

**SELECCIÓN, ENSAMBLE E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOSTENIBLE DE
GENERACIÓN DE CALOR Y ENERGÍA ELÉCTRICA PARA UN MÓDULO DE
VIVIENDA CONSTRUIDA A PARTIR DE BOTELLA RECICLADA.**

**Felipe López Barona
Código: 1087995630**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
ESCUELA TECNOLOGÍA MECÁNICA
PEREIRA
2015**

1. CONTENIDO

CONTENIDO	3
RESUMEN.....	5
<u>I</u> NTRODUCCION	5
JUSTIFICACION	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
METODOLOGIA.....	7
OBJETIVOS	9
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVO ESPECIFICO	9
MARCO DE REFERENCIA	9
MARCO CONTEXTUAL.....	9
MARCO TEORICO CONCEPTUAL	10
ORIGEN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	10
LA CÉLULA FOTOVOLTAICA	10
PANEL FOTOVOLTAICO	11

EL EFECTO FOTOVOLTAICO	13
EL EFECTO FOTOVOLTAICO Y SUS APLICACIONES	13
LA HORA DE SOL PICO HSP	14
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO	15
CABLEADO	17
REGULADORES DE CARGA	18
CONVERTIDORES E INVERSORES	20
CONVERTIDORES.....	20
INVERSORES.....	21
TACO O DISYUNTOR.....	21
BATERÍAS	22
COLECTOR SOLAR	23
CALENTADOR SOLAR DE TUBOS AL VACÍO	25
ANALISIS DE RESULTADOS.....	30
CALCULO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	30
CALCULO DE PANELES	30
BATERIAS	30
CALCULO POR PERDIDAS DE TUBERÍAS	31

CALCULO DE CAUDAL 32

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 36

BIBLIOGRAFÍA..... 37

RESUMEN

Se propuso seleccionar, ensamblar e implementar un sistema fotovoltaico que aporte energía eléctrica y térmica para una vivienda construida de botellas plásticas recicladas haciendo uso de energías renovables que aporten en el cuidado del medio ambiente y la calidad de vida, los recursos empleados para la realización de este proyecto, fueron tomados de proyectos anteriores, como el colector solar que está situado en la azotea del edificio de la facultad de mecánica , un panel solar que fue tomado de otra vivienda en la fundación kyrios y por ultimo un panel solar presentado como proyecto de grado de la Universidad Tecnológica de Pereira.

INTRODUCCION

En los últimos años se han surgido nuevos avances en la fabricación de paneles solares fotovoltaicos y algunas instituciones científicas han llegado a desarrollar eficiencias de hasta el 43%.

Una de los problemas que más ha preocupado a la industria solar fotovoltaica son los costos de producción de los paneles solares, su rentabilidad y eficiencia. Laboratorios de todo el mundo están investigando nuevas fórmulas de fabricación que impulsen la energía solar fotovoltaica y esta pueda llegar a ser competitiva con otras fuentes de energía fósil.

Gracias a la investigación, esto se está convirtiendo poco a poco en una realidad. El que una fuente de generación de energía puede producir electricidad a un costo inferior o igual al precio generalista de compra de la electricidad directamente de la red y competir con las fuentes de energía convencionales.

Entre 2010 y 2013, el costo de los paneles solares se ha reducido un 70%. Gracias a esto se han disparado además las instalaciones de autoconsumo fotovoltaico y balance neto en gran número de países y los paneles cuya vida útil se alarga hasta los 30 años obtienen una gran rentabilidad, ya que producen energía limpia en un 95% de su ciclo de vida.

JUSTIFICACION

La energía eléctrica es una necesidad fundamental para todas las personas, desde hace algunos años, por el crecimiento desmedido de la población ha llevado a las personas a vivir en zonas muy alejadas de la ciudad, en lugares de difícil acceso, dificultando la implantación de la energía eléctrica tradicional por este motivo se viene implementando instalaciones de sistemas fotovoltaicos, a pesar de que hace mucho tiempo se vienen utilizando los paneles solares, las personas no tiene mucho conocimiento o no están convencidas de su funcionalidad, para suplementar las necesidades básicas, sin embargo en esta región dicha tecnología no se ha difundido debido al costo que involucra la compra de un sistema fotovoltaico con estas características.

En estos tiempos modernos, debido al desarrollo tecnológico e industrial acelerado, el consumo mismo de la humanidad, la contaminación ambiental generada por plantas de generación de energía eléctrica, son algunos de los factores por los que es necesario buscar otros métodos de solución para disminuir al máximo el impacto al medio ambiente desfavorable por el consumo de los recursos naturales.

El Sol es una fuente infinita de energía renovable, fundamental en el desarrollo de la vida en la tierra, el planeta diariamente recibe suficiente cantidad de energía solar como para abastecer las necesidades energéticas de la humanidad.

La energía solar fotovoltaica es una de las fuentes más prometedoras, comparada a los combustibles fósiles, es un tipo de energía inagotable con un impacto ambiental comparativamente mucho menor que las fuentes tradicionales.

Algunos de los beneficios de la energía solar son los siguientes:

El medio ambiente no recibe ningún tipo de combustión por lo que no genera polución ni emisiones de gases tóxicos como Dióxido de Carbono CO_2 que favorezcan al efecto invernadero.

Las celdas fotovoltaicas se fabrican con silicio, elemento obtenido de la arena, muy abundante en la naturaleza y del que no se requieren cantidades significativas. Por lo que en la fabricación de paneles solares no se producen alteraciones en las características litológicas, topográficas o estructurales de la zona.

En aguas superficiales y subterráneas no se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos vertidos.

Su repercusión sobre la vegetación es nula lo que hace un elemento fácil de integrar en diferentes tipos de estructuras minimizando su impacto visual, y al eliminarse los tendidos eléctricos se evitan los posibles efectos perjudiciales para las aves.

Es absolutamente silenciosa por lo que representa una clara ventaja frente a los generadores de energía de motor en viviendas aisladas.

Por otra parte la energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para aquellos lugares a los que se quiere dotar de energía eléctrica preservando las condiciones del entorno como es el caso de los espacios naturales protegidos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este trabajo se plantea el diseño de un sistema de generación de energía eléctrica a través de paneles solares con carácter educativo para ser instalado en la fundación Kyrios. La finalidad de este sistema más allá de satisfacer una demanda de energía es lograr que los estudiantes de la escuela de tecnología mecánica se familiaricen con los componentes y el funcionamiento de un arreglo solar fotovoltaico. En tal sentido, al sistema se le otorgó cierta flexibilidad a fin de que la misma instalación funcionara como un sistema autónomo (desconectado de la red).

Este proyecto adquiere mayor validez cuando impacta sectores del contexto inmediato como lo es la fundación Kyrios, cuyo principal propósito es ayudar a personas víctimas de violencia familiar, desplazamiento y drogadicción, con el mejoramiento de la calidad de vida; en donde cada uno de ellos puedan aportar posteriormente al desarrollo de la región.

METODOLOGIA

Se debe realizar la instalación de un sistema fotovoltaico y un colector solar a una casa construida a partir de botellas recicladas, primeramente el colector solar ya está instalado en una casa construida a partir de ladrillos plásticos, ubicada a 1 m de distancia. Como estas casas son muy pequeñas (máximo para dos personas) hace que el consumo de agua sea muy bajo. Para economizar costos en la compra de materiales, la idea principal del proyecto fue hacer una ramificación de tubería del colector solar ya instalado en la otra vivienda, realizando una derivación a la casa construida a partir de botellas plásticas, para eso se tuvo en cuenta el cálculo de pérdidas en tuberías y presión hidrostática para conocer si el colector solar cuenta con la suficiente capacidad de surtir agua caliente a estas dos viviendas.

Para el sistema fotovoltaico se tenía la misma idea de realizar una derivación de cableado para suministrar energía eléctrica a la casa fabricada de botellas, pero el sistema fotovoltaico no era lo suficientemente potente para suplir la demanda energética de las dos viviendas, entonces se piensa en reubicar el panel instalado de la casa fabricada de ladrillos plásticos, ya que el sitio donde está instalado dicho panel presenta inestabilidad porque es un techo fabricado de tetra pack (cajas recicladas).

La nueva instalación de los dos paneles, uno adquirido por la universidad y el otro construido como proyecto de grado, se realizara en paralelo ubicándola en el techo de eternit ya que su estructura es más confiable para que soporte el peso de dichos paneles.

En la casa de ladrillos plásticos, el panel estaba asegurado al techo por medio de una vara de acero sobre el panel sujeta por medio de alambres. Lo primero en tener en cuenta fue que la vara no era suficientemente larga para sujetar ambos paneles, además al estar solo situados en el techo se tenían alta posibilidad de deslizarse, lo primordial era una solución económica que además de asegurar los paneles, evitara también los intentos de robo.

Esta solución fue, perforar sobre la lámina protectora de los paneles para ubicar laminas de acero en forma de L de las cuales a su vez se sujetarían al techo y así se realizaría con cada uno de los paneles.

Había que tener en cuenta también que al perforar el techo podría causar 2 problemas: primero era el riesgo de rotura de las tejas y el segundo es posible que por las perforaciones se introdujera el agua de lluvia, pero fueron solucionados de esta forma:

Se utilizo un taladro con una broca de $\frac{1}{4}$ de pulgada con la cual se le realizaron los agujeros a las láminas de acero de forma muy sencilla, y teniendo mucho cuidado en las láminas de eternit en las cuales las perforaciones se deben realizar a la más alta velocidad del taladro.

Para solucionar las posibles goteras ocasionadas por las perforaciones realizadas en el techo solamente se ubicaron laminas de caucho entre las arandelas y las tuercas y un buen apriete de esta significo la finalización del montaje de los dos paneles.

Lo siguiente se realizo la esquematización de la ubicación del tomacorriente y los plafones en las partes principales de la casa como la habitación principal y el baño, se hizo un estimado de los materiales que se necesitaron para la instalación del cableado, que fueron 18 m de tubo PVC de $\frac{1}{2}$ in calibre 12, 4, cajas octogonales, 2 plafones, 1 toma switche, 1 switche y 36 m de cable.

Luego se procedió con el dimensionamiento de la tubería, para iniciar con la instalación, se empezó por tomar las medidas para dimensionar los cables y proceder con la instalación del sistema de cableado el cual fue ajustado a la pared y el techo por medio de amarras instalando así el toma switche en la parte principal de la casa y el switche en el baño y dejando situados el final de los cables en el sitio predeterminado en la casa donde se va situar la caja de tacos , el inversor y regulador .

Luego se realizo la ramificación del colector solar para así brindar agua caliente a la casa de botellas recicladas, la cual comprendió en la perforación de la pared de ladrillos para ubicar la tubería en un ángulo de 270° para evitar pérdidas de presión por altura.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Seleccionar, ensamblar e implementar de un sistema sostenible de generación de calor y energía eléctrica para un módulo de vivienda construida a partir de botella reciclada.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estimar la demanda energética (eléctrica y térmica) necesaria en la vivienda base del proyecto.
- Realizar el cálculo y la selección de los componentes necesarios para el sistema fotovoltaico y el sistema térmico.
- Efectuar el montaje de los sistemas adquiridos según cálculos realizados.
- Evaluar los sistemas implementados teniendo en cuenta eficiencias, costos de implementación y fabricación.

MARCO DE REFERENCIA

MARCO CONTEXTUAL

Selección, ensamble e implementación de un sistema sostenible de generación de calor y energía eléctrica para un módulo de vivienda construida a partir de botella reciclada, se realizara en la fundación kyrios que se encuentra en una zona con alta radiación solar y es viable la utilización de energías renovables porque se busca la preservación del medio ambiente.

Específicamente la Fundación Kyrios, se ubica en el barrio Kennedy en la vía a Pimpollo. En esta zona se encuentran grandes precipitaciones en donde se tiene una Humedad relativa de 83%, temperatura promedio de 22° C y una presión atmosférica de 12,5 psi.

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

ORIGEN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Edmund Becquerel, físico francés, fue el primero en descubrir en 1839 que ciertos materiales podían generar pequeñas corrientes eléctricas cuando eran expuestos a la luz, esto ocurrió cuando experimentaba con dos electrodos metálicos en una solución conductora, y apreció un aumento de la generación eléctrica con la luz.

En 1873 Willoughby Smith al observo el efecto fotovoltaico descubierto por Bequerel, pero esta vez en un medio sólido como el selenio. Sin embargo, a partir de aquí se necesitaron más de 100 años para que la tecnología solar fotovoltaica alcanzase un grado de desarrollo suficiente para su uso en aplicaciones prácticas.

No se puede olvidar el premio Nobel ganado por Albert Einstein en 1921, por sus teorías de 1904, en las que explicaba el efecto fotovoltaico. Estudios que facilitaron que en 1954 los investigadores D. M. Chaplin, C. S. Fullery G. L. Pearson de los laboratorios Bell, construyeran su primera célula de silicio, de la que se obtenía energía eléctrica directamente de la luz solar con eficiencia suficiente para hacer funcionar una radio a transistores. Esta primera célula tenía una eficiencia del 6%.

Los programas de exploración espacial han jugado un papel primordial en el desarrollo de la tecnología solar fotovoltaica, ya que los paneles fotovoltaicos han constituido fuente primaria de energía en los satélites.

LA CÉLULA FOTOVOLTAICA

La radiación solar, es transformada en energía eléctrica por medio de unos dispositivos llamados paneles solares, los cuales están fabricados de materiales especialmente sensibles a la radiación de luz solar, ya que el efecto de conversión resulta de la interacción entre los fotones y los átomos que constituyen el material con que se fabrican.

Físicamente, una célula solar es más un diodo con una superficie muy amplia, que puede llegar a decenas de cm^2 . Generalmente una célula fotovoltaica tiene un grosor que varía entre 0.25 mm y 0.35 mm y una forma generalmente cuadrada. La mayor parte de las células solares que se comercializan en la actualidad son de silicio. Es un elemento que se encuentra en todo el mundo, ya que forma la arena (dióxido de silicio, SiO_2) (FIG 1). En su forma más pura, el silicio semiconductor se emplea en la industria de la microelectrónica, donde es la base de los microchips.

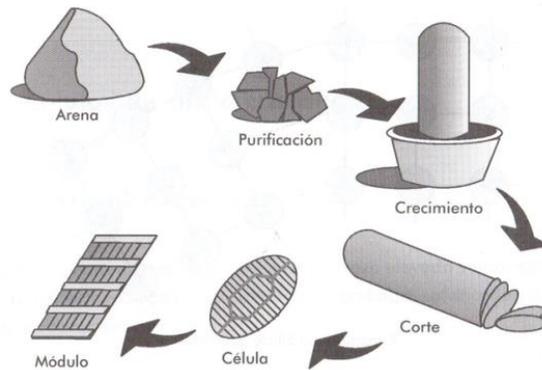


FIG 1. Proceso de fabricación de celdas solares

Fuente:(Sanchez, 2012)

PANEL FOTOVOLTAICO

Los **paneles solares** son elementos fundamentales de cualquier sistema solar fotovoltaico y su misión es captar la energía solar incidente para generar corriente eléctrica. Las células solares constituyen un producto intermedio de la industria fotovoltaica ya que proporcionan valores de tensión y corriente muy pequeños, en comparación a los requeridos normalmente por los aparatos convencionales. Son extremadamente frágiles, eléctricamente no aisladas y carecen de soporte mecánico; por eso, una vez fabricados, deben ser ensamblados de la manera adecuada para constituir una estructura única, rígida y hermética.

En el conjunto del panel fotovoltaico, las celdas solares deben ser iguales. Están conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o paralelo, de forma que la tensión y la corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado (FIG 2).

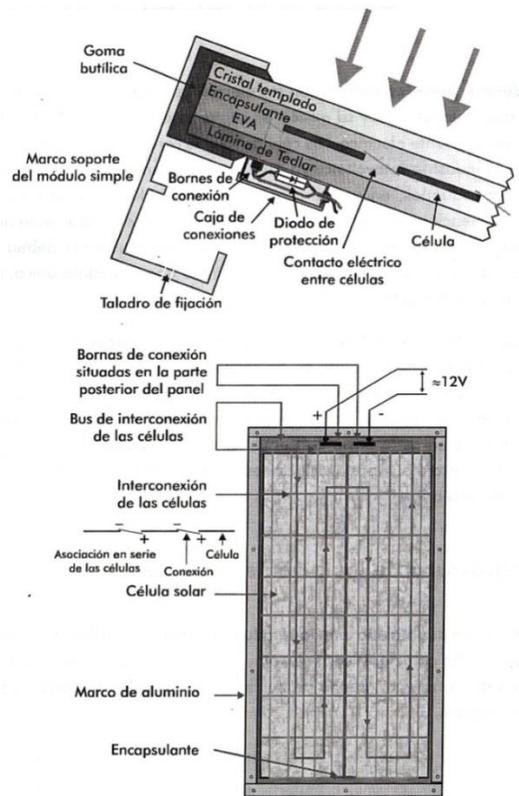


FIG 2. Partes que componen un panel solar

Fuente:(Sanchez, 2012)



FIG 3. Paneles utilizados de 100w y 130w

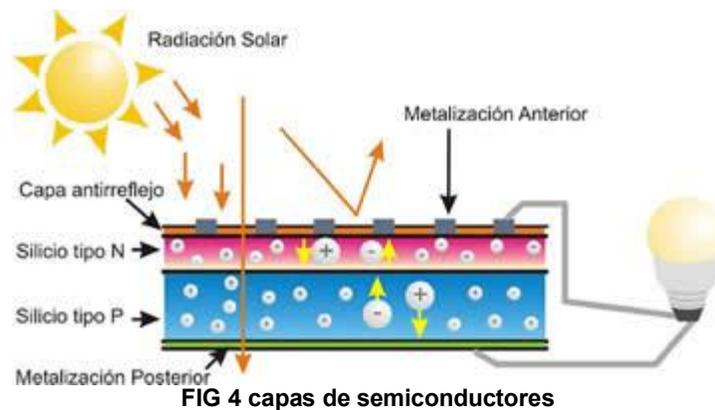
EL EFECTO FOTOVOLTAICO

EL EFECTO FOTOVOLTAICO Y SUS APLICACIONES.

El efecto fotovoltaico (FV) es la base del proceso por el cual una célula fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad. La luz solar está compuesta por fotones, estos fotones poseen diferentes energías, correspondientes a las distintas longitudes de onda del espectro solar.

Cuando los fotones inciden sobre una célula fotovoltaica, pueden ser reflejados, absorbidos, o pasar a través de él. Solo los fotones absorbidos generarán electricidad. Cuando un fotón es absorbido, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta energía, el electrón es capaz de escapar de su posición inicial asociada con un átomo para formar parte de una corriente en un circuito eléctrico.

Las partes más importantes de la célula solar son las capas de semiconductores, ya que es donde se crea la corriente de electrones. Estos semiconductores son especialmente tratados para formar dos capas diferentemente dopadas (tipo p y tipo n) formando así un campo eléctrico. Es por ello que estas células se fabrican a partir de este tipo de materiales, es decir, materiales que actúan como aislantes a bajas temperaturas y como conductores cuando se aumenta la energía (FIG 4).



Fuente: (slideshare, 2015)

El rendimiento de conversión es la proporción de luz solar que la célula convierte en energía eléctrica, fundamental en los dispositivos fotovoltaicos, ya que el aumento del rendimiento hace de la energía solar fotovoltaica una energía más competitiva con otras fuentes.

Estas células, conectadas unas con otras, encapsuladas y montadas sobre una estructura conforman un módulo fotovoltaico.

Los módulos están diseñados para suministrar electricidad a un determinado voltaje (normalmente 12 ó 24 V). La corriente producida depende del nivel de radiación. La estructura del módulo protege a las células del medio ambiente. Aunque un módulo puede ser suficiente para muchas aplicaciones, dos o más módulos pueden ser conectados para formar un generador fotovoltaico.

Los generadores o módulos fotovoltaicos producen corriente continua (DC) y pueden ser conectados en serie o paralelo para generar cualquier combinación de corriente y tensión. Un módulo o generador por sí mismo no bombea agua o ilumina una casa durante la noche. Para ello es necesario un sistema fotovoltaico completo que consiste en un generador junto a otros componentes, estos componentes varían y dependen del tipo de aplicación o servicio que se requiera.

Los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar como autónomos o conectados a la red eléctrica, o según el tipo de aplicación como:

- Electrificación rural (lugares de difícil acceso, viviendas de uso temporal, refugios de montaña).
- Electrificación urbana (alumbrado de vías y edificios públicos).
- Electrificación doméstica (todo uso eléctrico en viviendas, comunidades y cooperativas).
- Telecomunicaciones terrestres (telefonía terrestre y móvil, comunicación para navegación aérea y marítima, repetidores y reemisores de radio y televisión).
- Telecomunicaciones espaciales (los paneles solares utilizados en los satélites).
- Seguridad y señalización (dispositivos de alarma, faros, pasos de trenes, aeropuertos).

LA HORA DE SOL PICO HSP

La Hora de Sol Pico es una unidad utilizada para contabilizar la cantidad de energía solar durante un tiempo determinado. Es equivalente a la energía que genera una radiación solar de $1000\text{W}/\text{m}^2$ durante 1 hora.

Los paneles solares fotovoltaicos, no son capaces de producir su potencia máxima en cualquier condición. Los factores que pueden alterar dicha potencia son de carácter climatológico, de inclinación, de orientación y dependerá las horas de radiación solar de la que dispongan según el lugar dónde estén instalados además interviene mucho el tipo de radiación solar al que van a estar sometidos (FIG 5):

La radiación solar directa es la que incide sobre cualquier superficie con un ángulo único y preciso. La radiación solar viaja en línea recta, pero los gases y la energía en la atmosfera pueden desviar esta energía, lo que se llama dispersión. Esto explica que un área con sombra o pieza sin luz solar, este iluminada. Llega luz difusa o radiación difusa.

Los gases de la atmosfera, dispersan más efectivamente las longitudes de onda más cortas (violeta azul) que las longitudes de onda más largas (rojo y naranja) esto, explica el azul del cielo y los colores rojo y naranja del amanecer y atardecer. Cuando amanece y anochece, la radiación solar recorre un mayor espesor de atmosfera y la luz violeta y azul es dispersada hacia el espacio exterior pasando mayor cantidad de luz roja y naranja hacia la tierra lo que da el color del cielo a esas horas.

Se llama albedo a la fracción de la radiación reflejada por la superficie de la tierra o cualquier otra superficie. El albedo es variable de un lugar a otro o de un instante a otro.

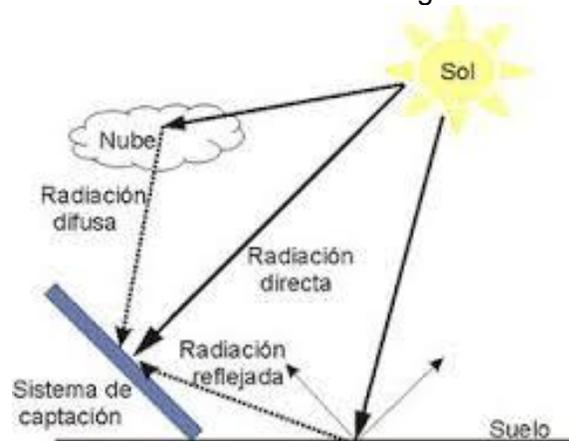


FIG 5 Tipos de radiación solar

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO

La Figura representa la corriente en función de la tensión que aparece en la célula. El lector puede ir viendo en dicha figura algunos de los parámetros de funcionamiento de la célula solar, que serán explicados en el presente epígrafe. Además, puede apreciarse también la curva de potencia de la célula sobre la misma gráfica, para hacerse una idea de cómo evoluciona la misma en función de los dos parámetros analizados (FIG 6).

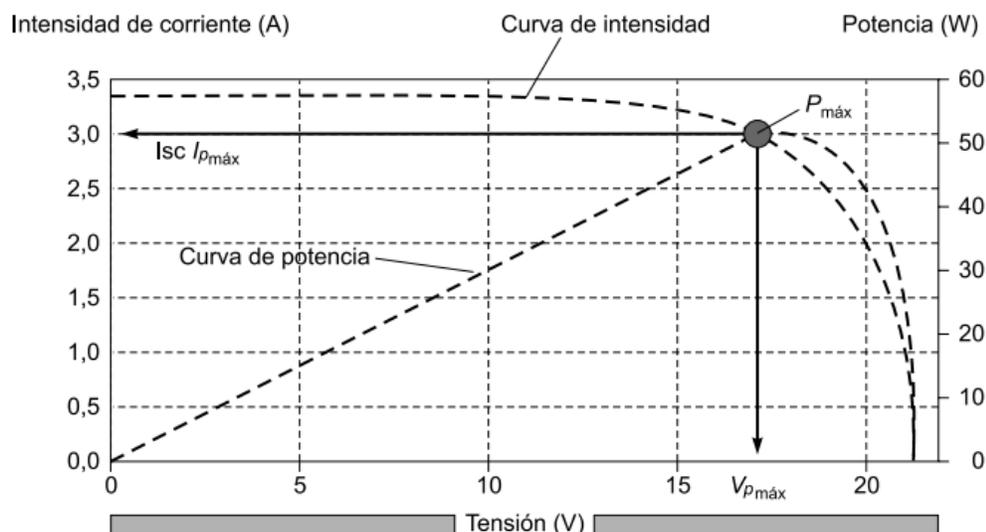


FIG 6 Característica I-V de una célula FV.

Fuente:(Sanchez, 2012)

Los parámetros de funcionamiento de una célula solar, son los que a continuación se Detallan:

La corriente de cortocircuito, I_{sc} . Es la corriente que se obtiene de la célula cuando la tensión en sus bornes es de cero voltios; es la máxima corriente que se puede obtener de la célula.

La tensión de circuito abierto, V_{oc} . Es la tensión para la que los procesos de recombinación igualan a los de generación y, por lo tanto, la corriente que se extrae de la célula es nula; constituye la máxima tensión que se puede extraer de una célula solar.

En las células de *Si* de tipo medio es del orden de 0,6 V mientras que en las de *GaAs* es de 1V.

Potencia máxima, $P_{máx}$. Es el producto de la corriente por la tensión; tanto en cortocircuito como en circuito abierto la potencia es 0, por lo que habrá un valor entre 0 y V_{oc} para el que la potencia será máxima y vale:

$$P_{máx} = V_{máx} \cdot I_{máx}$$

Factor de forma, F_F . Que se relaciona con la potencia máxima, la tensión en circuito abierto y la corriente de cortocircuito. Obsérvese que el máximo valor que puede tomar es $F_F = 1$; así, cuanto más próximo sea este número a la unidad, mejor será la célula.

$$P_{máx} = I_{sc} \cdot V_{oc} \cdot F_F$$

Eficiencia. Es el parámetro por excelencia que define el funcionamiento de la célula solar. Representa la relación entre la potencia que obtenemos de la célula y la potencia de la luz que incide sobre ella. Así:

$$\eta = \frac{I_{sc} * V_{oc} * F_F}{A * P_{sol}} * 100\%$$

Donde P_{sol} es la potencia luminosa por unidad de área que se recibe del sol en forma de fotones (en condiciones estándar, 100 mW/cm²) y A es el área de la célula.

CABLEADO

En las instalaciones fotovoltaicas debe evitarse la excesiva longitud de cableado, ya que los conductores eléctricos de cobre, con los que se transforma la energía, producen pérdidas debido a la resistencia que oponen al paso de corriente; por lo que los módulos, el regulador, las baterías y el inversor, deben instalarse lo más cerca posible.

Es básico que la sección de cable sea adecuada para obtener un buen rendimiento. La resistencia eléctrica que presenta el conductor tiene dos efectos;

- Debido a la resistencia, se produce una caída de tensión en el conductor. Este efecto hace que la carga alimentada tenga un voltaje inferior a la de la fuente de alimentación.
- Se produce el calentamiento del conductor, lo que genera pérdidas de energía por el efecto Joule. Estas pérdidas son una función cuadrática de la intensidad (a doble intensidad, se producen cuatro veces más pérdidas).

Las secciones de los conductores deben ser tales que las caídas de tensión deben ser inferiores al 3 % entre el generador fotovoltaico y el generador de carga, inferiores al 1% entre la batería y el regulador de carga, inferiores al 5% entre el regulador de carga y las cargas. Todos estos valores corresponden a la condición de máxima corriente.

Estas caídas de tensión están exclusivamente asociadas al cableado, y deben ser interpretadas como adicionales a las caídas de tensión al regulador de carga.

Para los cables de cobre (resistividad = 0.01724 Ω mm²/m a 20°C) y tensiones nominales de 12V, el cálculo de la sección del conductor al fin de evitar esos efectos se hará aplicando la siguiente fórmula:

$$S = \frac{3.448 * L * I}{\Delta V (\%) * V}$$

Donde

S: sección del conductor [mm^2]

L: longitud del cable [m]

I: intensidad de corriente [A]

ΔV : caída de tensión [%]

V: tensión de trabajo [V]

Lo que las mínimas secciones de los cables en cada una de las líneas deben ser:

- 2.5mm^2 del generador fotovoltaico al regulador.
- 4mm^2 del regulador a las baterías.

La sección de los cables calculada según la fórmula anterior deben ser tal que las máximas caídas de tensión, comparadas con la tensión a la que se está trabajando, esté por debajo de los límites expresados en la siguiente tabla:

Una vez se determinada la sección del conductor, comprobaremos que la intensidad de circulación es menor que el máximo admisible.

CAIDA DE TENSION EN EL CABLEADO	
Campo de paneles -acumulador	3%
Acumulador - inversor	1%
Línea principal	3%
Línea principal- iluminación	3%
Línea principal- equipos	5%
Campo de paneles –carga CC	5%

REGULADORES DE CARGA

Teniendo en cuenta que la energía solar es variable y estacional, es de suma importancia disponer de un elemento que permita controlar la relación que establecen batería y sistema generador fotovoltaico.

El **regulador o controlador de carga**, es el equipo que se encarga de gestionar el consumo directo de las placas, las baterías, y la carga de éstas, evitando sobrecargas o descargas profundas, alargando así su vida útil. (FIG 7).

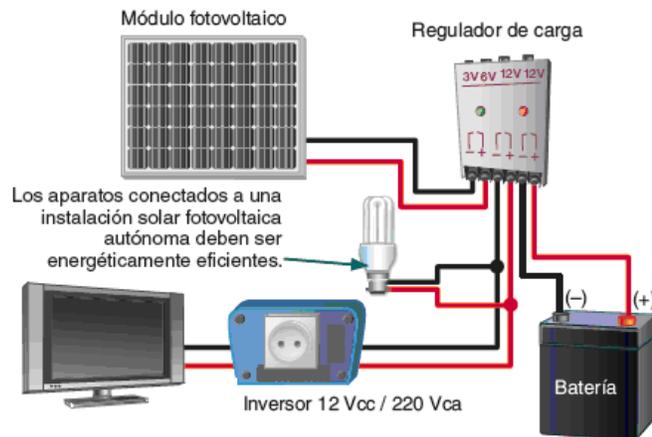


FIG 7. Regulador de carga

Fuente: (Autoconsumossi)



FIG 8. Regulador de 10amp utilizado

Las prestaciones más habituales de los reguladores de carga que se usan en instalaciones solares autónomas (que son las que tienen acumuladores), son las siguientes:

- **Protección contra sobre descarga del acumulador:** esta es la función básica del acumulador, ya que así evita que la batería se caliente, que pierda agua del electrolito y que sus placas se oxiden.
- **Alarma por batería baja:** consiste en indicadores sonoros o luminosos que indican que el acumulador está siendo descargado.

- **Desconexión por baja batería:** esta función hace que el regulador corte el suministro de corriente eléctrica para su consumo si el nivel de carga del acumulador es demasiado bajo, y por tanto, existe peligro de una descarga profunda, lo que originaría problemas de sulfatación.

CONVERTIDORES E INVERSORES

CONVERTIDORES.

En determinadas aplicaciones que trabajan en corriente continua, no es posible hacer coincidir las tensiones proporcionadas por el acumulador con la demandada por todos los elementos de consumo. En estos casos la mejor solución es un **convertidor** de tensión continua-continua (CC/CC).

Mediante el uso de convertidores CC/CC, la descarga de la batería se consigue, para el equipo que usa el convertidor, a una tensión totalmente estable que favorecerá el perfecto funcionamiento de éste, sobre todo si se trata de algún equipo electrónico de precisión. (FIG 9).

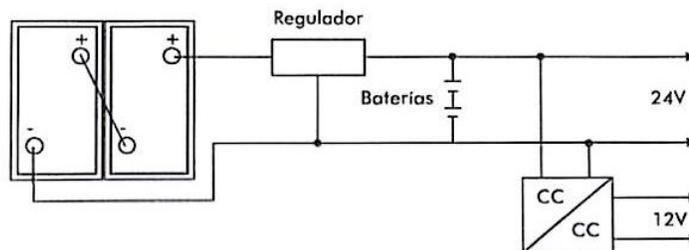


FIG 9. Convertidor de tensión continua

Fuente:(Sanchez, 2012)

En un convertidor CC/CC la corriente continua es transformada a corriente alterna mediante el uso de un inversor, y a su vez que este cambio está realizado, se eleva o reduce el voltaje mediante un transformador hasta el valor adecuado para volver a convertirla a corriente continua. De esta manera se consigue la tensión adecuada. (FIG 10).

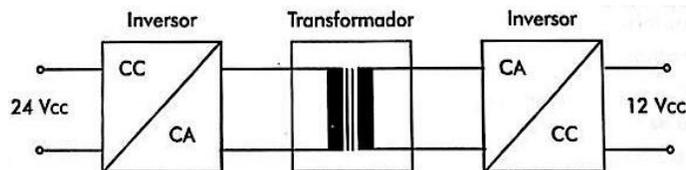


FIG 10. Convertidor de tensión alterna y continua

Otro aparato que cumple esta función son los estabilizadores estos equipos presentan una buena fiabilidad, tensión estable y bajo precio.

INVERSORES.

Los **inversores** son convertidores CC/CA que permiten transformar la corriente continua de 12 V, 24 V ó 48 V que producen los paneles y almacena la batería, en corriente alterna de 125 V ó 220 V (FIG 11), como la que normalmente se utiliza en los lugares donde llega la red eléctrica tradicional.



FIG 11. Inversor de 500 watt utilizado

Un convertidor CC/CA consta de un circuito electrónico realizado con transistores o tiristores, que corta la corriente continua, alternándola y creando una onda de forma cuadrada.

TACO O DISYUNTOR

Es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos.

A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el problema que haya causado su disparo o desactivación automática.



FIG 12 Taco o disyuntor utilizado

BATERÍAS

Las **baterías** o **acumuladores**, sirven para acumular la energía que los paneles generan diariamente, y así poderla usar en horas donde la energía consumida es superior a la generada, como sucede de noche.

A las baterías que han de ser usadas para aplicaciones solares se le debe exigir el cumplimiento de unas condiciones básicas, como:

- Aceptar todas las corrientes de carga que suministre el panel solar.
- Mantenimiento nulo o mínimo.
- Fácil transporte e instalación.
- Baja auto descarga.
- Rendimiento elevado.
- Larga vida.



FIG 13 Bateria utilizada

Ecuaciones para el cálculo de consumo energético

Para la instalación se debe tener en consideración la cantidad de electrodomésticos, instalaciones eléctricas y una estimación de la cantidad de agua a consumir para la instalación del colector solar y el sistema fotovoltaico.

Calculo de paneles

Cantidad de vatios necesarios para los electrodomésticos de la casa.

$$\omega = \frac{Ewh}{HPS}$$

Donde la energía demandada es Ewh, y HPS es hora pico solar en Pereira a medio día la cual es 4.2 que es un valor ya medido por el semillero de energías alternativas de la escuela de tecnología mecánica de la universidad tecnológica por medio de unidades meteorológicas ubicadas en el techo del bloque de mecánica y este valor coincide con el valor del **Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)**.

$$EAh = \frac{Ewh}{Vs}$$

$$I = \frac{Wcarga}{Vsistema}$$

Donde Vs es el voltaje del sistema y Eah es energía en Amperes del sistema por una hora y I es la energía en Amperes diaria utilizada por el sistema.

Capacidad del sistema

$$capacidad = \frac{EAh * Dat}{Pd}$$

Donde Dat son los días de autonomía de la batería sin carga, y Pd es la profundidad de descarga de la batería, y el resultado nos indica la capacidad de la batería seleccionada.

COLECTOR SOLAR

Este proyecto cuenta con un colector solar, este es una instalación que aprovecha la energía natural del sol para el calentamiento de agua.

Esto es posible por su diseño que consiste en el transporte de agua fría por una tubería que está conectada a una placa, está a su vez está unida al acumulador donde el líquido (agua caliente) aumenta la temperatura del agua contenida en este, por último pasa por la válvula mezcladora la cual permite maximizar el rendimiento, al mezclar el agua proveniente del acumulador con agua fría, fijando una temperatura fija de salida.

En aquellos meses u horarios en que hay menor radiación solar, el calefón provee la diferencia de temperatura. Gracias a este se puede conseguir gran ahorro en el consumo de gas, obteniendo también compromiso por el medio ambiente buscando así tecnologías limpias y gratuitas para el bienestar del medio ambiente.

Características que debe cumplir

- *Soportar altas temperaturas sin perder sus propiedades
- *No desprender vapores a altas temperaturas
- *No degradarse con el paso del tiempo
- *Soportar la humedad que pueda aparecer por condensación

CALENTADOR SOLAR DE TUBOS AL VACÍO

En estos tiempos avanza aceleradamente el uso de calentadores solares de agua, tanto para pequeños como para grandes consumidores. Ya en algunos países es obligatorio su uso para determinados fines.

Con el avance tecnológico se han ido desarrollando tipos de calentadores solares más eficientes y apropiados para diferentes usos, donde se necesite un rango de temperatura mayor que la requerida para calentar agua para el aseo personal, tales como calentamiento industrial de fluidos, sistemas de refrigeración, etc. El más usado es de tubos al vacío (Fig. 14).

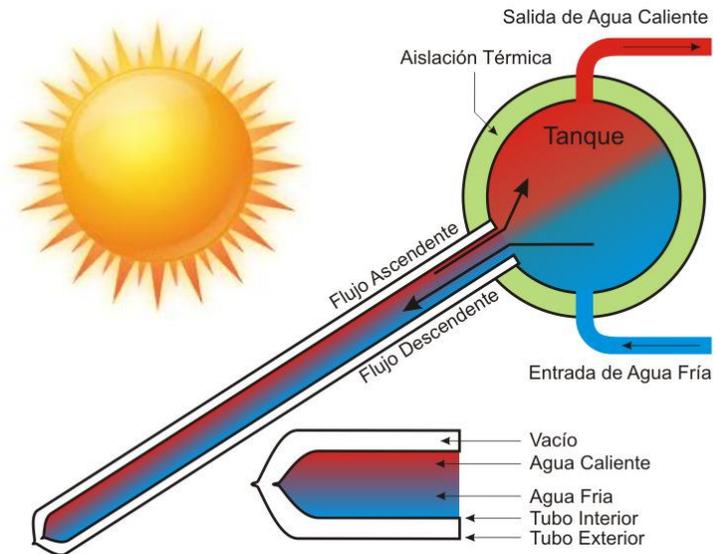


FIG 14 Esquema de funcionamiento de un colector solar de tubos al vacío.

(como-funciona-calefon-solar.jpg, 2016)

Los calentadores de tubos al vacío tienen el mismo principio de trabajo que los colectores de plato plano, o sea, la radiación es recibida por el absorbedor y llevada en forma de calor hacia un tanque acumulador. La diferencia consiste en que el absorbedor está formado por tubos en los cuales se ha hecho vacío para disminuir las pérdidas de calor y dentro del tubo van colocadas las secciones del plato absorbedor.

Algunos modelos están formados por tubos sencillos de vidrio, los cuales tienen en su interior un sector de plato plano de absorción acoplado a un tubo metálico por donde fluye el líquido. En otros modelos el absorbedor suele ser un tubo interior con tratamiento óptico selectivo, lo que mejora todavía más la eficiencia del colector. Entre el tubo interior y el exterior, ambos concéntricos, existe vacío (FIG 15) (FIG 16).



FIG 15 Tubos al vacio

(buy.ecplaza.net)

(www.rayotec.com)



FIG 16 Colector solar utilizado



FIG 17 Colector solar instalado en casa de ladrillo plástico

Ecuaciones para el cálculo de pérdidas en tuberías del colector

Para la instalación se debe tener en consideración la cantidad de agua a consumir del colector solar y sobre todo las pérdidas ocasionadas por los accesorios y las tuberías.

Ecuación de Bernoulli

Describe el comportamiento de un fluido en movimiento a través de la corriente.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 - hl - hf$$

Donde P1 y P2 indica la presión en el inicio y el final del trayecto del fluido.

V1 y V2 la velocidad inicial y final del fluido.

Z1 y Z2 es la diferencia de altura durante el recorrido del fluido.

g es la aceleración de la gravedad.

γ es el peso específico del fluido también es equivalente a la densidad multiplicada por la gravedad.

hl

Disipación por fricción en los accesorios de tuberías.

$$hl = \sum K \frac{V^2}{2g}$$

Donde k es el factor de pérdida para accesorios que se encuentra en catálogos de accesorios en tuberías.

hf

Disipación por fricción a través del recorrido del fluido.

$$hf = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

Donde f es el factor de fricción del fluido, en este caso se utilizo.

$$f = 0.02$$

L y D es la longitud y diámetro de la tubería.

ANALISIS DE RESULTADOS

CALCULO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

ENERGIA DEMANDADA				
	CANTIDAD	ω	HORAS	ωh
BOMBILLOS	2	20	5	200
RADIO	1	100	5	500
TOTAL		140 ω		700 ωh

CALCULO DE PANELES

Cantidad de vatios necesarios para los electrodomésticos de la casa.

$$\omega = \frac{Ewh}{HPS} = \frac{700\omega}{4.2} = 166.66\omega h$$

Donde la energía demandada es Ewh, HPS es hora pico solar en Pereira a medio día.

PANELES	
KYOCERA	130 ω
UTP	100 ω
TOTAL	230ω

BATERIAS

$$I = \frac{Wcarga}{Vsistema} = \frac{140\omega}{12v} = 11.4 A$$

$$EAh = \frac{Ewh}{vs} = \frac{700\omega}{12v} = 58.33Ah$$

Donde Vs es el voltaje del sistema y 11,4^a son los amperios consumidos en una hora y 58,33^a son los amperios consumidos por día.

Capacidad del sistema

$$capacidad = \frac{EAh * Dat}{Pd} = \frac{58.33 Ah * 2}{0.8} = 145.83Ah$$

Donde Dat son los días donde se prevé que el sistema solo funcione con la batería sin la carga de los paneles, y Pd es la profundidad de descarga de la batería, y el resultado nos indica que la capacidad de la batería seleccionada debe ser de 155 Ah de ciclo profundo.

CALCULO POR PERDIDAS DE TUBERÍAS

CALCULO DEL COLECTOR SOLAR		
ACCESORIOS	CANTIDAD	K
VALVULA DE BOLA	1	0,05
VALVULA DE COMPUERTA	1	0,22
CODOS DE 90º	7	0,81
CODOS DE 45º	1	0,43
T	1	1,62
TOTAL	11	8

TUBERIA	
LONGITUD	5m
DIAMETRO	1/2 in

ALTURA	
Z1	3m
Z2	2m

CALCULO DE CAUDAL

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} + Z_2 + hl + hf$$

Donde las presiones 1 y 2 son iguales, y la velocidad inicial no se tiene en cuenta por que el agua contenida en el colector está totalmente en reposo.

Despeje de ecuación

$$Z_1 = \frac{V2^2}{2g} + Z_2 + hl + hf$$

Donde se despeja $\frac{V2^2}{2g}$ para realizar una factorización luego de obtener los valores de hf y hl.

Calculo de perdidas por accesorios (hl)

$$hl = \sum K \frac{V^2}{2g}$$

Donde el único valor conocido para esta ecuación es $\sum K = 8$.

Calculo de pérdidas por fricción de tuberías (hf)

$$hf = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

Donde se conocen el valor de $f = 0.02$, $L = 5m$ $D = \frac{1}{2}in$ que en sistema internacional es $D = 12.7 \times 10^{-3} m$.

$$hf = 7.87 \frac{V^2}{2g}$$

Donde 7.87 es un valor adimensional.

Remplazo de valores

$$-Z_2 + Z_1 = \frac{V^2}{2g} + 8 \frac{V^2}{2g} + 7.87 \frac{V^2}{2g}$$

Se agrupan los factores comunes y se remplazan lo valores de $z_1=3m$ y $z_2=2m$.

$$-2m + 3m = 8 \frac{V^2}{2g} + 7.87 \frac{V^2}{2g} + \frac{V^2}{2g}$$

Se realizan las sumas y restas correspondientes y se despeja $\frac{V^2}{2g}$.

$$16.87 \frac{V_2^2}{2g} = 1m$$

Se reemplaza $g=9.81m/s^2$.

$$V_2^2 = \frac{1m * 2(9.81 \frac{m}{s^2})}{16.87}$$

Se eleva a raíz cuadrada a ambos lados y se obtiene la velocidad del fluido.

$$\sqrt{V_2^2} = \sqrt{1.1630 \frac{m^2}{s^2}}$$

$$V_2 = 1.078429 \frac{m}{s}$$

Calculo de caudal (Q)

Ya hallado el valor de V_2 el cálculo de caudal se realiza con la siguiente ecuación:

$$Q = V * A$$

Donde V es la velocidad del fluido y A es el área de la tubería utilizada $\frac{1}{2}$ in en m .

$$Q = 1.078429 \frac{m}{s} * \frac{\pi}{4} (12.7 * 10^{-3} m)^2$$

Donde las unidades de caudal son $\frac{m^3}{s}$ y se convierten a $\frac{L}{min}$.

$$Q = 0.00013743 \frac{m^3}{s} * \frac{1000L}{1m^3} * \frac{60s}{1min}$$

Obteniendo un resultado de caudal más comprensible.

$$Q = 8.2458 \frac{L}{min}$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El colector solar instalado es de 150L, como este tiene dos desviaciones: una para la casa construida de ladrillo plástico y la otra para la casa construida de botellas reciclada, se recomienda duchas cortas de agua caliente para el rendimiento y calor del agua.
- Según los cálculos del sistema fotovoltaico los vatios por hora utilizado por los electrodomésticos (radio, bombillos) es de 166.66wh y los paneles utilizados conectados en paralelo sumados dan un total de 230wh demostrando que sin ningún problema estos pueden sustentar el funcionamiento de estos.

También se demostró que la batería necesaria para la instalación es de 155amp ya que esta puede dar corriente al sistema durante dos días sin necesidad de la carga de los paneles lo cual es muy necesario ya que todos los días no son soleados.

- Para el suministro de agua de la casa construida de botellas, se realizaron unas derivaciones de tubería proveniente de la casa construida de ladrillo plástico, las cuales son la tubería de agua caliente y tubería de agua fría, en el momento de verificar el resultado de esto, solo la tubería de agua fría mantenía la suficiente presión para dar uso a la ducha en la casa de botellas pero la tubería proveniente del colector no funciono, no había suficiente presión para la ducha.

Después de una un verificación en cada parte de tubería proveniente del colector El problema se situaba en la instalación de la tubería principal de la ducha, ya que estaba con un ángulo de 30° el cual no permitía que el agua sometida solo por la presión atmosférica superar esta cabeza.

La solución a esto fue un corte en la unión de la tubería necesario para hacer la inclinación positiva para el flujo de agua proveniente del colector a la casa de botellas logrando así agua caliente en las dos casas.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Artero, Oscar Torrente. 2013.** *Curso práctico de formación.* Mexico D.F. : Alfa Omega, 2013. 9786077076483.
2. **Autoconsumossi.** Elementos de una instalacion solar fotovoltaica. [En línea] [Citado el: 25 de 03 de 2014.] <http://bit.ly/1htNi1W>.
3. **autogeneracion y autoconsumo.** [En línea] [Citado el: 7 de septiembre de 2016.] <http://tablon.com:81/blogs/cf/?p=74>.
4. **Biomass Users Network (BUN-CA). 2002.** *Manuales sobre energía renovable:.* San José, Costa Rica : s.n., 2002. ISBN: 9968-9708-9-1.
5. **buy.ecplaza.net.** buy.ecplaza.net. [En línea] buy.ecplaza.net. [Citado el: 11 de 06 de 2016.] search/4s10nf24sell/g_sat.html. : 071022143014_96009.jpg.
6. **como-funciona-calefon-solar.jpg. 2016.** [En línea] como-funciona-calefon-solar.jpg, 26 de 08 de 2016. [Citado el: 11 de 09 de 2016.] http://casa-web.com.ar/calefon-solares-como-funcionan-beneficios-y-costos_8640.
7. **Docenario.** Centro de interpretación de energías renovables. *Docenario Sostenible.* [En línea] [Citado el: 1 de 5 de 2014.] <http://bit.ly/1rXOHp1>.
8. **Farmalover.** Farmalover. [En línea] [Citado el: 4 de 5 de 2014.] <http://bit.ly/SqOnmG>.
9. **Luma, Plantas eléctricas.** Luma. [En línea] [Citado el: 26 de 03 de 2014.] <http://bit.ly/P2B61p>.
10. **RC Micro electrónica.** RC Micro electrónica. [En línea] [Citado el: 2 de 5 de 2014.] <http://bit.ly/1i72out>.
11. **Sanchez, Miguel Angel. 2012.** *Energía Solar Fotovoltaica.* Mexico : Limusa, 2012. ISBN: 978 968 18 7198 7.
12. **slideshare. 2015.** www.slideshare.net. [En línea] 2015. [Citado el: 7 de septiembre de 2016.] [energia-solar-22-728.jpg](http://www.slideshare.net/energia-solar-22-728).
13. **Wikimedia.** Termómetro. [En línea] [Citado el: 4 de 5 de 2014.] <http://bit.ly/1ncXZ0M>.
14. **Wikipedia.** Colector solar. [En línea] [Citado el: 1 de 4 de 2014.] <http://bit.ly/1iQ3iBC>.
15. **Piranómetro.** [En línea] [Citado el: 14 de 04 de 2014.] <http://bit.ly/1fBE0Xi>.

