



*“El saber de mis hijos
hará mi grandeza”*

UNIVERSIDAD DE SONORA

**DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN EN FÍSICA
Ingeniería en Tecnología Electrónica**

**DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONEXIÓN DE UN
SISTEMA FOTOVOLTAICO A LA RED DE ENERGÍA
ELÉCTRICA DE ESTACIONES AEROPORTUARIAS**

TESIS QUE PRESENTA:

LUIS DONALDO RODRIGUEZ CHAVARIN

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR DE TESIS

DR. ALEJANDRO GARCÍA JUÁREZ



Hermosillo, Sonora

Junio 2018

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios, por darme el empuje y la determinación que da para culminar con este proyecto de vida y que día con día me ayuda a ser mejor persona.

Quiero agradecer a los profesores que hicieron posible esto ya que sin ellos y sin su ayuda no podría terminar con los requisitos de mi carrera, además de darme su sabiduría para poder desenvolverme profesionalmente.

A mis padres y hermanos, María de los Ángeles, Gregorio, Goyito y Mariel, por todo su amor, empuje y soporte durante todos mis ciclos escolares, además de sus deseos de verme triunfar.

A mis amistades que, con su apoyo y trabajo en equipo, logramos lo que a veces creíamos inalcanzable al iniciar nuestros estudios profesionales.

En general, gracias a todos aquellos que estuvieron presentes en este paso tan importante en mi vida, de todo corazón se los agradezco eternamente.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	2
CAPÍTULO I.....	5
1.1. Introducción General	5
1.2. Objetivo	7
1.3. Metodología.....	7
1.4. Organización de la tesis	9
1.5. Referencias	10
CAPÍTULO II.....	11
2.1. Conceptos Básicos.....	11
2.1.1. Materiales Semiconductores.....	11
2.1.2. Reflectancia, Absorbancia y Transmitancia.....	11
2.1.2.1. Reflectancia.....	11
2.1.2.2. Absorbancia.....	12
2.1.2.3. Transmitancia.....	12
2.1.3. Efecto Fotovoltaico	12
2.1.4. Celda Fotovoltaica	13
2.1.5. Sistema Fotovoltaico.....	14
2.1.6. Potencia.....	14
2.1.7. Energía	14
2.1.8. Generalidades de las Fuentes de Voltaje.....	15
2.1.9. Inversores Eléctricos.....	16
2.1.10. Microinversores	17
2.1.11. Arreglos de las Celdas Fotovoltaicas.....	17
2.1.12. Medidor Bidireccional	17
2.1.13. Cuchillas Eléctricas.....	17
2.2. Descripción de Equipos.....	18
2.2.1. Inversor Fronius Galvo 1.5.....	18

2.2.2. Inversor Fronius Primo.....	19
2.2.3. Microinversores Enphase M250.....	21
2.2.4 Envy Communications Gateway (Enphase).....	22
2.2.5 Paneles Solares	24
2.2.5.1 Panel Solar Monocristalino	24
2.2.5.2 Panel Solar Policristalino	25
2.3 Referencias	26
Capítulo III	27
3.1 Resultados	27
3.2 Instalaciones en los Aeropuertos.	28
3.2.1 Aeropuerto Internacional General Roberto Fierro Villalobos, Ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México.	28
3.2.2 Aeropuerto Internacional General Rafael Buelna, Ciudad de Mazatlán, Sinaloa, México.	32
3.3 Medidor Bidireccional en un sistema Fotovoltaico.	34
3.4 Conclusiones	36
3.5 Referencias.....	37
ÍNDICE DE FIGURAS	38

CAPÍTULO I

1.1. Introducción General

En la antigüedad la energía solar, ha sido aprovechada por el ser humano, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando. El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez en 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel. Sus estudios sobre el espectro solar, magnetismo, electricidad y óptica son el pilar científico de la energía fotovoltaica [1].

El término fotovoltaico, que proviene del campo de la electricidad, en honor al físico italiano Alejandro Volta. El término fotovoltaico se comenzó a usar en Inglaterra desde el año 1849, lo que al tipo de electricidad (energía eléctrica) que se obtiene directamente de los rayos del sol gracias a la detección de fotones cuántica de un dispositivo. La energía fotovoltaica permite producir electricidad para redes de distribución, abastecer viviendas aisladas y alimentar todo tipo de aparatos eléctricos [2].

Por otra parte, en 1883 el inventor norteamericano Charles Fritts construye la primera celda solar con una eficiencia del 1%. La primera celda solar fue construida utilizando como semiconductor el selenio con una muy delgada capa de oro. Debido al alto costo de esta celda se utilizó para usos diferentes a la generación de electricidad. La celda de silicio que hoy día utilizan proviene de la patente del inventor norteamericano Russell Ohl. Fue construida en 1940 y patentada en 1946 [1].

La época moderna de la celda de Silicio llega en 1954 en los laboratorios Bells. Accidentalmente experimentando con semiconductores se encontró que el Silicio con algunas impurezas era muy sensible a la luz. Los avances logrados con la celda de silicio en 1954 contribuyeron a la producción comercial, lográndose una eficiencia del 6%. Las celdas fotovoltaicas modernas comenzaron a producirse en masa a partir del año 2000, cuando medioambientalistas alemanes y la organización Euro solar obtuvo financiación para la creación de diez millones de tejados solares [1].

A lo largo del siglo XXI, nace con una premisa para el desarrollo sostenible medioambiental en donde se ha visto una gran trayectoria sobre el tema de la energía solar obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del

Sol, la cual ha impulsado a satisfacer las necesidades de la humanidad, lo que ha llevado a evolucionar de cierta manera la supervivencia de ella misma, por lo que hoy en día es un tema muy importante; haciéndose compromiso de todos la protección del medio ambiente para los gobiernos, las personas e industrias [1].

Por otra parte, gracias a la Reforma Energética en México se ha dado paso rumbo a la modernización del sector energético de nuestro país, sin privatizar las empresas públicas dedicadas a la producción y al aprovechamiento de los hidrocarburos y de la electricidad [3]. La energía solar fotovoltaica se ha desarrollado en México a un ritmo cada vez mayor en los últimos años, contando actualmente con más de 200 MW instalados aproximadamente [4].

Se espera que México experimente un mayor crecimiento en los próximos años, con el fin de alcanzar el objetivo de cubrir el 35% de su demanda energética a partir de energías renovables en 2024, según una ley aprobada por el gobierno mexicano en 2012. A comienzos de 2014, México tenía previstos proyectos fotovoltaicos por una potencia de 300 MW, de los cuales aproximadamente 100 MW comenzaron a desarrollarse durante el último trimestre de 2013 hasta la actualidad. En 2016, se inició la construcción de un parque solar en Coahuila que cuando sea terminado será el más grande de Latinoamérica [5].

La Energía Eléctrica en México se considera estratégica para la soberanía nacional. Existen limitaciones para la participación privada y se permite a las empresas extranjeras operar en el país sólo a través de contratos de servicio específicos. Según establece la Constitución, el sector eléctrico es de propiedad federal y es la Comisión Federal de Electricidad (CFE) quien controla esencialmente todo el sector. Los intentos de reformar el sector se han enfrentado tradicionalmente a una gran resistencia política y social en México, donde los subsidios para consumidores residenciales absorben considerables recursos fiscales [5].

Cabe mencionar que en este trabajo se realizó con la finalidad de hacer un estudio de campo en las estaciones de ASA (Aeropuertos y Servicios Auxiliares) de las ciudades Chihuahua, Chihuahua y Mazatlán, Sinaloa; obteniendo un producto donde se comparen las distintas energías producidas en cada una de las instalaciones fotovoltaicas. También el de explicar el funcionamiento de la detección y producción de energía solar, cuándo es consumida la energía por parte de Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Para esto se tuvieron que visitar las estaciones de ASA; donde se trabajó en conjunto con la Universidad de Sonora, ASA (Aeropuertos y Servicios Auxiliares) y CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología).

1.2. Objetivo

Objetivo General:

Descripción del proceso de generación de energía eléctrica de los sistemas fotovoltaicos, de las instalaciones de ASA (Aeropuertos y Servicios Auxiliares) en las ciudades de Chihuahua, Chihuahua y Mazatlán, Sinaloa.

Objetivos Específicos:

1. Describir el proceso donde un sistema fotovoltaico genera energía eléctrica a las estaciones de combustible de Chihuahua y Mazatlán de la red ASA.
2. Ver la producción de energía solar generada en los sistemas fotovoltaicos en las estaciones de ASA Chihuahua y ASA Mazatlán, así como detallar el sistema de un medidor bidireccional.

1.3. Metodología

Para la instalación de los equipos se utilizó el siguiente diagrama de flujo de la Figura 1.1, el cual se implementó en las estaciones ASA Chihuahua y ASA Mazatlán.

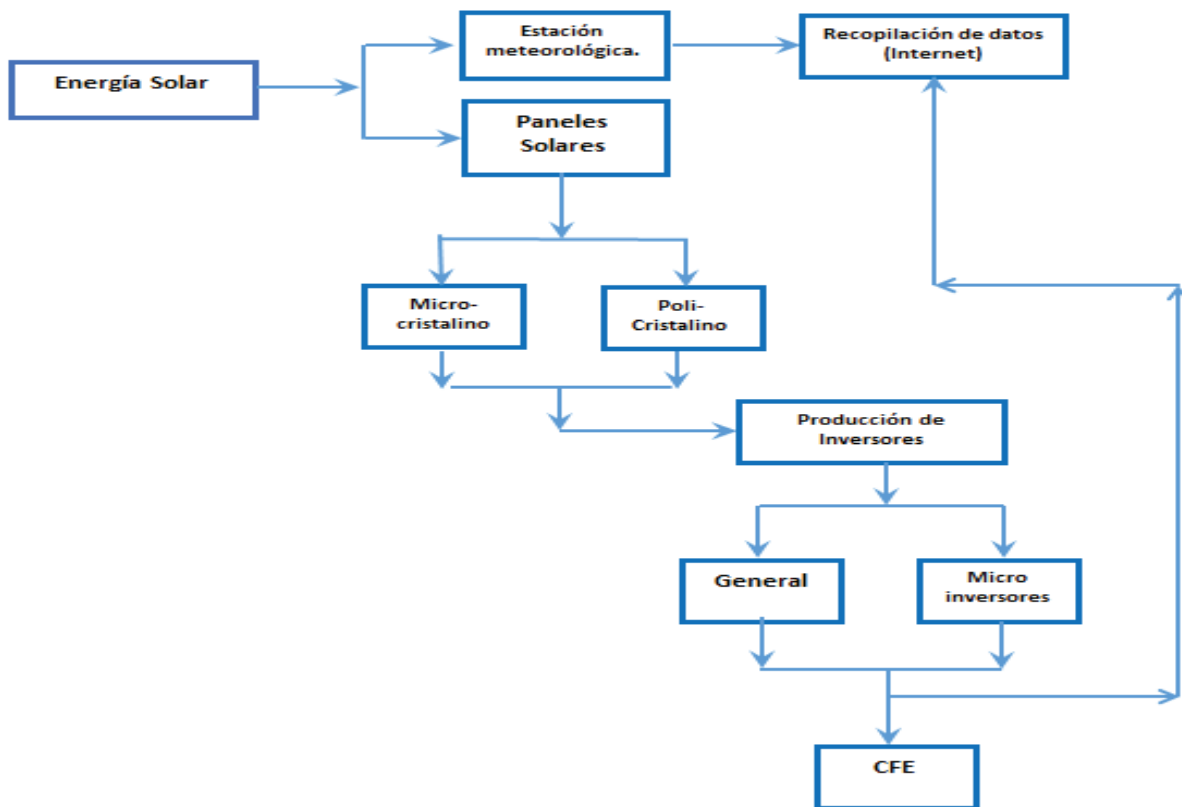


Figura 1.1 Diagrama de flujo de los sistemas instalados en ASA Chihuahua y ASA Mazatlán.

Se obtiene la energía solar y esta se va a dos partes distintas, estas estarán trabajando en paralelo. La estación meteorológica será la encargada de monitorear y capturar las condiciones climatológicas que estarán enlazadas vía internet, ahí podremos obtener datos tangibles de la energía solar, humedad, rayos UV, cielos despejados, entre otros.

La segunda parte recae en los paneles solares teniendo dos tipos de celdas, estas son el silicio poli-cristalino de un 15.5% de eficiencia y la otra celda es silicio mono-cristalino con una eficiencia del 17%, ambos paneles tienen distintas producciones de potencia, el mono-cristalino puede alcanzar hasta 295 watts y el poli-cristalino puede alcanzar 250 watts [6].

Continuando con el segundo bloque, después de los paneles solares se procede con la producción de la energía eléctrica, dicha producción se maneja mediante los inversores generales (Inversores Fronius Primo y Galvo) y micro-inversores (Microinversores Enphase), estos últimos se monitorearán por la web, una vez pasando por los inversores la electricidad pasará al medidor bidireccional de la CFE (Comisión Federal de Electricidad) produciendo un excedente que eso se reflejara en el recibo de luz (reducción de costo de luz) [6].

1.4. Organización de la tesis

La propuesta de tesis está dividida en tres secciones que describen lo siguiente:

Capítulo 1. Se da una breve introducción de los inicios y de cómo va evolucionando la eficiencia de las celdas fotovoltaicas. Describiendo la historia de cómo se crearon, además de una breve descripción de lo que se espera en este trabajo.

Capítulo 2. Manejo de conceptos básicos tal como potencia, energía, funcionamiento y configuración de las fuentes de voltaje (serie o paralelo), inversores, etc. Descripción de los equipos utilizados en las estaciones de combustible de Chihuahua y Mazatlán de la red ASA.

Capítulo 3. Resultados y conclusión de los datos obtenidos de las instalaciones en las estaciones de ASA, tomando en cuenta mejoras continuas y trabajo a futuro.

1.5. Referencias

[1] <http://www.energiza.org/solar-fotovoltaica/22-solar-fotovoltaica/624-historia-de-la-energia-solar-fotovoltaica>

[2] <http://definicion.de/energia-fotovoltaica/>

[3]

http://reformas.gob.mx/wpcontent/uploads/2014/04/Resumen_de_la_explicacion_de_la_Reforma_Energetica11.pdf

[4] Instituto Tecnológico de Durango, Ingeniería en Eléctrica y Electrónica, Erick Alonso Murguía Meléndez.

[5] Secretaria de Energía SENER.

[6] Memoria técnica, Impulsor Eléctrico, Proyecto Sistema Fotovoltaico ASA, diciembre 2016

CAPÍTULO II

Conceptos Básicos y Descripción de Equipos.

2.1. Conceptos Básicos

2.1.1. Materiales Semiconductores

La construcción de cualquier dispositivo electrónico de estado sólido o circuito integrado, se inicia con un material semiconductor de la más alta calidad. Los semiconductores son una clase especial de elementos cuya conductividad se encuentra entre la de un buen conductor y la de un aislante. Los tres semiconductores más frecuentemente utilizados en la construcción de dispositivos electrónicos son Ge, Si y GaAs. [1].

2.1.2. Reflectancia, Absorbancia y Transmitancia.

2.1.2.1. Reflectancia.

Cuando la luz incide sobre un cuerpo, éste la devuelve al medio en mayor o menor proporción según sus propias características. Este fenómeno se llama reflexión y gracias a él podemos ver las cosas [2].

Esto se debe a que existen distintos tipos de reflexión:

Cuando la luz obedece a la ley de la reflexión, se conoce como reflexión especular. Este es el caso de los espejos y de la mayoría de las superficies duras y pulidas. Al tratarse de una superficie lisa, los rayos reflejados son paralelos, es decir tienen la misma dirección [2].

La reflexión difusa es típica de sustancias granulosas como polvos. En el caso de la reflexión difusa los rayos son reflejados en distintas direcciones debido a la rugosidad de la superficie [2].

Muchas reflexiones son una combinación de los dos tipos anteriores. Una manifestación de esto es una reflexión extendida que tiene un componente direccional dominante que es difundido parcialmente por irregularidades de la superficie [2].

La reflexión mixta es una combinación de reflexión especular, extendida y difusa. Este tipo de reflexión mixta es que se da en la mayoría de los materiales reales [2].

2.1.2.2. Absorbancia.

El concepto de absorbancia se emplea en el terreno de la física. Se trata de la medida que refleja cómo se atenúa la radiación cuando atraviesa un elemento. La absorbancia puede expresarse mediante un logaritmo que surge a partir del vínculo entre la intensidad que sale y la intensidad que ingresa a la sustancia [3].

La absorbancia depende de la concentración y el grosor de la muestra. Esta relación proporcional diferencia esta medida de la transmitancia, cuya magnitud refleja la cantidad de energía que pasa por un elemento en una cierta unidad de tiempo [3].

Para las ondas electromagnéticas, dicha propiedad física podría ser el efecto eléctrico: a medida que la onda se mueve hacia adelante, se acerca a un máximo, luego decrece hasta la anulación, adquiere un valor negativo y llega a su mínimo (concepto que también podemos llamar máximo negativo). Como es de esperarse, este proceso se repite de manera indefinida, por lo cual también ocurre en sentido opuesto hasta alcanzar otro máximo positivo [3].

2.1.2.3. Transmitancia.

La transmitancia se define como la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo en determinada cantidad de tiempo [4].

La transmitancia óptica se refiere a la cantidad de luz que atraviesa un cuerpo, en una determinada longitud de onda. Cuando un haz de luz incide sobre un cuerpo traslúcido, una parte de esa luz es absorbida por el mismo, y otra fracción de ese haz de luz atravesará el cuerpo, según su transmitancia [4].

2.1.3. Efecto Fotovoltaico

La transformación de energía solar, en energía eléctrica, se debe al efecto fotovoltaico. Este efecto convierte la luz en electricidad, a través de un medio. El medio empleado consiste en un material que absorbe los fotones de la luz, y posteriormente emite electrones. Estos electrones se desplazan intercambiando posiciones, y produciendo una corriente eléctrica [5].

Todos sabemos que la materia está compuesta por átomos que, en su última capa, contienen electrones. Dichos electrones permiten la formación de enlaces entre átomos formando estructuras, y la conductividad eléctrica del material, dependerá de su movilidad [5].

El espectro visible de luz, que podemos observar en la figura 2.1, es el espectro de radiación electromagnética que va desde una longitud de onda de 400 nanómetros hasta 700 nanómetros, a sus extremos se compone de luz ultravioleta e infrarrojo. La longitud de onda de la luz es la que determina el color que percibimos. El rango de estos diferentes colores es bastante amplio y extenso, habiendo numerosos colores entre los que nos es posible distinguir [6].

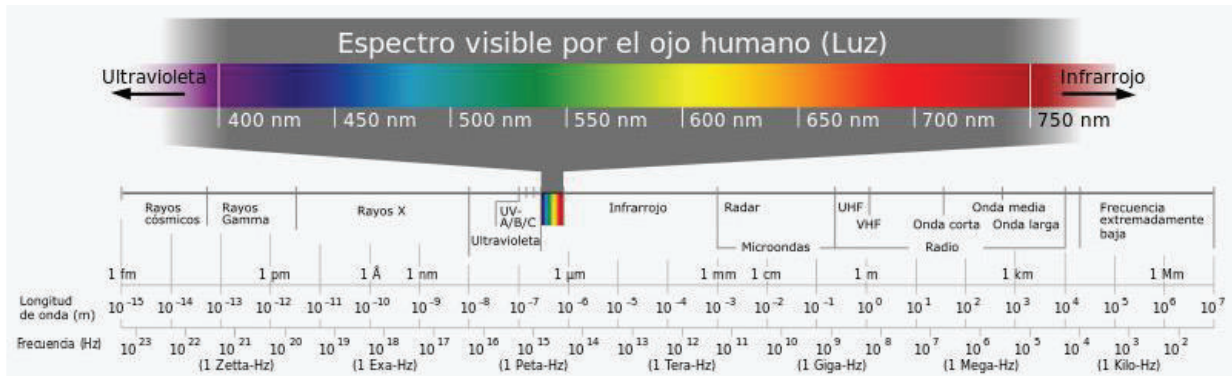


Figura 2.1 Espectro electromagnético [6].

Los colores que vemos en los objetos se producen debido a que el objeto no adsorbe esa longitud de onda, ya sea verde, azul o roja. Si un objeto es blanco, nos indica que no absorbe todas las longitudes de onda y rechaza los colores (la luz blanca se compone de varias longitudes de onda). Si el objeto es negro, quiere decir que absorbe todo el espectro visible. Esto explica por qué el módulo fotovoltaico monocristalino es más eficiente que el policristalino. El monocristalino absorbe más longitudes de ondas que el policristalino [6].

2.1.4. Celda Fotovoltaica

En un sistema fotovoltaico, las celdas o células solares son las que se encargan de captar la radiación solar y transformarla en electricidad. Estas celdas solares se integran en paneles solares y en términos generales, desempeñan la misma función. Sin embargo, no todas son iguales y se distinguen diferentes tipos que se diferencian entre sí por su composición y por el nivel de rendimiento que ofrecen dentro de un sistema fotovoltaico [7].

Según su composición, las celdas fotovoltaicas se pueden catalogar en monocristalinas, policristalinas y amorfas. Por un lado, las celdas monocristalinas se obtienen al cortar un cristal de silicio en forma circular u octagonal. Como el corte se hace en una sola pieza, es bastante caro producirlas, pero son el tipo de celdas más

eficiente que existe hoy en día y son suaves al tacto. Mientras tanto, las celdas policristalinas también están hechas de silicio, pero no se obtienen de un solo corte, sino de un conjunto de partículas cristalizadas de silicio; su producción es menos costosa, pero resultan menos eficientes que las monocristalinas y se tienen que montar sobre marcos rígidos para protegerlas del deterioro [7].

2.1.5. Sistema Fotovoltaico

Al conjunto de que va desde los paneles solares, inversores de corriente, cableado e interruptores; se denomina sistema fotovoltaico que, dados sus componentes, logran generar energía eléctrica a partir de la energía solar [8].

2.1.6. Potencia

En general el término potencia se aplica para indicar que tanto trabajo (Conversión de Energía), puede realizarse en una cantidad específica de tiempo; es decir, Potencia es la velocidad que realiza un trabajo. La potencia entregada a, o absorbida por, un dispositivo eléctrico, puede hallarse en función de la corriente y voltaje [9].

Nota: La potencia asociada en un circuito, no es en función del voltaje, es decir, siempre se determinará por el producto de su voltaje y su capacidad de corriente máxima [9].

2.1.7. Energía

Para que la potencia, que es la velocidad con la que se realiza el trabajo, se convierta en energía de cualquier forma, se debe utilizar durante un tiempo. Por ejemplo, un motor puede tener los caballos de fuerza necesarios para accionar una carga, pero a menos si este solo se utilice por un tiempo determinado, no habrá conversión de energía [9].

Como la potencia se mide en watts y el tiempo en segundos, la unidad de energía es el *watt*segundo*. Pero dado a que es una unidad muy pequeña, para usos prácticos, se utiliza el *watt*hora (Wh)* o el *kilowatt*hora (kWh)* [9].

El medidor de kilowatt-hora es un instrumento que mide la energía suministrada al usuario residencial o comercial de electricidad. Por lo común está conectado directamente a las líneas en un punto justo antes de entrar al tablero de distribución de energía eléctrica del edificio [9].

2.1.8. Generalidades de las Fuentes de Voltaje.

La corriente alterna (CA o AC por sus siglas en inglés) es un tipo de corriente eléctrica, en la que la dirección del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares o en ciclos, normalmente a 60 Hertz o ciclos por segundo, que es, comúnmente, la distribución de la electricidad en México [10].

La corriente que fluye por las líneas eléctricas y la electricidad disponible normalmente en las casas procedente de los enchufes de la pared es corriente alterna. Por otra parte, la corriente continua (CC o DC por sus siglas en inglés) es la corriente eléctrica que fluye de forma constante en una dirección, como la que fluye en una linterna o en cualquier otro aparato con baterías, es corriente continua [10].

Una de las ventajas de la corriente alterna es su relativamente económico cambio de voltaje. Además, la pérdida inevitable de energía al transportar la corriente a largas distancias es mucho menor que con la corriente continua [10].

El concepto de fuentes de voltaje, dispone de un uso extendido en el campo de la electrónica ya que de ese modo se designa al sistema especialmente diseñado para proveerle de energía eléctrica a diversos equipos electrónicos que solemos disponer tanto en casa como en el trabajo, como puede ser: televisor, computadora, la impresora, equipo de audio, router, etc. Hay que hacer mención, de que este sistema puede aparecer denominado en nuestro idioma como fuente de alimentación o fuente de energía [10].

La corriente alterna o corriente eléctrica es la manera en la cual la electricidad entra a nuestra casa o a cualquier otro espacio, como puede ser la oficina, un sanatorio, entre otros, en tanto, la función de la fuente de poder es la de convertir a esta en una corriente continua que se encargará de alimentar de energía a los mencionados equipos. La característica singular de la corriente continua es que la carga eléctrica fluye en la misma dirección, algo que no sucede en la corriente alterna [11].

Las fuentes de voltaje se conectan en serie para incrementar o disminuir el voltaje total aplicado a un sistema. El voltaje neto se determina simplemente sumando las fuentes con la misma polaridad y restando el total de las fuentes con la presión opuesta [12].

La polaridad resultante es la de la suma de mayor magnitud. Las fuentes de alimentación, como las baterías y las placas fotovoltaicas, se conectan en serie para aumentar el voltaje total aplicado a la carga eléctrica. A continuación, en la Figura 2.2

se utiliza para ilustrar lo anteriormente dicho [12]:

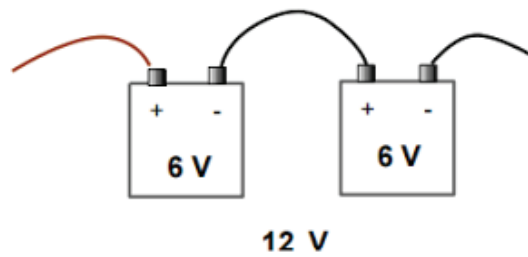


Figura 2.2 Conexión en serie de dos fuentes de voltaje [12].

Cuando las fuentes de voltaje se conectan en la misma dirección, se considera una suma en serie. El voltaje total es la suma de las magnitudes de los voltajes [12].

Las fuentes de voltaje se conectan en paralelo para incrementar la corriente voltaje total aplicada a una carga eléctrica. La corriente neta se determina sumando las corrientes de las fuentes de voltaje. El voltaje se mantiene igual a la magnitud de una de las fuentes, como se ilustra en la figura 2.3 [12].

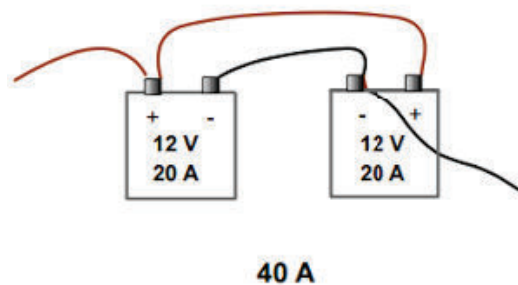


Figura 2.3 Conexión en paralelo de dos fuentes de voltaje [12].

2.1.9. Inversores Eléctricos

Un inversor de voltaje es un dispositivo electrónico que convierte un determinado voltaje de entrada de Corriente Continua, en otro voltaje de salida de Corriente Alterna. Es decir, recibe corriente continua de un determinado voltaje y proporciona corriente alterna generalmente de un voltaje diferente al de entrada [13].

El inversor de voltaje utiliza circuitos electrónicos para hacer que el flujo de la corriente continua cambie de dirección de forma periódica haciéndola similar a la corriente alterna. El inversor además emplea una serie de filtros para hacer que estos cambios de dirección sean suaves y regulares de forma que la energía eléctrica resultante puede ser usada en la mayoría de dispositivos eléctricos domésticos [13].

2.1.10. Microinversores

Un micro inversor es un inversor diseñado para ser conectado a los paneles solares en la matriz. A diferencia de un inversor central, que está instalado en alguna pared a distancia de la matriz, esto significa que un panel funciona independientemente del resto de la matriz, y que la corriente se convierte de corriente directa a corriente alterna inmediatamente [14].

2.1.11. Arreglos de las Celdas Fotovoltaicas

Para un arreglo de dos celdas conectadas en serie, la corriente a través de las dos celdas es la misma. El voltaje total producido es la suma de los voltajes de celda individuales, teniendo un comportamiento igual al de las fuentes de voltajes; el cual nos ayuda a resolver el tema de potencia en los arreglos fotovoltaicos [15].

Para un arreglo de celdas conectadas en paralelo, el voltaje en la combinación de celda es siempre el mismo y la corriente total de la combinación es la suma de las corrientes en las celdas individuales; de igual forma tenemos un comportamiento exacto al de las fuentes de corriente y esto nos ayuda a satisfacer las necesidades en las estaciones [15].

2.1.12. Medidor Bidireccional

Uno de los requisitos para lograr un contrato ante Comisión Federal de Electricidad, es el medidor bidireccional el cual tiene la capacidad de medir en un punto determinado, el flujo de energía en ambos sentidos, almacenando los datos de medición de forma separada. Con lo cual se puede medir dos o más parámetros eléctricos en forma integrada, instantánea o totalizada [16].

Dicho de otra forma, se mide El intercambio de flujos de energía entre la Central Eléctrica y a uno o más Centros de Carga con las Redes Generales de Distribución, compensando la energía entregada con la Central Eléctrica de Generación Distribuida con la energía recibida por uno o más usuarios finales [17].

2.1.13. Cuchillas Eléctricas

Se los conoce también con el nombre de separadores o desconectores. Son dispositivos que sirven para conectar y desconectar diversas partes de una instalación eléctrica, para efectuar maniobras de operación o bien de mantenimiento [18].

La misión de estos aparatos es la de aislar tramos de circuitos de una forma visible. Los circuitos que debe interrumpir deben hallarse libres de corriente, o dicho de otra forma, el seccionador debe maniobrar en vacío [18].

No obstante, debe ser capaz de soportar corrientes nominales, sobreintensidades y corrientes de cortocircuito durante un tiempo especificado. Así, este aparato va a asegurar que los tramos de circuito aislados se hallen libres de tensión para que se puedan tocar sin peligro por parte de los operarios [18].

2.2. Descripción de Equipos

2.2.1. Inversor Fronius Galvo 1.5

Con categorías de potencia desde 1.5 hasta 3.1 kW, el Fronius Galvo es perfecto para residencias -y es especialmente adecuado para sistemas de autoconsumo. El relé de administración de energía permite que el componente de autoconsumo sea maximizado. Unas listas de características inteligentes hacen del Fronius Galvo uno de los mejores inversores a prueba del futuro en su clase: por ejemplo, el registro de datos integrado, la conexión a internet vía WLAN, y la tecnología de la tarjeta plug-in para retro actualizar funciones adicionales:

- Adecuado para todas las tecnologías de módulos por su aislamiento galvánico
- Nuevo sistema de ganchos para una instalación sencilla y rápida
- Compacto y ligero
- Para uso interior y exterior (protección clase IP 65) [19].

Los inversores están equipados óptimamente para cumplir con los requerimientos técnicos de las redes eléctricas del futuro. Una serie de funciones inteligentes, conocida como Características Avanzadas de Red, están incluidas en los equipos. Estas incluyen un número de funciones de control para una alimentación óptima de potencia reactiva y potencia efectiva. Un monitoreo de sistemas fotovoltaicos simple y amigable para el usuario es muy importante para Fronius. Con el Fronius Datamanager, se ofrece una interfaz WLAN dentro del mismo inversor. El inversor está conectado a la internet sin cableado adicional y le garantiza la perfecta vista de la operación de su sistema fotovoltaico. Especificaciones de Interfaces:

- WLAN/ Ethernet LAN: Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar.API (JSON).

- 6 entradas y 4 E/S Digitales: Interface a receptor de control remoto.
- USB: Para actualizaciones vía USB.
- 2 X RS422 (RJ45): Fronius Solar Net, protocolo de interface.
- Señalización de salida: Administración de energía (potential-free relay output).
- Datalogger y servidor web: Incluido [19].

En la Figura 2.4 se muestra un Inversor Fronius Galvo 1.5, el cual fue instalado en las estaciones de ASA Chihuahua, ASA Mazatlán y ASA Acapulco, para la conversión de energía generada por las celdas fotovoltaicas (corriente directa) a la corriente alterna.



Figura 2.4 Inversor Fronius Galvo 1.5.

2.2.2. Inversor Fronius Primo

Con rangos de potencia desde 3.8 kW a 8.2 kW, Fronius Primo es el inversor compacto monofásico sin transformador ideal para aplicaciones residenciales. Su diseño está basado en el sistema de instalación SnapINverter, el cual permite instalaciones y reparaciones sencillas y seguras. El Fronius Primo tiene características únicas como dos seguidores de máxima potencia, alto voltaje de sistema, un amplio rango de voltaje de entrada y puede instalarse en interior y exterior. Como funciones estándar incluye interfaces Wi-Fi®* y SunSpec Modbus para monitoreo, interrupción de circuito por falla de arco (AFCI) probada en campo, certificación NEEC (Nuevo Esquema de Empresas Certificadas) 2014 y la plataforma en línea para monitoreo móvil Solar.web. El Fronius Primo está diseñado para adaptarse a requerimientos futuros, por lo cual ofrece una

solución completa a los cambios de normativas e innovaciones técnicas del mañana. También es compatible con la caja de apagado rápido Fronius Rapid Shutdown Box [20].

Especificaciones de Interfaz:

- Wi-Fi/Ethernet/Serial: Estándar inalámbrico 802.11 b/g/n / Fronius Solar.web, SunSpec Modbus TCP, JSON / SunSpec Modbus RTU.
- 6 entradas y 4 E/S Digitales: Administración de carga, señales, E/S multipropósito.
- USB: Actualización de software y datalogging vía USB.
- 2x RS422 (RJ45 socket): Fronius Solar Net, protocolo de interface Datalogger y servidor web Incluidos [21].

En la Figura 2.5 se muestra un Inversor Fronius Primo, el cual fue instalado en las estaciones de ASA Chihuahua, ASA Mazatlán y ASA Acapulco, para la conversión de energía generada por las celdas fotovoltaicas (corriente directa) a la corriente alterna.



Figura 2.5 Inversor Fronius Primo.

2.2.3. Microinversores Enphase M250.

El Microinversor™ M250 de Enphase versátil se desempeña tanto en instalaciones fotovoltaicas solares comerciales como en instalaciones residenciales y es compatible con módulos de 60 y 72 celdas. Con un enfoque de CA completo y conexión a tierra integrada, el M250 proporciona una captación de energía incrementada y reduce la complejidad de diseño e instalación. El microinversor Enphase M250 combina a la perfección con el cable Engage™, la pasarela de comunicaciones Envoy™ y el software de supervisión y análisis de Enphase Enlighten™. Es productivo y sencillo, diseñado para un amplio rango de módulos, maximiza la producción de energía, minimiza el efecto de las sombras, el polvo y la suciedad, facilita la instalación gracias al cable Engage [22].

Especificaciones:

- Comunicación: Línea eléctrica.
- Conexión a tierra integrada: El circuito de corriente continua cumple con los requisitos de los conjuntos de paneles fotovoltaicos sin conexión a tierra en NEC 690.35. La conexión a tierra del equipo se proporciona en el cable Engage. La protección por falla de conexión a tierra (GFP) está integrada en el microinversor.
- Monitoreo: Opciones de monitoreo Enlighten Manager y MyEnlighten.
- Descripción del transformador: Transformadores de alta frecuencia están galvánicamente aislados [22].

En la Figura 2.6 se muestra un Microinversor Enphase M250, el cual fue instalado en las estaciones de ASA Chihuahua, ASA Mazatlán y ASA Acapulco, para la conversión de energía generada por las celdas fotovoltaicas (corriente directa) a la corriente alterna.



Figura 2.6 Microinversor Enphase M250 [22].

2.2.4 Envoy Communications Gateway (Enphase).

La pasarela de comunicaciones Envoy (Envoy® Communications Gateway) es un componente integral del Enphase® Microinverter System™. Desarrolla su función entre los microinversores Enphase y el software de supervisión y análisis en red Enlighten® de Enphase. Envoy sirve de pasarela y supervisa los microinversores que están conectados a los módulos fotovoltaicos. Envoy recopila datos de energía y rendimiento de los microinversores mediante las líneas eléctricas de corriente alterna. A continuación, transmite esos datos a Enlighten a través de Internet para generar informes estadísticos. Los tres elementos clave de un sistema Enphase son estos:

- Microinversor Enphase
- Envoy Communications Gateway de Enphase
- Software de supervisión y análisis en red Enlighten de Enphase [23].

En la Figura 2.7 se muestra un Envoy Communications Gateway, el cual fue instalado en las estaciones de ASA Chihuahua, ASA Mazatlán y ASA Acapulco, para la recopilación datos de energía y rendimiento de los microinversores.



Figura 2.7 Envoy Communications Gateway [23].

La instalación y el funcionamiento del Envoy no requieren equipo especializado ni conocimientos específicos de informática o de trabajo en red. Para la red de área local (LAN), Envoy no es más que otro host de la red, lo más parecido a un ordenador. Envoy solo se conecta con el router in situ para las comunicaciones con el sitio web de supervisión y análisis Enlighten de Enphase. Envoy se comunica con los microinversores independientes mediante las líneas eléctricas existentes en la residencia o el negocio. Después de instalar Envoy y de que finalice su búsqueda inicial, este gestiona una base de datos interna de todos los microinversores Enphase identificados en las instalaciones bajo su supervisión. En intervalos periódicos, Envoy

sondea los datos de energía de cada microinversor. Mediante el router de banda ancha de las instalaciones, Envoy transmite posteriormente esa información a Enlighten. Envoy también informa de cualquier estado de error que afecta a Envoy o a los microinversores. Puede ver los datos de energía y los estados de error en Enlighten. Envoy incorpora funciones de línea eléctrica y de comunicaciones por Internet. Como se muestra en el diagrama, una "parte" del Envoy se comunica con los microinversores mediante las líneas eléctricas de las instalaciones. La otra "parte" del Envoy se comunica con Internet mediante un cable Ethernet/de red estándar conectado al router de banda ancha [23].

En la Figura 2.8 se muestra el funcionamiento de Envoy Communications Gateway. Primero, cada microinversor conectado a las celdas fotovoltaicas detecta la energía generada (corriente directa) por dichas celdas y las convierte en corriente alterna. Después, la corriente alterna se envía a través de línea eléctrica y a su vez, el Envoy Communications Gateway es capaz de detectar y monitorear el funcionamiento de cada microinversor conectado a las celdas fotovoltaicas. Luego, el Envoy Communications Gateway se conecta de forma alámbrica a un router para lograr la comunicación a la dirección de internet WeatherLink.com. Finalmente se puede monitorear la energía generada de cada microinversor de forma remota.

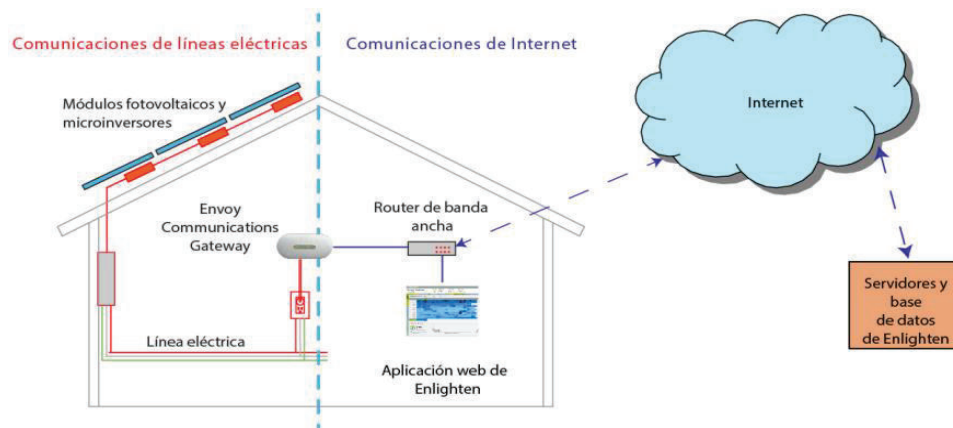


Figura 2.8 Funcionamiento de Envoy Communications Gateway [23].

2.2.5 Paneles Solares

2.2.5.1 Panel Solar Monocristalino

Se trata de un panel de 60 células de alta eficiencia del 16,7%. El módulo SolarWorld Sunmodule SW 260-290 Mono está fabricado íntegramente en Europa, en la ciudad universitaria sajona de Freiberg, Alemania; aquí se realizan todas las etapas de la producción, desde el silicio hasta el módulo, en contacto directo con la empresa de investigación y desarrollo SolarWorld Innovations [24].

En la figura 2.9 se muestra dicho panel, el cual cuenta con las siguientes características:

1. Esquinas reforzadas con acrilonitrilo estireno acrilato (ASA por sus siglas en ingles), tipo de plástico utilizado en tecnología automovilística y con una gran resistencia física y a los rayos UV. Facilita de manera decisiva el drenaje de agua y suciedad de los paneles.
2. Nuevo marco de aluminio de 33mm para mayor ligereza del panel. El marco SolarWorld no consta de una sola lámina de aluminio, sino de un tubo de aluminio aplanado, por lo que su resistencia es muy superior al de otros fabricantes.
3. Mayor separación entre las células y el marco del panel, para reducir las pérdidas ocasionadas por la acumulación de suciedad, sin afectar a las dimensiones del panel.



Figura 2.9 Panel Solar Monocristalino SolarWorld Sunmodule SW 260-290 Mono [24].

2.2.5.2 Panel Solar Policristalino

Se trata de un panel de alta eficiencia con un 15,51%. El módulo SolarWorld SW 260 Poly Sunmodule Plus, es un panel solar 260W para conexión a red y autoconsumo, y apto para sistemas aislados a 24V. Fabricado íntegramente en Europa, en la ciudad universitaria sajona de Freiberg, Alemania [25].

En la Figura 2.10, se muestra el panel solar Policristalino. Dado que es el mismo fabricante, se tienen prácticamente las mismas características que en los paneles monocristalinos, que a continuación se muestran:

1. Esquinas reforzadas con ASA. Tipo de plástico utilizado en tecnología automovilística y con una gran resistencia física y a los rayos UV. Facilita de manera decisiva el drenaje de agua y suciedad de los paneles.
2. Nuevo marco de aluminio de 33mm para mayor ligereza del panel. El marco SolarWorld no consta de una sola lámina de aluminio, sino de un tubo de aluminio aplanado, por lo que su resistencia es muy superior al de otros fabricantes.
3. Mayor separación entre las células y el marco del panel. Reduce las pérdidas ocasionadas por la acumulación de suciedad, sin afectar a las dimensiones del panel [25].



Figura 2.10 Panel Solar Policristalino SolarWorld SW 260 Poly Sunmodule Plus [25].

2.3 Referencias

- [1] Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos, 10ma Edición, Robert L. Boylestad, Pearson Educación, Mexico,2009
- [2] <http://www.educaplus.org/luz/reflexion.html>
- [3] <https://definicion.de/absorbancia/>
- [4] <https://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/transmitancia-y-absorbancia>
- [5] <http://www.certificadosenergeticos.com/energia-solar-beneficios-que-efecto-fotovoltaico>
- [6] <https://ccee.mx/blog/ciencia/el-espectro-electromagnetico-y-la-captacion-del-modulo-fotovoltaico>
- [7] <http://dmsolar.mx/celdas-fotovoltaicas-tipos-y-su-funcionamiento/>
- [8] <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2012/12/21/que-es-un-sistema-fotovoltaico/>
- [9] Introducción al Análisis de Circuitos, 12va Edición, Robert L. Boylestad, Pearson Educación, México, 2011.
- [10] <http://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/corriente-alterna.htm>
- [11] <http://www.definicionabc.com/tecnologia/fuente-de-poder.php>
- [12] http://www1.uprag.edu/uploads/ELEC/Fuentes_de_Voltaje1.pdf
- [13] <https://curiosoando.com/que-es-un-inversor-de-voltaje>
- [14] <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2015/04/16/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-los-micro-inversores/>
- [15] <http://www.pveducation.org/pvcdrom>
- [16] http://lapem.cfe.gob.mx/normas/carga_pagina.asp?pag=G0000-48.pdf
- [17] http://www.cfe.gob.mx/conocecfe/desarrollo_sustentable/paginas/energia-renovable.aspx
- [18] <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/tydee/seccionadores.pdf>
- [19] http://www.fronius.com.mx/cps/rde/xchg/SID-6A5C9D76-D9F26849/fronius_mexico/hs.xsl/6884_10300.htm#.WJFPSRsrK1s
- [20] http://www.fronius.com.mx/cps/rde/xchg/SID-6A5C9D76-D9F26849/fronius_mexico/hs.xsl/6884_10707.htm#.WJFVBxsrK1s
- [21] http://www.fronius.com.mx/cps/rde/xbcr/SID-6A5C9D76-D9F26849/fronius_mexico/SE_Fronius_Primo_ES_LOW.pdf
- [22] <https://enphase.com/sites/default/files/downloads/support/M250-DS-ES.pdf>
- [23] enphase.com/sites/default/files/downloads/support/Envoy_Manual_de_Instalacion_60Hz_ES.pdf
- [24] <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/solarworld/sunmodule-plus-sw-280-mono/>
- [25] <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/solarworld/solarworld-sw260-poly/>

Capítulo III

Resultados y Conclusiones

3.1 Resultados

Como ya se dijo anteriormente en el apartado 2.1.7, “La corriente alterna es la manera en la cual la electricidad entra a nuestra casa o a cualquier otro espacio, la función de la fuente de poder es la de convertir a esta en una corriente continua que se encargará de alimentar de energía a equipos electrónicos” [1], que si se habla de estaciones fotovoltaicas, el proceso de la energía eléctrica es al revés, es decir, una celda fotovoltaica genera corriente continua y si queremos alimentar nuestros hogares, tenemos que convertir la corriente directa (generada por sistema fotovoltaico) a corriente alterna.

Los datos se obtuvieron de la página web de Fronious, se tiene la información de los inversores generales primo y galvo. A su vez, en la página Enphase; se obtiene la información de los de los microinversores. Donde en la particularidad de este sistema, inicia a partir del momento en que hay luz de día; donde las celdas fotovoltaicas empiezan a generar la corriente directa por la cual, esta pasa por los inversores generales y microinversores transformándola en corriente alterna.

Al sobrepasar los 40kWatts, entra el sistema de cuchillas que cierra el circuito y empieza a abastecer a las instalaciones de ASA, teniendo un autoconsumo y aportando dicha energía eléctrica a la red general de CFE. Cabe mencionar que en este proyecto no se utiliza banco de baterías y que todo está ligado a su medidor bidireccional y la facturación de la luz conforme a CFE.

Con el fin de lograr los objetivos planteados al inicio de esta tesis, se presentarán las evidencias del proyecto realizado, para su interpretación.

Se presentarán los resultados en orden de las visitas de los aeropuertos. En primer lugar, será el aeropuerto internacional General Roberto Fierro Villalobos en la ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México en las instalaciones de ASA y en segundo lugar el aeropuerto internacional General Rafael Buelna ubicado en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, México igualmente en las instalaciones de ASA.

A continuación, se presenta la producción esperada para cada uno de los distintos inversores en cada aeropuerto junto con la totalidad de celdas fotovoltaicas utilizadas:

- 100 módulos solares policristalinos marca Solarworld, modelo SW250.
- 56 módulos solares monocristalinos marca Solarworld, modelo SW295.
- 2 Inversores de 1.5Kw marca Fronius, modelo Galvo 1.5.
- 2 Inversores de 3.8Kw marca Fronius, modelo Primo 3.8.
- 2 Inversores de 5.0Kw marca Fronius, modelo Primo 5.0.
- 78 Microinversores marca Enphase, modelo M-250 [2].

3.2 Instalaciones en los Aeropuertos.

3.2.1 Aeropuerto Internacional General Roberto Fierro Villalobos, Ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México.

La ciudad de Chihuahua, Chihuahua se visitó la semana del 14 al 18 de noviembre de 2016, teniendo un curso introductorio para la comprensión de los arreglos realizados por los ingenieros de Impulsor Eléctrico S.A de C.V, así como la colaboración en las instalaciones del aeropuerto, realizando las actividades de:

1. Observación de las instalaciones fotovoltaicas.
2. Verificar la producción de energía eléctrica en la web, en las cuentas de Fronius y Enphase.
3. Tener una noción de la reducción de costos en el consumo eléctrico ubicado en las instalaciones de ASA (Aeropuertos y Servicios Auxiliares) Chihuahua.

Se toma en cuenta que cada arreglo forma un circuito eléctrico, donde se hacen circuitos serie-paralelo, esto, para aumentar corriente o voltaje según sea el caso.

A continuación, se presentan los datos obtenidos en la cuenta de Fronius en la Figura 3.1:

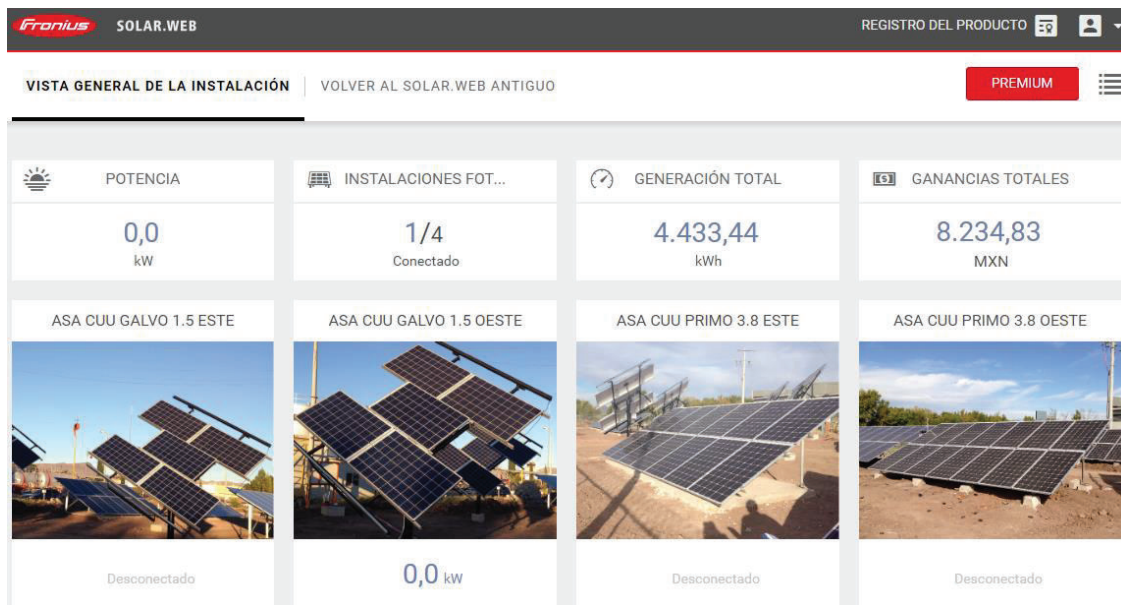


Figura 3.1 Se observa cada inversor general y el estimado que puede alcanzar cada uno de ellos [3].

En la Figura 3.2 y 3.3 se observan los inversores generales Fronius Primo y Galvo.



Figura 3.2 Inversor General Primo. (Fotografía: Luis Donald Rodríguez Chavarín)



Figura 3.3 Inversor General Galvo. (Fotografía: Luis Donald Rodríguez Chavarín)

También se tiene la siguiente indagación proveniente de la página de Enphase en la figura 3.4 :

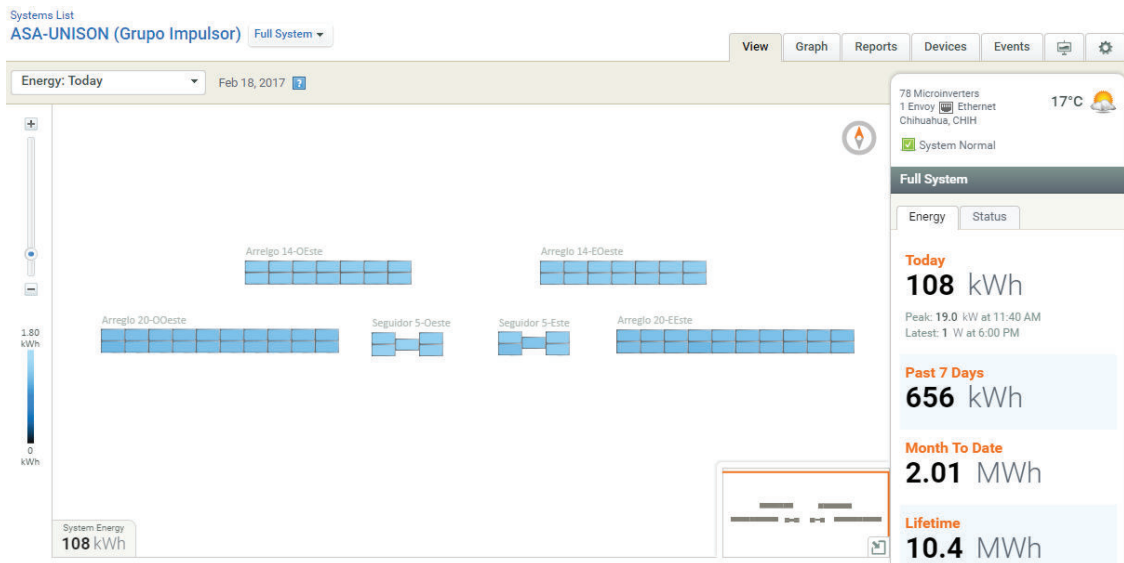


Figura 3.4 Arreglo de los 78 microinversores M-250, se tiene un estimado de 23 kWatt*h [4].



Figura 3.5 (a).



Figura 3.5(b).

Figura 3.5 (a) y (b) Se muestra la distribución de los microinversores. En la figura (a) se muestran los microinversores en el seguidor solar y en la figura (b) se muestran en el arreglo fijo. (Fotografía: Luis Donald Rodríguez Chavarín)

Se ha calculado que los microinversores producen una energía 23 kwatts*h, ya que los módulos fotovoltaicos monocristalinos manejan un aproximado de 295 watts, multiplicado por 78 módulos solares se obtiene el total antes mencionado.



Figura 3.6 Celdas fotovoltaicas policristalinas (250 watts producidos por cada módulo; Fotografía: Luis Donald Rodríguez Chavarín).



Figura 3.7 Celdas fotovoltaicas monocristalinas (295 watts producidos por cada módulo; *Fotografía: Luis Donald Rodríguez Chavarín*).

3.2.2 Aeropuerto Internacional General Rafael Buelna, Ciudad de Mazatlán, Sinaloa, México.

Para esta estación, se viajó a la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, México en la semana del 16 al 20 de Diciembre de 2016, donde básicamente obtiene el mismo arreglo de inversores y celdas fotovoltaicas. A continuación, en la Figura 3.8, se presenta información sobre la producción de energía eléctrica de la página de Enphase:

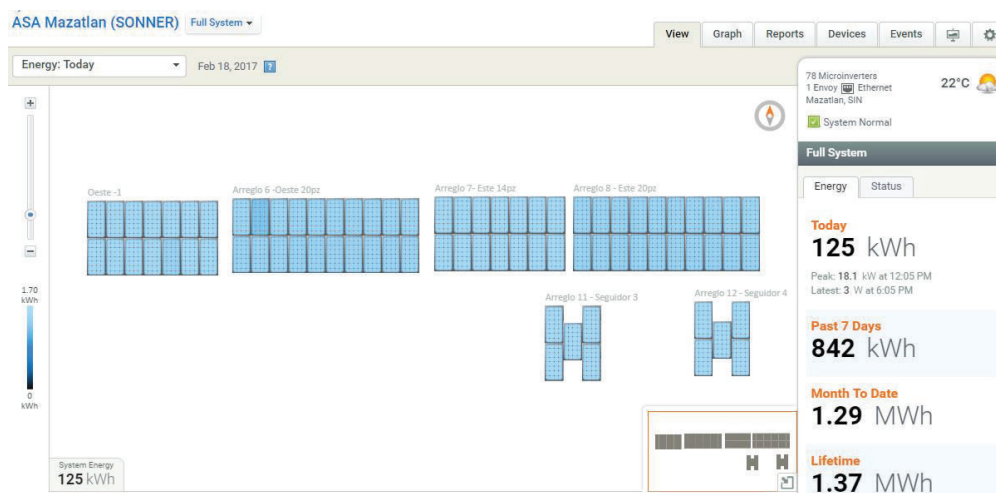


Figura 3.8 Obtención de los datos de la energía producida por el arreglo de los microinversores [5].

En las Figuras 3.9, 3.10 y 3.11 se presentan los distintos tipos de celdas y estructuras instaladas en ASA Mazatlán.



Figura 3.9 Celdas fotovoltaicas policristalinas (250 watts producidos por cada celda;
Fotografía: Impulsor Eléctrico S.A de C.V) [2].



Figura 3.10 Celdas fotovoltaicas monocristalinas (295 watts producidos por cada celda;
Fotografía: Impulsor Eléctrico S.A de C.V) [2].



Figura 3.11 Seguidores Solares (*Fotografía: Impulsor Eléctrico S.A de C.V*) [2].

Nota: Cabe mencionar que hasta la fecha no se ha dado de alta en la página web de Fronious, los inversores generales primos y galvo.

3.3 Medidor Bidireccional en un sistema Fotovoltaico.

Equipo de medición digital bidireccional para facturación, programado para registrar la energía entregada y recibida por CFE [6].

El medidor bidireccional en cualquier proyecto de Energía Renovable es un componente básico. Cuando pensamos en ahorrar en el pago de electricidad el medidor bidireccional va a ser en el encargo de realizarlo [7].

Normalmente se tiene instalado un medidor analógico o electrónico (con tarjeta o sin ella) que realiza un conteo de la energía que Comisión Federal de Electricidad (CFE) nos entrega diariamente para el uso de nuestros aparatos eléctricos. Al final de cada mes o bimestre personal de CFE toma la medición del consumo y 3 o 4 días después envía el recibo. Este procedimiento es exactamente igual en un domicilio donde existen Paneles Solares, pero a diferencia del medidor normal es necesario que CFE lo reemplace por un medidor bidireccional [7].

Si antes de instalar su sistema fotovoltaico se cuenta con un medidor electrónico no es recomendable dejar funcionando el sistema de paneles solares antes de contar con el medidor bidireccional. La razón es que ese medidor no puede diferenciar entre la energía entregada por CFE al usuario y la energía que se abona a través de las Celdas Fotovoltaicas por lo cual se estarán cobrando ambas [7].

En la Figura 3.12 se muestra un ejemplo cómo se realiza la facturación en un sistema fotovoltaico:

Sistema fotovoltaico	Casa	Red de CFE	Qué se factura
100 →	100	0	Cargo mínimo
50 →	100	← 50	50 a cuotas de tarifa
150 →	100	→ 50	Cargo mínimo y la diferencia se guarda
0	100	← 100	Si hay guardado se devuelve y si no alcanza, la diferencia a cuotas de tarifa

Figura 3.12 Ejemplo de facturación en un sistema fotovoltaico [6].

Mediante un diagrama a bloques podemos ver todo el sistema de manera íntegra, el cual en nuestro caso cuando la producción de energía eléctrica generada en los paneles solares sobrepasa los 40Kwatts*h, se cierra el circuito mediante cuchillas y el medidor empieza a hacer su función para abastecer a las instalaciones de ASA y así, empieza a facturar el medidor bidireccional. En la Figura 3.13 se muestra lo anteriormente dicho, englobando todo el sistema en general.

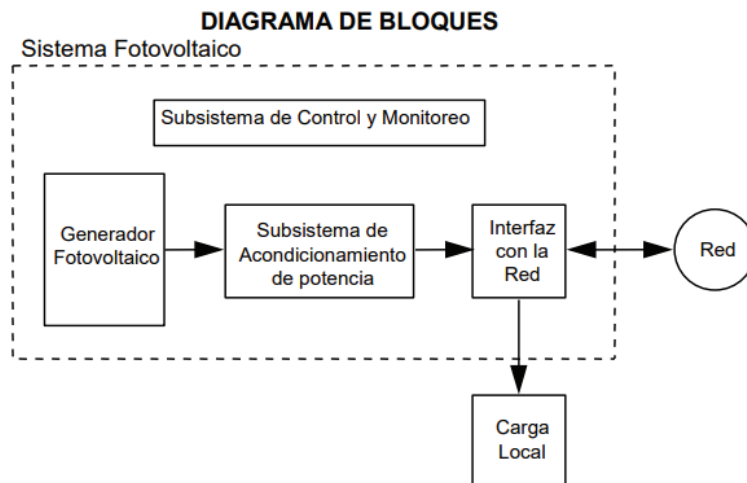


Figura 3.13 Diagrama a bloques general de un sistema fotovoltaico [6].

3.4 Conclusiones

Con el paso del tiempo, se ha ido mejorando cada vez más la cuestión tecnológica; en esta ocasión tocó el tema de las energías renovables. En su principio, la primera celda solar salió a la luz en 1883, con el 1% de eficiencia de absorción de energía, pero no fue hasta 1954 que se logró un 6% de la misma en una celda solar. Para este proyecto (Que actualmente se tiene una mejora importante en la cuestión de eficiencia en celdas solares), se han utilizado células solares de un 15.5% de eficiencia para las celdas policristalinas y 17.3% de eficiencia para las celdas monocristalinas.

El entendimiento de cada uno de los elementos es vital para poder realizar este tipo de proyectos, ya que para saber sobre su potencia es importante saber dónde, cómo y cuándo se realiza la producción de energía solar.

Se obtuvieron los datos de los cuales podemos ver que tanta obtención de energía eléctrica tendremos a través de las páginas de internet y tener noción de dicha producción de energía, por lo cual el entender que el medidor bidireccional resulta crucial, porque sin este no tendríamos un beneficio ante los registros de CFE a pesar de que tengamos una producción con este tipo de sistemas, ya que se nos haría un cargo extra en nuestros datos de consumo de energía eléctrica.

Se propone que con el paso del tiempo se hagan comparaciones entre las distintas instalaciones, ubicadas en las estaciones aeroportuarias y así tener más información sobre qué tipo de celda solar es más ventajosa entre los distintos factores (tanto como climatológicos como de mantenimiento) a la hora de producir energía eléctrica, también se es recomendable buscar la manera de colocar más seguidores solares y asimismo poder aprovechar al máximo la luz solar.

3.5 Referencias

- [1] <http://www.definicionabc.com/tecnologia/fuente-de-poder.php>
- [2] Memoria técnica, Impulsor Eléctrico, Proyecto Sistema Fotovoltaico ASA, Diciembre 2016
- [3] <https://www.solarweb.com/PvSystems/Widgets>
- [4] https://enlighten.enphaseenergy.com/systems/1079271/arrays?range=today&view=energy_production
- [5] https://enlighten.enphaseenergy.com/systems/1121507/arrays?range=today&view=energy_production
- [6] <http://www.cre.gob.mx/documento/1528.pdf>
- [7] <http://www.voltingeneria.com.mx/single-post/2016/04/15/Medidor-Bidireccional>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama de flujo de los sistemas instalados en ASA Chihuahua y ASA Mazatlán	6
Figura 2.1 Espectro electromagnético	11
Figura 2.2 Conexión en serie de dos fuentes de voltaje	15
Figura 2.3 Conexión en paralelo de dos fuentes de voltaje	15
Figura 2.4 Inversor Fronius Galvo 1.5.....	18
Figura 2.5 Inversor Fronius Primo.....	19
Figura 2.6 Microinversor Enphase M250	21
Figura 2.7 Envoy Communications Gateway	22
Figura 2.8 Funcionamiento de Envoy Communications Gateway	23
Figura 2.9 Panel Solar Monocristalino SolarWorld Sunmodule SW 260-290 Mono	24
Figura 2.10 Panel Solar Policristalino SolarWorld SW 260 Poly Sunmodule Plus	25
Figura 3.1 Se observa cada inversor general y el estimado que puede alcanzar cada uno de ellos	29
Figura 3.2 Inversor General Primo.	29
Figura 3.3 Inversor General Galvo.	30
Figura 3.4 Arreglo de los 78 microinversores M-250, se tiene un estimado de 23 kWatt*h	30
Figura 3.5 (a) y (b) Se muestra la distribución de los microinversores.	31
Figura 3.6 Celdas fotovoltaicas policristalinas	31
Figura 3.7 Celdas fotovoltaicas	32
Figura 3.8 Obtención de los datos de la energía producida por el arreglo de los microinversores	32
Figura 3.9 Celdas fotovoltaicas policristalinas	33
Figura 3.10 Celdas fotovoltaicas monocristalinas	33
Figura 3.11 Seguidores Solares	34
Figura 3.12 Ejemplo de facturación en un sistema fotovoltaico	35
Figura 3.13 Diagrama a bloques general de un sistema fotovoltaico	35