

**INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES**

Plan de Mantenimiento para los Sistemas  
Fotovoltaicos y Térmicos de la Escuela Militar de  
Ingenieros

**TESIS**

**PRESENTA**

Carlos Alberto González Zetina

Director: Dr. Eduardo Ríos Urbán



Fecha: octubre de 2020

La presente tesis, titulada: “Plan de Mantenimiento para los Sistemas Fotovoltaicos de la Escuela Militar de Ingenieros de la Secretaria de la Defensa Nacional” realizada por Carlos Alberto González Zetina bajo la dirección del Dr. Eduardo Ríos Urban, ha sido aprobada y aceptada, como requisito parcial para obtener el grado académico de licenciatura como:

Ingeniero en Energías Renovables

Director de Tesis: \_\_\_\_\_

Dr. Eduardo Ríos Urbán

Revisora de Tesis: \_\_\_\_\_

Dra. Elisa Sánchez Cruces

Revisor de Tesis: \_\_\_\_\_

Ing. Kevin Guiseppe Sánchez Peña

\_\_\_\_\_  
Mtro. David Sánchez Luna

Jefatura de la Carrera de Ingeniería en  
Energías Renovables

\_\_\_\_\_  
Mtro. Rodrigo Cepeda Fernández

Subdirector Académico del TESCH

## **AGRADECIMIENTOS.**

En primera instancia quiero agradecer a mis padres, personas que con gran esfuerzo y dedicación siempre me han apoyado para salir adelante y poder llegar al punto de mi carrera en el que me encuentro.

También quiero agradecer a mis profesores y personal militar que con su sabiduría y conocimientos supieron guiarme y apoyarme para poder lograr todo esto, formándome como un profesionalista.

Sencillo no ha sido el proceso, pero gracias a mi familia, profesores y colegas, he logrado importantes objetivos como culminar el desarrollo de mi tesis profesional con éxito y con ello obtener una afable titulación profesional.

## **RESUMEN.**

El presente trabajo de título tiene como objetivo principal la elaboración de un Plan de Mantenimiento para los Sistemas Fotovoltaicos de la Escuela Militar de Ingenieros de la Secretaria de la Defensa Nacional.

Este plan de mantenimiento (PM) se ha diseñado con la intención de poder ser una herramienta efectiva para aplicar por parte de la Escuela Militar de Ingenieros con la intención de mejorar el mantenimiento de los Sistemas Fotovoltaicos que se emplean dentro de la misma, ya que dicha institución no cuenta con un plan de mantenimiento formal en el cual puedan apoyarse y guiarse para tener una mejor efectividad al momento de realizar un mantenimiento a las instalaciones.

Para poder desarrollar este trabajo fue necesario investigar los diversos tipos de paneles solares existentes, los métodos de instalación existentes, la secuencia constructiva de instalación de los paneles, los materiales utilizados, los tipos de trabajos de mantención necesarios para lograr un correcto funcionamiento de los paneles, las condiciones a las que estarán sometidos los paneles solares, entre otros, para en definitiva elaborar un plan de mantenimiento acertado y enfocado en el modelo instalado en el colegio militar.

## INDÍCE.

ÍNDICE DE FIGURAS.....	1
INTRODUCCIÓN.....	4
OBJETIVO GENERAL.....	5
OBJETIVO ESPECIFICO.....	5
JUSTIFICACIÓN.....	6
<b>CAPITULO 1: FUNDAMENTOS DE LOS PANELES SOLARES.....</b>	<b>7</b>
1.1    Cómo funcionan los paneles solares.....	7
1.2    Ventajas y Desventajas. ....	8
1.3    Partes de un panel fotovoltaico.....	9
1.4    Tipos de paneles solares.....	10
1.5    Estructuras para paneles solares.....	11
1.5.1    Tipos de estructuras paneles solares. ....	12
<b>CAPITULO 2: BATERIAS DE DESCARGA PROFUNDA .....</b>	<b>13</b>
2.1    Baterías Monoblock. ....	13
2.2    Baterías de ciclo profundo.....	14
2.3    Baterías AGM.....	15
<b>CAPITULO 3: PLAN DE MANTENIMIENTO MAS COMUNES. ....</b>	<b>16</b>
3.1    Mantenimiento Correctivo. ....	16

3.2 Mantenimiento Preventivo. ....	16
3.3 Mantenimiento Predictivo. ....	17
<b>CAPITULO 4: MANTENIMIENTO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. ...</b>	<b>18</b>
4.1 Plan de mantenimiento preventivo. ....	18
4.1.1 Paneles solares fotovoltaicos. ....	18
4.2 Estructura soporte de paneles solares. ....	21
4.3 Inversores. ....	22
4.4 Baterías. ....	24
4.5 Cajas de campo SSM. ....	25
4.6 Cajas centrales SMBC. ....	28
4.7 Sistema de monitorización de la instalación eléctrica. ....	30
4.8 Línea eléctrica. ....	31
4.9 Protecciones de la instalación fotovoltaica. ....	32
4.10 Puesta a tierra. ....	33
4.11 Instalación eléctrica. ....	34
4.12 Ventilación. ....	35
4.13 Extinción de incendios. ....	36
4.14 Iluminación de emergencia. ....	37
<b>CAPITULO 5: PROCEDIMIENTOS .....</b>	<b>38</b>

<b>5.1</b>	<b>Funcionalidad y mantenimiento de una instalación fotovoltaica aislada.....</b>	<b>38</b>
<b>5.2</b>	<b>Sistema fotovoltaico para comedor.....</b>	<b>40</b>
<b>5.3</b>	<b>Colectores solares para calentamiento de agua sanitaria para habitaciones.....</b>	<b>42</b>
<b>5.4</b>	<b>Calentadores de agua para alberca.....</b>	<b>43</b>
<b>5.5</b>	<b>Módulo híbrido de simulación de instalaciones fotovoltaicas y eólicas.....</b>	<b>44</b>
<b>5.6</b>	<b>Generador de Van de Graaff y extractor de corcones de concreto... </b>	<b>46</b>
	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>48</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>54</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig. 1. Partes de un panel solar. ....	9
Fig. 2. Panel Monocristalino. ....	10
Fig.3. Panel Policristalino. ....	11
Fig.4. Estructura de panel solar. ....	11
Fig. 5. Estructura solar coplanar. ....	12
Fig.6. Estructura solar regulable. ....	12
Fig. 7. Batería tipo monoblock. ....	13
Fig. 8. Batería de ciclo profundo (victron energy). ....	14
Fig. 9. Batería AGM (LTH). ....	15
Fig. 10. Limpieza de paneles. ....	19
Fig. 11. Termografía de un panel fotovoltaico. ....	20
Fig. 12. Inversor ABB (Inversor de instalación fotovoltaica). ....	23
Fig. 13. Tapa exterior de la caja de campo SSM. ....	26
Fig. 14. Interior de la caja de campo SSM. ....	26
Fig. 15. Ejemplo de termografía de un cuadro de conexiones. ....	28
Fig. 16. Estructura interna de la caja central SMBC. ....	29
Fig. 17. Escuela Militar de Ingenieros. ....	38
Fig. 18 Limpieza de la superficie frontal de los módulos fotovoltaicos. ....	39
Fig. 19 Limpieza de la estructura de la instalación fotovoltaica. ....	39

Fig. 20 Inspección visual del estado de la estructura del Árbol de paneles solares.....	39
Fig. 21 inspección de los componentes superficiales. ....	39
Fig. 22 Estado en que se encontraban los componentes internos. ....	40
Fig. 23 Inversor de 1500w 24 VDC-120VAC. ....	40
Fig. 24 Controlador de corriente y voltaje (OUT BACK POWER).....	40
Fig. 25 Baterías de descarga profunda del Árbol de paneles solares .....	40
Fig. 26 inspección visual de los paneles solares.....	41
Fig. 27 etiqueta de identificación de los paneles solares.....	41
Fig. 28 Paneles solares de la instalación fotovoltaica autónoma. ....	41
Fig. 29 Estructura de los paneles solares .....	41
Fig. 30 Colectores de radiación solar.....	42
Fig. 31 Instalación de calentadores solares para dormitorios. ....	42
Fig. 32 Inspección visual de los termotanques.....	43
Fig. 33 Termotanque de la instalación de calentamiento de agua sanitaria. .....	43
Fig. 34 Calentadores solares para alberca.....	43
Fig. 35 Calentadores solares para alberca.....	43
Fig. 36 Alberca semiolímpica de EMI.....	44
Fig. 37 Alberca semiolímpica de EMI.....	44

Fig. 38 Módulo híbrido de simulación de instalaciones fotovoltaicas y eólicas.....	45
Fig. 39 Cuerpo del aerogenerador.....	45
Fig. 40 hélices del aerogenerador.....	45
Fig. 41 Motor de aerogenerador.....	45
Fig. 41 Panel solar del modulo hibrido .....	46
Fig. 42 Extractor de corazones.....	47
Fig. 43 practica con generador de Van de Graaff.....	47
Fig. 44 Colaboración con personal militar de EMI.....	47
Fig. 45 Diseño y soldadura de la base principal. ....	51
Fig. 46 Instalación de paneles solares de 5 volts.....	51
Fig. 47 Elaboración de la base para los puertos USB.....	51
Fig. 48 Cableado de paneles solares en serie.....	51
Fig. 49 Entrada de los puertos USB.....	52
Fig. 50 Presentación de árbol fotovoltaico a escala .....	52
Fig. 51 Pruebas de funcionalidad aprobatoria de la instalación fotovoltaica aislada.....	52

## **INTRODUCCIÓN.**

La energía solar fotovoltaica permite transformar la radiación proveniente del sol en energía eléctrica utilizando para ello células fotovoltaicas. Ésta tiene muchas ventajas frente a otro tipo de energías, ya que se trata de una energía con escaso impacto medio ambiental debido a la pequeña producción de residuos perjudiciales para el medio ambiente. Otra de sus principales ventajas es su extensa distribución a lo largo de toda la superficie terrestre, lo que permite la implementación de sistemas de captación de energía solar en prácticamente cualquier punto del planeta. Este último hecho produce un ahorro en el traslado de energía y, permite a su vez, obtener energía eléctrica con independencia de las compañías suministradoras. Los sistemas de captación de energía solar tienen un mantenimiento sencillo, por lo que sus costes son reducidos; lo que los hace atractivos frente a otros sistemas de costes más elevados. A pesar de las numerosas ventajas que presentan los sistemas de energía fotovoltaica, éstos tienen una serie de desventajas que es necesario analizar a continuación. En primer lugar, este tipo de sistemas tienen un impacto visual negativo si no se tiene en cuenta su integración en el entorno a la hora de instalarlos, además de que requieren un mantenimiento para prevenir algún tipo de falla en las conexiones y que los paneles no se ensucien de tierra y de esta manera evitar que disminuya su eficiencia de captación de radiación solar y tampoco disminuya la producción de energía eléctrica. En la actualidad, se están llevando a cabo muchos proyectos donde sistemas de este tipo se integran en el diseño arquitectónico, mejorando la eficiencia energética de los edificios a la vez que se reduce el impacto visual negativo de estos sistemas.

## **OBJETIVO GENERAL.**

Establecer un plan de mantenimiento y de operación que permita garantizar la continuidad, operación segura, alta disponibilidad y un alto rendimiento de las instalaciones fotovoltaicas de la Escuela Militar de Ingenieros de la Secretaria de la Defensa Nacional.

## **OBJETIVO ESPECIFICO.**

- Diagnosticar las fallas del Sistema Autónomo del “Árbol Fotovoltaico” y realizar un mantenimiento correctivo para su puesta en marcha.
- Realizar un estudio de operación actual del Sistema Fotovoltaico Interconectado de los dormitorios, con la finalidad de minimizar los tiempos de parada por avería o mal funcionamiento de la misma y costos asociados a dichas fallas.
- Realizar un estudio de rendimiento energético del Sistema Fotovoltaico Autónomo del comedor.
- Integrar los estudios de operación de los Sistemas Fotovoltaicos de estudio y formular las recomendaciones para su mantenimiento correctivo y preventivo.

## **JUSTIFICACIÓN.**

Los Sistemas Fotovoltaicos que actualmente son implementados en la Escuela Militar de Ingenieros presentan fallas de operación y carecen de información para su mantenimiento periódico.

Las instalaciones solares fotovoltaicas aisladas se caracterizan por ser instalaciones que requieren escaso mantenimiento, si están bien diseñadas, por lo que siguiendo el presente Plan de Mantenimiento no es de esperar que se produzcan averías en la instalación.

El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos es de carácter preventivo y correctivo. No tiene partes móviles sometidas a desgaste, ni requiere cambio de piezas ni lubricante.

Entre otras cuestiones, es muy recomendable realizar revisiones periódicas de las instalaciones, para asegurar que todos los componentes funcionan correctamente.

La experiencia demuestra que los sistemas fotovoltaicos tienen muy pocas posibilidades de avería, especialmente si la instalación se ha realizado correctamente y si se realiza un mantenimiento preventivo. Básicamente las posibles reparaciones que puedan ser necesarias son las mismas que cualquier aparato o sistema eléctrico, y que están al alcance de cualquier electricista.

Los alcances del proyecto son: 1) Dar a conocer de mejor manera la forma que se emplea la energía solar mediante paneles solares ya que EMI (Escuela Militar de Ingenieros) cuenta con instalaciones de sistemas fotovoltaicos aislados los cuales requieren un manteniendo para poder mantener su máxima eficiencia y que dicho manual sirva como guía para realizar el manteniendo. 2) El material desarrollado puedes servir como herramienta auxiliar al alumnado (cadetes) y/o personal de mantenimiento a tener un mejor conocimiento y capacitación sobre el mantenimiento de paneles solares.

## **CAPITULO 1: FUNDAMENTOS DE LOS PANELES SOLARES.**

Un panel solar es un dispositivo que aprovecha la energía del sol para generar calor o electricidad. Según estos dos fines podemos distinguir entre colectores solares, que producen agua caliente (generalmente de uso doméstico) utilizando la energía solar térmica, y paneles fotovoltaicos, que generan electricidad a partir de la radiación solar que incide sobre las células fotovoltaicas del panel.

Los paneles solares fotovoltaicos constan de multitud de celdas, llamadas células fotovoltaicas, que convierten la radiación solar en electricidad. Se genera electricidad debido al 'efecto fotovoltaico' que provoca la energía solar (fotones), generando cargas positivas y negativas en dos semiconductores próximos de distinto tipo, lo que genera un campo eléctrico que producirá corriente eléctrica.

Los materiales más utilizados para fabricar estas células son el arseniuro de galio (GaAs), que se utiliza en otros dispositivos electrónicos complejos, y el silicio (Si), de menor coste económico y que se utiliza también en la industria microelectrónica.  
[5]

### **1.1 Cómo funcionan los paneles solares.**

En pocas palabras, un panel solar funciona permitiendo que los fotones, o partículas de luz, golpeen electrones libres de átomos, generando un flujo de electricidad. Los paneles solares constan en realidad de muchas unidades pequeñas llamadas células fotovoltaicas. (Fotovoltaica simplemente significa que convierten la luz solar en electricidad.) Muchas células unidas entre sí forman un panel solar.

Cada célula fotovoltaica es básicamente compuesta por dos placas de material semiconductor, generalmente silicio, el mismo material utilizado en la microelectrónica.

Para trabajar, las células fotovoltaicas necesitan establecer un campo eléctrico. Al igual que un campo magnético, que ocurre debido a polos opuestos, un campo eléctrico ocurre cuando se separan las cargas opuestas. Para conseguir este campo, los fabricantes “dopan” el silicio con otros materiales, dando a cada placa del panel una carga eléctrica positiva o negativa. [18]

## **1.2 Ventajas y Desventajas.**

### Principales ventajas

- El uso de la energía solar tiene el gran beneficio de la conservación saludable del medio ambiente.
- La energía solar no solamente es una forma de consumo de energía sostenible sino infinitamente renovable.
- Los paneles solares requieren poco mantenimiento, ya que no tienen partes mecánicas que puedan fallar.

### Principales desventajas

- Tanto su compra como su instalación pueden ser representar un gran costo inicial.
- Dependencia meteorológica. Una de las desventajas de la energía solar es que no se puede producir durante la noche. A pesar de esto, hay algunos modelos que son capaces de acumular y almacenar energía
- Las zonas de mayor radiación solar son lugares desérticos, alejados de las áreas de consumo. [2]

### 1.3 Partes de un panel fotovoltaico.

1. Cubierta exterior de cara al Sol: Elaborada en vidrio por los fabricantes de *paneles solares*, se encarga de facilitar la máxima transmisión posible de la radiación solar. Debe ser altamente resistente y con bajo contenido de hierro.
2. Capa encapsulaste: A base de silicona, encapsula la radiación para no perder su intensidad. Debe contar con un índice de refracción similar o mayor al de la primera capa, para mantener la radiación.
3. Celda fotovoltaica: Es el corazón del panel solar. Los fabricantes de *componentes de energía solar* las hacen en cristal con revestimiento de Silicio, para distribuir las a lo largo y ancho del *panel solar en varias agrupaciones. Las celdas más usadas en un panel solar oscilan entre las 3"x 6" y 6"x 6"*.
4. Plancha base: Es el componente principal del panel solar y comúnmente es de aluminio, aunque en ocasiones se emplea el vidrio con revestimiento de polímero termoplástico.
5. Cableado de salida a tierra: Las empresas fabricantes de paneles solares lo protegen con cajas estancas, que lo hacen resistente a la intemperie. [7]

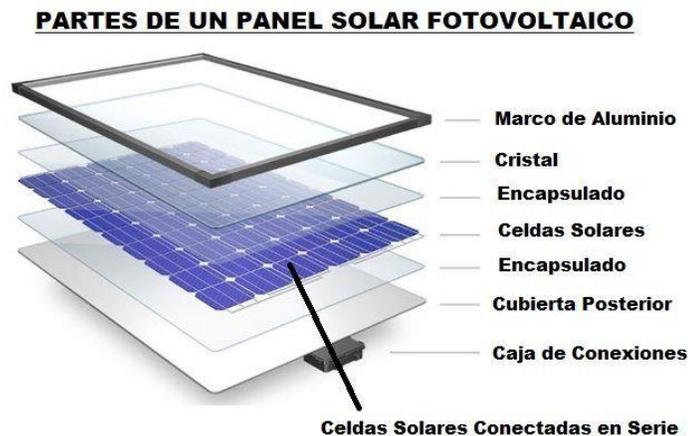


Fig. 1. Partes de un panel solar.

#### 1.4 Tipos de paneles solares.

Monocrystalino: Estos módulos están hechos de un silicio más puro, lo que les da un color más uniforme, además de resultar más eficientes al momento de generar energía.

Debido a su pureza y proceso de elaboración, suelen tener costos un poco más elevados que los policristalinos.

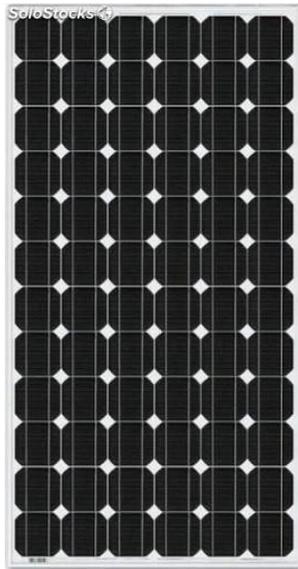


Fig. 2. Panel Monocrystalino.

Policristalino: Son paneles constituidos por un conjunto de cristales de silicio. Al estar conformados por células cuadradas, permiten un mejor acomodo, ahorrando así espacio en el módulo. Se caracterizan por tener una eficiencia de conversión óptima, poco menos que los monocrystalinos, por esta razón, su costo suele ser menor.



Fig.3. Panel Policristalino.

### 1.5 Estructuras para paneles solares.

La estructura solar es un elemento necesario para colocar los paneles solares con la inclinación y orientación adecuadas para conseguir el mejor rendimiento posible en la instalación solar. Se pueden utilizar estructuras de aluminio o de hierro o acero. Estas primeras ya están diseñadas para paneles solares y facilitan un montaje sencillo y sólido. También destacan por un menor peso que las estructuras de hierro y no necesitan mantenimiento con el paso de los años. Actualmente son las más utilizadas por su facilidad de transporte y de traslado hasta el tejado o las terrazas. Por su parte las estructuras de hierro suelen hacerse a medida para instalaciones que precisan de una estructura de diseño especial o bien para las estructuras de tipo poste que se suelen fijar en paredes verticales. [8]



Fig.4. Estructura de panel solar.

### 1.5.1 Tipos de estructuras paneles solares.

Estructura solar coplanar: la cual se adapta al tejado manteniendo su misma inclinación. Este tipo de estructura fotovoltaica es la más económica y rápida de montar y se entrega completamente con el entorno. También existen estructuras para tejados de chapa los cuales tienen un tipo de fijación adecuada para ellos.



Fig. 5. Estructura solar coplanar.

Estructura solar regulable: también se pueden situar en suelo firme en el huerto o el jardín de una finca. Lo más importante es que a lo largo del recorrido del sol no se produzcan sombras en superficie. Este hecho será vital para determinar que estructura es necesaria instalar según el entorno alrededor de la vivienda. [2]



Fig.6. Estructura solar regulable.

## CAPITULO 2: BATERIAS DE DESCARGA PROFUNDA

### 2.1 Baterías Monoblock.

Las baterías Monoblock están destinadas a pequeñas instalaciones solares y donde se busque una relación calidad-precio equilibrada.

Este tipo de baterías es adecuado para utilizar en pequeñas instalaciones fotovoltaicas aisladas (por ejemplo: con iluminación, televisor, ordenador y frigorífico) y que no lleven motores. Este tipo de baterías es la más barata y más sencilla.

También denominada “batería monoblock de plomo-ácido inundada tradicional” o «baterías monoblock de plomo-ácido abiertas», en base a la tecnología utilizada en la fabricación de la batería.

Al tener evaporación de gases, las baterías monoblock necesitan mantenimiento anual del nivel de electrolito y no pueden ser instaladas en caravanas, ni en lugares cerrados sin ventilación. [8]



Fig. 7. Batería tipo monoblock.

## 2.2 Baterías de ciclo profundo.

Las denominadas baterías de ciclo profundo tienen un formato similar a las monoblock, pero son un poco más grandes y están pensadas para instalaciones solares de uso diario, pues tienen una durabilidad 3-4 veces mayor que una monoblock, pudiendo llegar hasta los 6-7 años de vida.

Por tanto, las baterías de ciclo profundo pueden ser la mejor opción para instalaciones solares con consumos medios y utilización todo el año, donde la durabilidad de la batería también sea un factor importante.

La característica principal de las baterías de ciclo profundo es su capacidad para soportar numerosas descargas completas sin merma de su vida útil, ni dañar la batería, lo cual no es habitual en otros tipos de baterías.



Fig. 8. Batería de ciclo profundo (victron energy).

## 2.3 Baterías AGM.

Las baterías de AGM tienen el electrolito inmovilizado y unas válvulas de regulación de gases para evitar pérdidas, por eso se llaman “sin mantenimiento”. Tienen una duración media medida en número de ciclos de carga-descarga a una misma profundidad de descarga más elevada que las baterías monoblock.

A diferencia del resto de tipos de baterías, en las baterías AGM el ácido es absorbido entre las placas e inmovilizado por medio de unas alfombrillas o esteras de fibra de vidrio muy fina.

Las características que le otorga estos separadores y la forma de diseño y ensamblaje de la batería, convierte a las baterías AGM en una batería segura, que resiste las vibraciones y golpes, y donde no se derramará electrolito.

La batería AGM está pensada para pequeñas instalaciones fotovoltaicas en las que realizar el mantenimiento sería muy difícil o costoso. [6]



Fig. 9. Batería AGM (LTH).

## **CAPITULO 3: PLAN DE MANTENIMIENTO MAS COMUNES.**

### **3.1 Mantenimiento Correctivo.**

El mantenimiento correctivo es una forma de mantenimiento del sistema que se realiza después de haber ocurrido un fallo o problema en alguna de sus partes, con el objetivo de restablecer la operatividad del mismo. Se utiliza cuando es imposible de predecir o prevenir un fracaso, lo que hace el mantenimiento correctivo la única opción.

El proceso de mantenimiento correctivo se inicia con una avería y un diagnóstico para determinar la causa del fallo. Es importante determinar qué es lo causó el problema, a fin de tomar las medidas adecuadas, y evitar así que se vuelva a producir la misma avería.

Esta estrategia de mantenimiento puede resultar económica a corto plazo, al no invertir en planes de mantenimiento preventivo, si bien puede ocurrir que a causa de una falta de mantenimiento surja una avería que pueda resultar irreparable y con las graves consecuencias que esto conlleva, por tanto, no se recomienda este plan de mantenimiento, por estar demostrado que es mucho más costoso que cualquier otro a medio y a largo plazo. [9]

### **3.2 Mantenimiento Preventivo.**

El mantenimiento preventivo es aquel mantenimiento que tiene como primer objetivo evitar o mitigar las consecuencias de los fallos o averías de un sistema del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran.

Este plan de mantenimiento permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir coste de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación entre una larga lista

de ventajas.

El mantenimiento preventivo en general se ocupa en la determinación de condiciones operativas, de durabilidad y de confiabilidad de un equipo. Un plan de mantenimiento correctamente planificado puede reducir considerablemente los fallos de una instalación y sus consecuentes consecuencias acarreadas.

### **3.3 Mantenimiento Predictivo.**

El mantenimiento predictivo está basado en la determinación del estado de un sistema en operación, es decir, se basa en que los sistemas darán un tipo de aviso antes de que fallen por lo que este plan de mantenimiento trata de percibir los síntomas para después tomar acciones.

En el mantenimiento predictivo se suelen realizar ensayos no destructivos, como medida de vibraciones, medición de temperaturas, termografías, intensidades, tensiones, etc.

El mantenimiento predictivo permite que se tomen decisiones antes de que ocurra el fallo, de forma que se subsane este antes. Detectar cambios anormales en las condiciones del equipo y subsanarlos es una buena forma, aunque no fácil, de evitar posibles averías en el sistema. [9]

## **CAPITULO 4: MANTENIMIENTO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.**

Se podrá realizar este de acuerdo con el Pliego de Condiciones Técnicas, cubriendo tanto el mantenimiento preventivo, predictivo como el correctivo y el reglamentario o legal. Se tendrá que disponer de un stock de repuestos, útiles y herramientas necesarias para cumplir con las labores de mantenimiento, acordes al tamaño de la instalación.

Se deberán generar informes de cada una de las tareas, según procedimientos internos, a fin de optimizar costes de mantenimiento y poder predecir futuras averías no deseadas en la instalación. [10]

### **4.1 Plan de mantenimiento preventivo.**

#### **4.1.1 Paneles solares fotovoltaicos.**

Por su propia configuración carente de partes móviles, los paneles fotovoltaicos requieren muy poco mantenimiento, al mismo tiempo el control de calidad de los fabricantes es general y rara vez presenta problemas.

Dos aspectos a tener en cuenta primordialmente son, por un lado, asegurar que ningún obstáculo haga sombra sobre los módulos, y por el otro, mantener limpia la parte expuesta a los rayos solares de los módulos fotovoltaicos.

Las pérdidas producidas por la suciedad pueden llegar a ser de un 5%, y se pueden evitar con una limpieza periódica adecuada. [1]

##### **4.1.1.1 Limpieza periódica del panel.**

La suciedad que pueda acumular el panel puede reducir su rendimiento, las capas de polvo que reducen la intensidad del sol no son peligrosas y la

reducción de potencia no suele ser significativa.

Las labores de limpieza de los paneles se realizarán mensualmente o bien después de una lluvia de barro, nevada u otros fenómenos meteorológicos similares.

La limpieza se realizará con agua (sin agentes abrasivos ni instrumentos metálicos). Preferiblemente se hará fuera de las horas centrales del día, para evitar cambios bruscos de temperatura entre el agua y el panel (sobre todo en verano).

El proceso de limpieza depende lógicamente del proceso de ensuciado, en el caso de los depósitos procedentes de las aves conviene evitarlos poniendo pequeñas antenas elásticas que impidan que se posen. [11]



Fig. 10. Limpieza de paneles.

#### **4.1.1.2 Inspección visual de posibles degradaciones (bimensualmente).**

- Se controlará que ninguna célula se encuentre en mal estado (cristal de protección roto, normalmente debido a acciones externas).
- Se comprobará que el marco del módulo se encuentra en correctas condiciones (ausencia de deformaciones o roturas). [15]

#### 4.1.1.3 Control de temperatura del panel solar (trimestralmente).

Se controlará, a ser posible mediante termografía infrarroja, que ningún punto del panel esté fuera del rango de temperatura permitido por el fabricante, sobre todo en los meses de verano.

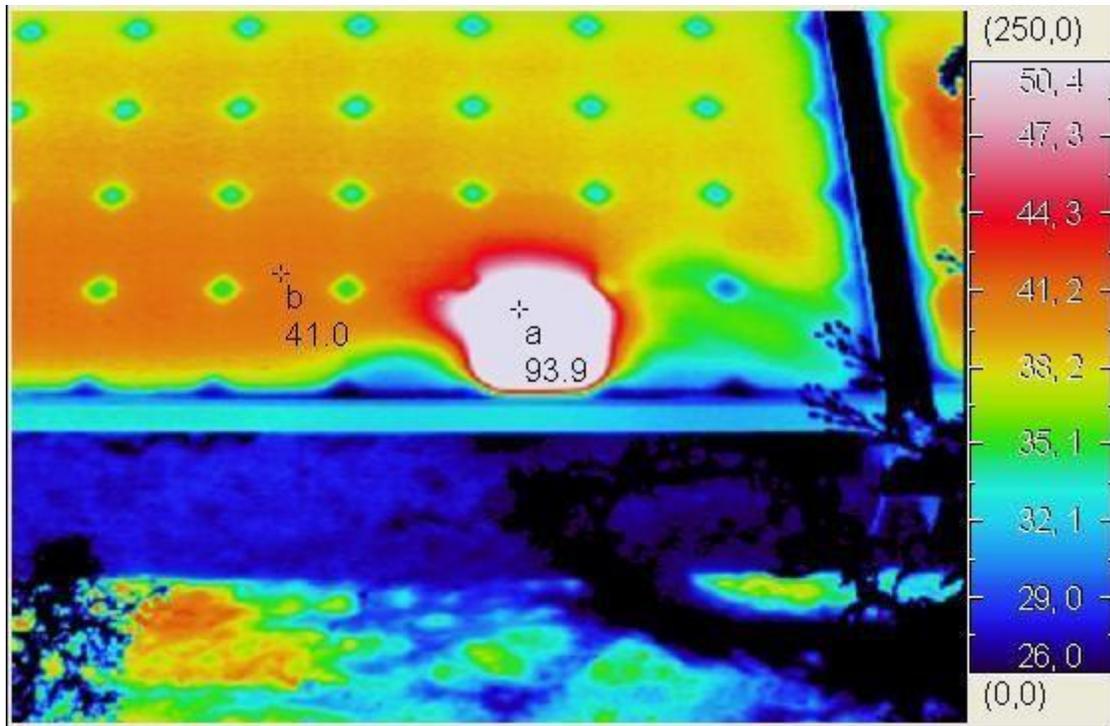


Fig. 11. Termografía de un panel fotovoltaico.

#### 4.1.1.4 Control de las características del panel solar (anualmente)

Se revisará el estado de las conexiones, entre otros:

- Ausencia de sulfatación de contactos.
- Ausencia de oxidaciones en los circuitos y soldadura de las células, normalmente debido a la entrada de humedad.
- Comprobación de estado y adherencia de los cables a los terminales de los paneles.

- Comprobación de la estanqueidad de la caja de terminales o del estado de los capuchones de seguridad. Si procede, se sustituirán las piezas en mal estado y/o se limpiarán los terminales.
- Comprobar la toma a tierra y la resistencia de paso al potencial de tierra.
- Temperatura de conexiones mediante termografía infrarroja. En caso de que alguna conexión aparentemente correcta alcance una temperatura por encima de 60 °C, se medirá la tensión e intensidad de la misma, controlando que está dentro de los valores normales. Si es necesario, sustituir dicha conexión. [16]

#### **4.2 Estructura soporte de paneles solares.**

La estructura soporte de los paneles fotovoltaicos está fabricada íntegramente con perfiles de aluminio y tornillería de acero inoxidable, por lo que no requieren mantenimiento anticorrosivo. El mantenimiento de las mismas se realizará cada seis meses y consistirá en:

Anualmente:

- Comprobación de posibles degradaciones (deformaciones, grietas, etc).
- Comprobación del estado de fijación de la estructura a cubierta. Se controlará que la tornillería se encuentra correctamente apretada, controlando el par de apriete si es necesario. Si algún elemento de fijación presenta síntomas de defectos, se sustituirá por otro nuevo.
- Comprobación de la estanqueidad de la cubierta. Consiste básicamente en cerciorarse de que todas las juntas se encuentran correctamente selladas, reparándolas en caso necesario.
- Comprobación del estado de fijación de módulos a la estructura. Operación análoga a la fijación de la estructura soporte a la cubierta.
- Comprobar la toma a tierra y la resistencia de paso al potencial de tierra.

### 4.3 Inversores.

Los inversores son uno de los equipos más delicados de la instalación, y como tal requieren un mantenimiento más exhaustivo. Si bien los intervalos de mantenimiento dependen del emplazamiento de estos y de las condiciones ambientales (polvo, humedad, etc). Las instrucciones que a continuación se muestran son válidas para el emplazamiento en el interior de un edificio sometido a rangos de temperatura normales (0-40°C a la sombra). Los trabajos de mantenimiento son los siguientes:

*Cada mes:*

- Lectura de los datos archivados y de la memoria de fallos.

*Cada 6 meses:*

- Limpieza o recambio de las esteras de los filtros de entrada de aire.
- Limpieza de las rejillas protectoras en las entradas y salidas de aire.

*Cada año:*

- Limpieza del disipador de calor del componente de potencia.
- Comprobar cubiertas y funcionamiento de bloqueos.
- Inspección de polvo, suciedad, humedad y filtraciones de agua en el interior del armado del inversor.
- Si es necesario, limpiar el inversor y tomar las medidas pertinentes.
- Revisar la firmeza de todas las conexiones del cableado eléctrico y, dado el caso, apretarlas.
- Comprobar si el aislamiento o los bornes presentan descoloración o alteraciones de otro tipo. En caso necesario cambiar las conexiones deterioradas o los elementos de conexión oxidados.
- Comprobar la temperatura de conexiones mediante termografía infrarroja. En caso de que alguna conexión aparentemente correcta alcance una temperatura por encima de 60 °C, se medirá la tensión e intensidad de la misma, controlando que está dentro de los valores

normales. Si es necesario, sustituir dicha conexión.

- Inspeccionar y, dado el caso, reponer las etiquetas de indicación de advertencia.
- Comprobar el funcionamiento de los ventiladores y atender a ruidos. Los ventiladores pueden ser encendidos si se ajustan los termostatos o durante el funcionamiento.
- Inspección visual de los fusibles y seccionadores existentes y, dado el caso, engrase de los contactos.
- Revisión de funcionamiento de los dispositivos de protección.
  - Interruptores de protección de la corriente de defecto.
  - Interruptores automáticos.
  - Interruptores de potencia.
  - Interruptores de protección de motores por accionamiento manual o mediante la tecla de control (si existe). [20]



Fig. 12. Inversor ABB (Inversor de instalación fotovoltaica).

Es muy recomendable guardar y archivar regularmente los datos del Inversor Central con el programa suministrado por el fabricante. Esto puede realizarse por consulta a distancia o durante el mantenimiento de rutina.

Debido al peligro inminente por riesgo eléctrico, las operaciones de

mantenimiento se deben realizar con los inversores desconectados y sin tensión.

#### **4.4 Baterías.**

Las frecuencias de mantenimiento a las baterías para uso con los paneles solares varían según su diseño de fábrica, calidad, maraca y utilización

1 Limpiar la parte superior de las baterías. El polvo y otros restos terminan por hacerse ligeramente conductores y dejan pasar la corriente, lo que causa una descarga lenta, a veces de manera significativa.

2 Comprobar el nivel de líquido después de una carga lo más completa posible. Muy a menudo las baterías utilizan más líquido cuando se cargan totalmente con frecuencia, debido a la emanación de gases que se produce a plena carga.

3 Limpiar y reapretar las terminales. Estas son generalmente de plomo material blando, y es preciso entonces apretar las fijaciones de vez en cuando, así como recubrirlas de grasa para evitar toda corrosión. Esta parte sucede con frecuencia en un sistema de paneles solares.

4 Medidas con densímetro. Este dispositivo mide la densidad del ácido, y eso da una referencia de la salud de la batería. Hacer la medida en cada una de las celdas, y si alguna tiene valores diferentes a las otras es porque se están deteriorando y adsorben la energía de todas las celdas de la batería.

5 Carga de igualación. Se cargan las baterías hasta 15.2 volts, y si se mantiene así durante tres o cuatro días.

Esto permite reequilibrar las celdas compensando la sulfatación en el electrolito.

Atención: Durante este proceso hay una producción de hidrogeno importante; no abrir los tapones muy seguidamente porque se corre el riesgo de que se derrame el electrolito.

Recordar que las baterías y los paneles solares funcionan de manera continua, uno depende del otro. Uno cuida al otro gracias a la buena práctica

de usar un buen regulador de baterías.

#### **4.5 Cajas de campo SSM.**

El Sunny String-Monitor es una caja de conexión del generador a la que se pueden conectar en paralelo varios strings. Controla las corrientes de entrada de strings, detecta averías y contribuye así a reducir pérdidas de potencia y rendimiento. Las corrientes de string se controlan por medio de la placa de medición String-Monitor Unit (SMU) que se encuentra en el Sunny String-Monitor.

Las cajas Sunny String Monitor (SSM) suministradas son resistentes a la intemperie (emplazadas a la sombra). Se recomienda realizar las siguientes operaciones de mantenimiento. Anualmente:

- Comprobar el correcto anclaje de la caja a la estructura soporte correspondiente y horizontalidad de la misma, asegurándose de que la tornillería está correctamente apretada (comprobando el par de apriete si es necesario), sustituyendo algún elemento de fijación si se encuentra en mal estado.
- Comprobar que la carcasa de la caja se encuentra en correcto estado y no presenta síntomas de deterioro debido a agentes externos. Sustituirla en caso necesario.
- Comprobar la estanqueidad de la carcasa y si presenta daños.
- Comprobar si la tapa está bien asentada y su estanqueidad. Asegurarse al cerrar la tapa que los cierres estén bien bloqueados, ejerciendo una ligera presión con un destornillador hasta que estos encajen (1/4 de vuelta).

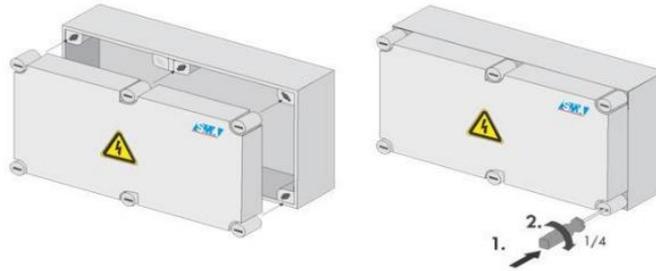


Fig. 13. Tapa exterior de la caja de campo SSM.

- Comprobar si se ha acumulado agua de condensación en el equipo. Si es así, absorber el agua que haya, comprobar la causa de la infiltración de agua y subsanar el defecto.
- Comprobar si la conexión roscada de compensación de presión presenta suciedad o daños y, si fuera necesario, sustituir ésta.
- Comprobar las fijaciones de las cubiertas de plexiglás situadas por encima de los fusibles String.
- Comprobar las etiquetas de advertencias de peligro tanto en el exterior como en el interior del equipo y si son ilegibles o están dañadas reponer estas.
- Comprobar la estanqueidad de la caja, cerciorándose de que no ha entrado humedad en el interior. Sustituir las juntas de estanqueidad en caso necesario.

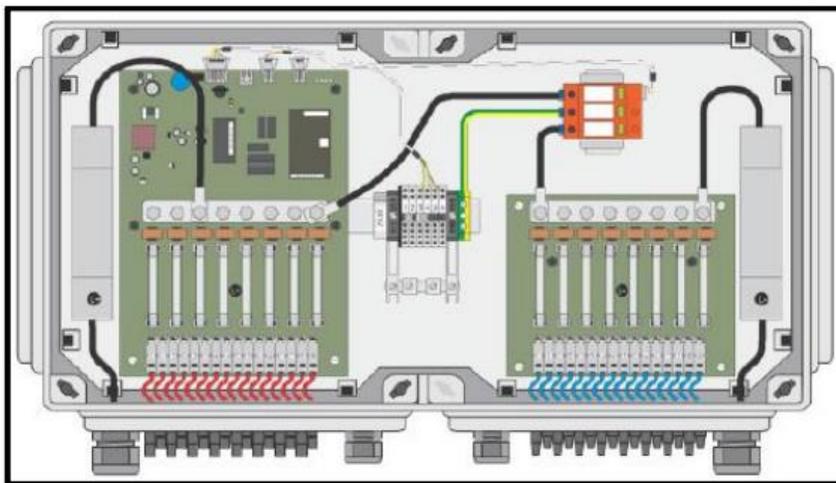


Fig. 14. Interior de la caja de campo SSM.

- Realizar una inspección visual de los fusibles existentes y de los

muelles tensores en los porta fusibles.

- Comprobar además la tensión auxiliar +55 V en los bornes de conexión y en los conectores, ésta debe estar al menos en +30 V.
- Controlar la firmeza del apriete de todas las conexiones del cableado eléctrico y, si fuera necesario, apretarlas. Comprobar si el aislamiento o los bornes presentan descoloración o alteraciones de otro tipo. Cambiar las conexiones deterioradas o los elementos de contacto oxidados.
- Controlar la firmeza del apriete de todas las conexiones del cableado String y, si fuera necesario, apretarlas. Ver si el aislamiento en los bornes del subgrupo y en la barra colectora presentan descoloración o alteraciones de otro tipo.
- Comprobar la conexión del apantallamiento de la conexión de comunicación, esta debe estar apretada a mano, un destornillador no es adecuado. Comprobar el apriete de todas las conexiones del interruptor-seccionador y de ser necesario apretarlas. Ver si el aislamiento o el interruptor presentan descoloración o alteraciones de otro tipo.
- Comprobar la toma a tierra y la resistencia de paso al potencial de tierra. Comprobar el descargador de sobretensión, el campo visual debe estar en verde.
- Es recomendable comprobar la temperatura de conexiones mediante termografía infrarroja. En caso de que alguna conexión aparentemente correcta alcance una temperatura por encima de 60 °C, se medirá la tensión e intensidad de la misma, controlando que está dentro de los valores normales. Si es necesario, sustituir dicha conexión.

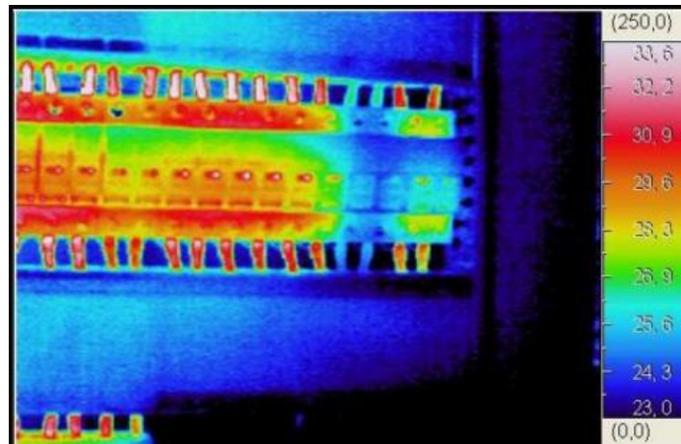


Fig. 15. Ejemplo de termografía de un cuadro de conexiones.

Debido al peligro inminente por riesgo eléctrico, es imperativo realizar todas las operaciones de mantenimiento con las cajas desconectadas y sin tensión.

#### 4.6 Cajas centrales SMBC.

La Sunny Main Box es un distribuidor principal de CC que agrupa los cables de string salientes del subdistribuidor de CC y los conduce a través de la línea principal de CC al inversor central.

Las cajas centrales Sunny Main Box Cabinet suministradas son resistentes a la intemperie e incluso a los rayos UV. Por lo que las posibilidades de degradación de la carcasa son prácticamente nulas al estar emplazadas dentro de la caseta de inversores y CT. Las operaciones de mantenimiento a realizar son básicamente similares a la de las cajas SSM. Anualmente:

- Comprobar el correcto anclaje de la caja a la pared de la caseta y horizontalidad de la caja, asegurándose de que la tornillería está correctamente apretada (comprobando el par de apriete si es necesario), sustituyendo algún elemento de fijación si se encuentra en mal estado.
- Comprobar si la carcasa presenta daños y si las puertas del armario de distribución, así como el mecanismo de la puerta están estancas y

asientan bien.

- Comprobar si están estancos los pasos de los cables de conexión o si presentan suciedad y daños.

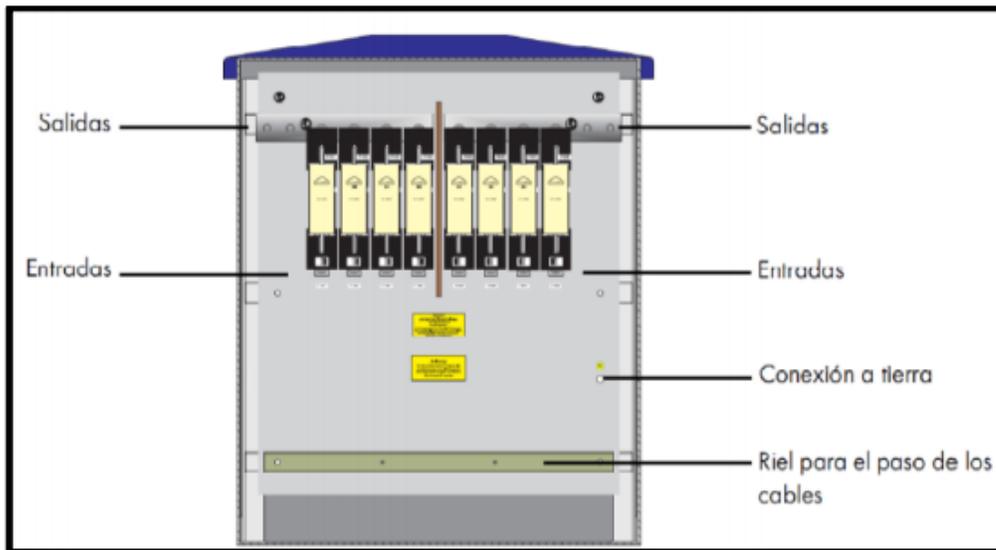


Fig. 16. Estructura interna de la caja central SMBC.

- Comprobar que el cableado de la caja SMBC está fijamente atornillado.
- Comprobar que el cableado de la caja SMBC está completamente cubierto con espuma en la parte de la placa del fondo. Asegurarse de que la espuma no está porosa.
- Comprobar en el cableado completo que está eliminada la tracción.
- Comprobar si se ha acumulado agua de condensación en el equipo.
- Comprobar las fijaciones de las cubiertas de plexiglás situadas por encima de los fusibles String.
- Comprobar las etiquetas de advertencias de peligro tanto en el exterior como en el interior del equipo y si son ilegibles o están dañadas reponer éstas.
- Realizar una inspección visual de los fusibles existentes y de los muelles tensores en los portafusiles.

- Comprobar la toma a tierra y la resistencia de paso al potencial de tierra.
- Controlar la firmeza del apriete de todas las conexiones del cableado eléctrico y, si fuera necesario, apriételas.
- Comprobar si el aislamiento o la barra colectora presentan descoloración o alteraciones de otro tipo. Cambie las conexiones deterioradas o los elementos de contacto oxidados.
- Comprobar si presentan suciedad las gasas filtrantes de las rosetas de ventilación y, si fuera necesario, limpie o sustituya éstas.
- Comprobar la temperatura de conexiones mediante termografía infrarroja. En caso de que alguna conexión aparentemente correcta alcance una temperatura por encima de 60 °C, se medirá la tensión e intensidad de la misma, controlando que está dentro de los valores normales. Si es necesario, sustituir dicha conexión.

Debido al peligro inminente por riesgo eléctrico, es imperativo realizar todas las operaciones de mantenimiento con las cajas desconectadas y sin tensión.

[23]

#### **4.7 Sistema de monitorización de la instalación eléctrica.**

En este apartado nos centraremos en los elementos que complementan al sistema de control formado por las cajas de campo SSM y los inversores, ambos comentados. Estos elementos, aunque no son fundamentales para el correcto funcionamiento de la instalación solar, son muy importantes para el control de la misma, así como detección de averías. El mantenimiento es muy sencillo y consiste en:

Mensualmente:

- Supervisión visual de los distintos equipos a través del computador, es decir, controlar los parámetros de producción (tensión, intensidad, potencia, etc) registro de alarmas, etc.

- Comprobación del sistema de aviso de alarmas. Para ello se enviará un mensaje de prueba al dispositivo móvil o correo electrónico configurado.

Semestral:

- Revisión de las conexiones de los distintos elementos, tarjetas, sensores, Router, computador, etc.
- Comprobación de todos los sensores, cerciorándose de que se encuentran en buen estado y no presentan síntomas de deterioro o roturas. En caso necesario, sustituir estos. [23]

#### **4.8 Línea eléctrica.**

De una buena conservación de la misma dependerá el correcto funcionamiento de la instalación solar fotovoltaica y de las protecciones de la misma. La parte más delicada de la línea eléctrica corresponde a la línea de CC sobre cubierta, por estar sometida a las inclemencias atmosféricas y agentes externos. El mantenimiento de la línea eléctrica consiste en:

Cada 6 meses:

- Comprobación del estado de la cubierta y aislamiento de los cables, así como las protecciones mecánicas de los mismos. Si presenta algún síntoma de deterioro, sustituir el tramo completo.

Cada 1 años:

- Comprobación del estado de los bornes de abroche de la línea general de alimentación en la CGP, mediante inspección visual.
- Abrir las arquetas de registro y comprobar el estado de empalmes y conexiones (sulfatación de contactos, óxido, etc) sustituir las terminaciones en caso de síntomas de deterioro de las mismas.
- Comprobación del aislamiento entre fases y entre cada fase y neutro. [19]

#### 4.9 Protecciones de la instalación fotovoltaica.

Las protecciones del circuito eléctrico de la instalación solar fotovoltaica han de encontrarse siempre en perfecto estado de funcionamiento ya que de estas depende la totalidad de las condiciones de seguridad tanto de equipos como de usuarios. Las operaciones de mantenimiento que habrá que realizar son:

Cada 3 meses:

- Inspección visual de mecanismos interiores para posible detección de anomalías visibles y dar aviso al profesional.

Cada año:

- Comprobación del correcto funcionamiento de los interruptores diferenciales mediante el siguiente procedimiento:
  - ✓ Acción manual sobre el botón de prueba que incluye el propio interruptor diferencial.
  - ✓ Desconexión automática del paso de la corriente eléctrica mediante la recuperación de la posición de reposo (0) de mando de conexión desconexión.
  - ✓ Acción manual sobre el mismo mando para colocarlo en su posición de conexión (1) para recuperar el suministro eléctrico.
  - ✓ Comprobación del funcionamiento de todos los interruptores del cuadro de mando y protección, verificando que son estables en sus posiciones de abierto y cerrado.
- Comprobación del correcto funcionamiento de los interruptores magneto térmicos. Cuando por sobre intensidad o cortocircuito saltara un interruptor magneto térmico habría que actuar de la siguiente manera:
  - ✓ Desconexión de aquel receptor eléctrico con el que se produjo la avería o, en su caso, desconectar el correspondiente interruptor.
  - ✓ Rearme (o activado) del magneto térmico del fallo para recuperar el suministro habitual.

- ✓ Revisión del receptor eléctrico que ha originado el problema o, en su caso, comprobación de que su potencia es menor que la que soporta el magneto térmico.
- Revisión general, comprobando el estado del cuadro de mando y protección, los mecanismos alojados y conexiones.
- Comprobación mediante inspección visual del estado del interruptor de corte y de los fusibles de protección, el estado frente a la corrosión de la puerta del armario y la continuidad del conductor de puesta a tierra del marco metálico de la misma.
- Verificación del estado de conservación de las cubiertas aislantes de los interruptores, reparándose los defectos encontrados.
- Limpieza superficial de las clavijas y receptores eléctricos, siempre con bayetas secas y en estado de desconexión.
- Limpieza superficial de los mecanismos, siempre con bayetas secas y preferiblemente con desconexión previa de la corriente eléctrica.
- Comprobación de los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación a la sección de los conductores que protegen, reparándose los defectos encontrados.
- Revisión de la rigidez dieléctrica entre los conductores.
- Revisión general de la instalación. Todos los temas de cableado son exclusivos de la empresa autorizada.

Se tomarán todas las precauciones referidas a trabajos con inminente riesgo eléctrico. [21]

#### **4.10 Puesta a tierra**

Es imprescindible mantener la puesta a tierra tanto de la instalación solar fotovoltaica como la de las instalaciones auxiliares de las distintas casetas ya que de esta depende el correcto funcionamiento de las protecciones que

dependen de ella. Las operaciones de mantenimiento a realizar son:

Cada 6 meses:

- En la época en que el terreno esté más seco y después de cada descarga eléctrica, comprobación de la continuidad eléctrica y reparación de los defectos encontrados en los distintos puntos de puesta a tierra (masas metálicas, enchufes, neutros de los equipos, etc).
- Comprobación de la línea principal y derivadas de tierra, mediante inspección visual de todas las conexiones y su estado frente a la corrosión, así como la continuidad de las líneas. Reparación de los defectos encontrados.
- Comprobación de que el valor de la resistencia de tierra sigue siendo inferior a 20. En caso de que los valores obtenidos de resistencia a tierra fueran superiores al indicado, se suplementarán electrodos en contacto con el terreno hasta restablecer los valores de resistencia a tierra de proyecto.
- Comprobación del aislamiento de la instalación interior (entre cada conductor y tierra y entre cada dos conductores no deberá ser inferior a 250.000 Ohm). Se reparan los defectos encontrados.
- Comprobación del conductor de protección y de la continuidad de las conexiones equipotenciales entre masas y elementos conductores, especialmente si se han realizado obras en aseos, que hubiesen podido dar lugar al corte de los conductores. Reparación de los defectos encontrados. [12]

#### **4.11 Instalación eléctrica.**

Las labores de mantenimiento a aplicar son similares a las descritas tanto para la instalación eléctrica de la instalación solar fotovoltaica como para las protecciones, además de las siguientes:

Cada año:

- Inspección visual para comprobar el buen estado de los enchufes a través del buen contacto con las espigas de las clavijas que soporte y de la ausencia de posibles fogueados de sus alvéolos.
- Limpieza superficial de los enchufes con un trapo seco.
- Verificación del estado de conservación de las cubiertas aislantes de los interruptores y bases de enchufe de la instalación, reparándose los defectos encontrados.
- Limpieza superficial de las clavijas y receptores eléctricos, siempre con bayetas secas y en estado de desconexión. [13]

#### **4.12 Ventilación.**

El sistema de ventilación es muy importante para el correcto funcionamiento de todos los equipos, si bien su mantenimiento es muy sencillo y consiste básicamente en:

Cada 6 meses:

- Observación del estado de las rejillas y limpieza de las mismas.
- Realización de labores de limpieza y verificación del estado del ventilador, además de la sustitución o limpieza de filtros, si los posee.
- Comprobación del funcionamiento adecuado del ventilador.
- Inspección visual del estado del ventilador.
- Verificación de los elementos anti vibratorios del ventilador, así como los conductos elásticos de unión con los conductos de ventilación.

Cada 1 años:

- Limpieza de las rejillas.
- Comprobación de las conexiones eléctricas y reparación de los defectos encontrados.
- Limpieza del ventilador, eliminando aquellos elementos que se hayan podido fijar sobre él, con cuidado de que no caigan restos al interior de los conductos.

Para las operaciones de limpieza se utilizarán productos que no dañen ni las rejillas ni ventiladores, así mismo, se tomarán las precauciones necesarias cuando se realicen trabajos con riesgo eléctrico. [22]

#### **4.13 Extinción de incendios.**

El sistema de extinción de incendio se compone básicamente de los extintores portátiles instalados en las distintas casetas, en los lugares indicados según planos. El mantenimiento de estos elementos consiste en:

Cada 3 meses:

- Comprobación de su accesibilidad, el buen estado de conservación, seguros, precintos, inscripciones y manguera.
- Comprobación del estado de carga (peso y presión) del extintor y del botellín de gas impulsor (si existe) y el estado de las partes mecánicas (boquilla, válvulas y manguera), reponiéndolas en caso necesario.
- Comprobación de la accesibilidad, señalización y buen estado aparente de conservación.
- Inspección ocular de seguros, precintos e inscripciones.
- Comprobación del peso y presión, en su caso.
- Inspección ocular del estado externo de las partes mecánicas (boquilla, válvula y manguera).

Cada 6 meses:

- Comprobación del peso y presión, en su caso.
- En el caso de extintores de polvo con botellín de gas de impulsión, comprobación del buen estado del agente extintor y del peso y aspecto externo del botellín.
- Inspección ocular del estado de la manguera, boquilla o lanza, válvulas y partes mecánicas.

Cada 1 años:

- Rellenado del extintor, a partir de la fecha de timbrado, y por tres veces.

Como norma general, tomar las siguientes precauciones:

- No cambiar la posición de los extintores ya que están ubicados conforme a la normativa vigente y cualquier otro emplazamiento podría suponer un obstáculo para el personal.
- No retirar el precinto de seguridad del extintor si no es para usarlo acto seguido.
- Seguir las instrucciones del fabricante de los mismos.
- En caso de usar un extintor, este se recargará inmediatamente. [27]

#### **4.14 Iluminación de emergencia.**

El mantenimiento de la instalación de iluminación de emergencia se basa en las siguientes prescripciones:

Cada año:

- Limpieza de las lámparas, preferentemente en seco.
- Limpieza de las luminarias, mediante paño humedecido en agua jabonosa, secándose posteriormente con paño de gamuza o similar.
- Revisión de las luminarias y reposición de las lámparas por grupos de equipos completos y áreas de iluminación.

La reposición de las lámparas de los equipos deberá efectuarse antes de que agoten su vida útil. Dicha reposición se efectuará preferentemente por grupos de equipos completos y áreas de iluminación. Se tomarán las precauciones necesarias para evitar riesgos relacionados con la corriente eléctrica. [14]

## CAPITULO 5: PROCEDIMIENTOS

Se realizó una Residencia Profesional en La Escuela Militar de Ingenieros (EMI). La cual tuvo una duración de 6 meses (noviembre 2019 a mayo 2020), es un establecimiento de educación militar de nivel superior que depende del Alto Mando del Ejército Mexicano y Fuerza Aérea de México, a través de la Dirección General de Educación Militar y de la rectoría de la Universidad del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos. Tiene como misión formar ingenieros militares en las diversas ramas de la ingeniería, para satisfacer las necesidades del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos. Su domicilio es en Av. Industria Militar No. 261, Lomas de San Isidro, Naucalpan, Edo. Méx.



Fig. 17. Escuela Militar de Ingenieros.

### 5.1 Funcionalidad y mantenimiento de una instalación fotovoltaica aislada.

Se realizó mantenimiento a una instalación fotovoltaica la cual se demoniza como “árbol de paneles solares” el cual se encuentra ubicado en la entrada principal de Escuela Militar de Ingenieros. Esta instalación es capaz de proporcionar un voltaje de 120 volts para carga de celulares o aparatos electrónicos que funcionen a este voltaje. La condición en la que se encontraba la instalación era buena ya que no se encontraron defectos de gran gravedad y solo se tuvo que dar manteamiento a los

paneles solares y conectar de manera correcta el inversor para poder poner en marcha su funcionalidad ya que los componentes estaban en perfecto estado

La instalación “Árbol de paneles solares” está compuesta por:

- 8 paneles solares.
- Controlador de carga de 20 Amperes.
- 6 baterías de 12 V. de descarga profunda.
- Inversor de 1500 w. 24 VCD entrada, 120 VAC salida.
- Estructura metálica con forma de brazos de árbol de ahí su nombre.
- Cableado con recubrimiento especial para intemperie.



Fig. 18 Limpieza de la superficie frontal de los módulos fotovoltaicos.



Fig. 19 Limpieza de la estructura de la instalación fotovoltaica.



Fig. 20 Inspección visual del estado de la estructura del Árbol de paneles solares.

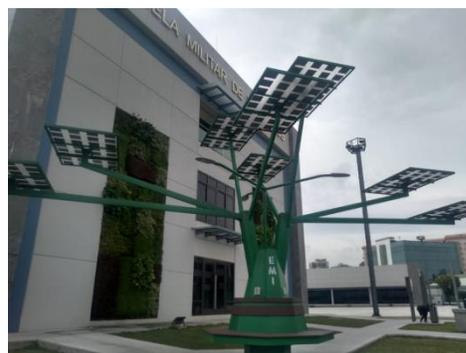


Fig. 21 inspección de los componentes superficiales.



Fig. 22 Estado en que se encontraban los componentes internos.



Fig. 23 Inversor de 1500w 24 VDC-120VAC.



Fig. 24 Controlador de corriente y voltaje (OUT BACK POWER)



Fig. 25 Baterías de descarga profunda del Árbol de paneles solares

## 5.2 Sistema fotovoltaico para comedor.

Este sistema fotovoltaico se encuentra en perfecto estado y actualmente en funcionamiento ya que es el encargado de suministrar energía eléctrica de manera autónoma a el área de comedor de los cadetes, y así dar funcionalidad a televisores,

refrigeradores e eliminación de toda la estancia del comedor. La ya mencionada instalación está compuesta por:

- 42 paneles fotovoltaicos (325 W. 37.6 V. cada uno)
- Inversor de corriente
- Controlador de corriente y voltaje
- Baterías de descarga profunda



Fig. 26 inspección visual de los paneles solares.

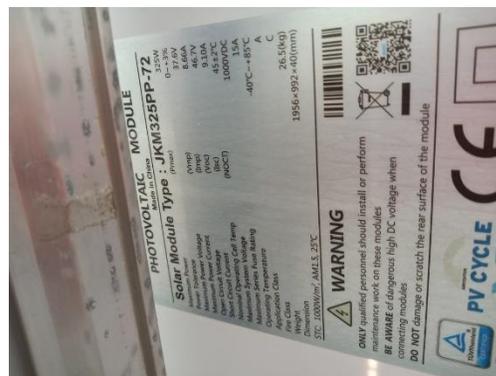


Fig. 27 etiqueta de identificación de los paneles solares.



Fig. 28 Paneles solares de la instalación fotovoltaica autónoma.



Fig. 29 Estructura de los paneles solares

### 5.3 Colectores solares para calentamiento de agua sanitaria para habitaciones.

En la Escuela Militar de Ingenieros se cuenta un sistema de calentamiento de agua mediante radiación solar, lo cual evita el uso de combustible ordinario para el calentamiento de agua, el mismo sistema esta adecuado para abastecer todo el edificio de estancia (dormitorios) de los cadetes, y cuenta con termotanques de almacenamiento para resguardar el agua caliente.

El sistema de colectores solares para calentamiento de agua sanitaria está compuesto por:

- 40 termoceldas
- 2 termotanques
- Soportes para las termoceldas
- Tubería especial para intemperie y altas temperaturas



Fig. 30 Colectores de radiación solar.



Fig. 31 Instalación de calentadores solares para dormitorios.



Fig. 32 Inspección visual de los termotanques.



Fig. 33 Termotanque de la instalación de calentamiento de agua sanitaria.

#### 5.4 Calentadores de agua para alberca.

Este sistema es el encargado de mantener una temperatura adecuada para la alberca ubicada dentro del colegio mediante 30 calentadores solares que se encargan de captar la radiación solar y de esta manera poder calentar el agua de la alberca a cierta temperatura para que los cadetes puedan realizar prácticas natación y clavados dentro de la alberca.

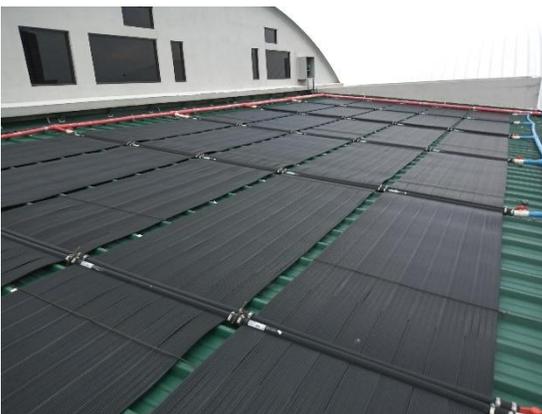


Fig. 34 Calentadores solares para alberca.



Fig. 35 Calentadores solares para alberca.



Fig. 36 Alberca semiolímpica de EMI



Fig. 37 Alberca semiolímpica de EMI

### **5.5 Módulo híbrido de simulación de instalaciones fotovoltaicas y eólicas.**

El Módulo híbrido de simulación de instalaciones fotovoltaicas y eólicas se encuentra en unos de los laboratorios del colegio. Es principalmente usado para practicas con los cadetes y que de esta manera tengan un mejor concepto y experiencia sobre el uso y la importancia de las energías renovables ya que con este módulo pueden realizar instalaciones fotovoltaicas y eólicas sin correr ningún riesgo. Además de que se realizó un mantenimiento y una revisión ya que el generador eólico no proporcionaba la carga ni el voltaje adecuado y el punto del problema encontrado fue un inversor interno dentro del aerogenerador.

El Módulo híbrido de simulación de instalaciones fotovoltaicas y eólicas está compuesta por:

- Panel solar
- Generador eólico
- Controlador de carga solar
- Controlador de carga eólico

- Controlador de carga híbrido
- Batería
- Ventilador para el uso del generador eólico
- Panel de conexiones



Fig. 38 Módulo híbrido de simulación de instalaciones fotovoltaicas y eólicas.



Fig. 39 Cuerpo del aerogenerador.



Fig. 40 hélices del aerogenerador.



Fig. 41 Motor de aerogenerador.



Fig 41. Panel solar del modulo hibrido

## **5.6 Generador de Van de Graaff y extractor de corcones de concreto.**

Además de lo antes ya mencionado se realizaron algunas otras actividades como lo fue el puesto en marcha de un generador de Van de Graaff, ya que la banda que produce la estática se encontraba en mal estado, también se realizó mantenimiento a un extractor de corazones ya que los carbones del motor se encontraban desgastados, todo esto se llevó a cabo con la colaboración de algunos elementos de la Escuela Militar de Ingenieros.



Fig. 42 Extractor de corazones.



Fig. 43 practica con generador de Van de Graaff



Fig. 44 Colaboración con personal militar de EMI.

## RESULTADOS.

Con base a los estudios realizados dentro del colegio con los sistemas que se emplean de energía renovable se realizaron los siguientes formatos de mantenimiento para obtener y garantizar un mejor funcionamiento de cada sistema renovable empleado dentro de la institución.

<b>FORMATO DE MANTENIMIENTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO</b>		
Descripción de la anomalía o defecto a inspeccionar	BIEN	MAL
Suciedad u objetos en el panel solar		
Revisar del previo ajuste de los tornillos del soporte del panel		
Estado del panel solar sin quebraduras o anomalías		
Estado del cableado del Sistema Fotovoltaico		
Revisar el controlador de carga de la instalación		
Revisión de baterías		
Corrosión o desgaste en los polos (postes) de las baterías		
Nivel de ácido de las baterías		
Revisión de la puesta a tierra		
Estado de las cajas de conexiones		
Estado de los empaques de las cajas de conexión de los paneles		
Estado del inversor de corriente		
Observaciones de anomalías adicionales:	Fecha:	
Nombre del inspector:		

<b>FORMATO DE MANTENIMIENTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO</b>		
Descripción de la anomalía o defecto a inspeccionar	BIEN	MAL
Suciedad u objetos en el panel solar		
Revisar del previo ajuste de los tornillos del soporte del panel		
Estado del panel solar sin quebraduras o anomalías		
Estado del cableado del Sistema Fotovoltaico		
Revisar el controlador de carga de la instalación		
Línea eléctrica		
Sistema de interconexión a la red		
Limpieza del gabinete de conexiones		
Revisión de la puesta a tierra		
Estado de las cajas de conexiones		
Estado de los empaques de las cajas de conexión de los paneles		
Estado del cableado a la red eléctrica		
Ventilación del gabinete de conexiones		
Estado de los soportes de los paneles solares		
Protección contra incendios		
Luz de emergencia de la instalación		
Corrosión de sujetadores, miembros mecánicos o elementos eléctricos		
Decoloración de los materiales encapsulados		
Huecos o corrosión en las películas de las capas fotovoltaicas		
Burbujas de laminación de los materiales encapsulados		
Interconexiones eléctricas rotas, quebradas o defectuosas		
La falta, la legibilidad o descamación en la etiqueta de identificación o de la marca		
Estado del inversor de corriente		
Observaciones de anomalías adicionales:	Fecha:	
Nombre del inspector:		

<b>FORMATO DE MANTENIMIENTO PARA CALENTADORES SOLARES</b>		
Descripción de la anomalía o defecto a inspeccionar	BIEN	MAL
Cubierta de vidrio		
Colector (placa absorbente)		
Conductos o serpentín de cobre		
carcasa o marco de la termo celda		
La falta, la legibilidad o descamación en la etiqueta de identificación o de la marca		
Revisión de tuberías		
fugas o anomalías en la instalación de tuberías		
Revisión de válvulas		
Estado del termo tanque		
Precio del termo tanque		
Estado de los soportes de los calentadores solares		
Estado del soporte del termo tanque		
Observaciones de anomalías adicionales:	Fecha:	
Nombre del inspector:		

También con la colaboración de personal militar se diseñó y se realizó un sistema fotovoltaico aislado a escala con la finalidad de poder obtener la suficiente energía para poder cargar un celular de forma autónoma, el cual fue presentando ante el general brigadier (Director de la institución EMI) y aprobado por el mismo para ser presentado en la exposición del día del ejercito con el motivo de dar a conocer a la comunidad el tipo de uso de energía renovable que emplea el ejército mexicano.



Fig. 45 Diseño y soldadura de la base principal.



Fig. 46 Instalación de paneles solares de 5 volts.



Fig. 47 Elaboración de la base para los puertos USB.



Fig. 48 Cableado de paneles solares en serie



Fig. 49 Entrada de los puertos USB



Fig. 50 Presentación de árbol fotovoltaico a escala



Fig. 51 Pruebas de funcionalidad aprobatoria de la instalación fotovoltaica aislada

## **CONCLUSIONES.**

A lo largo del desarrollo de este proyecto de titulación, relativo a la elaboración de un plan de mantenimiento para la Escuela Militar de Ingenieros se investigó y analizó las principales fuentes de energía, se pudo conocer la importancia de la realización de proyectos de tipo fotovoltaico en atención a las comportantes ventajas que este representa en comparación con los sistemas tradicionales de generación de energía considerando el bajo impacto medioambiental que estos provocan y al escaso mantenimiento que estos requieren por parte de las empresas encargadas de estas tareas.

Además, fue posible conocer los elementos necesarios para el funcionamiento de la instalación fotovoltaica y cuál es su tarea en la generación de electricidad. De esta forma y gracias a los conocimientos aprendidos, se pudo determinar las tareas necesarias para alcanzar una efectiva disponibilidad de la instalación en su tarea de generar energía.

Teniendo a la vista también la idea fundamental que motivó este trabajo de titulación, se debe señalar lo relevante que es contar con un plan de mantenimiento que ofrecer cuando se está dentro del negocio de las energías renovables y cualquier otro sector de la economía.

Como resultado final, se puede señalar que los objetivos planteados al inicio de este proyecto se pudieron concretar de forma satisfactoria, logrando la elaboración de un plan de mantenimiento para la instalación fotovoltaica mediante el estudio de los equipos que componen la instalación. Respecto a los objetivos específicos que fueron planteados, cabe señalar que tuvieron una gran importancia al momento de desarrollar este trabajo, pues permitieron, durante el desarrollo del mismo, mantener el enfoque del trabajo realizado.

## **RECOMENDACIONES.**

Ya que se realizó un convenio con esta organización y el tecnológico, sería resulta recomendable el desarrollo de Residencias Profesionales en (EMI), ya que cuenta con equipos de Energía Solar Térmica y Fotovoltaica, además de materiales especializados para poder desarrollar las competencias profesionales realizando prácticas en campo y así mismo poder resolver problemáticas en la vida real dentro de un campo laboral con el uso de energías renovables.

Experiencia profesional adquirida durante este proyecto:

Utilización de equipos e instrumentos de medición

- ✓ Fresadora
- ✓ Multímetro
- ✓ Osciloscopio
- ✓ Estación de soldadura
- ✓ Maquinado en torno

Capacidad de análisis en problemas relacionados con la energía solar.

## REFERENCIAS.

[1] Jarabo, F.; Fernández, J. (1983). Energías alternativas renovables. ¿Un futuro para Canarias? Secretariado de Publicaciones de la Universidad de La Laguna. ISBN 84-600-3085-7

[2] Elórtogui, N.; Fernández, J.; Jarabo, F. (1985). Energías Renovables: 23 Experiencias Prácticas. Ed. Centro de la Cultura Popular Canaria. Tenerife. ISBN 84-404-3221-6

[3] Jarabo, F.; Elórtogui, N. (2000). Energías Renovables. Ed. Era Solar, Madrid. ISBN 84-86913-07-1

[4] Jarabo, F.; Elórtogui, N. (2007). Integración de las TIC en el desarrollo de contenidos sobre energías renovables y otras materias. Capítulo en el libro Experiencias innovadoras de utilización de las NTIC en actividades prácticas de ciencias. Educación Editora. ISBN 978-84-690-4622-7

[5] ENERGÍA SOLAR: ESTADO DEL ARTE Y PERSPECTIVAS: Universidad de Pamplona. Departamento de Física y Geología. Grupo INTEGRAR (Energía Solar 2008). Pamplona, España. Autor: Ariel Becerra. Internet. [http://www.csub.edu/~tfernandez\\_ulloa/CITASELECTRONICAS-APA.pdf](http://www.csub.edu/~tfernandez_ulloa/CITASELECTRONICAS-APA.pdf)

[6] ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA: Grupo de Nuevas Actividades Profesionales. Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicación. (2012). Madrid, España. Autor: Francisco Mellado García. Internet. [http://www.coitaoc.org/files/estudios/energia\\_solar\\_fotovoltaica\\_2e5c69a6.pdf](http://www.coitaoc.org/files/estudios/energia_solar_fotovoltaica_2e5c69a6.pdf)

[7] FIERAS DE LA INGENIERÍA es una página web enfocada en los proyectos más grandes de energía solar fotovoltaica pura. (<http://www.fierasdelaingenieria.com/el-proyecto-de-energia-solar-fotovoltaica-mas-grande-de-alemania-neuhardenberg/>)

[8] Proyectos de Electrificación Rural con Sistemas Fotovoltaicos, Centro de Energías Renovables - CER. UNI Lima-Perú <http://quipu.uni.edu.pe/public/libros/electrif-rural/>

[9] HORN, M., (2001), Experiencias de electrificación fotovoltaica en el Perú en Memorias del Seminario Identificación.

[10] MORANTE, F., ZILLES, R., ESPINOZA, R. y HORN M. (2003), Consumo de energía eléctrica en sistemas: fotovoltaicos domiciliarios de las comunidades de Los Uros, Taquile, Amantaní y Huancho Lima de la región de Puno, Perú, [ ] [ ] [ ] Sometido a la revista Energías Renovables y Medio Ambiente, ASADES, Argentina.

- [11] López, G; Fernández-Llebrez, F. y Villanueva, M. “Fomento activo de la energía solar: consideraciones sobre las instalaciones solares activas. Planeamiento urbanístico”. *Era Solar: Energías renovables*, 2008, nº 142, p. 60-63.
- [12] Morcillo Rigaud, Manuel. “Instalaciones de energía solar térmica. Tecnología actual y evolución: desarrollo desde la experiencia y la normativa”. *Era solar: Energías renovables*, 2008, nº 142, p. 30- 37.
- [13] osorio, d., & spartaco, f. (2017). plan de mantenimiento de paneles solares en planta fotovoltaica doña carmen da la ligua. obtenido de plan de mantenimiento de paneles solares en planta fotovoltaica doña carmen da la ligua.
- [14] zhumi, l. e. (junio de 2012). diagnóstico de la implementación de los sistemas fotovoltaicos correspondientes a la primera etapa del proyecto yantsa ii etsari. obtenido de diagnóstico de la implementación de los sistemas fotovoltaicos correspondientes a la primera etapa del proyecto yantsa ii etsari.
- [15] Almarza, D. (s.f.). *Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos*. Obtenido de Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos.:  
[https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/guia\\_operacionmantenimiento\\_final.pdf](https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/guia_operacionmantenimiento_final.pdf)
- [16] CAMBELL . (Noviembre de 2016). *Manual de Instalación, Mantenimiento y Garantía*. Obtenido de Manual de Instalación, Mantenimiento y Garantía.:  
<https://microbellsa.com/cambell/CambellManualInstalacion.pdf>
- [17] Cime Powersystems. (s.f.). *CALENTAMIENTO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR*. Obtenido de CALENTAMIENTO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR.:  
[http://www.cimepowersystems.com.mx/descargas/calentamiento\\_solar.pdf](http://www.cimepowersystems.com.mx/descargas/calentamiento_solar.pdf)
- [18] Coordinación de Energías Renovables. (2008). *Energías Renovables- Energía Solar*. Obtenido de Energías Renovables- Energía Solar :  
[http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro\\_energia\\_solar.pdf](http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_solar.pdf)
- [19] enerworks. (Mayo de 2015). *GUÍA DE INSTALACIÓN Y MANUAL DEL USUARIO DEL CALENTADOR SOLAR PARA PISCINAS*. . Obtenido de GUÍA DE INSTALACIÓN Y MANUAL DEL USUARIO DEL CALENTADOR SOLAR PARA PISCINAS. : <https://enersol.com/resources/Enersol-Installation-Manual-Spanish.pdf>

- [20] INVERSOLAR Renovando la Energía . (s.f.). *Calentamiento Solar para Albercas*. Obtenido de *Calentamiento Solar para Albercas*.: [http://www.inversolarsolutions.com/uploads/9/8/9/7/9897423/promo\\_calentadores\\_solares\\_albercas.pdf](http://www.inversolarsolutions.com/uploads/9/8/9/7/9897423/promo_calentadores_solares_albercas.pdf)
- [21] JIELI. (s.f.). *MANUAL DE INSTALACIÓN*. Obtenido de *MANUAL DE INSTALACIÓN*.: <http://faselectricidad.com.ar/wp-content/uploads/2018/11/MANUAL-TERMOTANQUE-SOLAR.pdf>
- [22] Lamigueiro, O. P. (Enero de 2018). *ENERGÍA SOLAR Fotovoltaica*. Obtenido de *ENERGÍA SOLAR Fotovoltaica*.: <https://oscarperpinan.github.io/esf/ESF.pdf>
- [23] Ortiz, J., Aguilera, M., Guzmán, J., & Orellan, M. S. (2014). *Diseño e implementación de un Sistema de Monitoreo y Calentador Solar Inteligente para Alberca Semi-Olimpica*. . Obtenido de *Diseño e implementación de un Sistema de Monitoreo y Calentador Solar Inteligente para Alberca Semi-Olimpica*. : [https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Ingenieria%20y%20Tecnologia%20T-V/Articulo\\_13.pdf](https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Ingenieria%20y%20Tecnologia%20T-V/Articulo_13.pdf)
- [24] OSORIO, D., & SPARTACO, F. (2017). *PLAN DE MANTENIMIENTO DE PANELES SOLARES EN PLANTA FOTOVOLTICA DOÑA CARMEN DA LA LIGUA*. Obtenido de *PLAN DE MANTENIMIENTO DE PANELES SOLARES EN PLANTA FOTOVOLTICA DOÑA CARMEN DA LA LIGUA*.
- [25] Reyes, E. T. (30 de Septiembre de 2014). *GUÍA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CALENTAMIENTO SOLAR DE AGUA PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES*. Obtenido de *GUÍA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CALENTAMIENTO SOLAR DE AGUA PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES*.: [https://energypedia.info/images/1/1a/Guia\\_CalentadoresSolares\\_03.pdf](https://energypedia.info/images/1/1a/Guia_CalentadoresSolares_03.pdf)
- [26] SOLAR HOUSE. (s.f.). *MANUAL DE INSTALACIÓN CALENTADOR SOLAR*. Obtenido de *MANUAL DE INSTALACIÓN CALENTADOR SOLAR*.: [https://www.solarhouse.mx/images/manuales/SH\\_CalentadorS.pdf](https://www.solarhouse.mx/images/manuales/SH_CalentadorS.pdf)
- [27] Zhumi, L. E. (Junio de 2012). *DIAGNÓSTICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CORRESPONDIENTES A LA PRIMERA ETAPA DEL PROYECTO YANTSA ii ETSARI*. Obtenido de *DIAGNÓSTICO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CORRESPONDIENTES A LA PRIMERA ETAPA DEL PROYECTO YANTSA ii ETSARI*.

