

**DEFINICIÓN DE SISTEMA HÍBRIDOS Y SU APOORTE AL SISTEMA DE AIRE
ACONDICIONADO**

PASCUAL BRAVO

**SOL BEATRIZ MARQUEZ PULGARÍN
JOAN DANIEL LONDOÑO ALVAREZ
EDUIN ANDRES TANGARIFE VALENCIA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELÉCTRICA
MEDELLÍN
2015**

**DEFINICIÓN DE SISTEMAS HÍBRIDOS Y SU APOORTE AL SISTEMA DE AIRE
ACONDICIONADO**

**SOL BEATRIZ MARQUEZ
JOAN DANIEL LONDOÑO ALVAREZ
EDUIN ANDRES TANGARIFE**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICTRICISTA**

METODOLOGICO

**DOCENTE UNIVERSITARIO:
MONICA NARVAEZ**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELÉCTRICA
MEDELLÍN
2015**

Tabla de Contenido

| | |
|---|----|
| 1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO..... | 9 |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 11 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 15 |
| 4. OBJETIVOS | 16 |
| 4.1 OBJETIVO GENERAL | 16 |
| 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 16 |
| 3. REFERENTES TEÓRICOS..... | 17 |
| 3.1 INSTALACIONES AISLADAS DE LA RED ELECTRICA..... | 25 |
| 3.2 POTENCIAL DE LA ENERGÍA FV EN EL MUNDO..... | 28 |
| 3.2.1 CENTRALES DE ENERGÍA SOLAR FV | 29 |
| 3.3 POTENCIAL DE LA ENERGÍA FV EN COLOMBIA..... | 31 |
| 3.4 TECNOLOGÍA DE LAS CELDAS FV | 34 |
| 3.4.1 Principales tipos de celdas | 35 |
| 3.4.2 PANEL SOLAR SUN MODULE PLUS SW 275 MONO..... | 35 |
| 3.5 ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES | 41 |
| 4. METODOLOGÍA..... | 43 |
| 4.1 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN | 43 |
| 4.1.1 Fuentes primarias..... | 43 |
| 4.1.2 Fuentes secundarias..... | 43 |
| 5. RESULTADOS | 44 |
| 5.1 Escoger el equipo indicado en base a un diseño..... | 44 |
| 5.1.1 PANEL SOLAR SUN MODULE PLUS SW 275 MONO. | 46 |
| 5.1.2 Situación de montaje adecuado | 49 |
| 5.1.1.3 Instalación óptima | 50 |
| 5.1.1.4 Montaje | 50 |
| 5.1.1.5 Conexión eléctrica..... | 51 |
| 5.1.1.6 Limpieza..... | 52 |
| 5.1.1.7 Mantenimiento | 52 |
| 5.1.2 ENPHASE MICROINVERTER MODEL M215..... | 53 |
| 5.1.2.1 Cómo funciona el microinversor..... | 53 |
| 5.1.2.2 Supervisión del sistema | 54 |
| 5.1.2.3 Fiabilidad óptima | 54 |

| | | |
|---------|------------------------------|----|
| 5.1.2.4 | Facilidad de Diseño..... | 55 |
| 5.1.2.6 | Puesta en marcha..... | 55 |
| 6. | <i>RECOMENDACIONES</i> | 58 |
| | Bibliografía..... | 59 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Ilustración 1. El sol..... | 17 |
| Ilustración 2. Conexión diodos de Protección | 24 |
| Ilustración 3. Sistemas Fotovoltaicos..... | 25 |
| Ilustración 4. Elementos de un sistema FV Básico | 26 |
| Ilustración 5. Huertas solares..... | 30 |
| Ilustración 6.distribucción espacial de la radiación global en Colombia..... | 33 |
| Ilustración 7. Elaboración del lingote monocristalino | 36 |
| Ilustración 8. Celdas solares con forma esféricas..... | 39 |
| Ilustración 9. Lente concentrando la luz solar sobre una pequeña área | 40 |
| Ilustración 10. Panel solar..... | 48 |
| Ilustración 11. Instalación panel solar1 | 50 |
| Ilustración 12. Instalación panel solar 2 | 51 |
| Ilustración 13. Características inversor | 55 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1. Disponibilidad de energía solar por regiones | 31 |
| Tabla 2. Rendimiento de celdas y módulos. | 37 |
| Tabla 3. Especificaciones del módulo solar. | 47 |
| Tabla 4. Componentes de los materiales. | 48 |
| Tabla 5. Datos adicionales. | 49 |
| Tabla 6. Características microinverter | 53 |

NOTAS DEACEPTACIÓN

Presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín, Septiembre de 2015.

AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro por la bendición de la vida porque gracias a esto logramos alcanzar un peldaño más en nuestras vidas.

A nuestros padres que con su apoyo y motivación nos han formado para la vida

A la institución y a los profesores que nos acompañaron y corrigieron durante toda la formación.

A la profesora Mónica Narváez por su tiempo dedicado durante todo este proceso

.

1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

La energía se relaciona fuertemente con el desarrollo económico y social, como insumo intermedio en el proceso productivo y como bien final para la satisfacción de las diferentes necesidades de la población y el mejoramiento de su bienestar. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009).

Actualmente la generación de energía eléctrica es la responsable de producir un 35% de emisiones de carbono en el mundo, el otro 65% corresponde (Transporte 20%, Procesos Industriales 20%, Sector residencial y Comercial 25%). De ahí parte la gran utilización de las energías renovables ya que estas presentan una buena viabilidad económica y además no generan gases contaminantes. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009)

El paulatino crecimiento de la demanda de energía, el aumento de los precios de los combustibles, el cambio climático como resultado de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son los principales impulsores de los esfuerzos para incrementar el uso de diversas fuentes de energía renovable. Las tecnologías renovables son fuentes de energía limpia. Su uso minimiza el impacto ambiental, reduce los residuos secundarios, y esos recursos son sostenibles en base a las necesidades sociales- económicas actuales y futuras.(Díaz Torres, Monteagudo Yanes , & Bravo Hidalgo, 2015)

La energía solar es una de las fuentes más abundante de energía renovable. Cada segundo el sol irradia en todas direcciones del espacio una energía de $4 \cdot 10^{26}$ J; y aproximadamente, $1,8 \times 10^{14}$ kW de potencia es absorbida por la tierra. Las formas primarias de la energía solar son el calor y la luz, estas mismas se transforman y se absorben por el medio ambiente en gran variedad de formas. Una de las

aplicaciones de la energía solar es el sistema de refrigeración solar. Este representa una alternativa atractiva frente al creciente uso de aires acondicionados de compresión mecánica de vapor en edificaciones y sus ventajas están en la reducción del consumo de energía eléctrica, la disminución la emisión de (GEI). Además, reduce los daños a la capa de ozono por la sustitución de los cloro fluorocarbonos (CFCs). (Díaz Torres, Monteagudo Yanes , & Bravo Hidalgo, 2015).

Los sistemas de mayor predominio, son los de bromuro de litio-agua (LiBr-H₂O) y los de amoníaco agua (NH₃-H₂O).

Estudios realizados sobre la base los resultados de la Solar Heating & Coling Programme International Energy Agency, han demostrado que el número estimado de instalaciones en todo el mundo eran alrededor de 600 en el año 2010(Díaz Torres, Monteagudo Yanes , & Bravo Hidalgo, 2015).

En el presente trabajo de grado se estudia y define el sistema híbrido, Eléctrico . solar ya que se puede considerar como tecnología para la producción de energía limpia, se investiga el proceso de generación y funcionamiento, se incluyen los principales componentes que lo conforman.

Las energías renovables están tomando cada vez mayor fuerza y es un tema del cual no se ha profundizado mucho, Teniendo en cuenta que hay un gran potencial solar, se puede aprovechar esta condición para la producción de energía eléctrica mediante energía alternativa.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde finales del siglo XX los países con mayores industrias y más avanzados se han venido concientizando de disminuir las emisiones de CO₂ a la atmosfera, además de ser promovidos por las nuevas políticas ambientales. Tres cuartas partes de las emisiones globales de carbono provienen de combustibles fósiles, concretamente del carbono, el petróleo y el gas natural. El resto es, en su mayoría consecuencia de la deforestación. De los cuatro principales sectores que aportan a estas emisiones, la generación de electricidad es responsable de la mayor parte: en un 35%, Colombia en esta participación contribuye el 0,2% de las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero), considerando la ventaja competitiva que tiene el país al poseer un recurso hídrico abundante.

El transporte y los procesos industriales son responsables de un 20% cada uno, mientras que el 25% restante proviene de edificios residenciales y comerciales. Las emisiones de carbono derivadas de los combustibles fósiles se originan principalmente en cinco países como: China, EE. UU., Unión Europea, India y Rusia.

Las emisiones de CO₂ de China, se estima que son alrededor del 14% más alta que la de los EE. UU.; con ello, China encabeza la lista de países emisores de CO₂, teniendo aproximadamente una cuarta parte (24%), seguido por los EE. UU. (21%), la Unión Europea (12%), India (8%) y Rusia (6%). Juntos, comprenden el 71% de las emisiones mundiales de CO₂. Sin embargo, dado que el tamaño de la población y el nivel de desarrollo económico difieren considerablemente entre los países, las emisiones expresadas por persona muestran en EE.UU., Rusia, UE-15, China y la India son actualmente alrededor de 19.4, 11.8, 8.6, 5.1 y 1.8 toneladas de CO₂, respectivamente.

Como consecuencia del aumento constante de las emisiones de carbono, la cantidad de CO₂ en la atmósfera ha subido en un 31% desde 1750. Normalmente,

la naturaleza absorbe una gran parte de las emisiones de carbono a través de los océanos y los bosques, conocidos como "sumideros de carbono", y reduce de esta manera el ritmo de acumulación en la atmósfera. Pero las tendencias recientes sugieren que las emisiones están superando la capacidad de absorción. Durante las dos últimas décadas, las concentraciones atmosféricas de CO₂ han aumentado cada año una media de 1,5 partes por millón (ppm). Aun así, en los dos últimos años se han registrado aumentos inexplicables y alarmantes. Esto sugiere que la capacidad de los sistemas naturales de la tierra por asimilar el aumento de las emisiones se está debilitando. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009).

Ante todo esto, surgen tecnologías para reducir las emisiones de carbono. Cambiar nuestra dependencia de los combustibles ricos en carbono, como el carbón y el petróleo, por energías renovables que puede reducir considerablemente las emisiones, Las energías renovables son aquellas que se producen en forma continua, por tal motivo se consideran inagotables, aprovechando especialmente los recursos como el sol, el aire, agua, calor interior de la tierra y la vegetación.

La dependencia del petróleo, el carbón y el gas han generado conflictos políticos y ambientales; por esta razón en los últimos años se ha hecho necesario invertir en el desarrollo y aplicación de tecnologías alternativas de producción de energía, que funcionen con recursos renovables. Esto a su vez hace necesario una mejor administración de los recursos locales. Además, en el mundo entero el término renovable se asocia con un medio ambiente más limpio, apropiado para nosotros y las futuras generaciones. Actualmente las energías renovables cubren cerca del 20% del consumo mundial de electricidad.

Las energías renovables en Colombia, aunque su aplicabilidad de sistemas alternos de generación o energías no convencionales es relativamente incipiente, en Colombia se ha avanzado en el proceso de identificación y reconocimiento de la potencialidad de estos recursos en diversas zonas del país. Sin embargo, se requiere de una adecuada investigación e implementación de proyectos pilotos de

estas posibles alternativas, que involucre la máxima participación de las comunidades.

Colombia posee importantes recursos que permiten la implementación de tecnologías limpias del tipo eólico, hídrico o fotovoltaico. En la actualidad en el país se han empezado a utilizar algunas de las tecnologías para la obtención de energías limpias, no obstante, su uso es aún muy precario.(GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009).

La generación de electricidad con energía solar empleando sistemas fotovoltaicos ha estado en su mayoría dirigida al sector rural, en donde los altos costos de generación originados principalmente en el precio de los combustibles, y los costos de Operación y Mantenimiento en las distantes zonas remotas, hacen que la generación solar resulte más económica en el largo plazo y confiable. Estas actividades surgieron con el Programa de Telecomunicaciones Rurales de Telecom a comienzos de los años 80, con la asistencia técnica de la Universidad Nacional. En este programa se instalaron pequeños generadores fotovoltaicos de 60 Wp (Wp: vatio pico) para radioteléfonos rurales y ya en 1983 habían instalados 2 950 de tales sistemas. El programa continuó instalando estos sistemas y pronto se escaló a sistemas de 3 a 4 kWp para las antenas satelitales terrenas. Muchas empresas comenzaron a instalar sistemas para sus servicios de telecomunicaciones y actualmente se emplean sistemas solares en repetidoras de microondas, boyas, estaciones remotas, bases militares, entre otras aplicaciones. Según un estudio realizado, entre 1985 y 1994 se importaron 48 499 módulos solares para una potencia de 2.05 MWp.(GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009).

De estos 21 238 módulos con una potencia de 843.6 kW en proyectos de telecomunicaciones y 20 829 módulos con 953.5 Kwp en electrificación rural. El estudio anterior también indicó, sobre una muestra de 248 sistemas (con 419 módulos), que 56% de los sistemas funcionaban sin problemas, 37% funcionaban

con algunos problemas y 8% estaban fuera de servicio. En los programas de electrificación rural, el sistema convencional para hogares aislados ha constado de un panel solar de 50 a 70 Wp, una batería entre 60 y 120 Ah y un regulador de carga. Estos pequeños sistemas suministran energía para iluminación, radio y TV, cubriendo las necesidades realmente básicas de los campesinos. El costo actual de este sistema es del orden de US\$ 1 200 a 1 500, afectado principalmente por los elevados costos de instalación en las zonas remotas.

Durante los últimos años, se han instalado muchos más sistemas en los programas de electrificación rural, con fuerte financiación del Estado, haciendo uso actualmente de recursos como el FAZNI (Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas). El IPSE (Instituto para la Promoción de Soluciones Energéticas) es en la actualidad la institución que lidera las acciones del Estado en la energización del campo colombiano. Según esta institución hay en la actualidad más de 15 000 sistemas instalados para estas aplicaciones. Pero, además, el IPSE tiene en desarrollo soluciones innovadoras como sistemas híbridos, para reducir los costos de generación de energía. (Rodríguez Murcia, 2009).

Cuando dos o más sistemas de generación de energía se combinan en una sola instalación para la generación de energía eléctrica, surge lo que se denomina un sistema híbrido. Estos sistemas están compuestos generalmente por fuentes energéticas renovables.

3. JUSTIFICACIÓN

En la Institución Universitaria Pascual Bravo se han venido adelantando la modernización y adecuación de los laboratorios del área de eléctrica y electromecánica que permiten a los estudiantes visualizar y trabajar en un entorno muy parecido al que encontrarán en la industria para cuando salgan a laborar después de obtener la titulación. Con el fin de aportar y mejorar con los procesos que se adelantan en los laboratorios será instalado un sistema de aire acondicionado híbrido, funcionando con Energía eléctrica suministrada por la red y con energía solar. Aprovechando este recurso natural por medio de paneles solares, Estos sistemas que utilizan el sol como fuente de calor adicional para ayudar con energía solar térmica el proceso de enfriamiento, reduciendo así el consumo de energía eléctrica para el funcionamiento del compresor.

El apoyo institucional para el presente proyecto es un hecho, la institución Universitaria Pascual Bravo (IUPB). Está totalmente interesada y motivada para que sea posible llevar a cabo la instalación de sistema de aire acondicionado por medio de energías híbridas, esto con el fin de aportar en el nivel de conocimientos adquiridos por los estudiantes futuros, prestando todo su apoyo humano e informativo.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Mostrar el aprovechamiento efectivo que se obtendrá al tener un sistema híbrido mediante energía alternativa (ENERGIA SOLAR) y energía eléctrica tomada de la red, verificando que este preste un adecuado equilibrio y una buena calidad de la energía, proporcionando salidas estables a partir de sus fuentes primarias, demostrando además que la combinación de estas energías es la mejor opción para el sistema de aire acondicionado dentro de la institución.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Dar a conocer las ventajas y desventajas de las tecnologías híbridas

Recopilar y clasificar bibliografía sobre sistemas híbridos en aires acondicionados y sus aplicaciones.

3. REFERENTES TEÓRICOS

La energía solar es la fuente principal de vida en el planeta: dirige los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos que mantienen la vida en la Tierra, los ciclos del oxígeno, del agua, del carbono y del clima.

El sol (como se muestra en la Figura 1) nos suministra alimentos mediante la fotosíntesis y como es la energía del sol la que induce el movimiento del viento, del agua y el crecimiento de las plantas, la energía solar es el origen de la mayoría de las fuentes de energía renovables como (la energía mareomotriz, energía de la biomasa, la energía hidroeléctrica, la energía eólica y de la energía solar).

La energía solar absorbida por la Tierra en un año es equivalente a 20 veces la energía almacenada en todas las reservas de combustibles fósiles en el mundo y 10 mil veces superior al consumo actual.

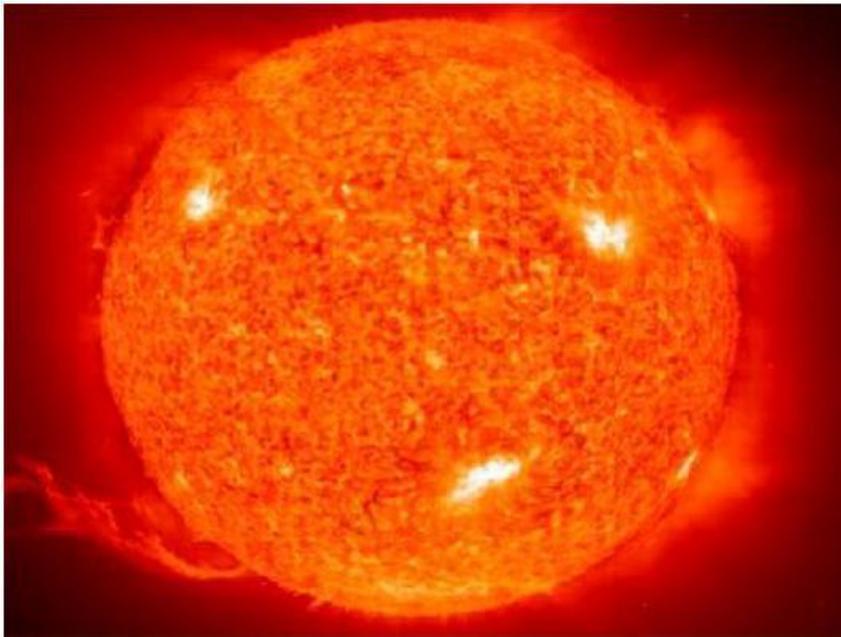


Ilustración 1. El sol

La actividad solar influye en la generación de muchos fenómenos en nuestro planeta (las manchas solares están relacionadas con alteraciones climáticas terrestres); el incremento de actividad solar provoca alteraciones del campo magnético terrestre, las ráfagas o llamaradas solares son responsables de las tormentas geomagnéticas las cuales producen apagones en plantas eléctricas, interferencia en la comunicación vía satélite y aparición del fenómeno luminoso o aurora boreal o austral, depende del hemisferio terrestre donde se presente el fenómeno. Otra forma de utilizar la energía solar es como fuente de sustento en otras clases de energía las cuales son aprovechables para el hombre. (SANCHEZ & ZAPATA CASTAÑO, 2011).

La idea de utilizar y aprovechar la energía solar es muy antigua, pero el bajo nivel de recursos de los que disponía el hombre le impidió usarla de forma efectiva durante mucho tiempo. No obstante los griegos (2000 A.C.) ya utilizaban el calor del sol para calentar sus viviendas dándoles la ubicación geográfica adecuada; Arquímedes también la utilizó con espejos solares para incendiar la flota enemiga que atacaba su ciudad.(GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009).

El aprovechamiento de la energía solar para generar energía eléctrica de manera directa, sólo fue posible a través del descubrimiento de Alexandre Edmond Becquerel del efecto fotovoltaico en 1939, y es hasta 1955 cuando se comercializa el primer producto fotovoltaico para generación de electricidad. (ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA, 2008).

La energía del sol se puede aprovechar pasivamente sin la utilización de ningún dispositivo y/o aparato específico, mediante la adecuada ubicación, diseño y orientación de los edificios, empleando correctamente las propiedades fisicoquímicas de los materiales y los elementos arquitectónicos de los mismos: aislamientos, protecciones y tipos de revestimientos. (SANCHEZ & ZAPATA CASTAÑO, 2011).

Mediante la aplicación de criterios de arquitectura bioclimática se puede reducir significativamente e incluso eliminar, la necesidad de climatizar los edificios, así como la necesidad de iluminarlos durante el día. Estas prácticas arquitectónicas contrastan con la tendencia a instalar cada vez más aparatos de climatización (aire acondicionado) que consumen una gran cantidad de energía. (SANCHEZ & ZAPATA CASTAÑO, 2011).

La energía solar se constituye en la principal fuente de energía renovable a nuestro alcance, debido a que es la mayor fuente primaria de luz y calor en la tierra. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009). La energía solar se puede transformar en calor o en electricidad. La primera se llama conversión foto térmica o térmica y la segunda conversión fotovoltaica. La conversión de la energía solar es ampliamente considerada como una de las más prometedoras tecnologías de energía renovable, la cual tiene el potencial para el suministro de electricidad a la población mundial.

La energía solar llega a la tierra en forma de radiación electromagnética (se define, como la energía producida por reacciones nucleares al interior del sol, que son transmitidas en forma de ondas electromagnéticas a través del espacio) que al llegar a la tierra producen energía.

La radiación solar que recibe la tierra oscila entre los 1300 y los 1400 W/m² aproximadamente. Estos valores pueden variar dependiendo de las condiciones climatológicas, que a su vez dependen de la ubicación geográfica (latitud y longitud) y del período del año.

Hoy en día los sistemas de generación de electricidad con energía solar más difundidos son: La conversión fotovoltaica, y la térmica o producción de vapor para generar electricidad.

La energía solar fotovoltaica (FV) consiste en la generación de energía eléctrica directamente del sol, empleando tecnología de semiconductores. El efecto fotoeléctrico es la base de la producción de energía eléctrica por radiación solar y ocurre cuando un material es irradiado con energía luminosa y genera corriente eléctrica. Una aplicación del efecto fotoeléctrico para generar electricidad es utilizar celdas fotovoltaicas, también llamadas celdas solares las cuales captan los rayos del sol y los transforman en energía eléctrica. Existen fundamentalmente dos tipos de aplicaciones de la energía solar FV: instalaciones aisladas de la red eléctrica y centrales de generación conectadas a la red. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009).

Las plantas de energía solar térmica, o de concentración solar producen electricidad mediante la conversión de la energía del sol en calor a altas temperaturas, utilizando diferentes tipos de concentradores de rayos solares. Se componen de dos partes: una que recolecta la energía del sol y la convierte en calor, y otra que transforma el calor en electricidad. A diferencia del sistema solar FV, en este se usan los rayos solares para generar calor, normalmente para calentar el agua de una vivienda, una piscina, entre otros.

La energía solar FV es la más difundida y en la actualidad es de gran uso en diferentes países del mundo. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009)

La competencia entre los principales fabricantes se ha intensificado cada vez más, con la aparición de nuevos actores en el mercado al revelarse el potencial de la energía FV. La industria fotovoltaica mundial, en particular en Europa, EE. UU., China y Japón, está realizando fuertes inversiones en nuevas instalaciones de producción y tecnologías. A la vez, el apoyo político al desarrollo de la electricidad solar, ha promovido la implantación de marcos promocionales de largo alcance en numerosos países, en especial en Alemania, España, Italia, Francia, Corea del Sur, EE. UU, entre otros.

Para el caso de Colombia no se cuenta con grandes usos de esta tecnología, la aplicación se realiza básicamente para alimentación de sistemas de comunicaciones ubicados en zonas de difícil acceso o donde las redes de distribución no llegan y no se cuenta con un inventario claro de su instalación.

La energía solar FV, (FOTOVOLTAICO), es el resultado de la unión de dos palabras, %foto+, que significa luz, y %oltaico+, que significa electricidad. %Tecnología fotovoltaica+ es el término que se emplea para describir el sistema físico que convierte la energía solar en energía utilizable, generando electricidad a partir de la luz. En el corazón de la tecnología FV reside un material semiconductor que puede adaptarse para liberar electrones, las partículas con carga negativa que constituyen la base de la electricidad. El material semiconductor más común que se emplea en las celdas fotovoltaicas es el silicio, un elemento que se encuentra habitualmente en la arena. Su disponibilidad como materia prima no tiene límites; el silicio es el segundo material más abundante en la masa terrestre. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009).

Todas las células FV tienen dos capas de semiconductores, una con carga positiva y otra con carga negativa. Cuando brilla la luz en el semiconductor, el campo eléctrico presente en la unión entre estas dos capas hace que fluya la electricidad, generando una corriente continua. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz, mayor será el flujo de electricidad.

Por lo tanto, un sistema FV no necesita luz solar brillante para funcionar. También puede generar electricidad en días nublados. Debido a la reflexión de la luz solar, Los días ligeramente nublados pueden incluso hacer que se genere más energía que en los días con el cielo totalmente despejado. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009)

Los componentes de un sistema FV dependen del tipo de aplicación que se requiera como lo puede ser conectada o no a la red, y de las características de la instalación.

Una instalación fotovoltaica aislada está formada por los equipos destinados a producir, regular, acumular y transformar la energía eléctrica.

- **Celda fotovoltaica:** Dispositivo dónde se produce la conversión fotovoltaica, las más empleadas son las realizadas con silicio cristalino. La incidencia de la radiación luminosa sobre la celda crea una diferencia de potencial y una corriente aprovechable. Fabricadas a partir del silicio, las celdas fotovoltaicas cobraron auge a partir de los años 50, cuando comenzaron a ser utilizadas para el abastecimiento energético de los satélites. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009)
- **Placas fotovoltaicas:** Son un conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas entre sí, que generan electricidad en corriente continua. Para su mejor aprovechamiento se busca orientarlas (teniendo en cuenta la ubicación y latitud) con el fin de obtener un mayor rendimiento.(GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009)
- **Regulador de carga:** Tiene por función proteger a la batería contra las sobrecargas y contra las descargas. Además se emplea para proteger a las cargas en condiciones extremas de operación, y para proporcionar información al usuario. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009)
- **Baterías:** Almacenan la energía eléctrica producida durante las horas de radiación solar; permitiendo y garantizando suficiente autonomía para los períodos en los que el sistema fotovoltaico no produce electricidad.
- **Inversor:** Transforma la corriente continua (de 12, 24 o 48 V) generada por las placas fotovoltaicas y acumulada en las baterías a corriente alterna (a 120 V y 50/60 Hz). (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009).
- **Elementos de protección del circuito:** son elementos como diodos de bloqueo, interruptores para desconexión, tierra, etc., dispuestos entre diferentes parte del sistema, para proteger la descarga y derivación de elementos en caso de falla o situaciones de sobrecarga. Los diodos son

componentes electrónicos que permiten el flujo de corriente en una única dirección. En los sistemas fotovoltaicos generalmente se utilizan de dos formas: como diodos de bloqueo y como diodos de bypass. Los diodos de bloqueo impiden que la batería se descargue a través de los paneles fotovoltaicos en ausencia de luz solar. Evitan también que el flujo de corriente se invierta entre bloques de paneles conectados en paralelo, cuando en uno o más de ellos se produce una sombra. Los diodos de bypass, protegen individualmente a cada panel de posibles daños ocasionados por sombras parciales. Deben ser utilizados en disposiciones en las que los módulos están conectados en serie. Generalmente no son necesarios en sistemas que funcionan a 24 V o menos. Mientras que los diodos de bloqueo evitan que un grupo de paneles en serie absorba flujo de corriente de otro grupo conectado a él en paralelo, los diodos de bypass impiden que cada módulo individualmente absorba corriente de otro de los módulos del grupo, si en uno o más módulos del mismo se produce una sombra(SANCHEZ & ZAPATA CASTAÑO, 2011).

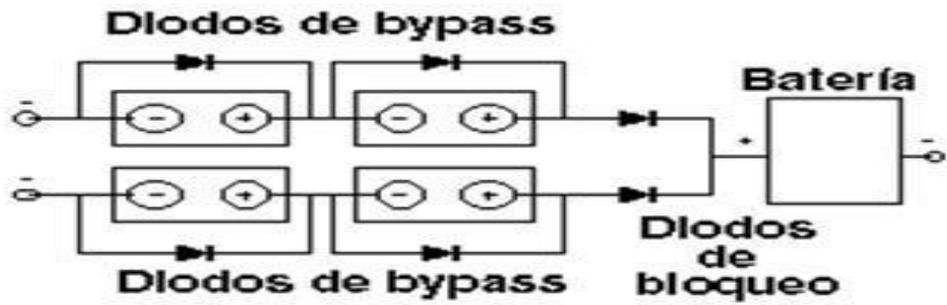
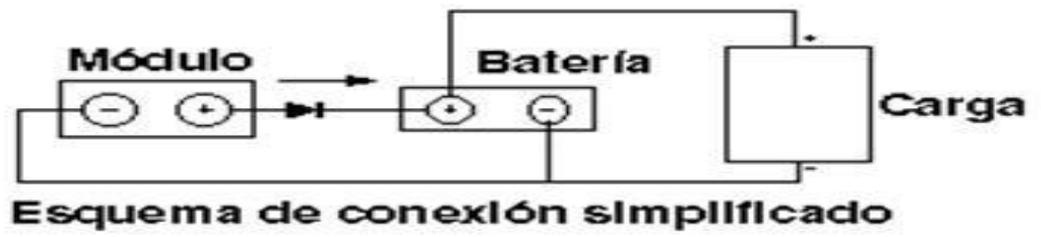
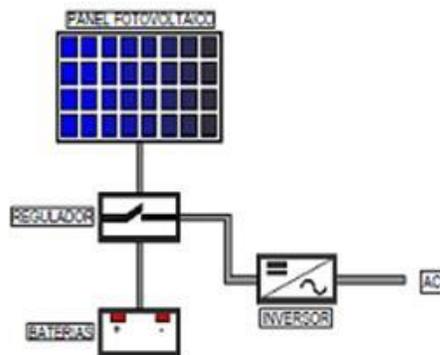


Ilustración 2. Conexión diodos de Protección

3.1 INSTALACIONES AISLADAS DE LA RED ELECTRICA

Estas instalaciones son las que carecen de conexión con la red eléctrica convencional. Se pueden diferenciar entre sistemas con acumulación y sistemas de conexión directa. Los sistemas de acumulación son los que están conectados a baterías que permiten el suministro eléctrico en periodos de poco o nulo aprovechamiento de la radiación solar. Estos a su vez, pueden diferenciarse por el consumo al que están conectados: así pueden haber instalaciones aisladas con elementos de consumo en corriente alterna o elementos de consumo de corriente continua. (SANCHEZ & ZAPATA CASTAÑO, 2011)

Instalación aislada con alimentación y consumo en AC



Instalación de un sistema fotovoltaico híbrido

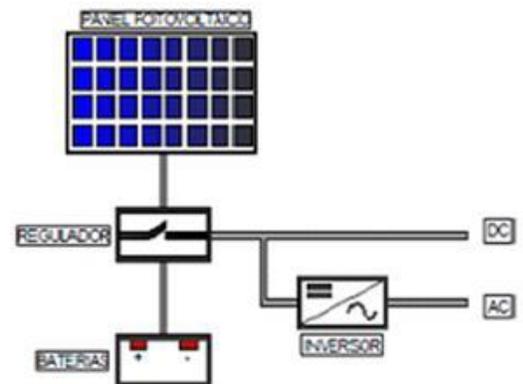


Ilustración 3. Sistemas Fotovoltaicos

El dimensionamiento de una instalación aislada requiere disponer de información relativa al consumo previsto de energía del lugar que se ha de electrificar y de la disponibilidad media de radiación solar a lo largo del año.

De acuerdo a los elementos de los sistemas conectados a la red, los módulos fotovoltaicos son los mismos que se emplean en instalaciones aisladas. Respecto al tipo de inversor empleado, normalmente se usan aparatos de mayor potencia que incluyen controles de fases para adecuar la corriente alterna a la que circula por la red. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009)

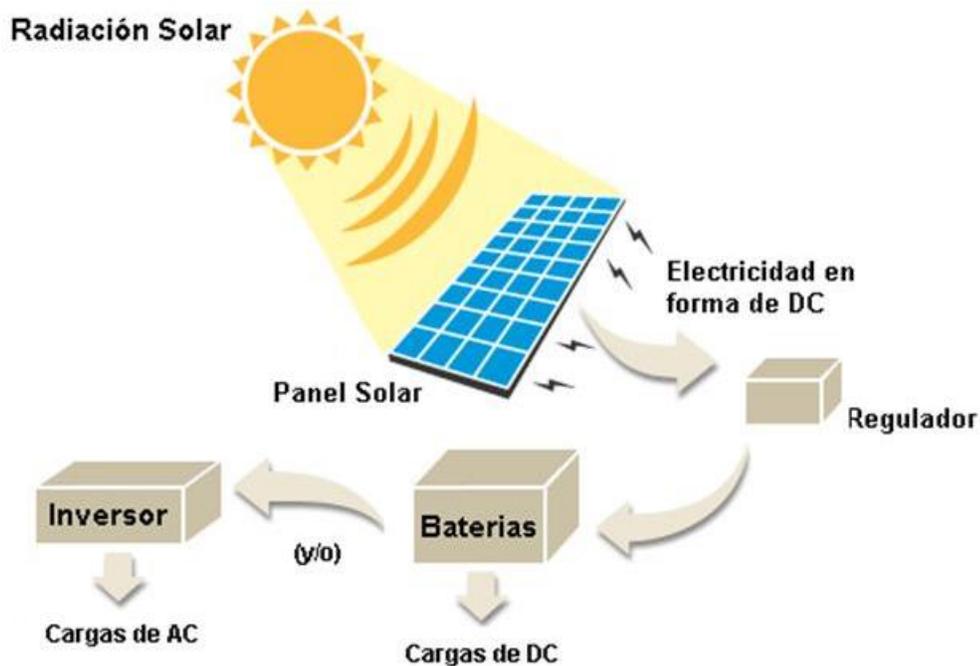


Ilustración 4. Elementos de un sistema FV Básico

Para muchas aplicaciones, la energía solar FV ofrece ventajas únicas sobre las fuentes convencionales de energía, por ejemplo en aquellas partes donde el acceso es difícil y los costos de entrega de los combustibles son altos, la fiabilidad y el bajo mantenimiento que requieren los sistemas FV ofrecen una solución muy competitiva a las necesidades energéticas.

Los sistemas de aire acondicionado solar tienen un colector solar térmico que absorbe y aprovecha la radiación solar directa y difusa, esto permite que se genere una transferencia de calor; El colector solar ayuda al compresor a calentar el gas y

permite una reducción en el consumo de energía eléctrica del orden de 50% hasta 60%.

Los sistemas de aire acondicionado solar híbridos tienen una alta eficiencia y son una alternativa muy moderna para la refrigeración, la parte térmica se encarga de mantener refrigerado el panel solar a una temperatura sostenible por debajo de la que alcanzaría de tratarse de un fotovoltaico sencillo y aproximándose más a su temperatura ideal de trabajo, de esta forma se mejora el rendimiento del panel fotovoltaico en como mínimo un 15%.

El panel solar híbrido, por su configuración, además de producir aire caliente sanitaria y electricidad solar con un rendimiento mejorado en un mismo espacio presenta otras ventajas, tales como:

Reducción de costos, prolongación de vida útil del panel fotovoltaico, ya que trabaja a una temperatura más óptima por tanto el material se degrada más lentamente y es capaz de trabajar a pleno rendimiento por más años.

VENTAJAS

- No produce ruido, emisiones nocivas ni gases contaminantes.
- No consume combustible.
- Sólo requiere de un mantenimiento mínimo para garantizar el funcionamiento del sistema.
- Resistente a condiciones climáticas extremas.
- Tiene una vida útil superior a 20 años.
- No hay piezas móviles susceptibles de desgaste o rotura.
- Se pueden incorporar nuevos módulos e instalar rápidamente en cualquier parte.

3.2 POTENCIAL DE LA ENERGÍA FV EN EL MUNDO

Las aplicaciones de la energía solar FV para generación de electricidad interconectada a la red son reducidas por su poca participación y desarrollo, se presenta como una alternativa, por la magnitud en capacidad instalada que pueden alcanzar sus instalaciones.

Un gran número de países han introducido elementos de presión para que los generadores de electricidad incrementen dentro de su servicio fuentes de energía renovable.(GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009).

Países como España, Alemania y Japón, las compañías de distribución eléctrica están obligados por ley a comprar la energía inyectada a su red por centrales FV. En gran parte de Europa, actualmente se tiene un modelo que es conocido como huerta solar, que consiste en la agrupación de varias instalaciones de distintos propietarios. Por ejemplo en España algunas de las instalaciones tienen una potencia hasta de 100 kW, en estos momentos hay conectados cerca de 57,7 MW,

de los cuales 42,5 MW están conectados a la red y pueden vender su electricidad al mercado y 15,2 MW están aislados. Estas instalaciones pueden ser fijas o con seguimiento*.

La potencia total instalada a finales de 2006 en Alemania (3.031 MW), Japón (1.812 MW) y en España (103 MW).

A finales de 2007, la capacidad acumulativa instalada de los sistemas fotovoltaicos solares de todo el mundo supero la cifra de 9200 MW; este valor contrasta con los 1200 MW de finales del año 2000. La figura 9, muestra el crecimiento que ha tenido la energía solar FV a nivel mundial.(GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009)

3.2.1 CENTRALES DE ENERGÍA SOLAR FV

Una central de generación fotovoltaica (comúnmente conocida como huerta solar) es una agrupación de instalaciones solares ubicadas en una misma localización. Cada instalación permite entregar potencia dependiendo de la demanda, aunque la potencia aproximada de cada instalación o panel es de 5 Kw, aunque es posible la adquisición de una o varias instalaciones que permiten generar una potencia mayor que esta por el orden de los MW y eso depende de que tan grande sea la disposición del terreno y de la cantidad de silicio disponible para fabricar las celdas.(SANCHEZ & ZAPATA CASTAÑO, 2011)

A continuación se muestran varios ejemplos de montajes.



Ilustración 5. Huertas solares

Una de las ventajas de este tipo de plantas o huertos solares es que no emiten altos niveles de contaminación. De este modo se evita arrojar a la atmosfera cantidades muy grandes de dióxido de carbono (CO₂) que liberan otros tipos de centrales generadoras. este tipo de plantas o huertos presentan una particularidad que las ayuda a producir una mayor cantidad de energía con respecto a las plantas estáticas, ya que se han diseñado diferentes tipos de software y modificaciones mecánicas que les permiten girar en busca de la posición del sol, así como lo hacen los girasoles. También se debe agregar que este tipo de montaje puede ir por

encima del suelo a una altura de 2 metros, de esa manera se puede aprovechar el suelo para cultivar y/o otras actividades.(SANCHEZ & ZAPATA CASTAÑO, 2011)

3.3 POTENCIAL DE LA ENERGÍA FV EN COLOMBIA

En Colombia actualmente, no se cuenta con esta tecnología incorporada al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Influye en esto el desconocimiento en la aplicación de la tecnología a gran escala y los altos costos, sin embargo existen casos aislados en ZNI, para uso doméstico y en telecomunicaciones principalmente.(GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009).

Actualmente se cuenta con el atlas de radiación solar el cual contiene la distribución espacial del potencial energético solar de Colombia y además, es de gran importancia ya que brinda información que cuantifica la energía solar que incide sobre la superficie del país.

El conocimiento de la distribución espacial del potencial energético solar es necesario porque facilita la identificación de regiones estratégicas en donde es más adecuada la utilización de la energía solar para la solución de necesidades energéticas. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009).

Sobre la mayor parte del territorio Colombiano la incidencia de la radiación solar global tiene promedios entre 4.0 y 4.5 kWh/m² por día, especialmente sobre la Amazonía, la Orinoquia, sectores del centro y sur de la región pacífica y gran parte de la región andina. Colombia debido a su posición geográfica es favorecida con una gran disponibilidad del recurso solar.

En la siguiente tabla se muestra una aproximación de la disponibilidad promedio multianual de energía solar por regiones. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009).

| DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA SOLAR POR REGIONES | |
|--|--------------------------|
| REGIÓN | Kw/H/m ² /año |
| Guajira | 2.190 |
| Costa Atlántica | 1.825 |
| Orinoquía | 1.643 |
| Amazonía | 1.551 |
| Andina | 1.643 |
| Costa Pacífica | 1.278 |

Tabla 1. Disponibilidad de energía solar por regiones

Las zonas que reciben mayor intensidad de radiación solar global en Colombia, entre 4.5 y 6.0 kwh/m² por día, son: región Caribe, nororiente de la Orinoquia y sectores de los departamentos de Cauca, Huila, Valle, Tolima, Caldas, Boyacá, Santanderes, Antioquia y las Islas de San Andrés y Providencia. Los valores más altos (entre 5.5 y 6.0 kwh/m² por día) se presentan en el departamento de La Guajira, norte y sur del Magdalena, norte de Cesar y reducidos sectores de Atlántico y Bolívar.

Las zonas con menor intensidad de radiación solar global en Colombia, menores a 4.0 kwh/m² por día, se presentan en sectores de Chocó, Nariño, Putumayo, Caquetá, Cauca, Tolima, Eje Cafetero, Cundinamarca, Antioquia y Santanderes. Los valores más bajos (entre 3.0 y 3.5 kwh/m² por día) se presentan al sur del departamento de Chocó, Altiplano Nariñense, occidente de Putumayo y pequeños sectores de Cauca, Tolima y Santander.

En la figura 4, se muestra el promedio en kwh/m2 de la radiación solar global acumulada en el día, que incide sobre el territorio colombiano. El valor de la energía corresponde al valor agregado de los kwh que en promedio inciden durante el día sobre un metro cuadrado. Se aprecia el comportamiento de mayores promedios en el norte del país y los menores hacia el occidente y suroccidente.(GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009)

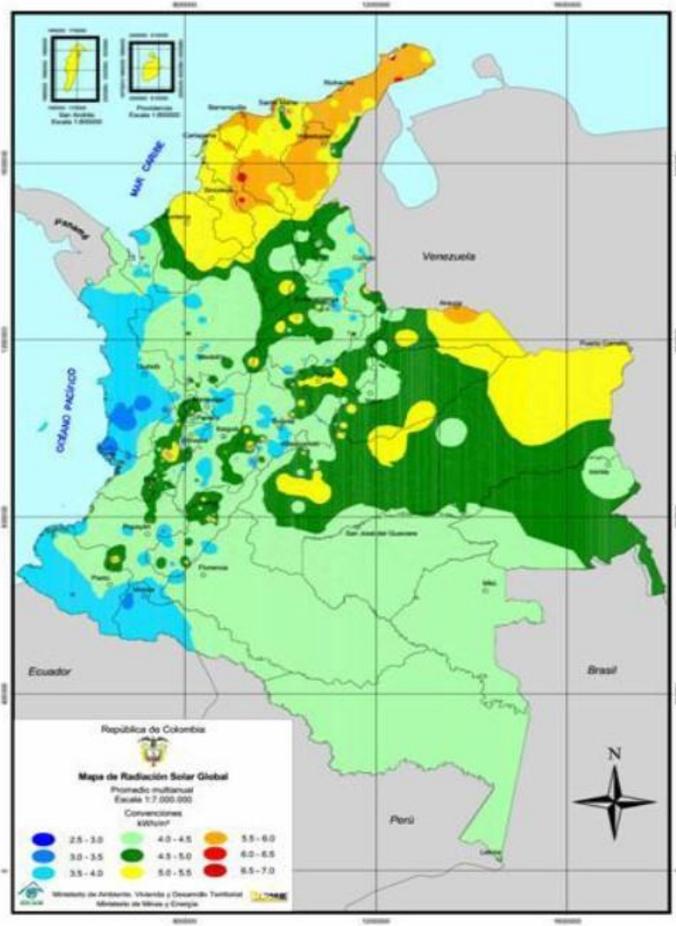


Ilustración 6.distribucción espacial de la radiación global en Colombia.

3.4 TECNOLOGÍA DE LAS CELDAS FV

Los componentes más importantes de un sistema FV son las celdas, que constituyen los bloques de construcción básicos de la unidad y se encargan de recoger la luz del sol; los módulos, que unen grandes números de celdas en una unidad; y en algunas ocasiones, los inversores, que se usan para convertir la electricidad generada en una forma adecuada para el uso diario.

Generalmente, las celdas FV se componen básicamente de silicio en un estado muy puro, denominado silicio grado semiconductor. La cadena industrial parte del mineral de cuarzo, del cual se extrae el silicio; este se refina hasta obtener polisilicio, que se presenta en pequeñas bolitas formadas por silicio grado semiconductor. A continuación se forman lingotes de polisilicio, es decir barras de silicio con una estructura cristalina determinada. El siguiente paso es la obtención de obleas, resultantes de cortar los lingotes de silicio en finas "rodajas". Con estas obleas se fabrican las celdas solares fotovoltaicas, capaces de producir electricidad y que finalmente se agrupan y empaquetan en los paneles solares, que son las unidades comerciales de producción de energía solar fotovoltaica.

La mayoría de las celdas producidas hasta ahora (el 90% en 2007) son de silicio cristalino, aunque en los planes futuros se contempla que la tecnología de capa delgada basada en silicio y otros materiales va a acaparar una cuota mucho mayor del mercado de la energía FV. Esta tecnología ofrece varias ventajas, como su bajo consumo de material, poco peso, y aspecto uniforme. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009).

Haciendo una comparación entre las tecnologías utilizadas para las energías alternativas, la medida más importante a considerar es el costo por kwh entregado.

En la energía FV este costo depende principalmente de dos parámetros, la eficiencia de la celda FV y el costo por kwh. Estos dos parámetros indican la competencia económica de la tecnología FV en el mercado. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009)

La eficiencia de la celda FV, se define como:

$$\eta = \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{in}}}$$

3.4.1 Principales tipos de celdas

3.4. PANEL SOLAR SUN MODULE PLUS SW 275 MONO.

Para el montaje del sistema hibrido del laboratorio de aires serán usados los paneles solares SUN MODULE que captan la energía solar y la convierten en corriente alterna a través del microinversor.

Están compuestos de un vidrio solar con hojas de acetatos de vinilo de etileno y una hoja trasera de cristal grueso de bajo contenido de hierro, marco de aluminio anodizado negro o transparente con las llaves de la esquina de aluminio fundido. Perfil bajo con brida extendida. (Ver tabla 4.)Compatible con " top-down " y " bottom-up " de montaje métodos. Ocho lugares de puesta a tierra (cuatro esquinas del marco y cuatro lugares a lo largo de la longitud del módulo en el brida extendido).Longitudes de cable ampliada para facilitar la instalación los cuales soportan climas extremos y cargas de nieve muy pesados. Están fabricados bajo la norma la norma UL 1703 en los EEUU.(sunmodule, 2012).

3.4.1.1 Silicio monocristalino

El silicio monocristalino, es el material más utilizado en las celdas y ha sido el gran fuerte de la industria. En el método más común de producción de este material, la materia prima de silicio es fundida y depurada en un crisol (Horno).

Una semilla de cristal es colocada en el líquido y se extrae el silicio lentamente, dando como resultado un sólido lingote cilíndrico monocristalino (ver figura 5). Cuanto más finos sean los discos, menos silicio se necesitará en cada celda solar y, por lo tanto, más bajo será el costo(GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009).

Desafortunadamente durante, el corte de los discos se pierde una cantidad considerable de silicio. En la figura 5 se muestra la elaboración del lingote monocristalino.

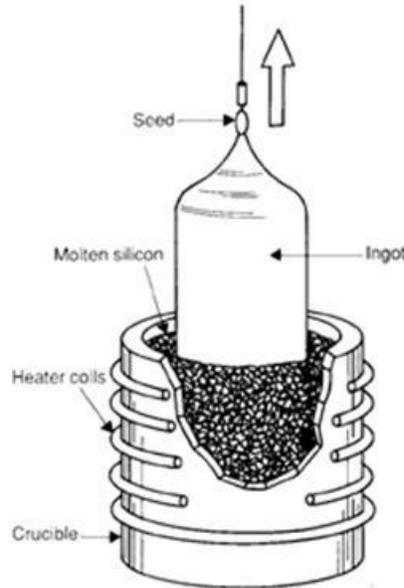


Ilustración 7. Elaboración del lingote monocristalino

3.4.1.2 Silicio policristalino y semicristalino

Este es relativamente un proceso rápido y de bajo costo, para la fabricación de las celdas de espesor cristalino. En lugar de extraer las semillas monocristalinas, los discos policristalinos son realizados en un proceso de moldeo, en el cual el silicio fundido es vertido en un molde y se deja asentar. En el proceso, se forman múltiples cristales, luego se cortan en discos. La eficiencia es menor comparada con las celdas monocristalinas, por lo tanto el costo de fabricación de las policristalinas se reduce ya que son hechas por moldeo, lo que da una disminución en el costo por kwh. En este proceso también hay pérdidas de silicio durante el cortado.

3.4.1.2.1 Lámina delgada

Los módulos de lámina delgada, se construyen depositando una pequeña cantidad de silicio o cualquier otro material de lámina delgada (cobre, indio, arseniuro de galio) directamente sobre el vidrio, acero inoxidable u otros materiales compatibles con el substrato que son de bajo costo; esta tecnología utiliza menor cantidad de material por área cuadrada de la celda, por lo tanto, es más económico el kWh, Lo que le reporta una ventaja en precios que actualmente se ve contrarrestada por unos índices de rendimiento considerablemente inferiores.

3.4.1.3 SILICIO AMORFO

En esta tecnología, el vapor de silicio amorfo es depositado en un par de láminas extradelgadas en rollos de acero inoxidable. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009)

Comparado con el silicio cristalino, esta tecnología utiliza sólo el 1% del material. Su eficiencia suele ser entre el 6 y 8%. La vida útil de las celdas de silicio amorfo es

más corta que la de las de silicio monocristalino. Actualmente se están produciendo celdas solares delgadas. Son especialmente rentables debido a que, sólo necesita una mínima cantidad de silicio para fabricarlas.

| Rendimiento de celdas y módulos | | | | | | |
|---|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Tecnología | Capa delgada | | | | Basada en disco cristalino | |
| | Silicio Amorfo | Cadmio Teluro | Cl(G)S | Si-a/Si-m | Monocristalina | Multicristalina |
| Rendimiento de celda en CPE* | 5-7% | 8-11% | 7-11% | 8% | 16-19% | 14-15% |
| Rendimiento del módulo Área necesaria por kW(para los módulos) | 13-15% | 12-14% | | | 13-15% | 12-14% |
| | 15 m ² | 11 m ² | 10 m ² | 12 m ² | Aprox 7 m ² | Aprox 8 m ² |

Tabla 2. Rendimiento de celdas y módulos.

3.4.1.4 CELDAS ESFÉRICAS

En esta tecnología la materia prima son gotas de silicio cristalino de baja calidad, las gotas de 25.8 cm² se aplican sobre la lámina delgada de aluminio perforado; en el proceso las impurezas son estiradas hacia la superficie y desde aquí son grabados los diseños. Dado que cada esfera trabaja independientemente, si una esfera falla el impacto es insignificante en el rendimiento promedio de la mayor parte de la superficie. Estas celdas solares esféricas son capaces de absorber la radiación solar con cualquier ángulo. (GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009)

La disposición de estas celdas en un medio flexible y transparente, amplía el campo de aplicaciones para la energía FV, como la posibilidad de incorporarlas en pequeños aparatos electrónicos o convertir grandes superficies acristaladas como generadores de electricidad.



Ilustración 8. Celdas solares con forma esféricas

3.4.1.5 CELDAS CONCENTRADAS

En un intento por mejorar la eficiencia de conversión, surge un nuevo modelo de celdas solares que producen mayor cantidad de energía que un panel normal.

Las nuevas celdas emplean materiales altamente configurables como concentradores, lentes y espejos. La luz solar es concentrada en cientos de veces de la intensidad normal, enfocando sobre una pequeña área, utilizando lentes de bajo costo y muy eficientes.

Los sistemas de celdas solares concentradas darán lugar a industrias generadoras que serán del interés de las empresas energéticas superando la escala de los paneles solares de techo.(GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009)

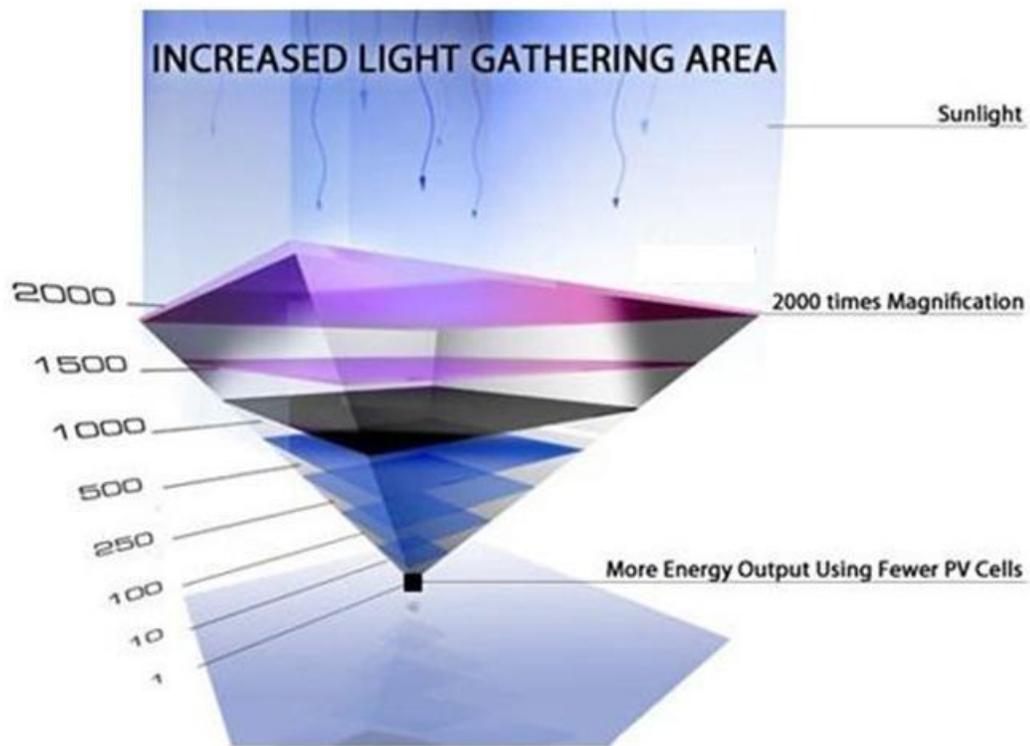


Ilustración 9. Lente concentrando la luz solar sobre una pequeña área

La principal ventaja es que estas celdas requieren una pequeña fracción de la superficie en comparación con las celdas estándar, por lo tanto, reducen significativamente el requisito de utilizar material FV. Sin embargo, el área total del módulo sigue siendo el mismo para capturar la energía necesaria. Además de aumentar la potencia y reducir el número de celdas. Otra ventaja es que resulta más fácil producir celdas de pequeña área con alta eficiencia que celdas mucho más grandes con eficiencia comparable a las primeras. Por otro lado, la mayor desventaja de las celdas concentradas es que requieren enfoque óptico y esto aumenta su costo.

Hasta ahora, la fabricación de celdas y módulos solares ha estado concentrada en tres zonas geográficas: Europa, Japón y Estados Unidos. No obstante, el país con

mayor crecimiento en instalaciones de producción es China.(GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009).

3.5 ASPECTOS MEDIOMBIENTALES

La característica más importante de los sistemas solares FV es que no producen emisiones de dióxido de carbono durante el funcionamiento. A pesar de que se producen emisiones indirectas en otras etapas del ciclo de vida, estas son significativamente más pequeñas que las emisiones que se evitan. No hay contaminación en forma de humos de escape o ruidos y el desmantelamiento de los sistemas no es problemático. Aunque no hay emisiones de CO₂ durante el funcionamiento, sí se genera una pequeña cantidad durante la fase de producción.

La energía FV sólo emite de 21 a 65 gramos de CO₂ por kwh, dependiendo de la tecnología utilizada. Los módulos FV son reciclables, y las materias primas se pueden volver a utilizar. En consecuencia, se reduciría más aún el consumo de energía asociado a la tecnología FV. Según la hipótesis Avanzada de Solar Generation, habría una reducción anual de las emisiones de CO₂ de 1600 millones de toneladas. Esta reducción equivaldría a las emisiones de 450 plantas alimentadas por carbón (de un tamaño medio de 750MW). El dióxido de carbono es responsable de más del 50% del efecto invernadero producido por el hombre, lo que le convierte en el contribuyente más importante al cambio climático. Se genera principalmente en la combustión de fósiles. El gas natural es el combustible fósil más respetuoso con el medioambiente, ya que produce más o menos la mitad de CO₂ que el carbón, y menos gases contaminantes de otros tipos. La energía nuclear produce muy poco CO₂, pero conlleva a otros importantes problemas de protección, seguridad, proliferación y polución asociados a su explotación y sus residuos. Las

consecuencias del cambio climático ya pueden percibirse en la actualidad.(GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009)

Aparte de la electrificación de edificios, aplicaciones como iluminación o de control y calefacción en viviendas; la energía solar FV se puede instalar fácilmente en zonas aisladas, en lugares donde la conexión a la red puede tardar mucho tiempo. Además se puede combinar la energía FV con otras tecnologías de energía renovable, o con un grupo electrógeno; lo cual posibilita la prestación de servicios esenciales, como iluminación, refrigeración, educación, comunicación y salud lo resultan ser económicas y respetuosas con el medio ambiente.(GÓMEZ ARBOLEDA & MORA MADRIGAL, 2009)

4. METODOLOGÍA

El primer paso es definir el alcance y la limitación del proyecto, Investigando las características técnicas y especificaciones técnicas del aire acondicionado hibrido, a instalar en el laboratorio de FRIO de la institución universitaria pascual bravo. Y el aporte de las celdas solares a este sistema y al consumo de la energía eléctrica suministrada por el proveedor de la red., detallando cada uno de los componentes.

4.1 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

4.1.1 Fuentes primarias.

Entrevistas con expertos en sistemas de refrigeración, asesoría de empresas relacionadas con los equipos que se implementaran en el proyecto. En este caso con el ingeniero Arley Salazar experto y asesor en la parte de sistemas de refrigeración. Del proveedor y fabricante LENNOX, la documentación se realizó a través de asesorías constantes y a través de funcionarios de empresa en la cual se cotizo y se compraron los elementos para la instalación.

4.1.2 Fuentes secundarias.

Para esta etapa se acude a los catálogos, donde se encuentran las especificaciones y características técnicas del aire acondicionado a instalar.

5. RESULTADOS

5.1 Escoger el equipo indicado en base a un diseño.

En base al diseño del laboratorio y a la asesoría prestada por los profesores Arley Salazar, Mónica Narváez y el fabricante para la selección del equipo será utilizado el sistema SunSource, el cual consta de los siguientes componentes:

- Campo Sub-Grupo Lennox solar instalado en un aparato de aire acondicionado o bomba de calor de la unidad de Dave Lennox Signature® Collection.
- Kits formados por módulos solares prediseñados
- Los módulos solares (1 a 16 se pueden utilizar para variar la cantidad de electricidad generada).
- Enphase Microinversor que convierte la corriente continua en corriente alterna.
- Enphase Envoy Comunicaciones Gateway para la supervisión del rendimiento de la energía solar.
- Techo de montaje de componentes.
- El cableado de los módulos solares montados en el techo son dirigidos a la unidad exterior. A partir de ahí el poder se desplaza al panel de servicio a domicilio eléctrico utilizando el cableado de alimentación de la unidad exterior existente.

Los equipos de Aire Acondicionado Solar ahorran energía principalmente por el uso de energía solar térmica, además usan un intercambiador de calor altamente eficiente que almacena energía solar para el funcionamiento del Aire Acondicionado Solar. Todas las características juegan un papel importante en la reducción de la

energía perdida por el compresor. Los equipos de Aire Acondicionado Solar ahorran entre un 30% y un 40% y en algunos casos hasta un 50% de electricidad.

Los equipos de Aire Acondicionado Solar absorben la energía solar para calentar el tubo interior de los tubos al vacío utilizando un colector solar. El refrigerante del compresor pasa a través del serpentín de cobre que va en el interior del colector realizando el intercambio de calor. El refrigerante calentado por el tubo intermedio del colector solar ira a través de un ciclo interno del sistema de enfriamiento y calefacción. Utilizamos un pequeño compresor, en lugar de un compresor estándar, para hacer funcionar el sistema y ahorrar electricidad considerablemente. El compresor pequeño consume mucho menos electricidad y trabaja en conjunto con el colector solar para ahorrar electricidad.

Los beneficios del uso de los Aires Acondicionados Solares se pueden clasificar en dos:

Económicos: Con la instalación de un sistema adecuado a sus necesidades, podemos satisfacer la mayor parte de los requerimientos de ambientación de nuestra Universidad, sin tener que pagar electricidad ya que aprovechar la energía del sol que no nos cuesta. Aunque el costo inicial de un Aire Acondicionado Solar es mayor que el de un aire acondicionado convencional, con los ahorros que se obtienen por consumir menos electricidad se recupera la inversión en un plazo muy razonable. Con un equipo adecuado a sus necesidades reales puede ahorrar entre un 30-40% y en algunos casos hasta un 50% en electricidad.

Ambientales: El uso de los Aires Acondicionados Solares permite mejorar en forma importante nuestro entorno ambiental. Toda vez que los problemas de la contaminación en las zonas urbanas no sólo son provocados por la cantidad de electricidad utilizada en el transporte e industria, sino también por el uso excesivo de electricidad en millones de hogares. Todo esto contribuye al deterioro de la

calidad del aire y la emisión de gases de efecto invernadero, con graves repercusiones locales, regionales y globales.

GARANTÍA

XC25 / XP25 XC21 / XP21 y XC17 / XP17 Solar- Ready bombas de calor y acondicionadores de aire:

Compresor - garantía limitada de diez años en instalaciones residenciales y cinco años en las instalaciones no residenciales. Todos los demás componentes de la unidad al aire libre cubiertos, diez años en instalaciones residenciales y un año en instalaciones no residenciales.

Módulos solares; Garantía limitada de 10 años. 25 años de garantía de rendimiento limitado que cubre una salida de 97 % por un año y una caída de la producción de módulos solares anual de menos de 0,7 % durante 24 años. Enphase Microinversor, garantía limitada de 15 años. Techo de montaje de componentes del sistema, 25 Años limita warranty. SunSource

Todo aire acondicionado y bombas de calor son actualizables al Sistema de Energía para Hogares, las unidades pueden ser actualizadas en el momento de la instalación o en el futuro. La energía solar se utiliza primero para satisfacer las demandas de refrigeración / calefacción.

5.1.1 PANEL SOLAR SUN MODULE PLUS SW 275 MONO.

Los paneles solares SUN MODULE captan la energía solar y la convierten en corriente alterna a través del microinversor. Las características se muestran a continuación en la tabla 3.

| ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO SOLAR | | | | | |
|-----------------------------------|------------------|--|---|--|---|
| | | Módulo Solar Negro (270 Wp) | | Módulo Solar Plata (275 Wp) | |
| ACTUACIÓN | UDS | Rendimiento Bajo 1 prueba estándar Condiciones | Rendimiento A 800 W / m ² , La temperatura normal de funcionamiento de la célula (NOCT) , AM 1,5 | Rendimiento Bajo 1 prueba estándar Condiciones | 2 Rendimiento A 800 W / m ² , La temperatura normal de funcionamiento de la célula ((NOCT) , AM 1,5 |
| Potencia máxima | P _{máx} | 270 Wp | 199.4 Wp | 275 Wp | 205 Wp |
| Voltaje de apertura del circuito | V _{oc} | 39.2V | 35.5V | 39.4V | 36.1V |
| Tensión Máxima | V _{mpp} | 30.9V | 28.0V | 31.0V | 28.4V |
| Corriente de corto circuito | I _{sc} | 30.9V | 7.63A | 9.58A | 7.75A |
| Potencia máxima | I _{mpp} | 8.81A | 7.12A | 8.94A | 7.22A |

Tabla 3. Especificaciones del Módulo Solar.

Están compuestos de un vidrio solar con hojas de acetatos de vinilo de etileno y una hoja trasera de cristal grueso de bajo contenido de hierro, marco de aluminio anodizado negro o transparente con las llaves de la esquina de aluminio fundido. Perfil bajo con brida extendida. (Ver tabla 4.)Compatible con " top-down " y " bottom-up " de montaje métodos. Ocho lugares de puesta a tierra (cuatro esquinas del marco y cuatro lugares a lo largo de la longitud del módulo en el brida extendido).Longitudes de cable ampliada para facilitar la instalación los cuales soportan climas extremos y cargas de nieve muy pesados. Están fabricados bajo la norma la norma UL 1703 en los EEUU.(sunmodule, 2012).ver tabla 5



Ilustración 10. Panel solar

| COMPONENTES DE LOS MATERIALES | | |
|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 270 Wp | 275 Wp |
| Células por módulo | 60 | 60 |
| Tipo de la célula | Mono cristalina | Mono cristalina |
| Dimensiones de la celda | 6.14 in. x 6.14 in. | 6.14 in. x 6.14 in. |
| Frente | Vidrio templado (EN 12150) | Vidrio templado (EN 12150) |
| Frame | Aluminio anodizado negro | Aluminio anodizado negro |
| Peso | 47 lbs. | 47 lbs. |

Tabla 4. Componentes De Los Materiales.

| DATOS ADICIONALES | | |
|--------------------------|--|---------------|
| | 270 Wp | 275 Wp |
| Clasificación de energía | -0 Wp / +5 Wp | -0 Wp / +5 Wp |
| J-Box | IP65 | IP65 |
| Conector | MC4 / KSK4 | MC4 |
| Leads Módulo | Alambre de PV por UL4703 con conectores H4 | |
| La eficiencia del módulo | 16,10% | 16,40% |
| Grado del fuego UL (790) | Class C | Class C |

Tabla 5. Datos adicionales.

5.1.2 Situación de montaje adecuado

Para una correcta instalación se debe asegurar que el módulo y otros componentes del sistema no deben ejercer ninguna influencia mecánica o eléctrica adversas en el módulo. Los módulos pueden doblarse bajo cargas elevadas, como son: filo agudo-elementos de fijación u otros objetos cortantes (por ejemplo, las ataduras de cables de secciones de montaje no debe ser montado cerca de la parte posterior del módulo. Para los módulos conectados en serie, sólo montar equipos del mismo amperaje y los mismos rangos de tensión, y no deben de superar los valores estándar del sistema. La abertura del elemento de esquina del marco está destinado para el drenaje de agua y no debe de ser bloqueado. Para la documentación del sistema, tenga en cuenta los números de serie. (sunmodule, 2012).

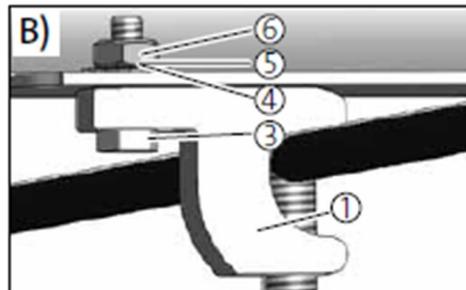
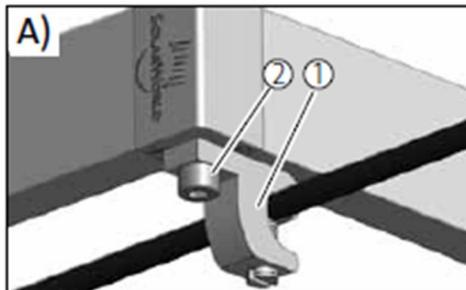


Ilustración 11. Instalación panel solar1

5.1.1.3 Instalación óptima

Con el fin de evitar pérdidas de rendimiento, todos los módulos conectados en serie deben estar dispuestos con la misma orientación y el ángulo de inclinación, Los módulos se deben instalar en un área libre de sombras. Con el fin de evitar pérdidas ocasionadas por la ventilación y este afecte el rendimiento del equipo.

5.1.1.4 Montaje

Los módulos deben fijarse de forma segura a un mínimo de 4 puntos en la estructura. La Fijación sólo está permitida en áreas designadas o en los orificios de montaje provistos. Las áreas designadas como tales para fijación están situadas en los lados largos del módulos entre 1/8 de la longitud del módulo y un cuarto de la longitud del módulo, la medida se toma a partir de la esquina del módulo. La fijación del módulo sobre sus lados estrechos no es suficiente, en lo que respecta a "Top-Down" métodos de montaje, la zona de sujeción en el marco del módulo debe ser al menos 130 mm² (0,20 in²) para cada punto de fijación. La presión de sujeción requerida es 100 N / mm² (14,5 lbf / in ²). Para "Bottom - Up" métodos de montaje, utilice un acero inoxidable tuerca dentada y M8 (5/16 ") perno para asegurar el módulo a la estructura de montaje con los orificios de montaje provistos. Los pernos deben apretarse a 20 Nm (15 lb-pie). No perforar los agujeros en el módulo. Utilice material de fijación a prueba de corrosión. (sunmodule, 2012)

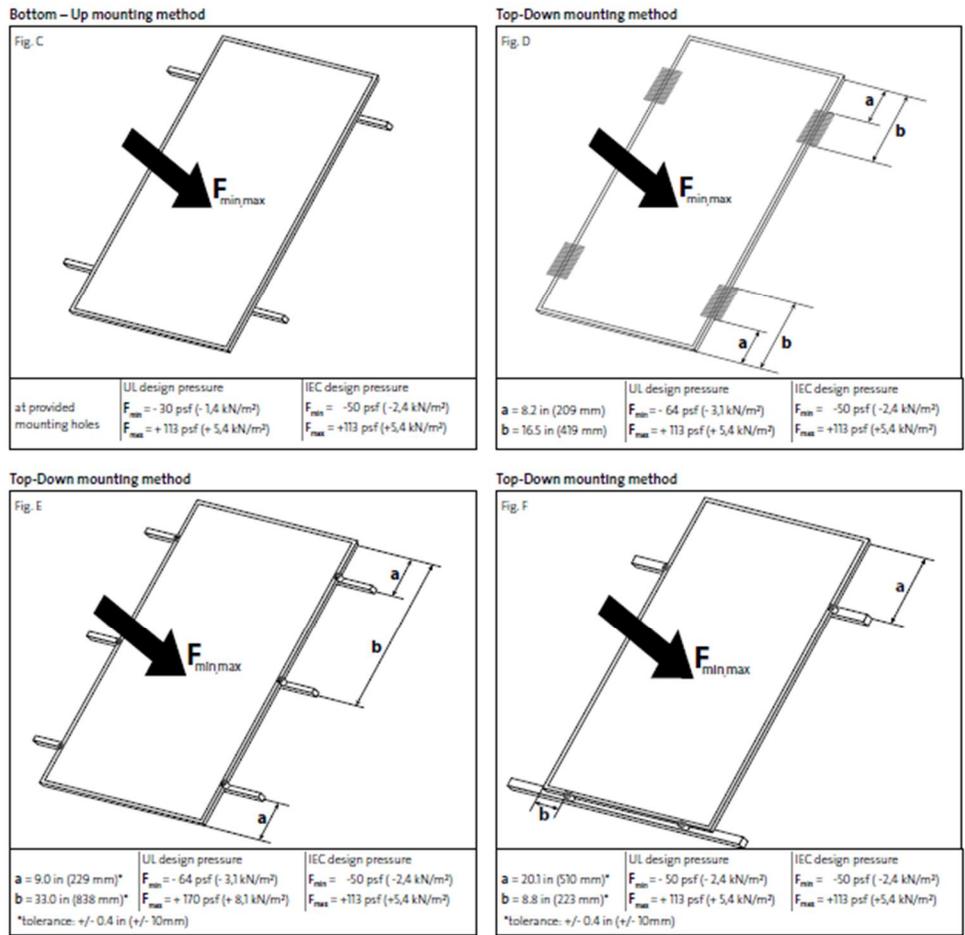


Ilustración 12. Instalación panel solar 2

5.1.1.5 Conexión eléctrica

Los módulos están provistos de conectores y cables montados en fábrica. No abrir la caja de conexiones en ningún caso, los Conectores sólo pueden conectarse en condiciones secas, asegúrese de evitar lagunas en una conexión. Sólo utilice cables solares con un sección transversal adecuada (4 mm² mínimo) y conectores apropiados se pueden usar para la conexión de los módulos. Los cables deben estar unidos al sistema de instalación los medios de lazos UV-resistente cable. Los cables expuestos deben protegerse de la luz solar y evitar los daños causados por los, conductos. Con el fin de limitar las tensiones liberadas por choque rayo indirecta, el

área de todos los bucles de conductores debe reducirse a un mínimo. Compruebe que el cableado se encuentre en la polaridad correcta, antes de iniciar el generador.(sunmodule, 2012)

5.1.1.6 Limpieza

En general, los módulos no necesitan ninguna limpieza si el ángulo de inclinación es suficiente (> 15 °; auto- limpieza por la lluvia).En caso de mucha suciedad, se recomienda limpiar los módulos con mucha agua (manguera de baja presión) y sin el uso de agentes de limpieza. Utilice un dispositivo de limpieza suave (esponja), nunca raspar o frotar la suciedad ya que se puede resultar en micro-arañazos.

5.1.1.7 Mantenimiento

Recomendamos inspecciones periódicas del sistema para garantizar que:

1. Todos los accesorios estén bien apretados y libre de corrosión;
2. El cableado está conectado correctamente, adecuadamente organizado y libre de corrosión;
3. Los cables están libres de daños;
4. Tenga en cuenta también las normas aplicables.

5.1.2 ENPHASE MICROINVERTER MODEL M215.

El Sistema Microinversor Enphase es el sistema inversor tecnológicamente más avanzado del mundo para su uso en aplicaciones de servicios públicos interactivos. Este manual detalla la instalación y operación segura del Enphase Microinversor. Ver tabla 6

| CARACTERISTICAS MICROINVERTER | |
|--------------------------------------|---|
| Compatibilidad | Pares con la mayoría de las células solares fotovoltaicas 60 Módulos |
| Comunicación | Línea de potencia |
| Garantía | 25 años de garantía limitada |
| Monitoreo | Libre de Monitoreo de por vida a través de Software Enlighten |
| Cumplimiento | UL1741/IEEE1547, FCC Part 15 Class B CAN/CSA-C22.2 NO. 0-M91, 0.4-04, and 107.1-01 |

Tabla 6. Características microinverter.

Los tres elementos clave de un sistema Microinversor Enphase incluyen:

- “ Enphase M215 Microinversor
- “ Enphase Envoy ĩ Comunicaciones Gateway Seguimiento y análisis de software basado en la web
- “ Enphase Enlighten ĩ Este sistema integrado maximiza la obtención de energía, aumenta la fiabilidad del sistema y simplifica el diseño, instalación y gestión. (enphase energy, 2012)

5.1.2.1 Cómo funciona el microinversor

El Enphase Microinversor maximiza la producción de energía a partir de su instalación fotovoltaica (PV) matriz. Cada Enphase Microinversor está conectado individualmente a un módulo fotovoltaico en su matriz. Esta configuración única

significa que un máximo de potencia máxima Point Rastreador persona (MPPT) controla cada módulo fotovoltaico. Esto asegura que la potencia máxima disponible de cada módulo PV se exporta a la red de suministro eléctrico independientemente de la actuación de los otros módulos fotovoltaicos en la matriz. Es decir, aunque los módulos fotovoltaicos individuales de la matriz pueden ser afectados por el sombreado, la suciedad, la orientación o módulo fotovoltaico desajuste, el Enphase Microinversor asegura el máximo rendimiento de su módulo fotovoltaico asociado. El resultado es la máxima producción de energía a partir de su instalación fotovoltaica. (enphase energy, 2012)

5.1.2.2 Supervisión del sistema

La supervisión del sistema se realiza en el Interior de la instalación, se puede instalar enchufándolo a cualquier toma de corriente de 120 V CA conveniente y proporcionar una conexión Ethernet al router de banda ancha o módem. Después de la instalación, los Microinverter Enphase comienzan automáticamente a enviar informes al servidor web Enphase Ilustración. El software Enlighten presenta las tendencias actuales e históricos de rendimiento del sistema, y se le informa del estado del sistema fotovoltaico. (enphase energy, 2012)

5.1.2.3 Fiabilidad óptima

Sistemas microinversor son inherentemente más fiable que los inversores tradicionales. La naturaleza distribuida de un sistema microinversor asegura que no hay ningún punto único de fallo del sistema en la instalación fotovoltaica. Enphase Microinverters están diseñados para operar a plena potencia a temperaturas ambiente de hasta 65 ° C (150 ° F). El microinversor está diseñado para la instalación al aire libre y cumple con la norma NEMA calificación 6 recinto del medio ambiente: (enphase energy, 2012)

5.1.2.4 Facilidad de Diseño

Los sistemas fotovoltaicos que utilizan Microinverters Enphase son muy sencillos de diseñar e instalar. Usted no necesitará cálculos de cuerda, y se puede instalar módulos fotovoltaicos individuales en cualquier combinación de cantidad de módulos fotovoltaicos, tipo, edad y orientación. Usted no tendrá que instalar inversores tradicionales engorrosos. Cada microinversor monta rápidamente en el trasiego PV, directamente debajo de cada módulo fotovoltaico. Cables de corriente continua de baja tensión se conectan desde el módulo FV directamente al microinversor comparten el edificio, eliminando el riesgo de exposición del personal al poder 600Vdc letal. (enphase energy, 2012)

Electrical Compatibility

| Model Number | Works with PV Module Type | PV Module Connector Type |
|---------------------------------------|--|---|
| M215-60-2LL-S22 M215-60-2LL-S22-NA | 60-cell PV module | MC-4 Type 2 Locking or Amphenol H4 Locking |
| M215-60-2LL-S23 M215-60-2LL-S23-NA | | Tyco Solarlock Locking |
| M215-60-2LL-S24 M215-60-2LL-S24-NA | Warning: The M215-60-2LL should be paired only with a 60-cell PV module. | SMK |

Voltage and Capacity

| Maximum number of M215s per 20 amp AC Branch Circuit | |
|--|---------------------------------|
| Service type | Max M215s per AC branch circuit |
| Split phase 240V | 17 |
| Three phase 208V | 25 |

Ilustración 13. Características inversor

5.1.2.6 Puesta en marcha

Para poner en marcha el sistema de Enphase Microinversor PV:

1. Encienda la desconexión o disyuntor de CA para cada circuito microinversor rama AC.

2. Encienda el interruptor principal utilidad de red de CA. Su sistema se iniciará la producción de energía después de un tiempo de espera de cinco minutos.
3. Los Microinverters Enphase comenzará comunicación a través de las líneas de energía al enviado. El tiempo requerido para todos microinversores para informar al Enviado variará con el número de microinversores en el sistema. Las primeras unidades se deben detectar en 15 minutos, pero todo el sistema podría tomar horas detectar.
4. El M215 tiene campo de tensión ajustable y puntos de disparo de frecuencia. Si los ajustes son requeridos por su servicio público local, el instalador puede utilizar el Enviado de gestionar el perfil de cuadrícula después de que se han detectado todos los microinversores.

Para obtener más información sobre el funcionamiento Envoy, consulte la Instalación Envoy y Manual de Operación.

Instrucciones de operación.

El Enphase Microinversor se enciende cuando se aplica suficiente tensión de CC del módulo fotovoltaico. El LED de estado de cada microinversor parpadeará verde seis veces para indicar el funcionamiento normal de puesta en marcha de aproximadamente un minuto después de aplicar alimentación de CC. Es posible que necesite usar un espejo de mano para ver las luces indicadoras en el envés de las microinversores. (enphase energy, 2012)

El colector solar para aires acondicionados eléctricos, se conecta a los aires acondicionados y reduce su consumo entre 30-40% ; gracias a que reduce el trabajo del compresor al absorber la radiación solar, lo cual conlleva a obtener beneficios, tales como:

- ~ Rápido retorno de la inversión (Entre 12 y 18 Meses)
- ~ Ahorro del 30-40% en el consumo eléctrico
- ~ Fácil instalación, incluye diagrama visual.

El aire acondicionado solar híbrido puede ayudar a ahorrar hasta el 70% del consumo de energía, son equipos que aprovechan la luz del sol para generar aire fresco. Sin dudas que utilizar aires acondicionados solares son inversiones muy inteligentes, ya que el aire fresco es necesario en lugares con mucho sol, y este aire acondicionado está potenciado por energía solar.

Los sistemas de aire acondicionado solar de forma Híbrida, funcionan con electricidad de la red y con energía solar. Los aires acondicionados solares híbridos son sistemas que utilizan el sol como fuente de calor adicional para ayudar con energía solar térmica el proceso de enfriamiento de un sistema de aire acondicionado típico que así reduce el consumo de energía eléctrica para el funcionamiento del compresor.

Los sistemas de aire acondicionado solar tienen un colector solar térmico que absorbe y aprovecha la radiación solar directa y difusa, esto permite que se genere una transferencia de calor. El colector solar ayuda el compresor a calentar el gas y permite una reducción en el consumo de energía eléctrica del orden de 60% hasta 70%

6. RECOMENDACIONES

- Instalar un panel solar adicional con el fin de aumentar la autonomía del sistema por medio de la energía solar; y depender menos de la red eléctrica.
- Instalar un banco de baterías almacenando la energía sobrante producida por las celdas solares en el día sea aprovechada en el horario nocturno. Con el fin de depender menos de la red eléctrica.
- Calcular que carga entregan los paneles solares y cuanto es entregado al sistema de aire acondicionado. Si se presenta un exceso de lo suministrado versus lo consumido aprovechar el exceso, en otras cargas de la instalación.

Bibliografía

- GÓMEZ ARBOLEDA, C. A., & MORA MADRIGAL, H. P. (29 de 10 de 2009). *UPB*. Recuperado el 02 de 10 de 2015, de http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/410/1/Trabajo%20de%20grado%20Sistemas%20H%C3%ADbridos%20ES_ED%20%20.pdf
- ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA. (04 de 08 de 2008). Recuperado el 2015 de 09 de 02, de ASOCIACIÓN DE LA INDUSTRIA FOTOVOLTAICA: www.asif.org/files/Historia%20FV_web_resumida_2008.pdf
- Díaz Torres, y., Monteagudo Yanes , J. P., & Bravo Hidalgo, D. (01 de 04 de 2015). *cujae*. Recuperado el 03 de 09 de 2015, de *cujae*: <http://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/viewFile/420/451>
- enphase energy. (2012). *Enphase Microinverter*. Recuperado el 25 de 09 de 2015, de *enphase energy*: www.enphase.com
- Rodríguez Murcia, H. (15 de 01 de 2009). *SCIELO*. Recuperado el 01 de 09 de 2015, de *SCIELO*: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12>
- SANCHEZ, D. A., & ZAPATA CASTAÑO, H. S. (2011). *LIBRO INTERACTIVO SOBRE ENERGIA SOLAR Y SUS APLICACIONES*. PEREIRA: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
- sunmodule. (07 de 2012). *SolarWorld*. Recuperado el 24 de 09 de 2015, de www.enphase.com