4.31 > 1$; por lo tanto el uso de celda solar es RENTABLE.

V. CONCLUSIONES

1. Es posible construir una célula fotovoltaica con materiales de uso cotidiano y con un coste mínimo que lo haga rentable.
2. Dada la composición química de sus componentes esta placa no es una célula solar propiamente dicha. En realidad, se trata de una de una pila electroquímica ya que en ella tiene lugar una reacción electroquímica. A pesar de ello la luz del Sol activa el proceso, y solo en presencia de luz los electrolitos reaccionan con el metal, por lo que sería una pila electroquímica solar.
3. Por otro lado, cuanto mayor sea la superficie de la placa mayor es la energía que se puede obtener de ella. Del mismo modo se ha comprobado que la relación de la dimensión entre las distintas áreas o zonas de las placas influye significativamente en el rendimiento de las mismas siendo la relación entre las zonas semiconductora izquierda, frontal y semiconductora derecha. 1:1:1 resultó ser sensiblemente más eficiente.
4. En cuanto a su rendimiento energético, los 2.30 v y 0.12 A obtenidos (0.2 W) tiene una tasa de caída muy alta llegando a 0.13 v y 0.001 A en el primer día de exposición por lo que su uso para alumbrado rural aun no es viable.

VI. RECOMENDACIONES

1.- Realizar una investigación más amplia en cuanto a la producción de este sistema de celdas evitando su descarga acelerada siempre que se ha comprobado que existe energía aprovechable.

2.- Contemplar el uso de medios físicos de almacenamiento de energía, es decir evaluar el mismo circuito de la celda fotovoltaica utilizando baterías de distinto calibre hasta encontrar el adecuado para su almacenamiento.

3.- Realizar investigaciones referentes a este sistema con otros materiales que sean más resistentes y duraderos.

4.- Realizar un análisis de emisión de residuos sólidos comunes y peligrosos, así como la emisión de fluidos tóxicos que puedan resultar de su elaboración.

5.-Realizar un trabajo de investigación para determinar el mapa solar actualizado de nuestra región (heliofanía), dado que los mapas que se encuentran en la red y los que maneja SENAMHI no están actualizados y los valores referenciados por sistemas de información geográfica no han sido cotejados con información recogida in situ.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Cañada, L. y. (1980). *Energía solar fototérmica: fundamentos para su aprovechamiento. .* España: Valencia. Instituto de Nuevas Energías. Servicio de Publicaciones.

Ciemat, c. (1999). Fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la energia fotovoltaica. *chile*, 1,52-55.

Duffie, J. B. (1996). *Solar energy thermal processes. Madrid.* Madrid: Pergamonn Press.

Galindo, E. D. (et, al., 2000). Caracterización geoquímica del agua subterránea en la zona este de gran canaria. 55-57.

Garg, H. (1982). *Fundamentals of Solar Energy.* John Wiley & Sons.

Gomez, R. (1995). Contaminación Ambiental en la Amazonía Peruana. *Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos-Perú*, 20, 63 p.

Hernández, R. F. (et, al., 2007). *Fundamentos de la Metodología de la Investigación.* Mexico: McGraw Hill Interamericana.

IDAE. (s.f.). Fundación Ecología y Desarrollo. *ERA SOLAR: Revista especializada en energía solar*, 18.

Kiely, k. (2003). *Los análisis físicos y químicos en la Cartografía Hidrológica del INEGI.* Mexico.

Knopf, k. (1999). Hannes. Analysis, Simulation, and Evaluation of Maximum Power Point Tracking (MPPT) Methods for a solar Powered Vehicle. *Portland State University.*, 22,23.

León., E. E. (2001). Materiales y productos para la edificación. Procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño´. *EUROSOLAR: Asociación Europea para las Energías Renovables*.

Mora, M. (Omega S.A). *Estudio poblacional en la Amazonía.* Peru: 1996.

Niño, R. (2011). *Metodología de la Investigación Diseño y Ejecución.* Ediciones de la U.

SENHAMI. (2008). *La guía completa del mundo de la ciencia.* Potsdam, Alemania: Servicios Globales Editoriales, S.A. .

Jones, D. (2002). Arquitectura y entorno. El diseño de la construccion. *Blume, 1° edicion en español*, 256.

Carranza(1999). *Manual de practicas recomendadas para proyectos de sistema fotovoltaicos independientes.* España: Orbis S.A.

Sarmiento, P. (1999). Energia solar. En arquitectura y construccion. *Ingesol*, 315.

Yanez, G. (1982). Energia solar, edificacion y clima (Elementos para la arquitectura solar). *Ministerio de Obras y Urbanismo, Servicio de publicaciones.*

Bayod Á. y otros (1969). GUÍA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES APLICADAS A LAS PYMES; Tacna-Perú; Editorial Santa María.

Pacco K. (2009). Evaluación Energética Comparativa de un Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico (SHEFV) de Baja Potencia para la Electrificación de una Vivienda Urbana (Tesis) Tacna.

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA:

http://www.monografias.com/trabajos97/aprovechamiento-energia-solar-como-energia-renovable/aprovechamiento-energia-solar-como-energia-renovable.shtml, 01-07-2013, 09-01-2014

http://www.greenestenergy.com/placas%20solares/PLACAS%20SOLARES.html, 09-01-2014

http://exterior.pntic.mec.es/pvec0002/e_solar.htm, 09-01-2014

http://www.solartronic.com/Ayuda/Preguntas_Frecuentes/, 05-12-2013

http://energiafotovoltaica15.wordpress.com/about/, 11-12-2013

http://www.cecu.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/guia/solar.htm, 11-12-2013

http://servicios.laverdad.es/cienciaysalud/4_2_35.html, 17-10-2009, 11-12-2013

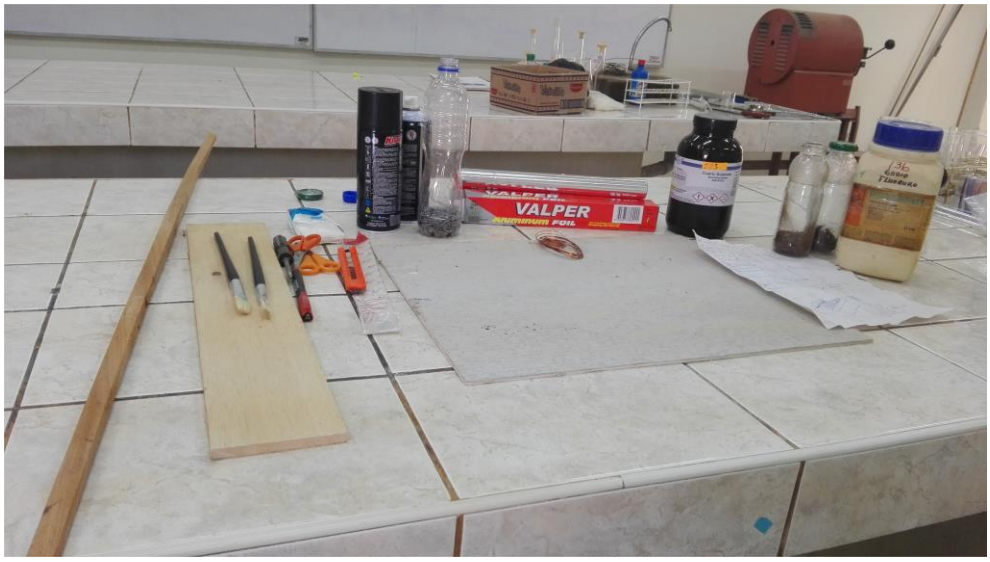
http://energiasolarok.blogspot.com/2009/07/celulas-de-gratzel-en-edificios.html, 11-07-2009, 18-12-2013

http://www.finland.org.au/Public/default.aspx?contentid=194258&nodeid=35603&culture=es-ES, 09-06-2010, 27-11-2013

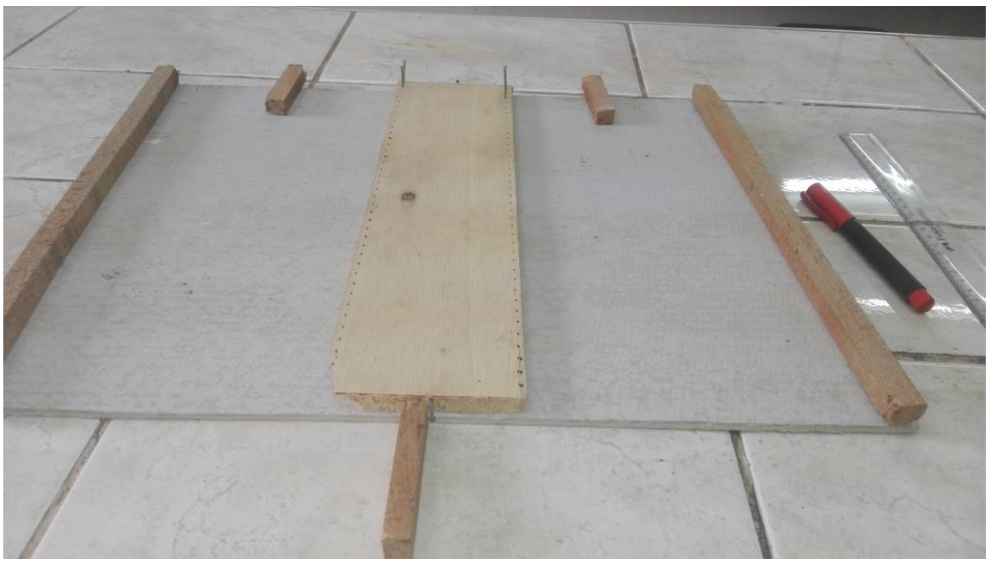
PANEL FOTOGRAFICO



FOTOGRAFIA 01: Obtención del molde de material solido (superboard) para la base de la celda solar electroquímica fotovoltaica



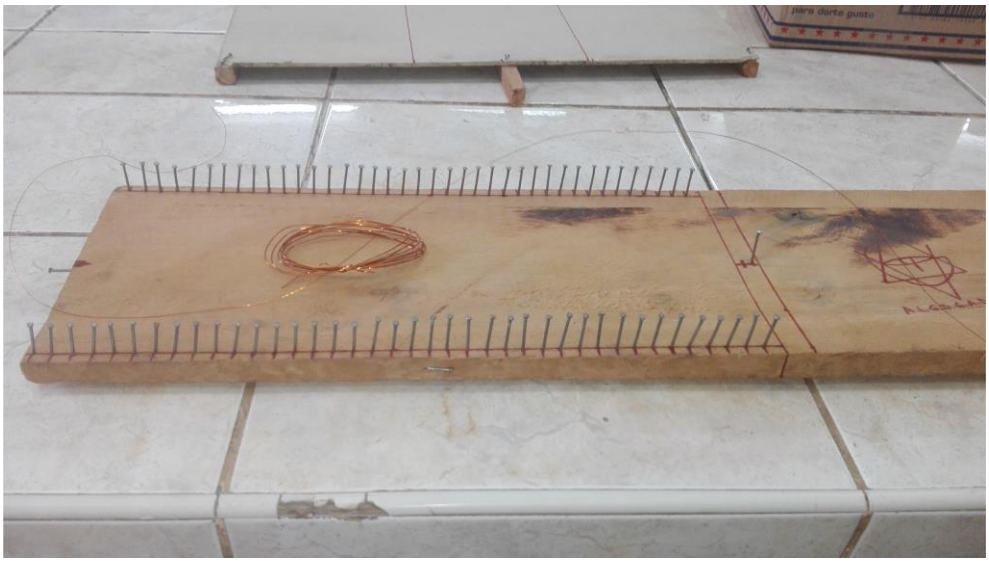
FOTOGRAFIA 02: Presentación de materiales e insumos que serán utilizados para la elaboración de la celda solar electroquímica fotovoltaica.



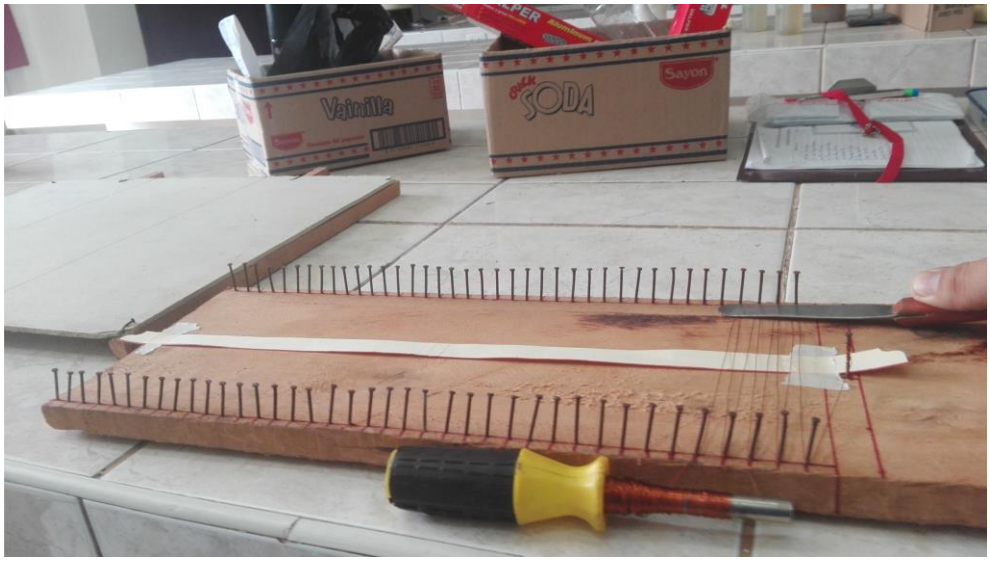
FOTOGRAFIA 03: Trabajos de unión de piezas a la manera del diseño del tablero de la base de la celda electroquímica fotovoltaica.



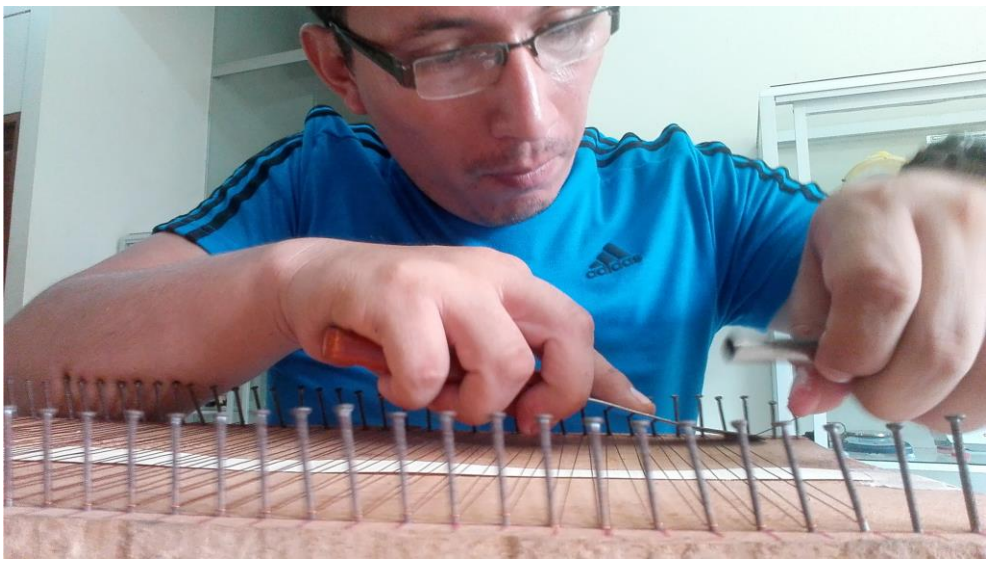
FOTOGRAFIA 04: Materiales necesarios y suficientes para elaborar el molde que nos permitirá armar una resistencia de cobre



FOTOGRAFIA 05: Molde de madera con clavo separados 5 mm e hilo de cobre para realizar la construcción de una resistencia.



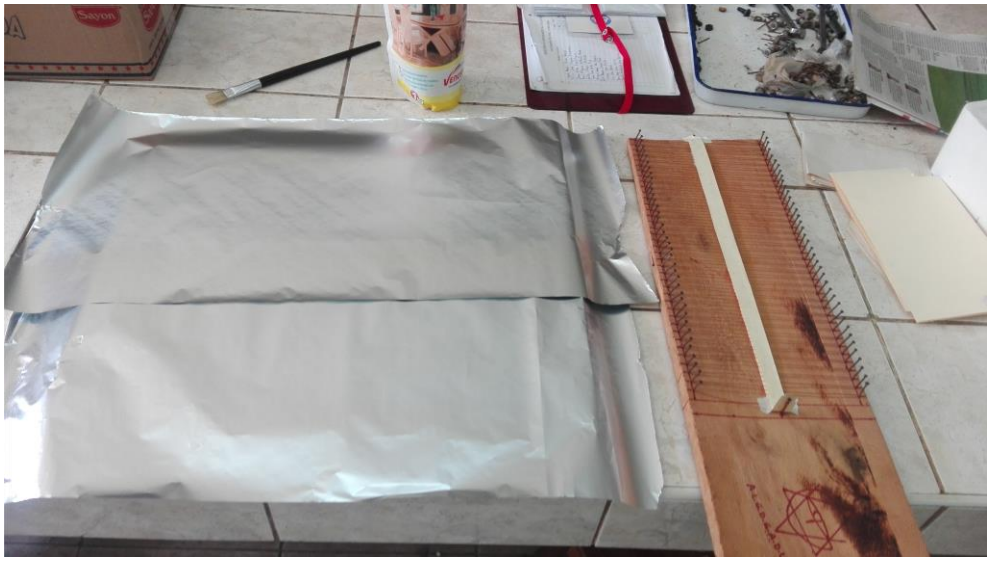
FOTOGRAFIA 06: Molde de madera con clavos separados 5 mm con la finalidad de hacer pasar el hilo de cobre por los mismo y generar una formación de resistencia



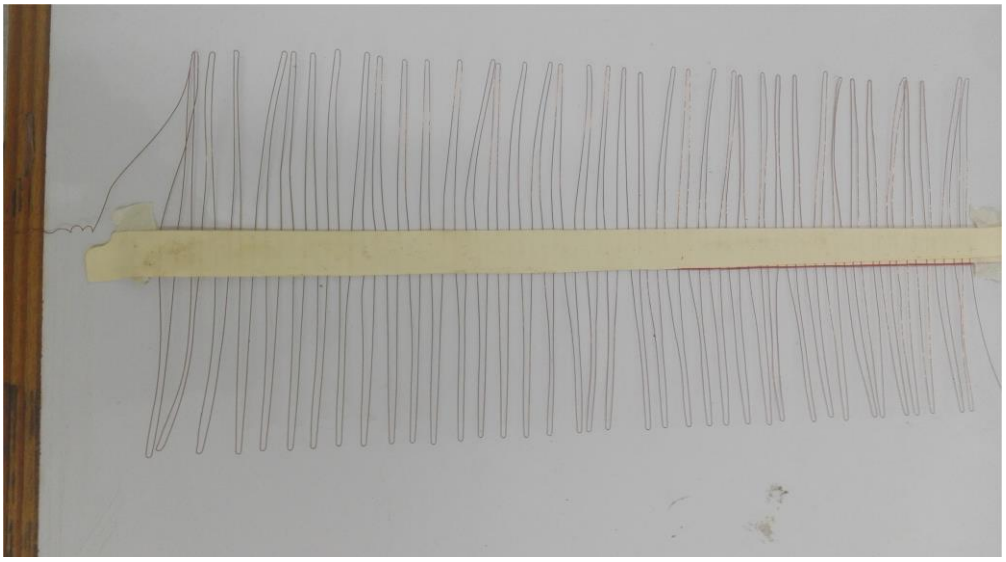
FOTOGRAFIA 07: Molde de madera con clavo separados 5 mm con la finalidad de hacer pasar el hilo de cobre por los mismo y generar una formación de resistencia.



FOTOGRAFIA 08: Templado del hilo de cobre sobre un molde de madera y clavos a una distancia de 5 mm, con la finalidad de obtener una resistencia en forma de zigzag.



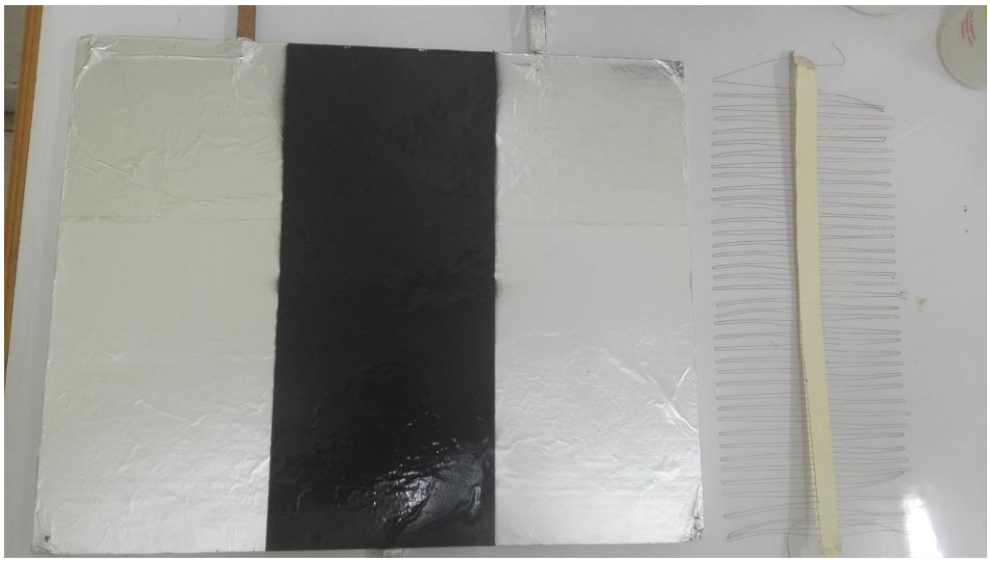
FOTOGRAFIA 09: Elaboración de la base de la celda electroquímica fotovoltaica con papel aluminio, junto a una resistencia casera elaborada con hilo de cobre.



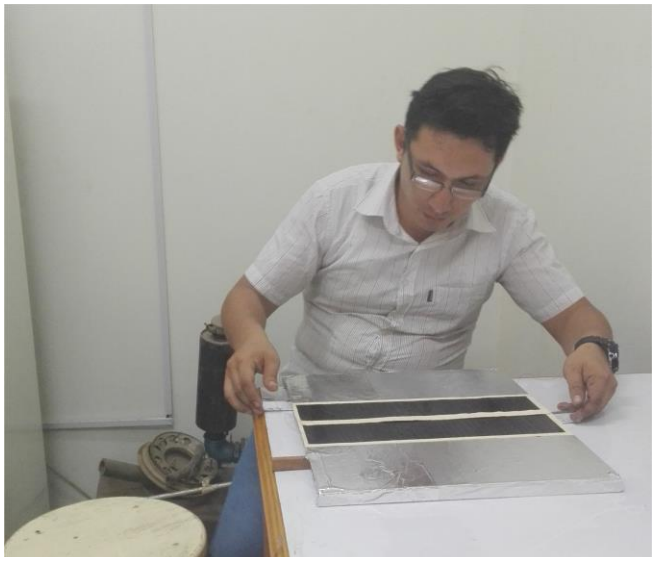
FOTOGRAFIA 10: Obtención de una resistencia de cobre casera hecha a partir de hilo de cobre y cartulina , con la finalidad de producir mayor diferencia de potencial y permita el flujo de los electrones hacia un cuerpo de cosumo.



FOTOGRAFIA 11: Proceso de pintado de la franja central de la base de papel aluminio de la celda electroquímica fotovoltaica, con la finalidad de aislar la conducción de e^-



FOTOGRAFIA 12: Proceso del desarrollo de la base de la celda solar , en la imagen apreciamos la base de papel aluminio y a su costado la resistencia de cobre.



FOTOGRAFIA 13: Trabajos de elaboración de la base de la celda electroquímica fotovoltaica en su fase final.



FOTOGRAFIA 14: Base de la celda solar electroquímica fotovoltaica culminada, se observa las bandas laterales de papel aluminio y la resistencia aislada de cobre en el centro.



FOTOGRAFIA 15: Presentación de insumos comunes que podemos encontrar en la cocina y que servirán para el tratamiento químico sobre la base de la celda electroquímica fotovoltaica.



FOTOGRAFIA 16: Medición de pesos, obtención del peso ideal para el desarrollo de la celda 1.5 g de Fluoruro de Sodio (obtenido de la pasta dental común).



FOTOGRAFIA 17: Medición de pesos, obtención del peso ideal para el desarrollo de la celda 3.0 g de cloruro de sodio.



FOTOGRAFIA 18: Medición de pesos, obtención del peso ideal para el desarrollo de la celda 0.8 g de Sulfato de Cobre.



FOTOGRAFIA 19: Inicio del proceso de obtención de ácido hidroxipropano a partir del jugo de limón, se estimó que por cada 8 limones se obtenía 25 ml de jugo.



FOTOGRAFIA 20: Obtención del juego de limón (ácido hidroxipropano) determinando sus características y sometiéndolo a varios procesos de filtración.



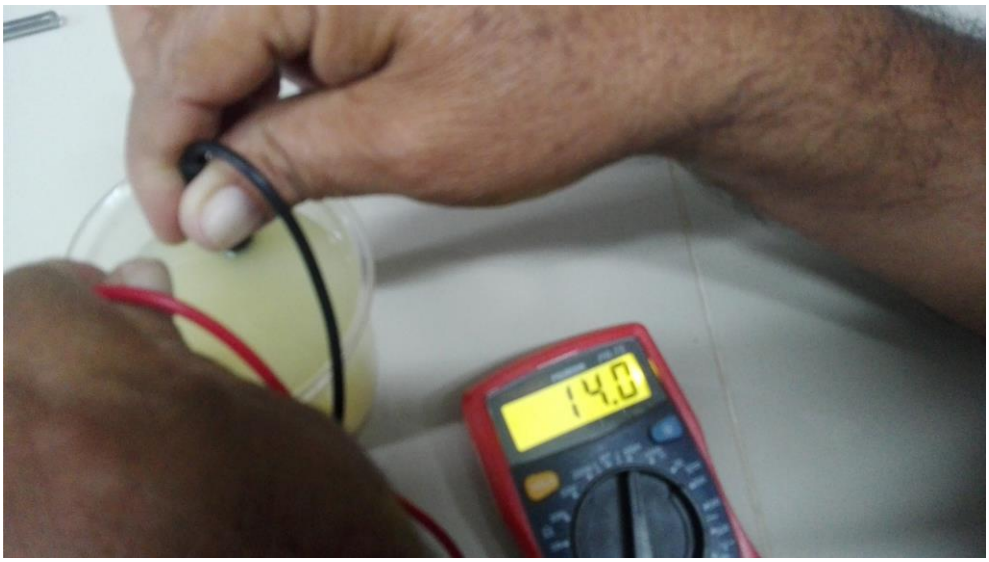
FOTOGRAFIA 21: Obtención del ácido hidroxipropano (jugo de Limón) luego del proceso de extracción y sobre colación.



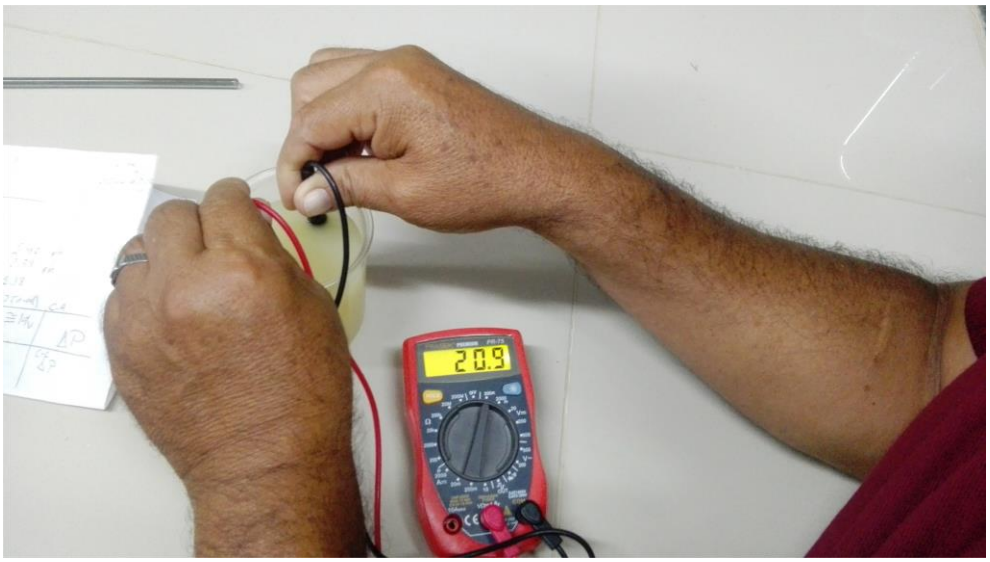
FOTOGRAFIA 22: Momento previo a la medición del Potencial Hidrogeno (Ph) del ácido hidroxipropano.



FOTOGRAFIA 23: Medición del Potencial Hidrogeno del ácido Hidroxipropano (2.63)



FOTOGRAFIA 24: Medición del voltaje entregado por el ácido hidroxipropano (14.0) medido en voltios (v) colocando los electrodos en la superficie del vaso de precipitado.



FOTOGRAFIA 25: Medición del voltaje entregado por el acido hidroxipropano (20.9), medido en voltios (v) introduciendo los electrodos a un profundidad media del vaso de precipitado.



FOTOGRAFIA 26: Medición de la diferencia de potencial encontrada en el nivel más profundo del vaso de precipitado lo cual demuestra que la concentración se sedimenta para el caso del acido hidroxipropano.



FOTOGRAFIA 27: Medición de resistencia ofrecida por el ácido hidroxipropano (3.67) medido en ohm (Ω)



FOTOGRAFIA 28: Medida y peso de los insumos utilizados para la elaboración de las capas químicas (compuesto sulfatado y ácido hidroxipropano)



FOTOGRAFIA 29: Prueba de la resistencia del papel aluminio , en contacto con los compuestos sulfatados y el ácido hidroxipropano, bajo la acción del sol.



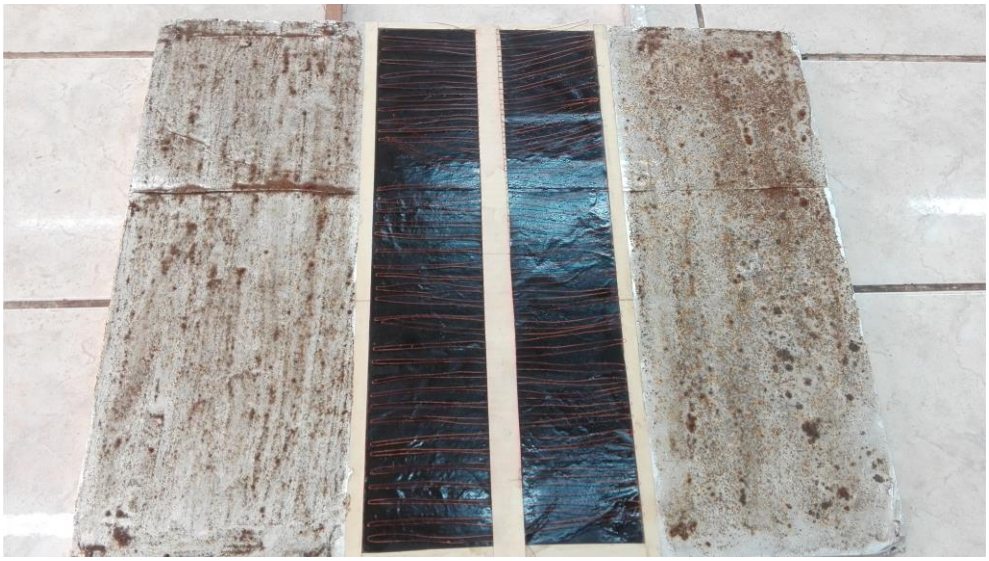
FOTOGRAFIA 30: Medición del Potencial Electrico que entrega el compuesto químico de Sulfato de cobre y del acido hidroxipropano.



FOTOGRAFIA 31: aplicación de la capa Química al prototipo de la Celda solar Electroquímica-Fotovoltaica



FOTOGRAFIA 32: aplicación de la capa Química al prototipo de la Celda solar Electroquímica-Fotovoltaica y aplicación de viruta de hierro en sus bandas laterales



FOTOGRAFIA 33: Prototipo de la Celda solar Electroquímica-Fotovoltaica desarrollado al 100% y listo para las pruebas de campo.



FOTOGRAFIA 34: Llegada al C.P Oventeni , Distrito de Raimondi, Provincia de Atalaya, Región Ucayali., para realizar los trabajos de prueba del prototipo desarrollado.



FOTOGRAFIA 35: Trabajos de encuesta en las viviendas del C.P Oventeni con la finalidad de determinar el gasto energético total (eléctrico) y la demanda per cápita



FOTOGRAFIA 36: Trabajos de encuesta en las viviendas del C.P Oventeni con la finalidad de determinar el gasto energético total (eléctrico) y la demanda per cápita



FOTOGRAFIA 37: Prueba de la Celda Solar Electroquímica-Fotovoltaica en vivienda rural en el C.P Oventeni, en la imagen realizando la medida de voltaje entregado.



FOTOGRAFIA 38: Despedida y constancia de labores de ejecución de Tesis por parte del alcalde del Centro Poblado de Oventeni, Sr. Gilter Yunior Aucayauri Yboni

ENCUESTA DE USO ENERGETICO FAMILIAR

1.INFORMACIÓN GENERAL

Provincia: **Distrito: _____** **Comunidad/Anexo/Sector:**

Municipalidad: Atalaya **Establecimiento de Salud:**

Nombre y apellidos del usuario:

_____

Ubicación del domicilio (referencia):

_____

N° de miembros de la familia: Total _____, varones _____, mujeres _____

VERIFICACIÓN ACCESO A LA ENERGIA	Visitas	1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12
	Fechas													
AGUA														
¿Consumen agua clorada?														
¿Tienen acceso racionado?														
¿Hierve el agua antes de consumirla?														
¿Utilizan el agua directamente del caño?														
¿El agua viene de un sistema comunal?														
FUENTES ENERGETICAS COCINA														
¿Cuenta con cocina en casa?														
Tipos de fuentes														
¿Usa material leñoso? (verificar)														
¿Utiliza kerosene? (verificar)														
¿Utiliza gas?														
¿Usa carbón?														
¿Utiliza algún dispositivo electrico? (verificar)														
FUENTES ENERGETICAS ILUMINACION														
¿Tiene acceso a iluminación en la noche?														
¿Cuenta con sistemas de iluminación? (Verificar)														
¿Usa motogenerador?														
¿Usa mecheros o lamparines?														
CAPACIDAD ADQUISITIVA														
¿Puede pagar toda la energía que necesita en el hogar? (Observar)														
¿Siente que realiza pagos injustos por el uso de la energía actualmente en su casa?														
¿Cuenta con un trabajo estable o negocio?														
¿Puede usted sustentar el pago de un sistema eléctrico convencional?														
DISPOSICIÓN DEMANDA ENERGETICA														
¿Siente la necesidad del uso de energía para usos distintos en el hogar?														
TOTAL														
Calificación														
HABITOS DE GENERACION DE ENERGIA SUSTENTABLE														
ONOCIMIENTOS PREVIOS														
¿Ha escuchado hablar sobre energía renovables?														
¿Ha escuchado hablar sobre paneles o celdas solares?														
PREDISPOSICION AL USO														
¿Otorgaría una valoración económica al uso de celdas solares?														
¿Se sentiría comprometido con el uso de energía solar Atraves de un prototipo experimental?														

Nombre y cargo:

CONSOLIDADO DE LA ENCUESTA DE USOS ENERGETICOS EN LA LOCALIDAD DE OVENTENI

FECHA: 25 /05/2018 AL 22/06/2018 | PROVINCIA: ATALAYA | DISTRITO: RAIMONDI | COMUNIDAD: CENTRO POBLADO OVENTENI

N° DE VISITAS: 1 | TOTAL FAMILIAS: 170 | TOTAL FAMILIAS CON SEGUIMIENTO: 49

| VERIFICACION DE HÁBITOS DE HIGIENE | NUMEROS DE FAMILIAS VISITADAS | | |