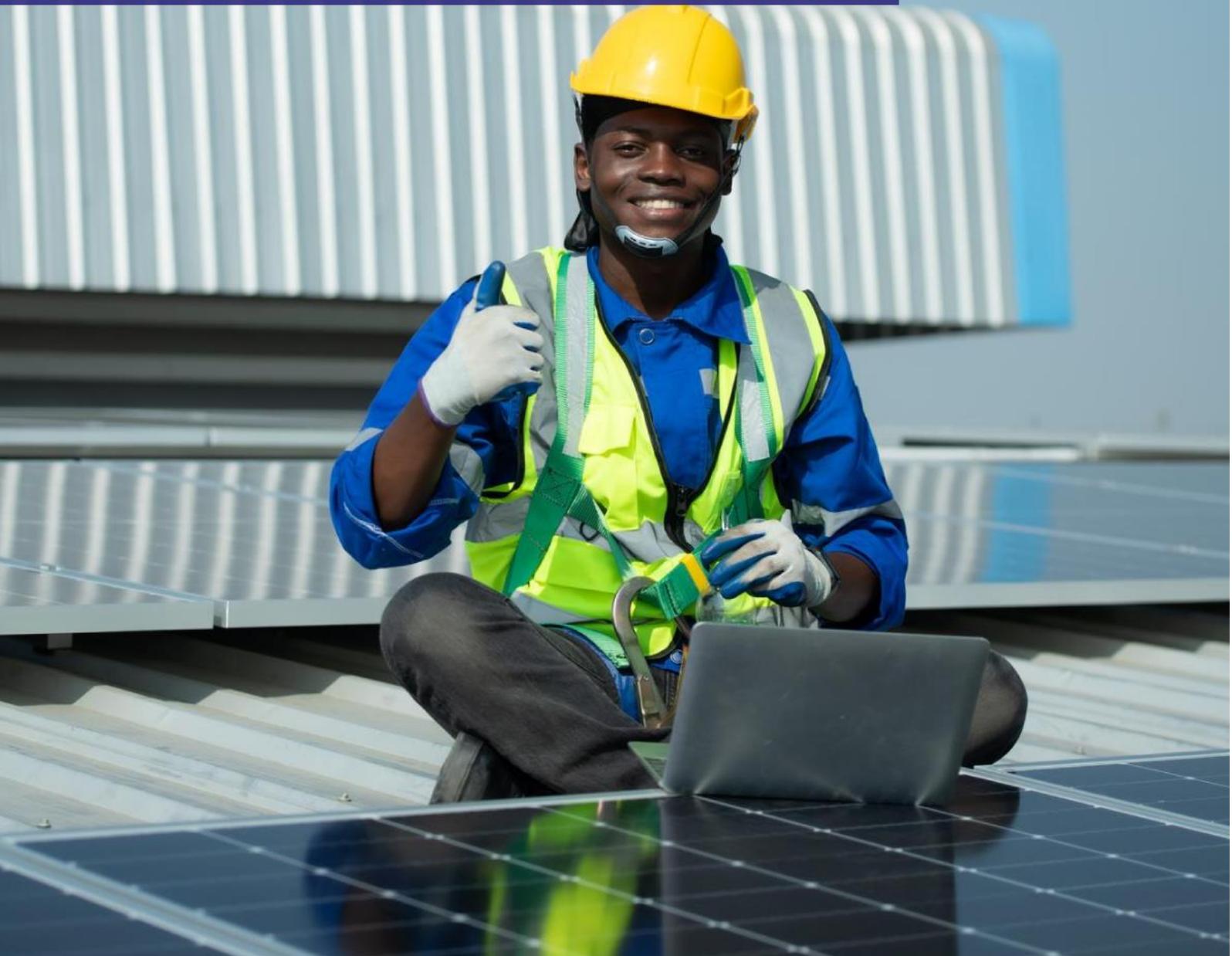


Energías Renovables (Solar Fotovoltaica)



INDICE

INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTOS DE LA ENERGÍA SOLAR. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS..... 4

1.1.- Funcionamiento general de las instalaciones solares fotovoltaicas	4
1.1.1.- La energía solar.....	5
1.1.2.- Transmisión de la energía:.....	6
1.1.3.- Datos de radiación solar:	13
1.1.4.- Tipos y usos de las instalaciones fotovoltaicas:.....	15
1.2.- Componentes que conforman las instalaciones solares fotovoltaicas.	19
1.2.1.- Generador fotovoltaico:	19
1.2.2.- Estructuras y soportes:	25
1.2.3.- Acumuladores:	28
1.2.4.- Reguladores:	36
1.2.5.- Inversores:.....	39
1.2.6.- Inversores conectados a red y autónomos:	44
1.2.7.- Otros componentes:	47
1.2.8.- Aparatos de medida y protección	50
1.3.- Emplazamientos y dimensionado de una instalación solar fotovoltaica.....	53
1.3.1.- Optimización y Elección de emplazamientos:.....	53
1.3.2.- Dimensionado de los emplazamientos por utilización y aplicación.....	56
1.3.3.- Cálculo de consumos.	59
1.3.4.- Dimensionado de almacenamiento.	59
1.3.5.- Dimensionado de una instalación con apoyo de aerogenerador y/o grupo electrógeno.	60
1.3.6.- Cálculo y dimensionado de una instalación fotovoltaica mediante soporte informático u otros medios: 61	
1.4.- Representación simbólica de instalaciones solares fotovoltaicas	66
1.4.1.- Sistema diédrico y croquizado.....	66
1.4.2.- Representación en perspectiva de instalaciones.....	67
1.4.3.- Simbología eléctrica.....	68
1.4.4.- Representación de circuitos eléctricos.....	73
1.4.5.- Esquemas y diagramas simbólicos funcionales.	74
1.4.6.- Interpretar planos de instalaciones eléctricas.....	75
1.5. Proyectos y Memorias Técnicas de Instalaciones Solares Fotovoltaicas	79
1.5.1.- Concepto y tipos de proyectos y memorias técnicas.....	79
1.5.2.- Memoria, planos, presupuesto, pliego de condiciones y plan de seguridad.....	83

1.5.3.- Planos de situación.	86
1.5.4.- Planos de detalle y de conjunto.	89
1.5.5.- Diagramas, flujogramas y cronogramas.....	91
1.5.6.- Procedimientos y operaciones de replantío de las instalaciones.	93
1.5.7.- Equipos informáticos para representación y diseño asistido.....	94
1.5.8.- Programas de diseño asistido.	96
1.5.9.- Diseño y dimensionado mediante soporte informático de instalaciones solares fotovoltaicas.	99
1.5.10.- Visualización e interpretación de planos digitalizados.....	99
1.5.11.- Operaciones básicas con archivos gráficos	101
1.5.12.- Resistencias de anclajes, soportes y paneles.....	102
1.5.13.- Cálculo de dilataciones térmicas y esfuerzos sobre la estructura.....	103
1.5.14.- Desarrollo de presupuestos.	105
MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS. DIAGNÓSTICO AVANZADO Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.	107
2.1. Mantenimiento preventivo.	107
2.1.1.- Periodicidad de las revisiones en diferentes tipos de instalaciones fotovoltaicas.....	108
2.2.- Procedimientos y operaciones para la toma de medidas.	108
2.2.1.- Instrumentos de medida	109
Aspectos a tener en cuenta en el uso de instrumentos de medida de la radiación solar	115
2.3.- Comprobación y ajuste de los parámetros a los valores de consigna (Radiaciones, temperaturas, parámetros de magnitudes eléctricas, etc.).....	116
2.4.- Programas de mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas.....	117
2.4.1.- Manuales.....	117
2.4.2.- Proyectos.	117
2.5.- Averías críticas más comunes:.....	118
2.5.1.- Causas y soluciones.	119
2.6.- Programa de mantenimiento preventivo.	120
2.6.1.- Realización de planes preventivos	121
2.7.- Programa de gestión energética.	123
2.7.1.- Fases de la implantación del programa de gestión energética	124
2.7.2.- Seguimiento de producciones y consumos.....	125
2.8.- Evaluación de rendimientos.....	125
2.9.- Operaciones mecánicas en el mantenimiento de instalaciones.	126
2.9.1.- Colectores solares	127
2.9.2.- Aerogeneradores.....	128

2.10.- Operaciones eléctricas de mantenimiento de circuitos eléctricos.....	129
2.10.1.- Colectores solares	129
2.10.2.- Equipos electrónicos	129
2.10.3.- Cables, interruptores y protecciones.....	131
2.10.4.- Acumuladores	131
2.10.5.- Aerogeneradores	132
2.11.- Equipos y herramientas usuales.	132
2.11.1.- Generalidades	133
2.11.2.- Equipos y herramientas más utilizados	133
2.12.- Procedimientos de limpieza de captadores, acumuladores y demás elementos de las instalaciones.	138
2.12.1.- Limpieza de colectores	138
2.12.2.- Limpieza de acumuladores	138
3.1.- Mantenimiento Correctivo.....	139
3.2.- Diagnóstico de averías.....	140
3.3.- Métodos y técnicas usadas en la localización de averías en instalaciones aisladas y conectadas a red.	141
3.3.1.- Paneles solares fotovoltaicos	141
3.3.2.- Equipos eléctricos y de control.....	142
3.3.3.- Cableado eléctrico	143
3.3.4.- Acumuladores	143
3.4.- Métodos para la reparación de los distintos componentes de las instalaciones.....	143
3.4.1.- Colectores solares	144
3.4.2.- Acumuladores	145
3.4.3.- Otros elementos mecánicos y eléctricos.....	145
3.5.- Desmontaje y reparación o reposición de elementos mecánicos eléctricosy electrónicos.....	146
3.5.1.- Consideraciones a tener en cuenta	146
4.- CALIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS.....	147
4.1.- Calidad en el mantenimiento.....	147
4.1.1.- Introducción a las normas ISO 9000.....	148
Evolución de las normas ISO 9000.....	149
4.1.2.- Pliegos de prescripciones técnicas y control de la calidad	151
Pliego de prescripciones técnicas particulares	¡Error! Marcador no definido.
5.- BIBLIOGRAFÍA	152

INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTOS DE LA ENERGÍA SOLAR. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

1.1.- Funcionamiento general de las instalaciones solares fotovoltaicas

Desde el inicio de la existencia del hombre, su desarrollo ha estado condicionado en gran medida por la utilización de las diferentes formas de energía, según las necesidades y disponibilidades de cada momento. Ya en los inicios, las energías renovables eran utilizadas en forma de biomasa, viento, agua y sol, por lo que deben ser consideradas como la base energética en el desarrollo humano.

Sin embargo, con la aparición de los recursos energéticos fósiles, el uso de la energía se convirtió en algo muy fácil, más eficiente y barato. Esto ocasionó un consumo indiscriminado de estos recursos, hasta límites insostenibles. Es la razón por la que todos los países, más o menos desarrollados, realizan esfuerzos constantes en un intento de mejorar la eficiencia de la utilización de la energía y, en definitiva, reducir el consumo de recursos fósiles.

Tipos de energía

Las fuentes de energía utilizadas se pueden clasificar en primarias o secundarias. Las primarias son aquellas donde la energía se obtiene directamente del recurso. Un claro ejemplo es el carbón, ya que la producción de energía (calor) se obtiene directamente de la combustión del mismo.

Por el contrario, una fuente de energía secundaria es la que utiliza un recurso que ha tenido que sufrir una o varias transformaciones. Por ejemplo, la energía hidráulica (cuando se utiliza para la producción de electricidad) se considera secundaria.

Por otro lado, los diferentes tipos de energía se pueden clasificar según otro criterio: renovables y no renovables. Las energías renovables son aquellas que utilizan una fuente virtualmente inagotable, como el sol y el viento; mientras que las no renovables utilizan recursos procedentes de épocas remotas de la tierra (fósiles) y, por ello, las reservas son limitadas.

En la actualidad, las energías renovables se sitúan en una posición ventajosa respecto a las energías fósiles, ya que pueden hacer frente a una demanda creciente y sin perjuicio desde el punto de vista económico. Además, las energías renovables pueden jugar un papel de sustitución debido no sólo al agotamiento de los recursos fósiles, sino también a los problemas medioambientales que actúan en contra de las no renovables.

Dentro de las energías renovables, la energía solar fotovoltaica es, hoy en día y sin lugar a dudas, una forma limpia y fiable de producción de energía eléctrica.

1.1.1.- La energía solar.

Concepto

La energía solar fotovoltaica se puede definir como la tecnología utilizada para el aprovechamiento eléctrico de la energía del sol, a partir de las denominadas células fotovoltaicas. Mediante estas células, la radiación solar se transforma directamente en electricidad, aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores.

Ventajas e inconvenientes

Se pueden destacar algunas ventajas que presenta la energía solar fotovoltaica con respecto a las demás. Estas ventajas son:

- La energía procedente del sol es limpia, renovable y no cuesta dinero.
- Evita el progresivo despoblamiento de determinadas zonas.
- Disminución de costes de mantenimiento de las líneas eléctricas, sobre todo en zonas aisladas.
- Instalación fácilmente modulable: se puede aumentar o disminuir la potencia instalada según las necesidades.
- Mantenimiento y riesgo de avería muy bajo de las instalaciones fotovoltaicas.
- Instalaciones silenciosas y sencillas.
- Energía descentralizada, ya que puede ser captada y utilizada en todo el territorio.
- En el caso de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, existen subvenciones y primas por producir electricidad.
- Se trata de una tecnología de rápido desarrollo, que tiende a reducir el coste y aumentar el rendimiento.

La mayoría de los sistemas fotovoltaicos existentes hasta hoy han sido diseñados y construidos para su uso en aplicaciones remotas de muy poca potencia. La razón fundamental que ha impedido una mayor difusión de esta tecnología ha sido básicamente económica: la potencia producida supone un mayor coste en comparación con la obtenida a partir de otras tecnologías más convencionales: petróleo, carbón, nuclear, etc.

No obstante, la creciente madurez tecnológica, el abaratamiento de producción de módulos fotovoltaicos, el desarrollo de sistemas de acondicionamiento de potencia cada vez más potentes y la realización de proyectos sostenidos por programas nacionales e internacionales de financiación y/o subvención parcial, permiten la instalación de sistemas cada vez más eficaces y competentes con las fuentes convencionales de generación de energía eléctrica. Esto permitirá una penetración

cada vez mayor de esta tecnología en la producción de energía eléctrica en el mundo, como complemento de las fuentes de generación convencionales.

La energía solar térmica

La energía solar térmica es otro tipo de energía solar. Se entiende por energía solar térmica la transformación de energía radiante solar en calor o energía térmica.

La energía solar térmica se encarga de calentar el agua de forma directa, alcanzando temperaturas que oscilan entre los 40º y 50º, gracias a la utilización de paneles solares. El agua caliente queda almacenada para su posterior consumo: calentamiento de agua sanitaria, usos industriales, calefacción de espacio, calentamiento de piscinas, secaderos, refrigeración, etc.

1.1.2.- Transmisión de la energía:

Los paneles solares constituyen uno de los métodos más simples que se pueden usar para convertir la energía del sol en energía eléctrica aprovechable, sin que esta transformación produzca subproductos peligrosos para el medio ambiente. Parten de una fuente de energía virtualmente inagotable: la energía que emite el sol, la cual llega con una cantidad tal, que si toda ella pudiera ser aprovechada, bastaría media hora de un día para satisfacer la demanda energética mundial durante todo un año. Aunque esto, como ya se sabe, no ocurre en el plano teórico y es imposible de realizar de forma práctica.

Conceptos elementales de astronomía en cuanto a la posición solar.

El Sol

El Sol es una inmensa fuente de energía inagotable, con un diámetro de 1.39×10^9 m, situado a la distancia media de 1.5×10^{11} m respecto de la Tierra. Esta distancia se denomina Unidad Astronómica (UA).

Algunos datos significativos acerca del Sol, son:

- Su masa es 300.000 veces la masa de la Tierra.
- Su diámetro es de 1.400.000 km.
- Su temperatura superficial es de 5.600º K.
- Su vida estimada es de 5.000 millones de años.
- La distancia Tierra-Sol es de 150 millones de km.
- La luz solar tarda 8 minutos en llegar a la Tierra.
- El Sol genera su energía mediante reacciones nucleares de fusión, que se llevan a cabo en su núcleo.

El movimiento Tierra-Sol

La Tierra orbita alrededor del Sol con dos movimientos diferentes, que se producen a la vez:

- Uno de rotación alrededor de un eje que pasa por los polos, llamado “eje polar”, y con una velocidad aproximada de una vuelta por día.
- Y otro de traslación alrededor del Sol, describiendo una órbita elíptica. El plano que contiene esta órbita se denomina “plano de la elíptica”, y la Tierra tarda un año en recorrerlo.

El eje polar o eje de rotación terrestre, sobre el que gira la Tierra, mantiene una dirección casi constante, formando un ángulo de 23.45° con el plano de la elíptica, denominado “oblicuidad de la elíptica”. Debido a esta oblicuidad, el ángulo formado por el plano ecuatorial de la Tierra con la elíptica, es decir, la recta imaginaria que une los centros de la Tierra y el Sol, cambia permanentemente entre $+23.45^\circ$ y -23.45° . Este ángulo se conoce como “declinación solar” (8).

En un día, la declinación solar sólo puede variar como máximo en 0.5° , aunque, para facilitar ciertos cálculos, se considera constante para cada día del año.

Conversión de la energía solar.

Aprovechamiento de la energía solar

La radiación solar que incide en la tierra puede aprovecharse de diferentes formas:

Calentamiento directo de locales por el sol

En invernaderos, viviendas y demás emplazamientos, se aprovecha el sol para calentar el ambiente. Algunos diseños arquitectónicos se realizan de forma que consigan aprovechar al máximo este efecto y controlarlo, para poder prescindir del uso de calefacción o de aire acondicionado.

Acumulación del calor solar

Se consigue con paneles o estructuras especiales colocadas en lugares expuestos al sol (tejados), en los que un fluido se calienta, almacenando calor en depósitos. Se usa, sobre todo, para calentar agua.

Generación de electricidad

Se puede generar electricidad a partir de la energía solar por varios procedimientos. En el sistema térmico (energía solar térmica), la energía solar se puede usar para convertir agua en vapor, en dispositivos especiales. En algunos casos, se usan espejos cóncavos que concentran el calor sobre tubos que contienen aceite. El aceite alcanza temperaturas de varios cientos de grados, con éste se calienta agua hasta la ebullición y con el vapor se genera electricidad en turbinas clásicas.

Por otro lado, la luz del sol se puede convertir directamente en electricidad, usando el efecto fotoeléctrico y mediante las denominadas “células fotovoltaicas”. Estas células no tienen rendimientos muy altos y la eficiencia media en la actualidad es de un 10 a un 15%, aunque algunos

prototipos experimentales logran eficiencias de hasta el 30%. Por esto, se necesitan grandes extensiones si se quiere producir energía en grandes cantidades.

El efecto fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por metales, cuando se les somete a una radiación electromagnética (luz). Este proceso tiene dos características fundamentales:

- Cada material tiene una frecuencia mínima o umbral de la radiación electromagnética, por debajo de la cual no se emiten electrones.
- La emisión de electrones aumenta cuando se incrementa la intensidad de la radiación incidente sobre la superficie del metal, ya que hay más energía disponible para liberar electrones.

El efecto fotoeléctrico es la base de la conversión de energía solar para la producción de energía eléctrica.

La constante solar y su distribución espectral.

La radiación solar llega a la tierra en forma de ondas electromagnéticas, que se desplazan por el espacio en todas las direcciones, ya que éstas no necesitan un medio físico para poder desplazarse. Este fenómeno se denomina radiación.

Hay radiaciones muy energéticas (como los rayos gamma) y otras con menos energía (como los rayos infrarrojos). Esto se traduce, a su vez, en que existen radiaciones que no son capaces de atravesar la atmósfera terrestre, mientras que otras (como los rayos X) pueden atravesar tejidos.

La energía que llega a la parte alta de la atmósfera es una mezcla de radiaciones ultravioleta, visible e infrarroja. Estas radiaciones constituyen la distribución espectral terrestre, que consiste en una gráfica en la que figuran las diferentes longitudes de onda en función de la energía.

Radiación solar en la superficie de la tierra.

La energía que se recibe del sol se compone de radiación electromagnética, pero no toda se produce en forma de luz visible. También se recibe radiación ultravioleta e infrarroja, que son invisibles para el ojo humano y cuya presencia no se puede ignorar.

Existen algunos factores fundamentales que determinan el nivel de la radiación recibida en la superficie terrestre. Estos son:

- Condiciones atmosféricas y ambientales del lugar.
- Situación geográfica.
- Movimiento de la tierra.

Radiación solar y métodos de cálculo.

Antes de llegar a la superficie de la tierra, la radiación es reflejada al entrar en la atmósfera por la

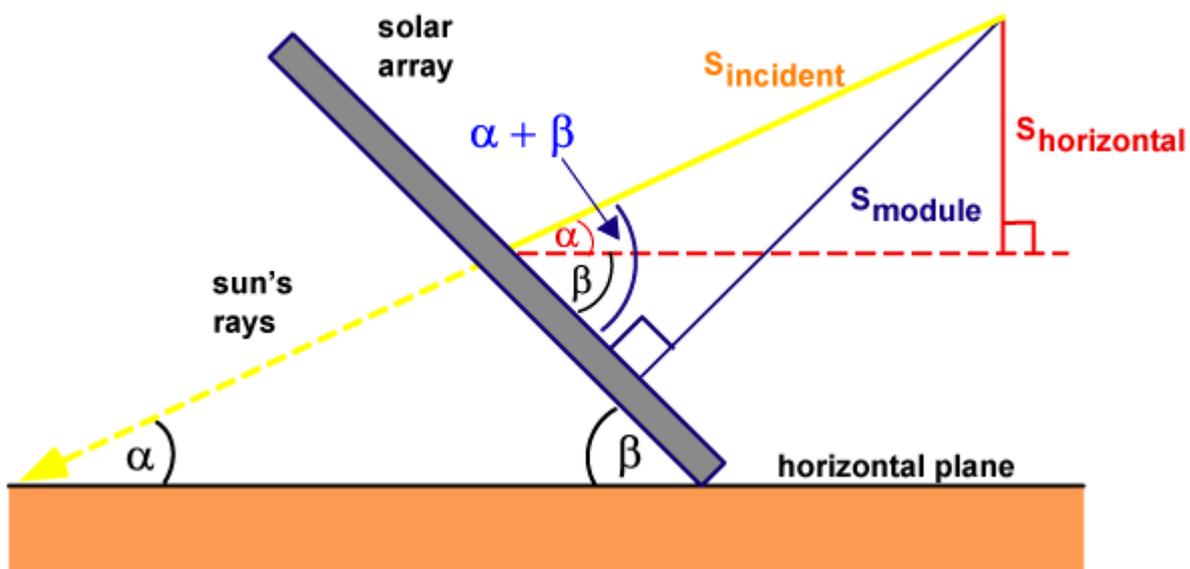
presencia de las nubes, el vapor de agua, etc., y dispersada por las moléculas de agua, el polvo en suspensión... Debido a esto, la radiación solar que llega a la superficie terrestre procede de tres componentes:

- **RADIACIÓN DIRECTA (B):** Formada por los rayos que provienen directamente del sol, es decir, que no llegan a ser dispersados.
- **RADIACIÓN DIFUSA (D):** Procede de toda la bóveda celeste, excepto la que llega del sol, y está originada por los efectos de dispersión mencionados anteriormente.
- **RADIACIÓN DEL ALBEDO (R):** Procedente del suelo, se debe a la reflexión de parte de la radiación incidente sobre montañas, lagos, edificios, etc. Depende muy directamente de la naturaleza de estos elementos.
- La suma de estos tres componentes da lugar a la **RADIACIÓN GLOBAL (G)**, que se determina:
 $G = B + D + R$.

Energía incidente sobre una superficie plana inclinada.

La potencia incidente en un módulo fotovoltaica no sólo depende de la potencia contenida en la luz del sol, sino también en el ángulo entre el módulo y el sol. Cuando la superficie absorbente y la luz del sol son perpendiculares entre sí, la densidad de potencia en la superficie es igual a la de la luz del sol (en otras palabras, la densidad de potencia será siempre en su máximo cuando el módulo fotovoltaica es perpendicular al sol). Sin embargo, como el ángulo entre el sol y una superficie fija está cambiando continuamente debido al desplazamiento de la Tierra alrededor del sol, la densidad de potencia en un módulo fotovoltaica fijo es menor que la de la luz solar incidente.

La cantidad de radiación solar incidente sobre una superficie inclinada módulo es el componente de la radiación solar incidente que es perpendicular a la superficie del módulo. La siguiente figura muestra cómo calcular la radiación incidente sobre una superficie inclinada ($S_{\text{módulo}}$) dado ya sea la radiación solar medida en la superficie horizontal (S_{horiz}) o la medida de la radiación solar perpendicular al sol ($S_{\text{incidente}}$).



Resumiendo, la fórmula a continuación expuesta representa la radiación sobre superficie plana inclinada

$$S_{module} = \frac{S_{horizontal} \sin(\alpha + \beta)}{\sin \alpha}$$

Donde: S_{module} es radiación sobre la superficie del captador $S_{horizontal}$ es radiación sobre superficie horizontal

Orientación e inclinación óptima anual, estacional y diaria.

A la hora de aprovechar al máximo la energía solar, es necesario tener en cuenta que el sol no se encuentra a la misma altura (respecto al horizonte) en invierno que en verano, lo que significa que la inclinación de los paneles fotovoltaicos no puede ser fija si se quiere que, en todo momento, esos paneles se encuentren perpendicularmente orientados al sol.

La inclinación óptima de cualquier captador solar se establece en función de la latitud y la aplicación:

- Para la utilización en invierno: 10° mayor que la latitud.
- Para la utilización en primavera y verano: Igual que la latitud.
- Para la utilización uniforme durante todo el año: 10° mayor que la latitud.

En las latitudes sudafricanas (entre 25° y 35° sur aproximadamente), la orientación óptima de los módulos fotovoltaicos es hacia el norte. Sin embargo, la energía que se deja de generar por estar estos módulos orientados hacia el sureste o suroeste, representa sólo un 0.2% por cada grado de desviación respecto al sur.

Del mismo modo, la inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos depende de la latitud del lugar donde se instalen, lo que implica una inclinación entre 5° y 10° respecto a la latitud (por ejemplo, resultarían unos 35° en Johannesburgo para un uso en invierno; $\beta = 25 + 10$), y de la época del año en la que se quiera maximizar la producción.

En cualquier caso, es recomendable una inclinación superior a los 15° , para permitir que el agua de la lluvia se escurra. Donde nieva con cierta frecuencia, es recomendable una inclinación a partir de los 45° , para favorecer el deslizamiento de la nieve. En definitiva, es recomendable acercarse a las condiciones óptimas de la instalación: orientación norte e inclinaciones mencionadas anteriormente en función del uso que se le vaya a dar a la instalación.

Las denominadas horas de pico solar constituyen un parámetro fundamental para el dimensionado de los sistemas fotovoltaicos. Corresponden al número de horas en las que cada metro cuadrado de superficie captadora obtiene, de modo constante, 1000W de energía. El número de horas pico de un día concreto, se puede calcular dividiendo la energía producida en ese día entre 1000 W/m². En España, la media de horas solares pico es de tres a seis, aun- que varía entre el norte y el sur, y de invierno a verano.

Cálculo de radiación difusa y directa sobre superficies horizontales y sobre superficies inclinadas.**Radiación difusa y directa**

En su paso a través de la atmósfera, parte de la radiación solar es atenuada por dispersión y otra parte, por absorción. La radiación que es dispersada por la atmósfera se conoce como radiación difusa, mientras que la que llega a la superficie de la tierra sin haber sufrido cambio en su trayectoria, se denomina radiación directa. Conocer el flujo de la radiación solar directa y difusa es importante para el análisis y diseño de la mayoría de los sistemas solares. Además de este factor hay que tener en cuenta:

- La radiación solar extraterrestre global diaria promedio mensual en una superficie horizontal
- El factor de corrección de la excentricidad de la órbita terrestre se calcula con la ecuación:
- El ángulo horario al alba o al ocaso (ω_s), se calcula con:
- La irradiación directa horizontal promedio mensual es la irradiación global menos la irradiación difusa:

Radiación en un plano inclinado

El cálculo de la radiación solar sobre una superficie inclinada no es un problema sencillo. Convertir datos de radiación directa sobre una superficie horizontal a una superficie inclinada se reduce a un planteamiento geométrico de la dirección de la radiación

Sin embargo, ha sido posible obtener valores que resultan satisfactorios para los propósitos de este trabajo e incluir un factor que considera el abrillantamiento del horizonte.

Comprobación de la respuesta de diversos materiales y tratamiento superficial frente a la radiación solar.**Absorbancia**

Al incidir sobre los cuerpos una radiación, estos absorben parte de la misma y reflejan el resto (dependiendo de sus características superficiales). El cociente entre la radiación emitida y absorbida se denomina absorbancia (a):

$$a = (\text{Radiación absorbida}) / (\text{Radiación incidente})$$

Un cuerpo real nunca absorbe o refleja toda la radiación, por lo que el valor de la absorbancia suele estar comprendido entre 0.03 y 0.97.

Las temperaturas más altas son alcanzadas por superficies que presentan una absorbanza mayor, mientras que los cuerpos pulidos y transparentes que reflejan casi la totalidad de la radiación, se calentarán poco. En consecuencia, los elementos destinados a captar la energía solar serán de color negro mate, puesto que una superficie de este color es más eficiente para captar la radiación que reciba.

Emitancia

Además de la absorbanza, los cuerpos se caracterizan por el valor de la emitancia (E), que está relacionada con la capacidad de enfriamiento por radiación de un cuerpo. Una superficie de elevada absorbanza destinada a captar energía solar, al incidir la radiación, se calentará y emitirá una radiación proporcional a su emitancia.

Es evidente que, si se desean alcanzar altas temperaturas, es necesario disponer de superficies que tengan una alta absorbanza y una emitancia reducida.

Tratamiento superficial

Una superficie selectiva ideal es aquella que absorbe toda la radiación y no la emite. En algunos modelos de captadores, la superficie absorbidora negra recibe un tratamiento especial, denominado selectivo, con el propósito de reducir las pérdidas energéticas y mejorar el rendimiento del captador.

Este tipo de captador es el que se utiliza normalmente para la producción de agua caliente sanitaria y otras instalaciones que necesitan temperaturas de hasta 80º C.

Materiales transparentes

Los materiales transparentes son los que permiten el paso de radiación electromagnética de determinadas longitudes de onda, y se caracterizan por su coeficiente de transmitancia (r).

$$r = (\text{Radiación atravesada}) / (\text{Radiación incidente})$$

El valor de r depende del ángulo de incidencia de la radiación respecto a la superficie, aunque dicha variación es pequeña hasta que el ángulo alcance un valor de unos 60º (para el vidrio), a partir del cual la transmitancia disminuye rápidamente hasta valer 0 para un ángulo de 90º. De todo esto, se deduce que el vidrio dejará pasar eficientemente la radiación que provenga de un cono de 120º (60 + 60) de abertura:

La transmitancia disminuye proporcionalmente al índice de refracción (n), que es el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío (c) y la que tiene en dicho medio (c1):

$$n = c / c_1$$

A efectos de aplicaciones de energía solar, conviene que el índice de refracción de los materiales transparentes sea lo más reducido posible, a fin de aumentar la eficacia de la transmisión y tener el mínimo de pérdidas por reflexión.

Cálculo de sombreamientos externo y entre captadores.

Sombras entre captadores

Los captadores solares suelen disponerse formando un conjunto de varias filas, donde cada fila posee un determinado número de captadores.

Aunque, por razones de espacio y economía, es conveniente hacer que el conjunto de captadores sea lo más compacto posible, es necesario tener en cuenta que, al estar los captadores solares inclinados, hay que dejar un espacio libre entre fila y fila para evitar que los captadores no proyecten sombras entre ellos.

A veces, no existe suficiente espacio para albergar todos los captadores sin que se produzcan sombras, por lo que se suele utilizar el recurso de ir aumentando la altura de los captadores conforme se disponen hacia atrás en el número de fila

Sombras externas

Una vez dispuesto el panel de captadores, puede ocurrir que se proyecte sobre él, en algún momento del día o época del año, la sombra de algún edificio o montaña próxima, que hará que la captación de la energía solar no sea eficiente. Por esta razón, es necesario tener en cuenta si existen terrenos sin edificar en las proximidades y cuál es la normativa urbanística antes de construir un panel (por la posibilidad de que se construya un edificio adyacente que impida o minimice la captación de luz del panel fotovoltaico a instalar).

También se pueden evaluar los efectos de una posible construcción de un edificio de, según el plan urbanístico, mayor altura posible

1.1.3.- Datos de radiación solar:

El aprovechamiento de la radiación solar como fuente de energía requiere el conocimiento de los datos relacionados con la cantidad y distribución de la energía solar que incide en un lugar determinado, y de su variación en determinados ciclos diarios y anuales.

El conocimiento de estos datos contribuye a que se controle la disponibilidad de los recursos renovables y facilita la identificación de regiones estratégicas, donde es más adecuada la utilización de la energía solar para la solución de necesidades energéticas de la población.

Atlas solares.

Los atlas de radiación solar proporcionan información que cuantifica la energía solar que incide sobre la superficie de una zona (puede ser un país).

Para el caso de las zonas apartadas de las redes nacionales de transporte y distribución de energía, por ejemplo, esta información es necesaria para la construcción de sistemas o aplicaciones

tecnológicas que, a partir de la energía solar, permiten el abastecimiento de energía eléctrica, con el fin de satisfacer diversos requerimientos (iluminación, comunicaciones, bombeo de agua, señalización o sistemas solares térmicos para el suministro de calor y calentamiento de agua o aire en secadores de productos agrícolas). Igualmente, los mapas son importantes para el diseño de edificaciones confortables y energéticamente eficientes.

Datos de estaciones meteorológicas.

Las estaciones meteorológicas son los lugares donde se realizan mediciones y observaciones puntuales, utilizando los instrumentos adecuados de los distintos parámetros meteorológicos, para así poder establecer el comportamiento atmosférico

A continuación, se detalla una clasificación de los tipos de estaciones meteorológicas:

- Estaciones pluviométricas: son las estaciones meteorológicas donde un pluviómetro o recipiente cuantifica la cantidad de lluvia caída entre dos mediciones consecutivas.
- Estaciones pluviográficas: son estaciones meteorológicas que pueden realizar de forma continua y mecánica un registro de las precipitaciones, por lo que cuantifican la cantidad, intensidad, duración y periodo en que ha ocurrido la lluvia.
- Estaciones climatológicas principales: son aquellas estaciones meteorológicas que están cualificadas para realizar observaciones del tiempo atmosférico, precipitaciones, temperatura del aire, humedad, viento, radiación solar, evaporación y otros fenómenos especiales. Normalmente, se realizan aproximadamente tres mediciones al día.
- Estaciones climatológicas ordinarias: estas estaciones meteorológicas deben ser capaces de medir las precipitaciones y la temperatura de manera instantánea.
 - Estaciones sinópticas principales: estas estaciones realizan observaciones de los principales elementos meteorológicos en horas de convenio internacional. Los datos corresponden a nubosidad, dirección y velocidad de los vientos, presión atmosférica, temperatura del aire, tipo y altura de las nubes, visibilidad, fenómenos especiales, características de la humedad, precipitaciones, temperaturas extremas, capas significativas de las nubes, recorrido del viento y secuencia de los fenómenos atmosféricos. Esta información es codificada e intercambiada a través de los centros mundiales, con el fin de generar pronósticos para el servicio de la aviación.
 - Estaciones sinópticas suplementarias: al igual que en las estaciones meteorológicas anteriores, las observaciones se realizan a horas convenidas internacionalmente y los datos suelen corresponder a la visibilidad, fenómenos especiales, tiempo atmosférico, nubosidad, estado del suelo, precipitaciones, temperatura y humedad del aire, y viento.
- Estaciones agrometeorológicas: en estas estaciones se realizan mediciones y observaciones meteorológicas y biológicas que ayudan a la determinación de las relaciones entre el tiempo y el clima, por una parte, y la vida de las plantas y los animales, por otra. Incluyen el mismo programa de observaciones que las estaciones climatológicas principales, además de registros de temperatura a varias profundidades (hasta un metro), y en la capa cercana al suelo (0,10 y 20cm sobre el suelo).

Bases de datos de estaciones meteorológicas.

Los estudios climáticos requieren información que comprenda un largo periodo de tiempo, que varía para cada elemento meteorológico (la Organización Meteorológica Mundial recomienda treinta años). Es por esto que, a la hora de realizar estudios del clima de épocas pasadas, surge el inconveniente de no poder medir directamente los datos pasados. Ante estas situaciones, es necesario recurrir a los datos indirectos. Esta información se recoge en una gran variedad de fuentes, entre las que se pueden destacar las bases de datos.

Los datos obtenidos por estaciones meteorológicas interconectadas entre sí (en red), tras un proceso de depuración y validación, son incorporados a una base de datos, posteriormente utilizados en estudios científicos y puestos a disposición del público.

1.1.4.- Tipos y usos de las instalaciones fotovoltaicas:

La mayoría de las instalaciones fotovoltaicas fueron concebidas como sistemas de generación eléctrica para zonas donde no llegaba la corriente eléctrica convencional o era muy cara su instalación. Estas estaciones se conocen como “estaciones aisladas de red”.

Sin embargo, las denominadas “instalaciones conectadas a la red de distribución” han desarrollado una importante evolución, debida fundamentalmente al abaratamiento de los componentes que constituyen las instalaciones fotovoltaicas, al aumento de la fiabilidad de estos sistemas y a las condiciones ventajosas impuestas por la Administración pública en cuanto a la venta de esta producción eléctrica.

Funcionamiento y configuración de una instalación solar fotovoltaica conectada a red.

Estos sistemas carecen de conexión a la red eléctrica convencional, siendo su instalación más común en instalaciones domésticas de alumbrado, bombeo y telecomunicaciones. Dentro de estos sistemas, se pueden identificar dos bloques fundamentales: acumulación y conexión directa.

Sistemas de acumulación

Los sistemas de acumulación son los que están conectados a baterías que permiten el suministro eléctrico en periodos de escaso aprovechamiento de la radiación solar.

Dependiendo del consumo al que estén conectados, se pueden clasificar en:

- a. Corriente alterna (CA).
- b. Corriente continua (CC).
- c. CC/CA.

Sistemas directos

Estos sistemas, generalmente, no disponen de baterías, por lo que sólo se obtendrá energía eléctrica

en los periodos en los que se disponga de radiación solar. Estos sistemas son utilizados en aplicaciones donde no es importante la interrupción o variación del suministro eléctrico. Existen casos en los que se pueden instalar baterías para la acumulación de energía aunque se esté conectado a la red eléctrica, solo si existe balance neto, compensación de excedentes por producción eléctrica

Aplicaciones

Electrificación de viviendas

Es la utilización más habitual, sobre todo en viviendas alejadas de la red eléctrica convencional. Antes de diseñar una instalación fotovoltaica, es muy importante conocer las necesidades de consumo para las que está destinada dicha instalación, y así evitar posibles errores de dimensionamiento

- Instalaciones domésticas centralizadas y descentralizadas

En las instalaciones domésticas descentralizadas, cada vivienda está alimentada por un generador; mientras que en las centralizadas, un único generador fotovoltaico suministra electricidad a un grupo de viviendas.

- Sistemas de bombeo

La alimentación de sistemas de bombeo es otra aplicación muy común de las instalaciones fotovoltaicas aisladas de red. El consumo se puede solicitar en bombas de CC o CA y, según la aplicación, se pueden usar baterías.

Funcionamiento y configuración de una instalación solar fotovoltaica de inyección a red.

Son instalaciones donde la totalidad de energía generada por el campo fotovoltaico se suministra a la red general de distribución.

Estas instalaciones no poseen baterías ni reguladores, aunque sí inversores.

Estos inversores deben tener las siguientes características:

- Disponer de un sistema de medida para la energía consumida y suministrada.
- Ser capaz de interrumpir o reanudar el suministro, dependiendo del estado de los captadores solares.
- Adaptación, de la CA producida, a la fase de la red.

Almacenamiento y acumulación.

Las necesidades energéticas no siempre coinciden en el tiempo con la captación de energía solar, por lo que se hace necesario disponer de un sistema de almacenamiento eléctrico que haga frente a la demanda, cuando exista poca o nula radiación solar, así como a la producción solar, en momentos de consumo mínimo. Los elementos encargados del almacenamiento de electricidad en el ámbito fotovoltaico, son las baterías o acumuladores.

Hay que destacar que la fiabilidad general de la instalación solar dependerá, en gran medida, del sistema de acumulación, por lo que es un elemento cuyas características es necesario tener muy en cuenta. Algunas de las características de los acumuladores son:

- **Capacidad:** es la cantidad de electricidad que puede almacenar el acumulador, puede calcularse mediante la descarga total de una batería que esté inicialmente cargada al máximo. La capacidad de un acumulador se mide en Amperios-hora (Ah) para un determinado tiempo de descarga, por ejemplo, una batería de 130Ah es capaz de entregar 130A en una hora o 13A en diez horas.
- **Eficiencia de carga:** es la relación que existe entre la energía empleada para cargar la batería y la que realmente se almacena. Una eficiencia del 100% significa que toda la energía empleada para cargar la batería es la que puede suministrar en su descarga.
- **Autodescarga:** es el proceso natural por el cual el acumulador “pierde” energía almacenada sin estar funcionando.
- **Profundidad de descarga:** se denomina profundidad de descarga al porcentaje de energía que un acumulador (inicialmente cargado) ha perdido en una descarga. Como ejemplo, si una batería totalmente cargada de capacidad 100Ah sufre una descarga de 20Ah, esto significa una profundidad de descarga del 20%. Evidentemente, cuanto menos profundos sean los ciclos de carga/descarga, mayor será la duración del acumulador.

Funcionamiento y configuración de una instalación de apoyo con pequeño aerogenerador y/o grupo electrógeno.

Las instalaciones fotovoltaicas que se complementan con aerogeneradores y/o grupo electrógenos, se denominan instalaciones de apoyo, aunque también se conocen como híbridas, debido a la naturaleza “múltiple” de la producción eléctrica generada (eólica, solar, etc.). A continuación, se muestran algunas configuraciones típicas de este tipo de instalaciones.

- Instalación eólico – fotovoltaica con aerogenerador en CA
- Instalación eólico – fotovoltaica con aerogenerador en CC
- Instalación fotovoltaica con grupo electrógeno

Sistemas de protección y seguridad en el funcionamiento de las instalaciones.

Protecciones y puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas

Las instalaciones fotovoltaicas deben presentar aparatos de maniobra y protección para un correcto funcionamiento, por lo que suelen disponer (en una caja precintada) de elementos que permitan desconectarse, en caso de existir fenómenos perturbadores que así lo aconsejen.

Las protecciones son establecidas por la normativa vigente en cada país que enuncia la necesidad de que la instalación disponga de:

- Un interruptor general magnetotérmico en la parte de CA, con una intensidad de corte

determinada y accionamiento manual.

- Un interruptor diferencial en las partes de CC y CA, que proteja de los posibles defectos de tierra.
- Un interruptor de corte automático, cuya desconexión esté asociada a las magnitudes, controladas por una serie de relés.

En las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, es necesario diferenciar entre la parte de alterna y continua. En la parte de corriente alterna, el neutro del transformador debe estar conectado a tierra, y las masas metálicas de la instalación, conectadas a otra toma de tierra diferente a la anterior. En la parte de continua, los conductores activos del generador fotovoltaico deben estar aislados con respecto a tierra.

La instalación debe tener separación galvánica (separación por medio de un transformador de aislamiento) entre la red de baja tensión (BT) y la instalación fotovoltaica. El neutro de este transformador se conectará a tierra independientemente, respecto a la toma de tierra de las masas.

Para la protección contra sobretensiones en la parte de CA, se suelen utilizar varistores.

Seguridad y prevención de riesgos

El hecho de que una instalación fotovoltaica sea una instalación eléctrica supone un riesgo, tanto para los operarios de instalación y mantenimiento como para cualquier usuario cotidiano. Por este motivo, tanto los primeros como los segundos deben cumplir estrictamente las medidas de seguridad que correspondan.

Respecto a los equipos de protección, en el transporte, manipulación y almacenamiento de los mismos, es necesario evitar que sufran golpes y caídas. Todos los elementos deben permanecer en su embalaje hasta que se instalen y coloquen en la posición correspondiente, y deben almacenarse en un lugar seguro para evitar que sufran daños o robos.

El instalador debe estar protegido con:

- Casco.
- Guantes aislantes.
- Cinturón o arnés de seguridad.
- Gafas protectoras (para evitar la entrada de partículas o deslumbramientos por los rayos solares).

No es conveniente el transporte manual de algunos componentes (por ejemplo, las baterías, que son elementos muy pesados). Para el mantenimiento, se deben utilizar herramientas con aislamientos.

Es necesario que los armarios o cajas que contengan equipos y partes activas estén debidamente señalizados, así como las zonas de la instalación en las que se esté realizando alguna tarea de mantenimiento.

Habrá que tener especial precaución con la presencia de canalizaciones de agua, próximas a cualquier elemento que pertenezca a la instalación.

1.2.- Componentes que conforman las instalaciones solares fotovoltaicas.

1.2.1.- Generador fotovoltaico:

El generador fotovoltaico es el elemento fundamental de cualquier instalación fotovoltaica, ya que tiene la misión de captar la radiación o energía luminosa incidente para transformarla en energía eléctrica. Los componentes fundamentales del generador fotovoltaico son las denominadas células solares o fotovoltaicas, y suelen disponerse formando paneles.

Panel fotovoltaico.

Un panel solar o fotovoltaico está formado por varias células idénticas interconectadas eléctricamente, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente que pueda suministrar el panel se ajuste al valor deseado. La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie, hasta conseguir el nivel de tensión deseado; y, posteriormente, colocando en paralelo varias de estas asociaciones en serie, para poder alcanzar el nivel de intensidad necesario.

Además de las células solares, los paneles cuentan con otros elementos, que hacen posible la protección del conjunto frente a agentes externos, asegurando una rigidez adecuada, posibilitando la sujeción a las estructuras que los sostienen y permitiendo la interconexión eléctrica.

Los paneles solares suelen tener entre 28 y 40 células, aunque lo más habitual es que cuenten con 36. La superficie del panel o módulo puede variar entre 0.1 y 0.5m² y presenta dos tomas de salida: positiva y negativa, aunque a veces tiene alguna intermedia para permitir la colocación de diodos de protección. Normalmente, los paneles que se utilizan están diseñados para trabajar en combinación con baterías de tensiones múltiplo de 12V.

Conversión eléctrica.

Los materiales usados para la construcción de células solares se denominan semiconductores. Estos materiales se usan debido a que la energía de los electrones de la última capa (capa de valencia) de los átomos de estos materiales es similar a la energía de las partículas que producen la radiación solar (fotones).

Por lo tanto, cuando la luz solar incide sobre el semiconductor (generalmente silicio), sus fotones suministran la cantidad de energía necesaria a los electrones de valencia para que se rompan los enlaces y queden libres para circular por el material. Por cada electrón que se libera, aparece un hueco. Dichos huecos se comportan como partículas con carga positiva (+).

Cuando la radiación luminosa en forma de fotones es absorbida por los semiconductores, se generan pares de portadores de carga eléctrica: electrones y huecos, los cuales deben ser separados para poder usar la energía que cada uno representa. Estos portadores, generados por la energía de los fotones, viajan bajo un gradiente de concentración hacia la unión en donde son separados por

efecto del campo eléctrico. Esta separación envía electrones fotogenerados a la capa N y huecos fotogenerados a la capa P, creándose una diferencia de potencial entre las superficies superior e inferior de las capas.

La acumulación de cargas en las superficies del dispositivo da como resultado un voltaje eléctrico que se puede medir externamente. Si se establece un circuito eléctrico externo entre las dos superficies, los electrones acumulados fluirán a través de él, regresando a su posición inicial. Este flujo de electrones forma lo que se denomina como corriente generada o fotovoltaica (FV).

Electricidad fotovoltaica

El efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico es el fenómeno físico que consiste en la conversión de energía luminosa en energía eléctrica. Para que se produzca dicho efecto, debe existir:

- Una estructura capaz de introducir un campo eléctrico: unión PN.
- Que la radiación solar sea capaz de romper los enlaces entre átomos para liberar electrones.

El efecto fotovoltaico se produce cuando la radiación solar incide sobre la unión PN del material semiconductor, se rompen los enlaces y el campo eléctrico orienta las cargas del electrón y el hueco, estableciéndose la diferencia de potencial a partir de la cual circula corriente por la carga.

La célula solar

Una célula solar es un dispositivo capaz de convertir la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica (efecto fotovoltaico). La mayoría de las células solares que actualmente se encuentran disponibles son de Silicio mono o policristalino. El primer tipo se encuentra más generalizado y, aunque su proceso de fabricación es más complicado, suele ser más eficiente.

Para construir una célula solar, además de la unión PN, se deben realizar otras tareas, como añadir a esta unión electrodos para que puedan “sacar” la corriente, así como encapsularla, a fin de protegerla contra condiciones adversas: polvo, humedad etc.

Para extraer la corriente generada en la célula, es necesario colocar unos electrodos de tipo metálico en ambas caras de la célula. Normalmente, estos electrodos se serigrafían a partir de una capa muy fina de aluminio (cara anterior). En la cara donde incide la radiación (cara posterior) se colocan los contactos, formando una estructura de árbol. Para reducir la reflexión de la radiación incidente, se imprime en la cara correspondiente (delantera) una capa antirreflectante de dióxido de nitrato.

Por otro lado, es importante saber que la corriente entregada a la carga (I) por una célula solar es el resultado neto de dos componentes internas de intensidad opuestas. Éstas son:

- Corriente de iluminación (I): se debe a la generación de portadores producida por la iluminación.
- Corriente de oscuridad (I): es debida a la recombinación de portadores que produce la tensión externa necesaria para poder entregar energía a la carga.

Tipos de células.

- Células de lámina delgada

Las células de silicio cristalino suelen tener un espesor considerable (comparadas con otras células), debido al reducido coeficiente de absorción que presentan respecto a la luz incidente y a la necesidad de disminuir las pérdidas por transmisión.

A no ser que se incorporen procedimientos de confinamiento óptico al silicio cristalino (silicio cristalino de lámina delgada), se hace necesario utilizar otros materiales semiconductores para la fabricación de células de lámina delgada.

A continuación, se explican las células de lámina delgada que han sido objeto de mayor atención en el mercado.

- Células de silicio amorfo

El silicio amorfo se caracteriza porque los átomos que lo componen no están estructurados con un orden periódico definido, por lo que existe un número considerable de enlaces incompletos.

Por otra parte, el silicio amorfo presenta problemas de dopaje con materiales de tipo N o P, por lo que se le añade cierta cantidad de hidrógeno.

Entre las ventajas más significativas de estas células, se pueden destacar:

- El material de partida es prácticamente inagotable (silicio).
- Barato proceso de fabricación respecto al silicio cristalino (menos exigente en cuanto a material y energía).
- La asociación en serie de las células puede llevarse a cabo de una sola pieza (más estético).

En cuanto a las desventajas más singulares, se puede mencionar la degradación por exposición a la luz, aunque, sometiendo a la célula a temperaturas superiores a los 100° C, se pueden recuperar las especificaciones iniciales.

- Células de arseniuro de galio

El arseniuro de galio tiene unas propiedades semiconductoras que lo hacen ideal para fabricar células solares. Además, tiene la facilidad de enlazarse con ciertos materiales y así permitir la construcción de células más eficientes (además de la reducción de pérdidas por no absorción).

El incremento del rendimiento de estas células bajo luz concentrada es debido, en parte, a que la sensibilidad de la eficiencia de las mismas frente a la temperatura es muy inferior a la del silicio.

El elevado coste y la toxicidad de los componentes de las células de arseniuro de galio son las desventajas más importantes que se pueden destacar de esta tipología.

- Células de telurio de cadmio

Este material presenta características muy parecidas al arseniuro de galio: propiedades semiconductoras, alto cociente de absorción e inconveniente medioambiental (toxicidad del

cadmio).

- Células de diseleniuro de indio y cobre (CIS)

El diseleniuro de indio y cobre es poli- cristalino y, al igual que el silicio policristalino, el tamaño de los cristales influye en gran medida en la eficiencia de las células que se fabriquen. Las mayores eficiencias obtenidas con estas células se sitúan alrededor del 17%, y módulos de tamaño comercial han demostrado rendimientos en torno al 9%, con estabilidad prolongada en periodos de varios años.

- Células de silicio cristalino de lámina delgada

A pesar de ser mucho más delgadas que las convencionales, presentan un espesor mucho mayor que las otras células de lámina delgada. No presentan toxicidad, el material base (silicio) es muy abundante y la eficiencia se mantiene constante con el tiempo.

A diferencia de las otras células de silicio cristalino, es necesario que las de lámina delgada se depositen sobre un sustrato que las soporte (por deposición), siendo el tipo de sustrato elegido un aspecto clave que debe ser optimizado.

- Células Tandem

Se pueden conseguir notables incrementos de rendimiento con células multiunión o tandem, ya que en éstas se lleva a cabo un mejor aprovechamiento de la energía presente en el espectro solar.

Básicamente, estas células consisten en la superposición de células construidas con semiconductores distintos, a fin de que fotones que no son energéticamente eficientes para una, lo sean para la otra (gran adaptación al espectro solar).

El panel solar

Características físicas, constructivas y eléctricas.

Características eléctricas

La fabricación, el comportamiento y las características eléctricas y mecánicas del módulo fotovoltaico vienen determinados en la hoja de características del dispositivo, que siempre es proporcionada por el fabricante.

En estas hojas de características aparecen los parámetros que se exponen a continuación.

- Potencia máxima o potencia pico del módulo (PmaxG)

Si se conecta una determinada carga al panel, el punto de trabajo vendrá determinado por la corriente I y la tensión V existentes en el circuito. Estos valores tendrán que ser inferiores que I_{scG} y V_{ocG} (que se definirán más adelante) respectivamente.

La potencia P que el panel entrega a la carga está determinada por la siguiente ecuación:

$$P = V \cdot I$$

Su valor más alto se denomina potencia máxima o pico del módulo. Los valores de la corriente y tensión correspondientes a este punto se conocen respectivamente como:

- IPmax: Intensidad cuando la potencia es máxima o corriente en el punto de máxima potencia.
 - VPmax: La tensión cuando la potencia también es máxima o tensión en el punto de máxima potencia.
- Corriente de cortocircuito (IscG)

Al cortocircuitar los terminales del panel ($V=0$) y recibir radiación solar, la intensidad que circula por el panel es máxima y el valor se denomina IscG.

-
- Tensión de circuito abierto (VocG)

Se obtiene al dejar los terminales del panel en circuito abierto ($I=0$). Entre ellos, aparece, al recibir la radiación, una tensión que será máxima.

Estos parámetros se obtienen en condiciones estándar de medida, que, según la norma EN61215, están establecidas como sigue y el fabricante debe especificarlas:

- Irradiancia: 1000W/m² (1 KW/m²)
- Distribución espectral de la radiación incidente: AM1.5 (masa de aire)
- Incidencia normal
- Temperatura de la célula: 25° C

Otro parámetro que debe ser suministrado por el fabricante es la Temperatura de Operación Nominal de la Célula (TONC). Dicho parámetro se refiere a la temperatura que alcanzan las células solares cuando el módulo está sometido a las siguientes condiciones de operación:

- Irradiancia: 800W/m²
- Distribución espectral de la radiación incidente: AM1.5 (masa de aire)
- Incidencia normal
- Temperatura ambiente: 20° C Velocidad del viento: 1m/s

Comportamiento

Existen varios factores que afectan al funcionamiento de los módulos fotovoltaicos. Algunos son:

- La intensidad aumenta con la radiación, permaneciendo la tensión más o menos constante. Es importante tener presente este efecto, ya que los valores de la radiación varían a lo largo de todo el día en función del ángulo del sol con el horizonte, por lo que es importante la adecuada colocación de los paneles y la posibilidad de cambiar la posición a lo largo del tiempo, según la hora del día o la estación del año.
- La exposición al Sol de las células provoca su calentamiento, lo que produce variaciones en la producción de electricidad. Por ejemplo, una radiación de 1000 W/m² es capaz de calentar

una célula unos 30° C por encima de la temperatura del aire circundante. A medida que aumenta la temperatura, el voltaje generado disminuye, por lo que es recomendable disponer los paneles de tal manera que estén bien aireados. Este factor condiciona, en gran medida, el diseño de los sistemas de concentración, ya que las temperaturas que se alcanzan son muy altas, por lo que las células deben diseñarse para operar en ese rango de temperatura, o bien contar con sistemas adecuados para la disipación de calor.

- El número de células por módulo afecta principalmente al voltaje, puesto que cada una de ellas produce aproximadamente 0,4V. La tensión de salida del módulo aumenta en esa proporción.

Elementos

Además de las células, los paneles solares están constituidos por algunos elementos adicionales, que son los siguientes:

Cubierta exterior de cara al Sol: es de vidrio, ya que debe facilitar lo máximo posible la transmisión de la radiación solar que llega al panel. Se caracteriza por su buena resistencia mecánica, alta transmisividad y bajo contenido en hierro.

- Encapsulante: suele ser de silicona o, más frecuentemente, EVA (etilen-vinil-acetato). Es especialmente importante que no quede afectado en su transparencia por la continua exposición solar, buscándose además un índice de refracción similar al del vidrio protector, y así no alterar las condiciones de la radiación incidente.
- Protección posterior: esta parte debe dar rigidez y una gran protección frente a inclemencias atmosféricas. En su fabricación, se suelen emplear láminas formadas por distintas capas de materiales, de diferentes características.
- Marco metálico: es de aluminio y asegura una suficiente rigidez al conjunto, incorporando elementos de sujeción a la estructura exterior del panel. La unión entre el marco metálico y los elementos que forman el módulo se realiza mediante distintos tipos de sistemas resistentes a las condiciones de trabajo del panel.
- Cableado y bornas de conexión: son habituales en las instalaciones eléctricas, y son protegidos y aislados de la intemperie por cajas.
- Diodo de protección: su misión es la protección contra sobrecargas y de- más alteraciones respecto a las condiciones de funcionamiento del panel.

Protecciones del generador fotovoltaico

Las protecciones que deben tener los sistemas generadores fotovoltaicos son las siguientes:

- Todos los módulos deben satisfacer las especificaciones y estar cualificados por algún laboratorio acreditado por las entidades nacionales de acreditación reconocidas por la Red Europea de Acreditación (EA) o por el Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT, demostrado mediante la presentación del certificado correspondiente.

- En el caso excepcional en el cual no se disponga de módulos cualificados por un laboratorio, según lo indicado en el apartado anterior, se deben someter éstos a las pruebas y ensayos necesarios, de acuerdo a la aplicación específica según el uso y condiciones de montaje en las que se vayan a utilizar, realizándose las pruebas que, a criterio de alguno de los laboratorios antes indicados, sean necesarias, otorgándose el certificado específico correspondiente.
- El módulo fotovoltaico llevará, de forma claramente visible e indeleble, el modelo y nombre o logotipo del fabricante, potencia pico, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.
- Los módulos serán Clase II y tendrán un grado de protección mínimo contra chorros directos de agua y totalmente estancos contra el polvo . Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.
- El cálculo y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos permitirán las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante. La estructura se realizará teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.
- La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales.
- En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, la estructura y la estanqueidad entre módulos se ajustará a las exigencias indicadas en la parte correspondiente del Código Técnico de la Edificación y demás normativa de aplicación.

1.2.2.- Estructuras y soportes:

A menudo, cuando se diseña una instalación solar fotovoltaica, toda la atención se suele centrar en el cálculo de los módulos, descuidándose el diseño del sistema de sujeción que orienta y fija estos.

El sistema de sujeción del generador fotovoltaico es tan importante como el propio panel, debido a que, un fallo de estos, puede provocar una inmediata parada e incluso la destrucción de la instalación.

Tipos de estructuras.

Los paneles solares fotovoltaicos necesitan ser colocados sobre soportes so- lares rígidos, lo que permite mantener en ángulo de inclinación óptimo, incluso cuando soplen vientos fuertes o caigan nevadas.

Existen dos tipos fundamentales:

- Soportes fijos (inamovible) y ajustables (se puede variar manualmente).

- Soportes automáticos o de seguimiento (se orientan solos, dependiendo de la posición del sol).

Para elegir el más adecuado, se debe tener en cuenta el costo máximo para el sistema y el incremento porcentual de energía que se obtendría al usar cada uno de estos tipos.

La latitud del lugar determina el grado de variación entre la posición del sol al amanecer y cuando alcanza el cenit. Si esta variación es externa y el bloque generador tiene gran cantidad de paneles, el diseño debería incorporar el soporte automático. Si, por el contrario, la potencia a generar está por debajo de los 300 ó 400 W, un panel ajustable sería la solución más económica. Si la variación de la altura del sol es mínima, un panel fijo será suficiente.

Dimensionado.

Instalación

Dependiendo si la instalación se localiza en un edificio integrado o no, la estructura soporte tendrá diferentes peculiaridades.

En instalaciones no integradas, el anclaje de los módulos dependerá de cómo esté construida la cubierta o los cerramientos, y de las fuerzas que actúan sobre él como consecuencia de los esfuerzos provocados por la nieve y el viento.

El instalador deberá montar la estructura soporte asegurándose de que sea capaz de resistir las cargas a las que pueda estar sometida (definidas en el proyecto de la instalación). En cuanto a las instrucciones de instalación y ensamblado, suele ser indicada en la documentación del fabricante.

Como normas a seguir, se pueden destacar:

- Las estructuras sobre el suelo deben anclarse sobre cimentaciones de hormigón. Éstas deben ser calculadas para evitar el vuelco por la acción del viento trasero.
- La estructura tiene que fijarse con tornillos introducidos en el hormigón cuando se está realizando la cimentación.
- En las estructuras sobre las cubiertas, no se debe traspasar ésta para evitar infiltraciones de agua. En las estructuras planas, se deben considerar muretes de hormigón armado con varilla metálica, para que garanticen una total sujeción y eviten el vuelco del módulo.
- En la fijación de la estructura en el tejado atravesando la cubierta, es necesaria la colocación de faldones y collarines estancos.
- Es más conveniente utilizar estructuras de perfiles atornillados y partes roscadas para simplificar las labores de mantenimiento, que encarecerían la instalación, sobre todo las aisladas.
- Con el tratamiento galvanizado, se protege la estructura soporte (normalmente de hierro) contra la corrosión.
- Los taladros deben hacerse antes de aplicar la protección contra la corrosión.

- Algunas estructuras de pequeñas instalaciones suelen ser de aluminio anodizado (para las instalaciones grandes resultaría muy caro).
- El acero inoxidable también es muy caro, por lo que sólo suele utilizarse en ambientes muy corrosivos.
- La tornillería deberá ser de acero inoxidable o estar galvanizada.
- En caso de los módulos móviles, la fijación deberá permitir el movimiento sin que se transmitan esfuerzos de dilatación.
- Las filas de módulos deberán situarse perfectamente alineados y con una distancia entre ellos suficiente para la colocación de las conexiones de cableado entre módulos y demás elementos.
- Cuando los módulos presenten cierta inclinación, se debe dejar una separación mínima entre los módulos de 3cm aproximadamente, y así permitir el paso del aire y disminuir las cargas del viento sobre los módulos.
- Para la correcta transmisión de esfuerzos, es muy importante el aplomo de los elementos verticales de la estructura soporte.
- La estructura debe estar preparada para una posible ampliación futura.

Diseño y cálculo

El principal factor a la hora de fijar la estructura no es el peso de los paneles, sino la fuerza del viento que, dependiendo de la zona, puede llegar a ser considerable. La estructura debe tener un anclaje que lo haga resistente a la acción de los agentes atmosféricos de la zona y deberá resistir vientos de, como mínimo, 150Km/h.

Como los módulos fotovoltaicos estarán aproximadamente orientados al sur, las cargas de viento que pueden ser peligrosas serán las que vengan del norte, ya que suponen fuerzas de tracción sobre los anclajes, que son mucho más peligrosas que la de compresión.

La fuerza del viento que puede actuar sobre cada uno de los módulos, se puede calcular a partir de la expresión:

$$F = p \cdot S \cdot \sin a.$$

- S = Superficie del módulo.
- a = Ángulo de inclinación de los módulos respecto a la horizontal.
- p = Presión frontal del viento, es decir, la que ejercería el viento sobre los módulos si estos se encontraran perpendiculares a la dirección del mismo. Depende de la velocidad.

Estructuras fijas y con seguimiento solar.

Los soportes fijos se suelen elegir en lugares donde la latitud permite un ángulo de inclinación fijo

(latitud más 10º), cuyo valor incrementa las horas de generación durante el invierno, cuando el consumo nocturno aumenta y disminuye la eficiencia de la insolación durante el verano (cuando los días son más largos). Las diferencias de diseño y costo entre un soporte fijo y otro ajustable son mínimas, por ello, los soportes ajustables son los más usados.

Los soportes automáticos permiten seguir la trayectoria del sol desde el amanecer hasta el atardecer. Existen dos tipos:

Seguidor automático pasivo.

Recibe este nombre debido a que puede realizar un único movimiento de este a oeste (movimiento azimutal), y no consume energía eléctrica. El movimiento azimutal se consigue usando el calor del sol, que altera la distribución del peso entre los lados que miran al este y al oeste. Poseen dos tanques (uno mirando al este y otro al oeste) que están comunicados entre sí y están llenos de una sustancia líquida de bajo punto de ebullición (freón), y tienen placas metálicas que exponen un lado al sol mientras somborean el resto.

El lado sombreado (frío) conserva el freón en forma líquida, mientras que el lado que recibe el sol lo vaporiza. El desplazamiento de gases al lado contrario donde se condensan, provoca el movimiento azimutal.

Al comenzar el día, el seguidor tiene la posición correspondiente a la de la noche anterior, y necesita ser “despertado” por el sol saliente para exponer los paneles hacia esa dirección. A partir de ese momento, el calor del sol y el sombreado de los tanques permiten que el seguidor continúe con su movimiento azimutal con relativa precisión. Estas unidades suelen tener amortiguadores para minimizar la acción del viento, y el ángulo de inclinación se ajusta manualmente.

Seguidor automático activo.

Existen dos modelos para esta tipología: seguidor de un eje y de dos ejes. Algunos son diseñados exclusivamente para seguir el movimiento azimutal y permiten, como el anterior, un ajuste manual del ángulo de inclinación.

Otros modelos ofrecen la opción de poder incorporar el movimiento de inclinación a posteriori. Por último, los modelos más elaborados incorporan los dos movimientos automáticos.

Esta variedad de modelos permite abaratar los costos cuando no se necesita seguir la altura del sol con precisión. A diferencia del modelo pasivo, los activos utilizan pequeños motores eléctricos (24

V), que están comandados por una unidad de control que actúa respondiendo a la información recogida por el correspondiente sensor. Para llevar a cabo el movimiento, toman un mínimo de energía (5Wh/día), ya sea del banco de baterías o de los paneles (dependiendo del modelo usado).

1.2.3.- Acumuladores:

La energía producida y demandada en las instalaciones fotovoltaicas es muy variable y depende de la radiación incidente. Por esta razón, se hace imprescindible disponer de un sistema de

acumulación de energía que permita ajustar la oferta a la demanda energética. En las instalaciones aisladas, este almacenamiento energético se realiza en baterías.

Tipos de acumuladores (Plomo-Ácido, Níquel-Cadmio, etc.).

En el mercado no existe una batería óptima para todas las aplicaciones, sino que existen varios tipos. Los más importantes son:

- Plomo ácido (Pb-ácido).
- Níquel-Cadmio (Ni-Cd).
- Níquel-Zinc (Ni-Zn).
- Zn-Cloro (Zn-Cl₂).
- Litio (Li)

De todos estos, más del 90% del mercado corresponde a las baterías de Plomo ácido que, en general y siempre que pueda realizarse un mantenimiento, son las que mejor se adaptan a los sistemas de generación fotovoltaica. Dentro de las de plomo ácido, se pueden localizar las de Plomo-Calcio (Pb-Ca) y las de Plomo-Antimonio (Pb-Sb). El uso de este tipo de baterías se está sustituyendo por las de litio.

Las primeras tienen a su favor una menor autodescarga, así como un mantenimiento más limitado; mientras que las de Pb-Sb sufren un deterioro inferior con la sucesión de ciclos y presentan mejores propiedades para niveles de baja carga. Este segundo tipo soporta grandes descargas y siempre tiene, atendiendo a las condiciones de uso, una vida media comprendida entre los diez y quince años.

Por su implantación a nivel comercial, tienen también cierta importancia los acumuladores de Níquel-Cadmio que, entre otras ventajas respecto a las de plomo ácido, presentan la posibilidad de ser utilizadas sin necesidad de elemento regulador, permanecer largo tiempo con bajo nivel de carga, estabilidad en la tensión que suministra y un mantenimiento mucho más espaciado en el tiempo. Sin embargo, su coste se cuadruplica, y su baja capacidad a régimen de descarga lenta desaconseja su uso en la mayoría de las aplicaciones fotovoltaicas.

Todas estas baterías pueden presentarse en forma estanca, conocidas como libres de mantenimiento o sin mantenimiento, lo que es beneficioso para algunas aplicaciones. No obstante, presentan una duración muy limitada frente a los acumuladores abiertos, no existen en el mercado acumuladores estancos de alta capacidad y son más caros que los abiertos.

De acuerdo al mantenimiento que requieren, existen tres tipos de baterías: con mantenimiento, bajo mantenimiento y sin mantenimiento. En las primeras, es necesario revisar el nivel de electrolito periódicamente, por lo que se deben retirar los tapones de la batería y comprobar que el líquido se encuentre en las marcas de referencia que aparecen en la pared de la batería. Si no se encontrara en el nivel adecuado, se tendría que aumentar agua destilada hasta llegar al nivel deseado. Las baterías de bajo mantenimiento necesitan menos revisiones periódicas pero, en caso que se necesite, puede reponerse el nivel de electrolito de la misma forma. Las baterías sin

mantenimiento vienen selladas de fábrica, por lo que no requieren ninguna intervención.

Las baterías de litio son las más modernas y las más caras. Se usan, incluso, en las instalaciones de balance neto para acumular energía cuando el precio de venta de la instalación es más barato y acumulando energía para su uso cuando el precio es más alto y así que sean rentables. Son bastante caras pero, en determinados casos, se pueden amortizar. Sus principales ventajas son:

- **Carga y descarga de baterías mas rápida:** Las baterías de lito permiten una rápida disposición y recarga de la energía mas rápida gracias a las cualidades del acumulador de Litio hierro fosfato. El régimen máximo recomendado de carga y descarga es 2C con lo que podemos demandar 5000w continuos al sistema y cargar a esa misma velocidad . En tan solo 2 horas podemos recargar las baterías desde una descarga total. Si lo necesitamos permiten incluso cargas y descargas a un régimen 1C.
- **Permite descargas completas:** Las baterías de Litio se pueden descargar mas del 80% , y aun así nos proporcionarán mas de 6000 ciclos. No obstante el uso normal de los kit solares no suelen descargar mas del 40% las baterías, y de este modo podemos llegar a los 10.000 ciclos de descarga en los kit solares con baterías de Litio
- **Desaparece la Sulfatación en baterías:** Las baterías de litio además de ser sin mantenimiento no necesitan cargas de ecualización ni especiales cuidados más allá de los que proporciona el propio sistema de carga del inversor. Pueden trabajar en estados parciales de carga como ocurre en las instalaciones solares y después recuperar su capacidad sin problemas de sulfatación.
- **Mínimas pérdidas:** Las pérdidas del sistema en el proceso de carga y descarga es de apenas un

3% gracias a las características del ion litio con lo que obtenemos una mayor tasa de aprovechamiento energético de los paneles solares frente al plomo ácido.

Partes constitutivas de un acumulador.

Una batería está compuesta por uno o varios elementos electroquímicos, capaces de transformar una energía potencial química en energía eléctrica. Cuando las reacciones químicas son irreversibles, el dispositivo sólo puede usarse una vez (pilas), mientras que, si son reversibles (baterías o acumuladores), el elemento puede ser recargado eléctricamente.

La batería básica se compone principalmente de dos electrodos sumergidos en un electrolito, que es donde se producen las reacciones de carga y descarga.

Además de los electrodos y el electrolito, las baterías presentan algunos elementos adicionales que cumplen funciones diferentes.

- **Electrodo positivo:** Placa positiva constituida por óxido de plomo (PbO_2).
- **Electrodo negativo:** Placa negativa formada por plomo esponjoso.
- **Separadores:** Tienen la misión de separar las placas o electrodos, para evitar el contacto

eléctrico.

- Electrolito: Está formado por ácido sulfúrico diluido en agua.
- Carcasa: Destinada a contener todos los elementos.
- Terminales de conexión: Permiten que los electrodos se conecten a la carga.

Las placas se alternan en la batería con separadores, que están contruidos con un material poroso que permite el flujo del electrolito y son eléctricamente no conductores (silicona, plástico, gomas, etc.).

El grupo de placas positivas (conectadas al terminal positivo de la batería) y negativas (conectadas al terminal negativo) con separadores, constituyen la batería.

Reacciones químicas en los acumuladores Plomo-Acido, Niquel-Cadmio, etc.

Reacciones del acumulador plomo-ácido

Las placas positiva y negativa de estos acumuladores están constituidas con pasta de plomo. La cantidad de esta pasta determina la capacidad de la batería, así como la profundidad de descarga a la que puede ser sometida. Estas placas están inmersas en una solución de ácido sulfúrico (electrolito), y son sometidas a una carga de “formación” por parte del fabricante. Durante el proceso de carga, la pasta sobre la rejilla de las placas positivas (ánodo) se transforma en óxido de plomo (PbO_2), y la pasta de las placas negativas se transforma en plomo esponjoso. Ambos materiales son altamente porosos, permitiendo que la solución de ácido sulfúrico penetre libremente en las placas.

En la descarga, se forma sulfato de plomo en los dos electrodos, el ácido sulfúrico necesario para la formación de esta sal se toma del electrolito:

- El electrodo de plomo (Pb) reacciona con el ión sulfato (SO_4^{2-}), creando un depósito de sulfato de plomo $PbSO_4$. Esta reacción química se lleva a cabo con la cesión de dos iones positivos, lo que da al electrodo su polaridad negativa (cátodo).
- Los iones de (SO_4^{2-}) reaccionan con el dióxido de plomo (PbO_2) del otro electrodo, formando sulfato de plomo ($PbSO_4$). Esta reacción química se lleva a cabo con la cesión de dos electrones, lo que da a este electrodo su polaridad positiva (ánodo).
- Los iones de hidrógeno del agua se combinan con el del oxígeno del PbO_2 , formando nuevas moléculas de agua (H_2O). Como en el caso de los semiconductores, se puede observar la creación de cargas libres de polaridad opuestas.

Cada vez que se descarga la batería, esta pasta (al irse descomponiendo) pierde volumen. Por este motivo, si la batería se va a someter a descargas profundas, las placas deben ser gruesas y contruidas con pasta de plomo de alta densidad. Esto último puede paliarse, en parte, utilizando más cantidad de electrolito y teniendo cuidado de que no exista evaporación de agua, que provocaría concentraciones mayores de ácido que podrían dañar la batería.

Reacciones del acumulador níquel-cadmio

Las baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd) tienen una estructura física similar a las de plomo-ácido. Las placas son de acero inoxidable con depresiones, donde se coloca el material activo y, en lugar de plomo, se utiliza hidróxido de níquel para las placas positivas y óxido de cadmio para las negativas. El electrolito es hidróxido de potasio, que forma parte del proceso químico como conductor y que suele ser una disolución acuosa al 20%. Se requiere una fina capa de aceite en la superficie superior, para evitar su oxidación por el oxígeno del ambiente.

Durante la descarga, el oxígeno pasa de la placa positiva a la negativa, dando lugar a óxido de cadmio. Es durante la carga cuando el oxígeno vuelve a pasar de la placa negativa a la positiva, como se puede ver a continuación:



El electrolito juega un papel de mero conductor, motivo por el que apenas sufre (lo contrario que en las baterías de plomo).

Reacciones del acumulador de litio

La batería de iones de litio, también denominada batería Li-Ion, es un dispositivo con dos o tres celdas de energía conectadas en serie o en paralelo, diseñado para el almacenamiento de energía eléctrica que emplea como electrolito una sal de litio que consigue los iones necesarios para la reacción electroquímica reversible que tiene lugar entre el cátodo y el ánodo.

La batería de ion de litio se conforma de 4 fragmentos: ánodo, cátodo, separador y electrolito. el

primero al descargarse pierde electrones y se oxida, y cuando se carga se reduce ya que gana electrones. lo opuesto sucede en el caso del cátodo.

Las propiedades de las baterías de Li-ion, como la ligereza de sus componentes, su elevada capacidad energética y resistencia a la descarga, junto con el poco efecto memoria que sufren o su capacidad para funcionar con un elevado número de ciclos de regeneración, han permitido diseñar acumuladores ligeros, de pequeño tamaño y variadas formas, con un alto rendimiento, especialmente adaptados a las aplicaciones de la industria electrónica de gran consumo. Desde la primera comercialización de un acumulador basado en la tecnología Li-ion a principios de los años 1990, su uso se ha popularizado en aparatos como teléfonos móviles, tabletas, ordenadores portátiles y altavoces inalámbricos.

Carga de acumuladores (caracterización de la carga y de la descarga).

Durante el proceso de carga, la tensión de la batería aumenta de forma lineal hasta el momento que comienza una leve gasificación (descomposición del agua en hidrógeno y oxígeno). A partir de este momento, la tensión comienza a aumentar más rápidamente, hasta alcanzar el valor denominado como tensión límite de carga. Cuanto mayor sea la corriente de carga y, por tanto, la rapidez de carga, mayor es la tensión final (cuando está totalmente cargada) que alcanza la batería.

La temperatura es otra variable que influye en la tensión de la batería. Para temperaturas mayores, ésta disminuye; mientras que para temperaturas menores, aumenta. Además, este valor límite está influenciado por la edad de la batería: una batería vieja tiene una tensión límite diferente de una idéntica, pero nueva (los reguladores tienen que tener esto en cuenta).

La gasificación del electrolito en la carga es mayor cuanto más elevada sea la tensión límite a la que permita la carga. Aunque una excesiva gasificación no sea recomendable, debido a una evaporación del electrolito y a una posible corrosión, sí que es conveniente que, de vez en cuando, se produzca la gasificación, ya que evita el efecto de la estratificación del electrolito (se homogeniza la densidad del electrolito, por lo que aumenta la duración y capacidad de la batería).

En el proceso de descarga, la tensión disminuye de forma brusca debido a la resistencia interna de la propia batería y, posteriormente, la tensión disminuye poco a poco hasta llegar al valor de tensión límite de descarga. En el caso en que, llegado a este punto, la batería siga descargándose (descarga profunda), la densidad del electrolito disminuye considerablemente y tiene lugar el proceso conocido como sulfatación (formación de cristales en los electrodos). Por este motivo, se debe evitar la descarga profunda.

Fases de carga de una instalación de acumuladores.

Instalación del acumulador

El acumulador es la unión en serie o en paralelo de varias baterías o vasos independientes conectados, de manera que se obtenga el voltaje necesario y la suficiente capacidad de

almacenamiento de energía. Por tanto, cuando se habla de baterías, se hace referencia a los vasos o baterías compactas que forman parte del acumulador.

A continuación, se citan algunos consejos importantes a tener en cuenta en la instalación de un acumulador:

- Mantener estable y dentro de unos valores medios la temperatura del electrolito es fundamental, por lo que, a la hora de instalar un acumulador fotovoltaico, debe elegirse un lugar aislado del frío en invierno y no expuesto a la irradiación directa del sol en verano. Este lugar debe ser un local o armario cerrado, con una temperatura estable (a ser posible, entre 20 y 25° C) y con un nivel de humedad bajo.

- El local o armario de ubicación de las baterías puede situarse en cualquier lugar que se considere adecuado, pero debe estar diseñado para garantizar un acceso limitado y controlado de personas a las baterías.
- Se deben diseñar las entradas y salidas de aire y el acceso al recinto del acumulador de manera que impidan la entrada de pequeños animales o insectos.
- Cuando los acumuladores sean de plomo-ácido con electrolito líquido, la sala del acumulador debe disponer de una ventilación adecuada (natural o forzada) para la evacuación de gases de las baterías.
- En la sala del acumulador no deben existir elementos que puedan producir chispas, ya que pueden provocar una explosión de los gases que emanen de las baterías. Además, debe tener algún sistema contra incendios adecuado al tamaño de la instalación y a las características del fuego que pueda originarse.
- Las baterías situadas en el interior del armario o salas de baterías, deben estar colocadas sobre estanterías, bien niveladas horizontalmente, y deben ser de hormigón, madera, metálicas, o contenedores especiales protegidos contra la corrosión, la humedad y el ácido.
- El suelo de la sala de baterías debe ser impermeable, resistente a los ácidos y tener una pendiente que permita la eliminación del agua de limpieza y los posibles derrames de ácido. Además, se debe proceder a una limpieza habitual del local y eliminación (mediante aspiración) del polvo de los vasos de la batería, cuidando de no succionar el electrolito.
- Las baterías deben estar situadas de forma ordenada y dispuestas de forma que se permita su mantenimiento, prestando especial atención a su separación y a la disposición de los bornes, para facilitar la colocación de los sistemas de conexionado, especialmente los rígidos. Para lo cual, la colocación y distribución de las baterías deben estar indicadas en un plano detallado de distribución en planta.

Puesta en funcionamiento del acumulador

Para la puesta en marcha del acumulador, se deben establecer los niveles de electrolito indicados por el fabricante y seguir el procedimiento adecuado para ello, que siempre debe venir claramente especificado en la información técnica. Normalmente, el procedimiento consiste en ir añadiendo ácido a una cantidad de agua desmineraliza o destilada, hasta alcanzar una concentración adecuada

de ácido.

La medida de la concentración de ácido se suele realizar con un dispositivo denominado densímetro, cuyo procedimiento de uso es muy sencillo. Normalmente, los densímetros los suministra el mismo fabricante de las baterías.

Ciclos de carga-descarga

El acumulador (o acumuladores) de una instalación fotovoltaica está sometido a una serie de ciclos

de trabajo. Cada ciclo comprende la descarga del acumulador, bajo un determinado régimen, seguido de la subsiguiente recarga. El acumulador debe estar diseñado para soportar el máximo número posible de ciclos de carga-descarga.

Durante el día, los paneles generan energía que se emplea en satisfacer los consumos, y la energía sobrante es absorbida por la batería (procesos de carga). Durante la noche, cuando el consumo es precisamente más elevado, la energía se extrae exclusivamente de la batería (proceso de descarga). Se completa así un ciclo diario de carga-descarga, que se va repitiendo si las condiciones de iluminación son favorables. Sin embargo, si se produce un periodo de tiempo nublado, casi todo el consumo se hace a expensas de la energía acumulada en la batería, sin que ésta pueda recargarse. Al pasar al periodo favorable, los paneles irán recargando la batería, pero hasta llegar a la capacidad plena tardarán varios días, ya que, al existir consumo, sólo una parte de la energía que producen los paneles será almacenada. De esta forma, se completa un ciclo autónomo de la batería (la demanda energética se satisface únicamente con la capacidad útil de la batería).

Principales métodos de carga

La vida útil de una batería y sus prestaciones dependen directamente de los procesos de carga a los que es sometida. Por esta razón, hay que seguir en cada caso las recomendaciones que facilita el fabricante.

Los principales métodos de carga que existen son los siguientes:

Tensión constante

El método de carga a tensión constante es el más usado para cargar baterías de plomo-ácido. Consiste en aplicar una tensión constante de 2,3, 2,4 ó 2,5 V/elemento, limitando la corriente inicial de carga a $0,1C$ ó $0,2C$ amperios, siendo C la capacidad de la batería en amperios-hora. El tiempo de carga va de 40 horas a 10 horas y la tensión debe regularse según la temperatura ambiente: si la temperatura es alta, la tensión de carga debe ser baja, y viceversa.

Algunos fabricantes admiten la utilización de este método sin limitación de corriente, pues sus baterías están dimensionadas para fuertes corrientes. En este caso, si se inicia el proceso con 2,3V/elemento, la corriente inicial, después de una descarga profunda, será de $3C$ amperios y de un $0,5C$ durante un periodo largo.

Corriente constante

El método de carga a corriente constante es recomendado por algunos fabricantes para las baterías

de níquel-cadmio, limitando la corriente entre $0,25C$ y $0,05C$ amperios.

La carga a corriente constante se utiliza como carga de igualación en baterías plomo-ácido, para corregir diferencias de capacidad entre las baterías de un mismo grupo. Para evitar una sobrecarga que destruya la batería, es necesario terminar cuando la batería alcance su máxima capacidad.

Corriente descendente

Es el sistema de carga más económico y es utilizado por algunos fabricantes para sus baterías níquel-cadmio. Consiste en una carga sin regulación, limitada por una resistencia serie que, en algunos casos, es la propia resistencia del devanado del transformador de alimentación. A medida que la batería se va cargando, la corriente de carga va descendiendo gradualmente. Es un método antiguo y muy peligroso, porque la tensión y corriente de carga dependen de las fluctuaciones de la corriente de la red, con lo que existe riesgo implícito de sobrecarga.

Dos niveles de tensión constante

Es el método recomendado para cargar una batería de plomo-ácido hermética en un periodo corto de tiempo, y mantener la batería en plena carga en situación de flotación. Inicialmente, se carga a un nivel alto de tensión (2,45V/ elemento), limitando la corriente. A partir de que ésta disminuya por debajo de un nivel, se pasa a tensión constante permanente o de flotación. Este método es el más eficiente, pues minimiza el tiempo de carga y la batería queda protegida de sobrecargas.

Después de una descarga profunda, es necesario un tiempo de carga más largo de lo normal. Inicialmente, la corriente que admite la batería es baja, ya que la resistencia interna tiene un valor elevado y no adquiere su valor normal hasta pasados unos 30 minutos. Por este motivo, es necesario inhibir el control durante este periodo de tiempo, pues el cargador podría suponer que la batería está cargada y dejarla en flotación.

Aspectos medioambientales (Reciclaje de baterías.)

Las baterías que han agotado su vida útil deben ser adecuadamente recicladas. Materiales como el plomo y el ácido sulfúrico son altamente contaminantes aunque, al mismo tiempo, constituyen la base de una industria de reciclaje no ferrosa. El plomo se recicla para la construcción de nuevas baterías, el contenedor de polietileno se tritura y funde para formar gránulos de plástico que pueden servir de materia prima. El ácido puede servir para formar parte de nuevos electrolitos o sepuede tratar químicamente y servir como fertilizante.

1.2.4.- Reguladores:

Para el correcto funcionamiento de una instalación fotovoltaica, se debe disponer de un sistema de regulación de carga entre el generador fotovoltaico y la batería. Este sistema es siempre necesario, salvo en el caso de los paneles autorregulados.

Reguladores de carga y su función.

El regulador tiene como función principal evitar que la batería continúe recibiendo energía del generador solar una vez que se ha cargado completamente. Si, una vez que se ha alcanzado la máxima carga, se intenta suministrarle más energía, se inician (en la batería) procesos de gasificación o de calentamiento, que pueden llegar a ser peligrosos y, en cualquier caso, originaría un descenso de la vida de la misma.

Otra función del regulador es la prevención de la sobredescarga, con el fin de evitar que se agote en exceso la carga de la batería, siendo éste un fenómeno que puede provocar una ligera disminución en la capacidad de carga de la batería en sucesivos ciclos.

Algunos reguladores incorporan una alarma sonora o luminosa previa a la desconexión, para informar al usuario y permitirle, por ejemplo, tomar las medidas adecuadas (como reducción del consumo u otras).

Los reguladores más modernos integran funciones como:

- Prevención de la sobrecarga y las sobredescargas en un mismo equipo.
- Información del estado (carga de la batería y la tensión existente en la misma).

Tipos de reguladores.

Existen dos tipos de reguladores de carga: los lineales y los conmutados.

Reguladores lineales

Dependiendo de cómo se instala el elemento activo de regulación, los reguladores lineales se clasifican en reguladores en serie y reguladores en paralelo. En ambos casos, el elemento regulador (constituido por transistores MOS o MOSFET) se comporta como una resistencia variable, en la que se disipa la energía sobrante que produce el panel.

Los reguladores lineales suelen utilizarse en aplicaciones de pequeña señal.

Reguladores en serie

Los reguladores en serie realizan la función de desconectar el panel de la batería cuando se logre el estado de plena carga. Es equivalente a un interruptor conectado en serie con la batería y el generador o panel que se abre cuando la batería esté plenamente cargada.

Como elemento regulador, se emplea un dispositivo semiconductor (normalmente, transistores de potencia bipolares), capaz de conducir la corriente deseada en la carga y soportar la tensión entre su entrada y salida.

Este elemento es gobernado por un circuito de control que, comparando constantemente la tensión de la batería con un valor de referencia, entrega al regulador una señal que le indicará si debe dejar pasar o no la corriente.

En resumen, este tipo de reguladores no disipan energía, simplemente interrumpen la línea campo fotovoltaico – baterías. Por esta razón, suelen utilizarse en instalaciones de mayor potencia que los de shunt (ver a continuación).

Reguladores en paralelo o shunt

Los reguladores tipo paralelo, colocados en paralelo con el grupo solar y el sistema de baterías, detectan la tensión en bornes de la batería y, cuando el potencial alcanza un valor preestablecido de antemano, crean una vía de baja resistencia para el grupo solar, derivando con ello la corriente y apartándola de las baterías. Un diodo en serie, interpuesto entre el regulador y la batería, impide que la corriente de ésta retorne a través del regulador al sistema generador fotovoltaico.

Los reguladores de tipo paralelo han de disipar toda la corriente de salida del panel cuando el sistema de baterías alcanza el estado de plena carga. Esto resulta una tarea razonable cuando los sistemas eléctricos solares son pequeños pero, con los grandes sistemas, se requieren disipadores de grandes dimensiones o disipadores menos múltiples, lo que conduce a problemas de fiabilidad y de costo elevado.

Este tipo de reguladores están en desuso hoy en día, ya que el avance en los microprocesadores y la electrónica en general ha facilitado el diseño de equipos más compactos y con más prestaciones que los que ofrecían aquellos, con un coste mucho más reducido y la posibilidad de alojarlos en cajas estancas, cosa que no se podía hacer en los reguladores shunt, puesto que disipan gran cantidad de calor (dificulta su evacuación).

En definitiva, estos reguladores suelen utilizarse en instalaciones de poca potencia, controlan la energía cortocircuitando el campo fotovoltaico y disipando la energía en forma de calor.

Reguladores conmutados

Los reguladores conmutados actúan desconectando la batería del generador mediante un interruptor (relé electromagnético o transistor) conectado en serie con el panel.

La particularidad de estos dispositivos se refiere a la capacidad de control del valor de la tensión a la salida, para que sea más adecuado a la carga de la batería.

Variación de las tensiones de regulación.

La pieza clave del sistema regulador es asegurar una tensión constante sin variaciones en sus salidas, asegurando el correcto funcionamiento de todos los receptores que se conecten al sistema.

Respecto a las características eléctricas, se pueden destacar:

- Tensión de funcionamiento: es la tensión a la que debe estar conectado el sistema generador (paneles), normalmente 12 ó 24V.
- Intensidad de carga: se corresponde con la máxima intensidad que puede entregar el sistema generador en servicio permanente.
- Intensidad de descarga: es la máxima intensidad que puede entregar el regulador de manera permanente. Debe corresponderse con la del sistema de acumulación, de esta manera se evitarán sobrecargas en las mismas.

Sistemas sin regulador.

Existen sistemas en los que no se instalan reguladores. Serían los siguientes:

- Sistemas directos aislados de red. Estas instalaciones constan únicamente del generador fotovoltaico junto con el inversor. En estas instalaciones, lo que se genera en cada momento es lo que llega al consumo (alterna). Estos sistemas son utilizados cuando no importa que existan interrupciones en la generación de energía. Al no almacenar energía, estos sistemas también carecen de baterías.
- Sistemas conectados a red. En estos sistemas, toda la energía que se genera es vertida a la red, por lo que carecen de dispositivos de acumulación y regulación.

Protección de los reguladores.

Los reguladores actuales suelen integrar las funciones de protección contra la sobrecarga y las sobredescargas en un mismo equipo, que además proporciona información del estado de carga en la batería, la tensión existente en la misma, además de ir provistos de sistemas de protección, tales como fusibles, diodos, etc., y así prevenir daños en los equipos, debidos a excesivas cargas puntuales.

Estos reguladores pueden incorporar sistemas que sustituyan a los diodos, encargados de impedir el flujo de electricidad de la batería al generador (paneles) en la oscuridad, con un costo energético mucho menor.

1.2.5.- Inversores:

En muchas aplicaciones que funcionan con corriente continua, las tensiones proporcionadas por el acumulador no coinciden con las solicitadas por los elementos de consumo. En estos casos, la mejor solución consiste en la utilización de un convertidor de tensión continua – continua (CC/CC).

En otras aplicaciones, el consumo incluye elementos que funcionan con corriente alterna. Puesto que, tanto los paneles fotovoltaicos como las baterías proporcionan corriente continua, se hace necesaria la presencia de un inversor que transforme la corriente continua generada en alterna.

Funcionamiento y características técnicas de los inversores fotovoltaicos.

Los inversores, convertidores o rectificadores son sistemas de potencia capaces de adaptar la corriente generada en los módulos a las diferentes condiciones de consumo eléctrico. La denominación de cada uno de estos sistemas dependerá del tipo de corriente que transforme. Así, se denomina inversor al elemento que transforma la CC en CA; rectificador, al que transforma la CA en CC; y convertidor, el que modifica un valor de CC en otro diferente también en CC.

Los módulos fotovoltaicos y las baterías trabajan en CC, por eso, cuando los elementos de consumo trabajan en continua, es necesario un convertidor CC – CC para adaptar la tensión que proporciona el acumulador a la solicitada por las cargas de consumo. En cambio, cuando los elementos trabajan en alterna, es necesario un inversor CC – CA.

Los parámetros que caracterizan a un inversor son:

- Tensión nominal: es la tensión a aplicar entre los bornes de entrada del inversor, y debe asegurar una correcta operación en todo margen de tensiones de entrada permitidas por el sistema.
- Potencia nominal: es la potencia que el inversor puede suministrar de forma continua. Suele oscilar entre 100 y 5.000 W. Es muy importante tener en cuenta que la potencia que produzca el inversor debe ser capaz de arrancar y operar todas las cargas de la instalación.
- Capacidad de sobrecarga: es la capacidad del inversor para suministrar una potencia que sea superior a la nominal y el tiempo que ésta se pueda mantener.
- Eficiencia: es la relación que existe entre la potencia que el regulador entrega la carga y la que consume del generador o de las baterías.
- Forma de onda: es la forma onda de la señal que el inversor suministra a su salida. El inversor perfecto es el de onda senoidal, pero también es el de mayor coste. Para determinadas aplicaciones, puede ser necesario uno de onda cuadrada (iluminación y pequeños motores).

Topologías.**Topologías monofásicas***Medio puente (Half Bridge)*

Los condensadores tienen el mismo valor, y la tensión máxima que deben soportar los interruptores de potencia es la de la entrada (V_{cc}), más las sobretensiones que originen los circuitos. La tensión máxima en la carga es la mitad de la fuente. La topología es adecuada cuando se tienen baterías de tensión elevada, donde se conectan cargas que demanden potencias medias. Cuando se cierra el interruptor S la tensión en la carga es $-V/2$, y cuando se cierra el interruptor S, la tensión es $V/2$.

Puente completo (Full Bridge)

Los condensadores son sustituidos por interruptores, y la tensión máxima que deben soportar estos será la de la fuente más las sobretensiones que produzcan los circuitos. La tensión máxima en la

carga será la de la fuente, lo que permitirá trabajar con corrientes inferiores para las mismas potencias. La topología es adecuada cuando se tengan baterías de tensión elevada conectadas a cargas que demanden potencias elevadas. Cuando se cierran los interruptores S1 y S4 la tensión en la carga será V , y cuando se cierran los interruptores S2 y S3, la tensión es $-V$.

Push-Pull

Incluye un transformador de toma intermedia (que equivale a dos devanados en el primario). Este tipo de transformadores empeora en gran medida el rendimiento de los circuitos, por lo que no es aconsejable el uso de esta topología para potencias elevadas ($>10\text{kW}$).

En este caso, la tensión a soportar por los interruptores de potencia será dos veces la de la fuente de alimentación (o entrada), más las sobretensiones que originen los circuitos, que serán mayores debido a la inductancia de dispersión del transformador.

Topologías trifásicas

Puente trifásico de tres ramas

La aplicación principal de este circuito de potencia es el control de la velocidad de los motores de inducción (o asíncronos), donde se varía la frecuencia de salida. Cada interruptor tiene un ciclo de trabajo del 50% y el desfase entre la apertura del interruptor de una fase y la siguiente es de $T/6$ (60°). Los interruptores S1 y S4 se abren y cierran de forma complementaria o conjunta, al igual que S2 -S5 y S3 -S6. Los momentos de apertura y cierre de los interruptores deben estar coordinados, para evitar que se produzcan cortocircuitos en la fuente.

Puente trifásico de seis ramas

Presenta más interruptores que el puente de tres ramas (el doble), pero la tensión que suministra a la carga es más parecida a una senoidal, con lo que puede no ser necesario el uso de un filtro a la salida, disminuyéndose el tamaño y los costes.

Dispositivos de conversión CC/CC y CC/CA.

Dispositivos de conversión CC/CA (inversores)

Como ya se ha mencionado anteriormente, la finalidad de un inversor (también llamado ondulator) es la conversión de la energía de una fuente de corriente continua en alterna, con tensión o intensidad ajustable.

La tensión obtenida de esta forma tendrá forma de onda periódica no senoidal (cuadrada, triangular, etc.), lo cual es suficiente para aplicaciones de hasta media potencia (en potencias elevadas es necesario mejorar la señal de salida, para que se asemeje más a una onda senoidal).

En muchas aplicaciones industriales, es necesario regular la tensión de salida de un inversor.

Para este fin, se suele utilizar la modulación PWM (ver más adelante), actuando sobre los instantes de conmutación de los interruptores y controlando la anchura de los pulsos de la señal de salida.

Dispositivos de conversión CC/CC (choppers o recortadores)

Los convertidores CC/CC pueden variar el valor medio de una señal CC. Normalmente, este tipo de convertidores se diseñaban con tiristores (siendo necesaria la conmutación mediante circuitos de disparo), pero la aparición del transistor IGBT en aplicaciones de baja, media y del tiristor GTO en alta potencia, han abaratado considerablemente los costes de fabricación de estos convertidores.

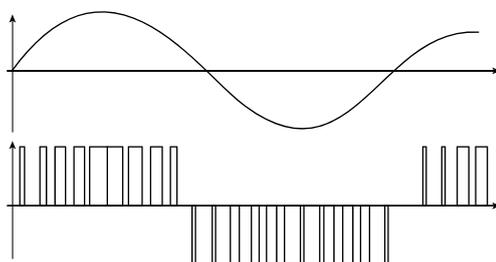
La principal aplicación de estos convertidores se encuentra en el campo de la tracción eléctrica en CC, permitiendo la alimentación de un motor de CC con una tensión variable (salida) a partir de una tensión continua constante (entrada).

Métodos de control PWM.

Inversores PWM

Los inversores por modulación de ancho de pulso PWM (pulse with modulation) tienen un método, diferente a los demás inversores, para generar señales senoidales partiendo de señales continuas.

En la figura que aparece a continuación, se muestra (arriba) el tipo de onda que se pretende obtener (una senoide convencional) a la salida de un inversor PWM y, en segundo lugar (abajo), lo que verdaderamente se obtiene.

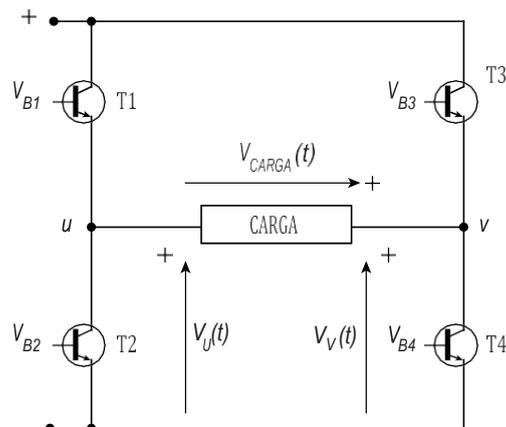


Como se puede apreciar, el método consiste en generar un tren de pulsos de altura fija, pero de ancho aproximadamente proporcional a la amplitud de la onda.

El método PWM es muy popular en los sistemas de frecuencia variable, pues tiene una ventaja que lo destaca del resto: con él, es extremadamente fácil controlar la frecuencia de la tensión de salida.

Esquema y funcionamiento de un inversor PWM

El esquema básico de funcionamiento de un inversor PWM es el siguiente:



Como se puede ver, existe una carga conectada a cuatro transistores BJT de potencia.

La conexión y desconexión de estos transistores es gobernada por unos circuitos comparadores (conectados a las bases de los transistores), que alternan la conducción de los pares de transistores T1-T4 y T2-T4. Estos comparadores consiguen conmutar a los transistores, de forma que nunca lleguen a conducir dos de estos pares a la vez. Hay tres señales que gobiernan el funcionamiento de los comparadores: V_{ent} (común para los dos), v_x y v_y (específicas para cada comparador, corresponden con formas de onda triangulares desfasadas 180°)

Dependiendo de la frecuencia y amplitud de la señal de entrada, se podrán conseguir señales de frecuencia y amplitud equivalentes, pero moduladas según su ancho de pulso.

Generación de armónicos.

Concepto de armónico

Los armónicos son componentes de una señal, que se definen como frecuencias secundarias que acompañan a una frecuencia fundamental o principal. En un sistema de potencia eléctrica, los dispositivos conectados a él están diseñados para operar a 50 ó 60Hz de frecuencia, con una tensión y corriente senoidal. Por múltiples razones, pueden aparecer flujos eléctricos a otras frecuencias sobre algunas partes del sistema de potencia, por lo que la forma de onda resultante estaría formada por un número de ondas senoidales de diferentes frecuencias, incluyendo la correspondiente a la frecuencia fundamental.

El término componente armónico se refiere a cualquiera de las componentes sinusoidales mencionadas, las cuales son múltiplos de la fundamental. La amplitud de los armónicos se expresa generalmente en % respecto a la fundamental.

Los armónicos se definen habitualmente con los dos datos más importantes que les caracterizan, que son:

- Amplitud: se refiere al valor de la tensión o intensidad del armónico.
- Orden: hace referencia al valor de su frecuencia referido a la fundamental (60Hz).

Armónicos en los inversores

La presencia de armónicos es un tema que se tiene cada vez más en cuenta, debido a la creciente utilización de equipos eléctricos y electrónicos sofisticados, y el ámbito de las instalaciones fotovoltaicas no es una excepción. En este entorno, los armónicos que se tienen más en cuenta son los que generan debido al inversor fotovoltaico y que, a través de él, se inyectan en la red eléctrica (para las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red). Dichos armónicos pueden producir desperfectos en todo el sistema, llegando incluso a inutilizar determinados dispositivos. Por ello, es muy importante el estudio de los armónicos en el diseño de la instalación fotovoltaica, realizando suficientes mediciones previas.

La existencia de armónicos es un tema preocupante. Por ello, es importante disponer de elementos que ayuden a la eliminación o atenuación de estos y que permitan, como mínimo, un funcionamiento aceptable del sistema fotovoltaico.

Aunque muchos inversores disponen en su interior de protecciones para eliminar las componentes armónicas de la señal que generan, es recomendable inspeccionar el equipo y el circuito eléctrico correspondiente, ya que estos problemas suelen estar causados o empeorados por cargas desbalanceadas, malas conexiones a tierra, utilización inapropiada de los equipos, etc.

Además de estas consideraciones, existen algunos dispositivos cuya utilización reduce el efecto de los armónicos. Algunos de estos, son:

- Transformadores.
- Filtros (con bobinas y condensadores).
- Diferenciales.
- Magnetotérmicos.

1.2.6.- Inversores conectados a red y autónomos:

Los inversores en las instalaciones fotovoltaicas se utilizan cuando dicha instalación está conectada a la red eléctrica y/o alimenta dispositivos que funcionan con corriente alterna.

Por otro lado, en las instalaciones fotovoltaicas existen dos grandes grupos de inversores: los que se utilizan para instalaciones conectadas a red y los que se utilizan para instalaciones fotovoltaicas aisladas (autónomos).

Configuración del circuito de potencia.

La mayoría de equipos de consumo en las instalaciones aisladas funcionan con corriente alterna, ya que es la forma en la que se distribuye la energía en las redes eléctricas. Por este motivo, casi siempre es necesario incluir en la instalación un inversor, para que transforme la corriente continua (de los paneles y la batería) en corriente alterna, normalmente a 230 V.

El rendimiento de los inversores a muy bajas potencias respecto a la potencia nominal suele ser muy pequeño, por lo que es aconsejable que no funcionen durante mucho tiempo a bajas potencias.

La elección de la potencia del inversor se suele realizar de forma que sea 1.2 veces la potencia que demanden las cargas (consumo) de alterna, y asegurando el arranque (mayor demanda instantánea de potencia), en todo momento, de todos los equipos.

La conexión de los inversores en estas instalaciones, se realiza:

- Los de baja potencia se pueden conectar al regulador siempre y cuando la corriente máxima de salida del regulador no sobrepase el valor permitido.
- Los inversores de más de 500 W se suelen conectar directamente a las baterías. De esta forma, los propios inversores actúan como protectores frente a descargas profundas (excesiva descarga de la batería).

Configuración de inversores en instalaciones conectadas a red

Las primeras instalaciones de conexión a red solían utilizar un único inversor para todo el sistema fotovoltaico. En la actualidad, no suele ser así, por lo que lo más habitual es que este tipo de instalaciones presenten varios inversores conectados en paralelo. Por ello, se pueden distinguir hasta tres configuraciones diferentes en instalaciones fotovoltaicas de conexión de red, en función de la interconexión del inversor o inversores con el generador fotovoltaico.

Configuración de inversor centralizado

Ramales cortos

Cuando se conectan pocos módulos en serie en un ramal (de 3 a 5 módulos), la tensión de salida del generador está dentro del rango de bajas tensiones. Por otro lado, las sombras afectan menos a la instalación y es necesario utilizar cables de sección relativamente grandes (debido a las corrientes mayores que circulan por los ramales cortos). Desde el punto de vista de la seguridad, existe un menor riesgo eléctrico, debido a las tensiones no elevadas.

Ramales largos

En el caso de tener muchos módulos en serie por ramal, se tendrán tensiones más elevadas y el material a emplear deberá tener mayores condiciones de seguridad. Las pérdidas por sombreado serán mayores y la sección de los cables deberá ser inferior a las especificadas en el caso anterior.

Configuración maestro – esclavo

En esta configuración se utilizan varios inversores (2 ó 3), donde uno de ellos hace de maestro y trabaja cuando existen bajos niveles de radiación. Cuando existen valores mayores de radiación y se supera el límite de potencia del inversor maestro, arranca automáticamente el siguiente inversor (esclavo). Para hacer que todos los inversores funcionen el mismo tiempo, es necesario intercambiar la función de maestro y esclavo cada cierto tiempo.

Esta configuración presenta la ventaja de que, para bajos niveles de potencia, sólo se utiliza un inversor (el rendimiento en el rango de pequeñas potencias es mayor que en el caso de utilizar un solo inversor centralizado, de mayor potencia). Sin embargo, los costes de inversión son superiores comparado con el caso de utilizar un único inversor.

Configuración de inversor por ramal

En una instalación en la que existen partes con diferentes inclinaciones y/o orientaciones, se pueden disminuir considerablemente las pérdidas por sombras si cada una de estas partes se conecta directamente a un inversor específico, ya que se conseguiría que los módulos conectados a un inversor reciban en todo momento el mismo nivel de radiación.

Configuración de inversor en módulo

Esta configuración consiste en instalar un inversor independiente a cada uno de los módulos fotovoltaicos que constituyen la instalación. El inconveniente fundamental de esta configuración es el coste total y el menor rendimiento de estos inversores. Sin embargo, esta diferencia en el rendimiento se compensa con un mejor ajuste en el punto de máxima potencia de los módulos.

Requerimientos de los inversores autónomos y conectados a red.

Inversores autónomos

Los aspectos más importantes que deberán cumplir los inversores instalados en sistemas autónomos son:

- Deberán tener alta eficiencia. En caso contrario, habría que aumentar sin necesidad el número de paneles para la alimentación de la carga.
- Tienen que tener protecciones adecuadas contra cortocircuitos y sobrecargas.
- Deben incorporar sistemas de rearme y desconexión automáticas, para los casos que no se esté utilizando ningún equipo de corriente alterna.
- Deben poder admitir demandas instantáneas de potencia superiores al 200% de su potencia máxima.
- Cumplir con los requisitos que, para instalaciones de 230V en CA, establece la normativa

En cualquier caso, la elección del inversor a utilizar debe realizarse en función de las características que presente la carga. Dependiendo de esta última, se podrá decidir por equipos más o menos complejos, aunque se recomienda acudir a inversores diseñados especialmente para aplicaciones fotovoltaicas.

Inversores conectados a red

En cuanto a las características eléctricas a cumplir por los inversores para instalaciones conectadas a red, se pueden destacar:

- Tensión de Salida 0,85 - 1,1Vac.
- Factor de Potencia (FP) por encima de 0,95.
- Frecuencia comprendida entre valores adecuados a la normativa del lugar
- Trifásico mayor de 5kW (recomendado).

Requisitos de los inversores para instalaciones conectadas a red:

- Alta eficiencia.
- Baja distorsión armónica.
- Seguimiento del punto de potencia máxima.
- Bajo consumo.
- Protección contra sobretensiones.
- Aislamiento galvánico.
- Conexión/Desconexión automática.
- Sistema de medidas y monitorización.

1.2.7.- Otros componentes:

Además de los elementos característicos de la mayoría de las instalaciones fotovoltaicas, existen diversos elementos que son necesarios para la seguridad y control de la instalación. En este tema, se van a estudiar los más importantes.

Diodos de bloqueo y de paso.

Los diodos de bloqueo simplemente evitan que se disipe la potencia de los módulos o de la batería en situaciones en las que ocurra un defecto eléctrico. Por otro lado, los diodos de paso evitan los efectos de sombreado, impidiendo que las células afectadas por las sombras actúen como receptores. El fabricante suele incluirlos en la caja de conexiones del módulo.

Equipos de monitorización, medición y control.

Los equipos de monitorización, medición y control son indicadores y visualizadores que muestran al usuario datos sobre la instalación y su funcionamiento. Estos indicadores se encuentran en los propios aparatos de control, y pueden suministrar:

- Tensión del campo fotovoltaico.
- Tensión de la batería.
- Intensidad del campo fotovoltaico.
- Intensidad de consumo.
- Carga de la batería.
- Regulación de la carga.
- Energía eléctrica generada por el campo fotovoltaico.

- Energía eléctrica consumida.

Aparatación eléctrica de cableado, protección y desconexión.

Los conductores que se utilicen en las instalaciones fotovoltaicas tendrán un aislamiento adecuado, y las secciones se determinarán siguiendo la reglamentación, de forma que no se calienten por encima de la temperatura que soporta el aislamiento. Las secciones también deberán elegirse de forma que las pérdidas por efecto Joule se mantengan, por lo general, inferiores al 5% de la potencia instalada.

En las instalaciones fotovoltaicas, se deben utilizar protecciones térmicas y/o magnéticas contra sobrecargas, que se instalan de modo que protejan conductores y baterías.

Los reguladores de carga de las baterías suelen incorporar fusibles (imagen de abajo) o interruptores automáticos, siempre acordes a los preceptos de la normativa

En cuanto a los inversores, se emplean protecciones de tipo diferencial frente a contactos indirectos (siempre en el lado de la corriente alterna).

Estructuras de orientación variable y automática.

Es de suma importancia considerar las estructuras soporte de los módulos fotovoltaicos.

Dentro de las estructuras móviles, se pueden distinguir las variables (se pueden orientar manualmente) y, las más sofisticadas, denominadas sistemas de seguimiento solar automático.

La imagen que se muestra a continuación corresponde a un sistema de seguimiento solar a un eje, el cual aprovecha al máximo las radiaciones durante todo el día. Los sistemas de giro pueden ser mecánicos o hidráulicos. Estos seguidores solares encarecen el coste de la instalación, pero aumentan mucho su rendimiento.



Elementos de consumo.

Los elementos de consumo o receptores que se utilizan en las instalaciones fotovoltaicas, además de tener una tensión nominal acorde con la que el generador proporciona, deben seleccionarse para que hagan un uso lo más eficiente posible de la energía.

Otros generadores eléctricos (pequeños aerogeneradores y grupos electrógenos).

Grupos electrógenos

Los grupos electrógenos son sistemas de generación eléctrica complementarios para instalaciones fotovoltaicas. Se utilizan en instalaciones de mediana y alta potencia cuando:

- Es necesario asegurar el suministro eléctrico.
- Existen ciertos consumos de alta potencia que no compensa cubrir con el sistema fotovoltaico.

Los grupos electrógenos suelen ser alimentados con gasóleo o gas, y el dimensionamiento del grupo se realizará en función del consumo total que se prevea y de las condiciones de uso de la instalación.

Normalmente, estos generadores producen electricidad en forma de corriente alterna.

Aerogeneradores

Estos generadores son de pequeña potencia y suelen constituir el sistema de producción auxiliar de muchas instalaciones fotovoltaicas.

Los principales componentes de los que constan estas instalaciones son:

- Turbina eólica: La turbina la constituye el conjunto: hélices – sistema de orientación – generador.
- Torre: Soporta la turbina y la dota de la altura necesaria.
- Regulador: Al igual que es necesario regular la carga de las baterías de las instalaciones fotovoltaicas, no es adecuado utilizar únicamente el regulador fotovoltaico, ya que se podría provocar el funcionamiento en vacío de la turbina.

Dispositivos de optimización.

Los dispositivos de optimización fotovoltaicos son aquellos que, no siendo fundamentales, proporcionan una mejora (productividad eléctrica, seguridad, etc.) de la instalación.

Los más representativos son los seguidores solares automáticos, que se orientan para captar el máximo de energía posible. Los generadores de apoyo, como los grupos electrógenos o aerogeneradores, también pueden considerarse dispositivos de optimización, ya que proporcionan una mejora en la productividad eléctrica de la instalación.

1.2.8.- Aparatos de medida y protección

Los dispositivos de medida y protección son muy importantes en una instalación fotovoltaica (y en cualquier instalación eléctrica), ya que el uso de los mismos va a permitir:

- Disponer de protecciones para garantizar la seguridad (aparatos de seguridad).
- Poder evaluar las prestaciones de la instalación, a partir de la monitorización de diversas variables (aparatos de medida).

En este capítulo, por tanto, se van a analizar los dispositivos de medida y protección más utilizados en el ámbito de la fotovoltaica.

Elementos de medida

Contador de energía

Se entiende como contador de energía aquel equipo que permita medir el consumo (alterna y continua) y/o la producción eléctrica (kWh) de la instalación solar. Estos equipos deben tener una calibración adecuada.

Medida de la radiación solar

El piranómetro es el dispositivo que se suele usar para la medida de la radiación solar global, cuyas especificaciones (establecidas por la Organización Meteorológica Mundial) deben ser:

- Variación de la respuesta con la temperatura ambiente: + 1%.
- Variación de la sensibilidad del sensor a las diferentes regiones del espectro de la radiación solar: + 2%.
- Linealidad de respuesta: + 1%.
- Variación de la respuesta con el ángulo de incidencia: + 1%.

Estos dispositivos se deben montar en el plano de los módulos, a la altura del perfil superior del mismo. Es necesario tener en cuenta que no se deben proyectar sombras sobre el módulo.

También es importante que estén bien ventilados (por aire ambiente), y el cableado ha de estar protegido de la radiación directa y electromagnética mediante una malla exterior.

Medida de la temperatura ambiente

La medida de la temperatura ambiente se realiza mediante una sonda de temperatura o un termómetro de mercurio, que se sitúan siempre a la sombra, de forma que no se vean afectados por la temperatura que puedan alcanzar los componentes.

Con la información de la energía producida, temperatura ambiente y radiación solar, se podrá verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

Sistema de adquisición de datos

Estos sistemas facilitan al usuario una información completa sobre el comportamiento general del sistema. La información recogida es mostrada al usuario una vez haya sido tratada, por medio de

indicadores y visualizadores presentes en los propios aparatos.

Otros aparatos de medida

- Albedómetro: El albedo es la relación que existe entre la radiación reflejada por el suelo respecto a la radiación total. El albedómetro está constituido por dos piranómetros iguales contrapuestos (uno hacia el cielo y otro hacia abajo). El primero mide la radiación global (directa más difusa), mientras que el segundo mide la radiación reflejada por el suelo.
- Pirheliómetro: Mide la radiación solar en función de la concentración en un punto de luz, creado por una esfera de cristal sobre un papel marcado con una escala convencional.
- Heliógrafo: Instrumento que registra la duración del brillo solar en horas y décimas. El más conocido es el tipo Campbell Stokes, que consiste en una esfera de cristal que actúa como lente convergente en todas las direcciones. El foco se encuentra sobre una banda de registro de cartulina, que se dispone curvada concéntricamente con la esfera y sujeta por un soporte especial.

Elementos de protección

Todas las instalaciones fotovoltaicas deben cumplir con las especificaciones del REBT en las instrucciones que les afecten, según el punto de la instalación que corresponda (cableado, protecciones, tomas de tierra, etc.).

A continuación, se detallan los elementos más importantes que se utilizan en los sistemas de protección de toda instalación fotovoltaica.

Toma de tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar las masas metálicas; asegurar la actuación de las protecciones; y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico (o de una parte conductora no perteneciente al mismo) mediante una toma de tierra, con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra, se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno, no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, se permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o de la descarga de origen atmosférico.

Todos los sistemas fotovoltaicos necesitan un sistema de puesta a tierra para mejorar el rendimiento y la seguridad del personal. Todas las partes metálicas expuestas del sistema deben estar conectadas al electrodo de tierra, incluyendo la estructura del sistema generador, los marcos de los módulos y la bomba (si existe). En cuanto al electrodo, debe estar lo más cerca posible al sistema generador.

Protección contra contactos directos e indirectos

El contacto de una persona con un elemento en tensión se puede dar de forma directa o indirecta. Un contacto es directo, cuando el elemento se encuentra normalmente bajo tensión. Por el contrario, el contacto se define como indirecto si el elemento ha sido puesto bajo tensión de forma

accidental (por ejemplo, por una falla en el aislamiento).

Protección contra contactos directos

Esta protección consiste en tomar las medidas destinadas a proteger al individuo contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos

Salvo indicación contraria, suelen ser:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta última medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos. El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos, o en caso de imprudencia de los usuarios. La utilización de tales dispositivos no constituye por sí misma una medida de protección completa y requiere el empleo de medidas de protección adicionales.

Protección contra contactos indirectos

- Protección por corte automático de la alimentación

El corte automático de la alimentación después de la aparición de un fallo, está destinado a impedir que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que puede dar como resultado un riesgo.

El corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un efecto peligroso en las personas o animales domésticos en caso de defecto, debido al valor y duración de la tensión de contacto.

Se emplean:

- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles o interruptores automáticos.
- Diferenciales.
- Protección por empleo de equipos de clase II o por aislamiento equivalente

Se asegura esta protección por:

- Utilización de equipos con un aislamiento doble o reforzado (clase II).
- Conjuntos de aparatación construidos en fábrica y que posean aislamiento equivalente (doble o reforzado).
- Aislamientos suplementarios montados en el curso de la instalación eléctrica y que aislen equipos eléctricos que posean únicamente un aislamiento principal.
- Aislamientos reforzados montados en el curso de la instalación eléctrica y que aislen las partes activas descubiertas, cuando, por construcción, no sea posible la utilización de un doble aislamiento.

Protección contra sobrecargas, cortocircuitos y sobretensiones

- Sobrecargas y cortocircuitos: fusibles y magnetotérmicos (Pías).
- Sobretensiones red (por tormentas, etc.): varistores (en los paneles).

Los varistores proporcionan una protección fiable y económica contra transitorios de alto voltaje que pueden ser producidos, por ejemplo, por relámpagos, conmutaciones o ruido eléctrico en líneas de potencia de CC o CA.

1.3.- Emplazamientos y dimensionado de una instalación solar fotovoltaica.

1.3.1.- Optimización y Elección de emplazamientos:

La integración arquitectónica consiste en combinar la clásica función de los sistemas solares (fotovoltaica y solar térmica) como productores de energía (electricidad y calor) con la función de elemento constructivo integrado.

Por ello, para minimizar su impacto visual y para que realmente se conviertan en un material constructivo, la tecnología ha cambiado y está permitiendo aportar un valor añadido a los edificios, aunando la producción energética y la sostenibilidad de los mismos con una estética moderna, ecológica y vanguardista.

Emplazamientos rurales

Campos o huertas solares

Los campos o huertas solares son espacios con agrupaciones de paneles solares, fijos o giratorios. La radiación captada en los paneles genera energía eléctrica, que se suele verter directamente a la red eléctrica convencional.

El concepto de huerta proviene del “cultivo” de energía solar que se lleva a cabo en estas instalaciones.

El principal problema es que estas infraestructuras suelen tener un coste elevado, que pocos particulares pueden abordar sin ayuda ni aval. Por eso, los huertos solares suelen consistir en asociaciones de diversos particulares y/o empresas para construir una planta de generación de electricidad mediante placas fotovoltaicas, con el fin de bajar los costes de la instalación, al compartir infraestructuras.

Granjas y haciendas rurales

La instalación de placas solares suele tener gran importancia para viviendas aisladas como granjas

y haciendas rurales, ya que, al estar aisladas de la red eléctrica, la utilización de la energía solar permite abastecer el autoconsumo eléctrico que necesitan.

El tamaño de los paneles solares dependerá fundamentalmente del consumo al que estén destinados (demanda eléctrica de la hacienda), por lo que se debe estudiar adecuada y previamente las especificaciones de la instalación.

En cuanto a la colocación, ésta dependerá de la arquitectura y extensión de la granja o hacienda aunque, por lo general, los paneles suelen colocarse en los techos o cubiertas, para que no entorpezcan en las tareas que periódicamente se llevan a cabo en estos lugares.

Protección contra robos y actos vandálicos.

Uno de los problemas que surge a la hora de instalar un panel solar es la fuerte inversión económica que ello supone. El elevado coste de los paneles y la colocación de estos en la intemperie, hace que sean un objetivo para las bandas criminales (robos, actos vandálicos, etc.).

Son conocidos los casos en que bandas criminales asaltan huertas solares para robar estas placas, que venderán posteriormente en el mercado negro extranjero. Esto hace necesario que los dueños de los paneles solares no escatimen en tomar las precauciones necesarias para proteger su propiedad.

En las instalaciones periféricas, es recomendable considerar medidas de protección perimetral que sean capaces de detectar intentos de acceso: sistemas de videovigilancia, transmisión y gestión de alarmas vía Web, etc.

Para las instalaciones colectivas o huertos solares, también se opta por la protección perimetral, pero más compleja: se crean varios perímetros con autonomía de gestión, siendo englobados dentro de otro más grande.

Existe una amplia variedad de dispositivos y sistemas de protección: detectores (detectan el intrusismo), unidades electrónicas de análisis (analizan las señales detectadas), sistemas de centralización a través de la red del perímetro IP, etc.

Por otro lado, las compañías de seguros (concedoras de la situación) suelen ofrecer seguros exclusivos para estas instalaciones, que van desde los más simples (cubriendo el cercado o la valla)

hasta los que ofrecen la reposición de la totalidad del coste de la instalación.

A continuación, se exponen algunos consejos para evitar el robo de paneles solares:

- Pegar los paneles con algún sellador al techo, lo cual no es muy recomendable, ya que reemplazarlos o darles mantenimiento será básicamente imposible.
- Integrar todos los paneles gracias a un rack, de este modo será muy difícil para los ladrones movilizar todos los paneles en una sola estructura.
- Colocar una alarma que suene cuando los paneles se desconecten del inversor, esto alertará a la comunidad y asustará al ladrón.
- Hacer que los paneles sean removibles, de este modo se tendrán que sacar y montar cada

mañana, y guardarlos por la noche.

Emplazamientos urbanos (techos de viviendas, fachadas, aparcamientos...).

Aunque los módulos fotovoltaicos pueden instalarse perfectamente en la mayoría de los edificios existentes, la mejor y más fácil integración arquitectónica se logra si se incluyen en el proyecto de un edificio de nueva construcción, circunstancia que debe exigirse al arquitecto diseñador de la casa, en el caso de que se esté interesado en ello.

En general, se habla de tejados fotovoltaicos, aunque, a menudo, el generador fotovoltaico también se puede encontrar en un patio, en una terraza o en una fachada. En cualquiera de los casos, la integración de generadores fotovoltaicos en edificios facilita y abarata su instalación, puede mejorar el aislamiento del edificio y ahorra costes de construcción, ya que los módulos sustituyen a algunos elementos constructivos: revestimiento de fachadas y tejados, tejas, ventanas, etc.

De forma más avanzada, las células fotovoltaicas se pueden integrar en los elementos arquitectónicos, como módulos multifuncionales, que unen las cualidades de elemento constructivo, estética, generación de electricidad solar, producción de energía térmica y control de la luz diurna.

La integración de módulos fotovoltaicos en la edificación debería tener en cuenta adicionalmente los criterios de la arquitectura bioclimática y atender a las características particulares de cada climatología, de manera que se asegure que la temperatura de los módulos no se incremente sustancialmente, lo que disminuiría su eficacia; así como evitar que se produzcan acumulaciones de calor en el edificio, que pudieran forzar un significativo aumento del consumo de energía para refrigeración.

Si en el edificio existe una comunidad de propietarios, la instalación la puede realizar la propia comunidad (para uso común o de los propietarios individuales), o bien realizarla el propietario interesado para su propio uso, contando con el acuerdo de la comunidad.

Además de las instalaciones en edificios, los denominados parking solares constituyen otra aplicación de la energía solar fotovoltaica en la implantación urbana, y están orientados a aprovechar al máximo posible los espacios dedicados a tapar el sol. El método consiste en la instalación de paneles solares en el techo de los aparcamientos, para así conseguir mayores

beneficios. Por lo general, las placas se pueden montar y desmontar fácilmente (enrollables), pudiéndose colocar, por ejemplo, sólo en verano.

1.3.2.- Dimensionado de los emplazamientos por utilización y aplicación.

El dimensionado de una instalación fotovoltaica consiste en calcular las características de los elementos y, en general, la instalación que deberá tener para la aplicación a la que esté destinada.

En cuanto a la utilización y aplicación, se pueden distinguir dos grandes tipos de dimensionado:

- Dimensionado de instalaciones conectadas a red.
- Dimensionado de instalaciones aisladas.

Dimensionado básico de una instalación aislada. Recomendaciones de diseño

Para dimensionar adecuadamente una instalación fotovoltaica aislada, es necesario conocer la demanda de energía por parte del usuario, la energía solar real disponible y, a partir de estos datos, calcular el tamaño de los distintos componentes de la instalación.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Realizar una estimación detallada del consumo de energía eléctrica diaria media, a lo largo del año.
2. A partir de una tabla que permita calcular la radiación diaria media mensual sobre superficies inclinadas 0-90° (HSP), se determina la orientación e inclinación óptimas de campo fotovoltaico, acorde con la demanda energética prevista.
Para ello, se calcula la diferencia consumo de energía – radiación incidente para todas las posibles inclinaciones y meses del año. Se considera como peor mes aquel cuyo resultado es mayor, y la inclinación adecuada para el mes elegido será aquella que maximiza la radiación recibida en dicho mes. De esta forma, se obtiene la producción de energía media diaria generada mensualmente por el campo fotovoltaico, para la orientación sur e inclinación óptima.
3. Se selecciona una configuración de componentes determinada, en función del tipo de cargas y de la distancia que exista entre los puntos de generación y de consumo.
4. Se descuentan, de la energía eléctrica obtenida por el generador, las pérdidas previstas en cableado, baterías e inversor, y las pérdidas por acoplamiento del generador fotovoltaico con las baterías. En total, se puede cuantificar alrededor del 30% de la energía eléctrica que se estime obtener.

5. Cuando se acopla un generador fotovoltaico a una batería, ésta es la que marca el punto de funcionamiento (V) del generador, el cual no suele coincidir con el punto de máxima potencia. Esto da lugar a que la energía eléctrica producida por la instalación se vea reducida (del orden del 10%). Para minimizar estas pérdidas, se debe determinar, de la forma más exacta posible, el número de módulos en serie de acuerdo con las condiciones de radiación y temperatura del lugar, así como elegir el módulo adecuado. El regulador debe programarse de acuerdo a las tensiones de corte de las baterías, y se debe seleccionar un inversor con un rendimiento y ajuste respecto a la potencia demandada.

6. La energía real que la instalación es capaz de producir, debe ser, en todos los meses, igual o superior a la demanda energética. A partir de este valor, se determina la potencia del generador fotovoltaico, el tamaño del regulador, baterías e inversor y la sección de cableado correspondiente, siguiendo las siguientes recomendaciones:
 - La tensión de trabajo del campo solar (12, 24 ó 48 V), se debe seleccionar de acuerdo a criterios de seguridad y teniendo en cuenta la potencia del inversor a instalar. El diseño del campo fotovoltaico estará limitado por la tensión de trabajo elegida de la instalación.
 - La intensidad máxima del regulador será algo superior a la intensidad de cortocircuito del generador en condiciones normales, aunque el tipo de configuración determinará el valor final.
 - Es recomendable que la batería tenga, al menos, entre 5-10 días de autonomía. Se asegurará que se cumplan las indicaciones del fabricante respecto al uso y su profundidad máxima de descarga, para que el paso del tiempo no afecte a la duración de la batería.
 - La potencia del inversor elegido debe ser, como máximo, parecida a la suma de las potencias de todas las cargas (se supone que todos los equipos de consumo no van a funcionar a la vez). A partir de este valor, se puede incrementar su tamaño con un factor de seguridad del 20%. Hay que tener en cuenta que si se sobredimensiona, esto puede llevar a que el inversor funcione a un rendimiento muy bajo la mayor parte del tiempo de uso.

Por último, es conveniente evitar utilizar equipos de consumo que transformen electricidad en calor (estufas, radiadores, etc.). Esto se debe a las enormes pérdidas de rendimiento que se producen en las continuas transformaciones de energía, y al elevado consumo de este tipo de aparatos (aumentaría de forma considerable el tamaño de la instalación).

Dimensionado básico de una instalación con balance neto. Recomendaciones de diseño

En el caso de que exista balance neto, habrá que tener en cuenta los hábitos de consumo del usuario, si conviene acumulación o inyección a red dependiendo de los momentos de consumo o producción. Para esto se hace casi imprescindible una factura donde se muestre el consumo horario y, a ser posible, con unos años de muestreo. Por lo demás, se calcula igual que en el caso anterior pero sin tener en cuenta la necesidad de trabajar a una tensión de campo restringida (12, 24 ó 48 V).

Dimensionado básico de una instalación conectada a red. Recomendaciones de diseño

1. El criterio a considerar a la hora de diseñar una instalación fotovoltaica conectada a red, dependerá de los siguientes factores:

- Potencia máxima a instalar (potencia pico Wp).
- Potencia en inversores (potencia en la inyección a la red W).
- Superficie disponible (superficie en m² e inclinación prefijadas) (150 W ~ 1 m²).
- Costes (existencia de presupuesto prefijado).

2. Una vez seleccionado el tamaño de la instalación o potencia pico, la orientación e inclinación recomendada será aquella que maximice la producción energética anual.

3. Una vez seleccionado el módulo fotovoltaico, se diseña su modo de conexión junto con la elección del inversor.

4. Se realizará un cálculo de prestaciones energéticas de la instalación, en base a los datos de radiación disponibles (HSP). En este cálculo, se deben tener en cuenta las pérdidas del sistema:

- En el generador fotovoltaico (suciedad, conexiones, punto de trabajo de cada subcampo, transmitancia, eficiencia a baja radiación, temperatura de operación de la célula, etc.).
- En el inversor (rendimiento y seguimiento del punto de potencia máxima) y en el cableado.

Como resultado del balance de energía, la energía diaria estimada que sea capaz de generar una instalación fotovoltaica conectada a la red, vendrá determinada por la expresión:

$$EFV(\text{kWh}) = \text{Potencia instalada (Wp)} \times \text{HSP} \times \text{Factor de pérdidas}$$

Para diseñar el campo fotovoltaico y seleccionar el inversor adecuado, es recomendable tener en cuenta:

- Elegir el módulo adecuado y diseñar las conexiones serie-paralelo de estos, teniendo en cuenta que el inversor seleccionado tendrá mejor rendimiento si el campo fotovoltaico trabaja a tensiones mayores que si lo hace a tensiones menores. La tensión de trabajo vendrá determinada por el número de módulos conectados en serie.
- El número de módulos en paralelo será el resultado de dividir el número total de módulos entre el número de módulos en serie (ya elegido).
- Para obtener un acoplamiento adecuado entre el generador fotovoltaico y el inversor, la relación de potencias recomendable es:

$$W / Wp \sim 0,8$$

- En el caso de querer asegurar la producción, se puede subdividir el campo fotovoltaico en varios subcampos, con sus correspondientes inversores.
- El inversor deberá seleccionarse teniendo en cuenta el rango de tensiones de trabajo de

entrada y salida, comprobando que incluye la tensión de salida del campo fotovoltaico y atendiendo siempre a las recomendaciones del fabricante.

1.3.3.- Cálculo de consumos.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta a la hora de comenzar con el dimensionado de una instalación fotovoltaica aislada, es la estimación detallada del consumo diario medio mensual a lo largo del año.

Cálculo de la demanda de energía

Para estimar la demanda de energía diaria media mensual en Wh, se debe multiplicar la potencia de cada equipo por el número de horas de funcionamiento diarias media mensual del mismo. Como las horas de funcionamiento pueden ser diferentes en los distintos meses, es necesario realizar dicho cálculo para todos los meses del año.

1.3.4.- Dimensionado de almacenamiento.

Uno de los cálculos básicos de una instalación fotovoltaica corresponde al cálculo de los Amperios – hora (Ah) de capacidad que ha de tener el acumulador de la instalación. Este cálculo sólo tiene sentido en el caso de dimensionar una instalación fotovoltaica aislada, ya que las que están conectadas a red no necesitan disponer de estos elementos.

Cálculo de la capacidad de acumulación

El concepto de día de autonomía corresponde al hecho de que, produciéndose un día sin radiación solar, el acumulador pueda proporcionar al receptor la corriente necesaria para su perfecto funcionamiento durante las horas previstas en el diseño.

El número de días de autonomía que se debe dar a una instalación, estará marcado por dos factores fundamentales, que son la seguridad que necesite la instalación y la posibilidad estadística de producirse días nublados consecutivos. Este último factor está íntimamente ligado al lugar de situación. Cuanto mayor sea la seguridad deseada ante un posible fallo, mayor ha de ser el número de días de autonomía.

La profundidad de descarga que se produce en la batería durante la descarga nocturna y en una descarga excepcional (al producirse unos días de mal tiempo), representa un dato fundamental para el cálculo de la capacidad de acumulación. No obstante, el valor de la descarga máxima se debe definir en función del tipo de batería que se utilice.

En determinadas instalaciones donde el frío es muy intenso, se debe tener en consideración este hecho si las bajas temperaturas se mantienen durante varios días, pues la capacidad de una batería disminuye drásticamente con el frío, e incluso se incrementa la posibilidad de congelación del electrolito si el estado de carga, al cual se encuentra el acumulador, es bajo. Por este motivo, la introducción en los cálculos de unos días de autonomía extra, o bien, el incremento de un tanto por ciento supletorio a la capacidad calculada, evitaría la posibilidad de un fallo producido por efecto de

bajas temperaturas. La elección de este factor de seguridad adicional se tomaría a la vista de los datos del fabricante del acumulador respecto a la disminución de temperatura, así como por las temperaturas mínimas producidas en la zona.

Para completar totalmente el cálculo de la batería, bastará buscar en las tablas de modelos de los diferentes fabricantes hasta encontrar aquel acumulador que posea una capacidad igual o algo superior a la calculada, definiendo el modelo y número de elementos a utilizar en la instalación.

Se debe tener en cuenta que lo ideal para un acumulador es disponer de la capacidad total a la tensión de trabajo nominal, debiendo rechazar, en principio, la posibilidad de acoplar acumuladores en paralelo, ya que disminuye la fiabilidad.

1.3.5.- Dimensionado de una instalación con apoyo de aerogenerador y/o grupo electrógeno.

A veces, la demanda energética puede presentar un perfil muy variable que exige, en momentos muy puntuales, una gran cantidad de energía, mientras que en otros momentos la demanda es mucho menor. Por esta razón, en estas aplicaciones es adecuado instalar sistemas híbridos o mixtos que dispongan de generadores adicionales de apoyo, como los eólicos o los grupos electrógenos.

Sistema solar fotovoltaico con un grupo electrógeno de pequeña potencia

Este sistema no utiliza únicamente fuentes renovables, y es el único que es capaz de generar electricidad en cualquier momento, en cualquier lugar, donde se necesite y con una muy amplia gama de potencias.

Este sistema es ideal para funcionar como sistema auxiliar para momentos de déficit en una instalación diseñada únicamente con un sistema fotovoltaico, o bien para cubrir determinados consumos que, por su elevada potencia, se prefiere que no pasen a través del mismo.

La potencia del grupo electrógeno dependerá de la función a la que va destinado, siendo la potencia mínima la suma de las potencias de los aparatos que constituyen la carga.

Por lo general, el grupo electrógeno se utiliza en lugares donde existe un bajo potencial eólico y cuando se desea garantizar la totalidad de la demanda energética, sobre todo en los casos en los que existan picos a lo largo del año.

En las instalaciones con grupo electrógeno, cuando arranca el grupo, debe cargarse la batería y sólo debe ser arrancado cuando la instalación solar no pueda suministrar energía.

Elección de un grupo electrógeno

La correcta elección del grupo electrógeno es fundamental para conseguir el máximo aprovechamiento de la inversión, minimizando problemas y optimizando el gasto.

Conociendo el consumo (W) de las cargas que se van a conectar a la vez, dicho consumo se multiplica por un coeficiente (llamado "de seguridad") que va del 1.4 para trabajo normal a 1.6 para trabajo pesado, entendiéndose por pesado aquel donde el uso sea superior a tres horas continuas o con temperaturas mayores de 28º C.

Se debe elegir siempre la potencia inmediata superior al valor obtenido, ya que trabaja con valores máximos.

Sistema solar fotovoltaico con energía eólica

Se contempla esta posibilidad cuando, en el lugar donde se localice la instalación, haya presencia de viento y sol. Estas condiciones no se dan en todas partes, por lo que es necesario conocer con detalle el potencial eólico y solar de un lugar antes de tomar la decisión de instalar esta configuración.

Elección de la turbina eólica

Las turbinas para aplicaciones residenciales suelen estar en el rango de 1kW hasta 10kW (para cargas muy grandes), dependiendo de la cantidad de electricidad que se desee generar.

Para un dimensionamiento adecuado, es recomendable definir las necesidades de energía (consumo de cargas) para establecer el tamaño adecuado del aerogenerador. Esta información, junto con la velocidad de viento del lugar, contribuye a decidir cuál es el tamaño de turbina eólica más adecuado a las necesidades de electricidad.

También es importante considerar la máxima velocidad de viento a la que la turbina puede trabajar de forma segura, aunque la mayoría de ellas cuentan con sistemas de control para evitar que giren a altas velocidades (cuando existen vientos muy intensos) y sufran algún desperfecto.

Sistema solar fotovoltaico con energía eólica y grupo electrógeno

Este tipo de sistema combina los generadores solar, eólico y electrógeno, conectados mediante un rectificador/cargador que se conecta a las baterías.

1.3.6.- Cálculo y dimensionado de una instalación fotovoltaica mediante soporte informático u otros medios:

El correcto dimensionado de una instalación fotovoltaica es fundamental para lograr una buena eficiencia. Existen herramientas informáticas que son de gran utilidad, ya que son capaces de efectuar el dimensionado de instalaciones de energía solar, generando los cálculos correspondientes a partir de las características de la instalación.

En este tema, se verán algunos métodos de cálculo (analíticos e informáticos) de los componentes fundamentales que constituyen una instalación fotovoltaica.

Caracterización de las cargas.

En cualquier software de cálculo fotovoltaico, lo primero que se hace es introducir en la aplicación los datos o características de la instalación fotovoltaica que se desee calcular.

Las características de las cargas es una información muy importante que se debe suministrar al programa, ya que, en base a la demanda de éstas, se dimensiona la instalación.

A la hora de proporcionar información sobre las cargas conectadas a la instalación, es necesario conocer los siguientes datos:

- Potencia de la carga.
- Tiempo de funcionamiento.
- Tipo de corriente que consume (alterna o continua).

En base a esta información, el programa calculará el consumo total de cada carga.

Cálculo de la potencia de paneles.

Para el cálculo de la energía producida por el generador fotovoltaico, es necesario especificar al programa la ubicación en la que se encuentre la instalación a dimensionar.

Normalmente, estos programas poseen una base de datos que permite seleccionar la localización entre las contenidas en la misma, a las que se les asocia datos de radiaciones medias, por lo que la localización de la instalación determinará la radiación media que el panel recibirá y, por tanto, la potencia que será capaz de generar.

En resumen, la producción diaria media mensual (E) del generador fotovoltaico se obtiene como producto de la potencia pico de los módulos (PFV), por dos factores:

$$E = P_{FV} \cdot Z_2 \cdot Z_3$$

Donde:

- Z2 = Radiación diaria media mensual sobre superficie horizontal (varía con las diferentes localidades del mundo).
- Z3 = Factor de corrección de la inclinación y la orientación (varía con la localización y el mes).

Elección del panel. Diseño y dimensionado del acumulador.

A la hora de seleccionar el panel de la instalación, estos programas suelen disponer de bases de datos con multitud de modelos reales, que se pueden adquirir en el mercado. No obstante, se pueden añadir paneles y módulos que no aparezcan en la base de datos (indicando las características necesarias para el cálculo).

A la hora de calcular el sistema de batería, el programa generará los Ah totales y necesarios para satisfacer la demanda de acumulación.

El cálculo de la capacidad total de la batería, se efectúa con la siguiente expresión:

Donde:

- Cn: Capacidad total de la batería (Ah).
- W: Consumo diario medio de energía (Wh/d). F: Días de autonomía.
- Un: Tensión nominal de la batería (V).
- Pd: Profundidad de descarga de la batería.

Dimensionado del regulador.

A la hora de dimensionar un regulador, el objetivo fundamental es obtener la máxima intensidad a circular por la instalación. Para ello, se deberá calcular la corriente que produce el generador y la corriente que consume la carga, y la máxima de ambas será la que deba soportar el regulador en funcionamiento.

La intensidad de corriente que produce el generador es:

$$I_G = I_R \cdot N_R$$

Siendo:

- I_G : Corriente producida por el generador (A).
- I_R : Corriente producida por cada rama en paralelo del generador (A).
- N_R : Número de ramas en paralelo del generador.

La intensidad que consume la carga se determina teniendo en cuenta todos los consumos al mismo tiempo:

$$I_C = P_{DC} / V_{bat} + P_{AC} / 230$$

Donde:

- I_C : Corriente que consume la carga (A).
- P_{DC} : Potencia de las cargas en DC (W).
- V_{bat} : Tensión nominal de la batería (V).
- P_{AC} : Potencia de las cargas en AC (W).

De estas dos corrientes, la máxima de ambas será la que el regulador deberá soportar, y será la que se utilice para su elección.

Dimensionado del cargador de baterías.

Los cargadores de baterías se utilizan para recargar de energía las baterías, en caso de descarga de las mismas.

A la hora de dimensionar estos dispositivos, es recomendable que el amperaje de carga sea, al menos, del 10 al 20% de la capacidad total del grupo de baterías.

Dimensionado del inversor.

A la hora de calcular o dimensionar analíticamente un inversor, es necesario tener en cuenta que la tensión de entrada en el inversor de una instalación fotovoltaica no será siempre constante, por lo que el inversor debe ser capaz de transformar distintas tensiones continuas dentro de un determinado rango. Ese rango suele ser de un 15%.

El valor de la tensión nominal es un dato de referencia dentro del intervalo de actuación, que sirve para identificar el tipo de convertidor.

Para dimensionar el inversor, se debe considerar la potencia que demande la carga CA, de forma que se elegirá un inversor cuya potencia nominal sea algo superior a la máxima.

Dimensionado y cálculo del aerogenerador y/o grupo electrógeno de apoyo.

En el ámbito de la fotovoltaica, existen algunas aplicaciones informáticas que permiten el cálculo de elementos de apoyo, como los aerogeneradores y grupos electrógenos.

Para el dimensionado, es fundamental determinar la potencia que van a suministrar estos generadores.

Potencia del grupo electrógeno

Para calcular la potencia necesaria del grupo electrógeno, hay que conectar todos los consumos posibles de forma simultánea, después, se mide el consumo con un amperímetro.

La fórmula de la potencia a consumir de un grupo electrógeno trifásico, es la siguiente:

$$P \text{ (kW)} = U \text{ (Volt)} \times I \text{ (Amper)} \times 1.732 \times \cos_ / 1000$$

Donde:

- P: Potencia consumida.
- U: Tensión entre fases.
- I: Corriente por cada fase.
- cos_: Factor de potencia de las fases.

Potencia del aerogenerador

El cálculo de la potencia que puede suministrar un aerogenerador es más complejo de realizar analíticamente, debido a la gran cantidad de factores que intervienen en el resultado de esta variable (fuerza del viento, aspas, densidad del aire, localización, etc.). Por esta razón, es recomendable utilizar aplicaciones informáticas que permitan obtener este cálculo.

1.4.- Representación simbólica de instalaciones solares fotovoltaicas

1.4.1.- Sistema diédrico y croquizado.

El dibujo en la tecnología y las técnicas que lo transforman no son sólo un medio, sino también una necesidad para comunicar, traducir y reproducir las realizaciones de la tecnología.

Para poder trabajar con medios, instrumentos y técnicas del dibujo y el diseño, es necesario establecer unas bases comunes. Estas bases son las que ayudan a transmitir ideas de forma esquemática, que pueden ser reproducidas por otras personas.

Dibujo de croquis para proyectos tecnológicos

Un croquis es la representación de una pieza, instalación o elemento a lápiz y a mano alzada, en el que se detallan todas sus formas y dimensiones de una manera rápida. Aunque el croquis no es un dibujo a escala, es conveniente que sus medidas y líneas sean proporcionales a las reales.

El croquizado tiene mucha importancia en el dibujo industrial, debiendo ser limpio y claro, haciendo constar en él todos los datos, ya que, en determinados casos, puede servir para la fabricación de la pieza o para elaborar la representación exacta de la misma.

Un croquis se considera completo cuando en él se encuentran todos los datos, como las acotaciones (con sus correspondientes medidas), las clases de material, las tolerancias y todos los demás datos necesarios para poder definir y fabricar la pieza, mueble, instalación, etc.

Partiendo de un croquis, en el que se han anotado todos estos datos, es posible confeccionar un plano a escala, con ayuda de los útiles de dibujo.

El croquis debe ser limpio y claro, sin exceso de líneas, para facilitar su interpretación. Ha de realizarse de forma rápida y sin instrumentos de dibujo, pero esto no significa que tenga que hacerse a la ligera, ya que, a veces, el croquis debe servir para construir la pieza.

Sistema diédrico. Vistas

El sistema diédrico se basa en la representación de una pieza tridimensional mediante proyecciones cilíndricas ortogonales (perpendiculares). Es un sistema de representación ortogonal y su estudio es de gran importancia, ya que es el sistema que más se utiliza en el campo del Dibujo Industrial.

El sistema diédrico está constituido por planos perpendiculares entre sí, y sobre cada uno de estos planos se hallan las proyecciones ortogonales del cuerpo o figura a representar. Uno de estos planos es horizontal y se representa por plano H, o bien, PH. El otro plano es vertical, se representa por V

o por PV. La intersección de estos dos planos es una recta denominada Línea de Tierra y designada por LT.

Las proyecciones ortogonales sobre los planos de proyección vertical (PV) y horizontal (PH) definen la forma del objeto vista de frente (Alzado) y desde arriba (Planta).

En general, estas proyecciones no son suficientes para representar una pieza, por lo que se necesitan otros planos.

Este sistema de proyecciones ortogonales permite representar los elementos en planos determinados, de acuerdo a su forma y dimensiones reales.

1.4.2.- Representación en perspectiva de instalaciones.

Todos los sistemas de representación se fundamentan en la Geometría Descriptiva: parte de la geometría que tiene como objetivo representar sobre el plano del dibujo los cuerpos del espacio, utilizando para ello las proyecciones.

Los principales sistemas utilizados son el Sistema Diédrico, el Sistema de Planos Acotados, el Sistema Axonométrico y el Sistema Cónico.

En el presente capítulo, se van a describir superficialmente los fundamentos de los tres últimos.

Sistemas de representación

Sistema de Planos Acotados

El Sistema Acotado o de planos acotados es un sistema de proyección cilíndrica ortogonal. Se utiliza para la representación de terrenos y, en general, en aquellas representaciones cuyas dimensiones verticales son mucho menores que las horizontales.

Como plano de referencia o de proyección, se adopta únicamente un plano horizontal sobre el que se proyectan los puntos de la figura, terreno u objeto que se quiere representar.

Sistema Cónico

El Sistema Cónico, también conocido como Perspectiva cónica, utiliza el sistema de proyección cónico sobre un plano de proyección, llamado “plano del cuadro” (PC). La imagen que se obtiene es la representación de un objeto tal y como lo ve el observador.

Los elementos fundamentales de este sistema son:

- Punto de vista (V): es el centro de la proyección y señala la posición del ojo del observador.
- Plano del cuadro (PC): sobre él se proyecta el objeto. Es un plano vertical y se puede colocar entre el observador y el objeto, en el objeto o por detrás del objeto.
- Punto principal (PP): es la proyección ortogonal del punto de vista sobre el PC.
- Plano geométrico (PG): sobre él se sitúan los objetos que se van a representar.

- Plano del horizonte (PH): es perpendicular al PC y contiene el punto de vista.
- Línea de tierra (LT): es la intersección del PC con el PG.
- Línea de horizonte (LH): es la intersección del PC con el PH.
- Distancia principal: es la distancia entre el punto de vista y el punto principal.
- Punto de fuga: es un punto en el infinito situado en la línea de horizonte.

Para construir la perspectiva cónica de un objeto, existen diversos métodos.

Sistema Axonométrico

La proyección axonométrica se utiliza fundamentalmente cuando se quiere obtener una idea tridimensional de un objeto sobre un plano de dibujo. Para ello, se emplean los planos de proyección vertical, horizontal y de perfil, en los que, por lo general, se supone apoyada la pieza. Todo este conjunto se proyecta, a su vez, sobre un cuarto plano, oblicuo respecto de los anteriores y que se corta en lo que se llama “triángulo de trazas”. La proyección obtenida sobre este cuarto plano es la proyección axonométrica.

Sobre el triángulo de trazas, se proyectan las trazas respectivas del V, H y el plano de perfil, que dan lugar a un sistema de ejes tridimensional y que, en definitiva, será sobre el que se trabaje.

En el sistema axonométrico, dependiendo del ángulo que forman entre sí los ejes del triángulo de trazas, se obtienen las siguientes variedades:

- Axonométrico – Isométrico, en el que los tres ángulos son iguales.
- Axonométrico – Dimétrico o Monodimétrico, en el que dos ángulos son iguales y uno, desigual.
- Axonométrico – Anisométrico o Trimétrico, en el que los tres ángulos son desiguales.

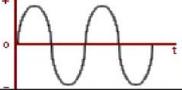
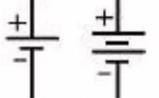
La proyección de estos tres ejes sobre el plano de dibujo, irá afectada de unos coeficientes de reducción E_x , E_y , E_z , que tendrán que ser aplicados a cada una de las aristas paralelas a estos ejes.

En el caso de la proyección isométrica, los coeficientes empleados en cada eje serán iguales. En el dimétrico, será el mismo para dos ejes y, por último, en el caso del trimétrico, ninguno de los coeficientes será igual.

1.4.3.- Simbología eléctrica.

El dibujo industrial eléctrico es un dibujo fundamentalmente simbólico, por lo que la normalización es esencial en este tipo de representación.

Para que un sistema eléctrico cumpla su función, debe comunicar inequívocamente las características de diseño y/o de ejecución de un circuito eléctrico, por lo que se hace necesario conocer la norma a seguir para la representación.

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN		SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Fuente de voltaje de corriente alterna – Vc.a. ó Va.c.			Corriente alterna – C.A. Corriente alterna de baja frecuencia
	Onda senosoidal			Corriente alterna de frecuencias medias
	Equipos universales (Funciona con corriente continua y corriente alterna CC / CA)			Corriente mixta Corriente rectificada
	Corriente mixta Corriente rectificada			Conversión de corriente continua a corriente continua - CC / CC
	Corriente alterna de frecuencias altas			Conversión de corriente alterna a corriente alterna CA / CA
	Conversión de corriente continua a corriente alterna CC / CA - Ondulador, inversor			Corriente alterna de 50Hz
	Conversión de corriente alterna a corriente continua, CA / CC - Rectificador			Corriente continua, CC
	Fuente de voltaje de corriente continua o directa – Vc.c. ó Vd.c.			Corriente continua, CC
	Fuente de voltaje de corriente continua – Vc.c.		R / S / T	Fases
	Batería - Fuente de voltaje de corriente o directa – Vc.d. ó Vd.c.			Polaridad positiva
	Pila electrica			Polaridad negativa
	Pila eléctrica con tensión regulable			Batería con conexión de tensión móvil
	Multi-batería ajustable en tres pasos			Inductor o bobina
	Interruptor un polo una via			Interruptor un polo dos vias
N	Neutro			Tierra - Cable de tierra. Ej: Cable de protección a tierra
	Conexión a tierra			Tierra sin ruido
	Equipontencialidad			Masa
	Masa			Masa

SÍMBOLO	DEFINICIÓN	SÍMBOLO	DEFINICIÓN
	Transformador de Tensión (1°)		Transformador de Tensión (2°)
	Pila, Batería de pilas		Generador Rotativo
	Contacto		Contacto de Corte
	Contacto conmutador con posición nula en el centro		Interruptor con botón pulsador para hacer contacto de cierre y retorno automático
	Contacto		Contacto principal de un Contactor
	Interruptor		Interruptor seccionador (contacto aislador en carga)
	Fusible		Fusible con un lado que permanece activo después de quemarse
	Fusible con enlace mecánico (fusible golpeador)		Fusible - Interruptor
	Dispositivo de Maniobra de relé con funcionamiento retardado		Dispositivo de operación de un relé térmico
	Tacómetro (cuenta vueltas)		Contador de Energía
	Contador de Impulsos Eléctricos		Reloj
	Reloj Maestro		Lámpara
	Lámpara de señalización tipo oscilatorio		Indicador Electromecánico
	Campana		Sirena
	Zumbador		Central Hidroeléctrica
	Central Hidroeléctrica. En Servicio		Central Termoeléctrica

SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA					
Descripción	Unifilar baja tensión	Multifilar baja tensión	Descripción	Unifilar baja tensión	Multifilar baja tensión
Interruptor			Reactancia		
Interruptor bipolar			Cebador		
Interruptor tripolar			Equipo de alumbrado emergencia		
Interruptor de tirador			Tímbre		
Interruptor doble			Zumbador		
Conmutador			Sirena		
Conmutador de cruce			Caja de registro		
Pulsador			Caja de paso		
Toma de corriente bipolar			Fusible unipolar		
Toma de corriente bipolar con toma de tierra			Seccionador de neutro		
Toma de corriente bipolar de 25 A con toma de tierra			Interruptor de control de potencia bipolar F + N (ICP)		
Toma de corriente trifásica con toma de tierra			Interruptor diferencial F + N		
Clavija de enchufe			Interruptor magnetotérmico bipolar F + N (PIA)		
Punto de luz			Telerruptor		
Fluorescente			Relé de escaleras (automático de escaleras)		

1.4.4.- Representación de circuitos eléctricos.

El dibujo industrial eléctrico se plantea con el propósito de establecer inequívocamente las relaciones de dependencia entre los componentes que constituyen un circuito eléctrico. Esto se consigue a partir de distintas representaciones o esquemas, entre los que se pueden distinguir dos tipologías básicas: esquemas explicativos y esquemas de conexiones.

Los esquemas explicativos están especialmente orientados a resolver problemas propios de la fase de diseño. Su destinatario es, por tanto, un ingeniero. Los esquemas explicativos se pueden dividir en:

- Funcionales: Indican la estructura general del circuito.
- De emplazamiento: Especifican el lugar donde se emplazan físicamente los componentes.
- De circuitos: Explican cómo se relacionan entre sí los componentes eléctricos.

Los esquemas de conexiones están orientados a resolver problemas de ejecución material, por lo que están destinados a técnicos electricistas. En este tema, se tratarán algunas nociones básicas de este tipo de esquemas, los cuales pueden dividirse en unifilares y multifilares.

Esquema unifilar y multifilar.

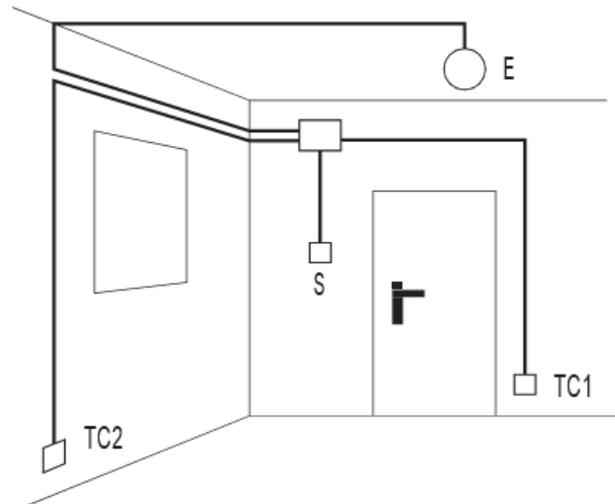
Los esquemas de conexiones no pretenden ser didácticos en cuanto a las relaciones de los componentes de una instalación, ya que suele ser difícil interpretar el funcionamiento de una instalación a partir de ellos. Sin embargo, son muy claros en cuanto a los aspectos básicos de la ejecución material de la instalación.

Los esquemas de conexiones deben responder a preguntas del tipo: “¿Cuántos conductores hay en esta canalización?”, “¿cómo se deben conectar los bornes de este equipo?”, etc.

Cuando resulta conveniente (por razones de simplicidad) representar agrupados los distintos conductores en un único trazo, se recurre a la denominada representación unifilar. Por el contrario, cuando cada conductor es representado por un trazo independiente, se tiene una representación multifilar.

Representación unifilar

La siguiente figura muestra la distribución eléctrica de una habitación:



Se trata de una habitación dotada de una lámpara (E), gobernada por un interruptor (S) y con dos tomas de corriente (TC1 y TC2). La alimentación parte de una caja de distribución que recibe una fase y un neutro.

El esquema de conexiones unifilar puede representarse ignorando el emplazamiento de los equipos, como se muestra en la siguiente imagen.

Representación multifilar

Cuando se representan todos los conductores con trazos independientes, se obtiene el esquema de conexiones multifilar.

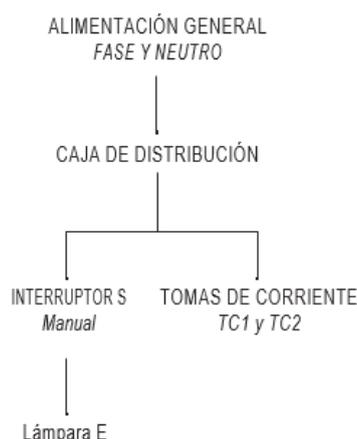
1.4.5.- Esquemas y diagramas simbólicos funcionales.

El esquema explicativo funcional es capaz de definir la estructura general de un circuito, para así poder ser interpretada adecuadamente. Normalmente, constituye la primera fase del diseño y no pretende analizar los elementos del circuito de forma muy detallada.

Los diagramas funcionales

Modelos

En la siguiente figura, se muestra un ejemplo de diagrama funcional de la instalación eléctrica de una vivienda.



En ocasiones, los esquemas funcionales también se denominan esquemas de bloques o esquemas sinópticos. A la vista del esquema anterior, esto se debe a que el circuito se representa como distintos bloques, que pueden coincidir con uno o varios dispositivos eléctricos que están relacionados entre sí por medio de flechas.

A la hora de definir los bloques o elementos del diagrama, no es necesario recurrir a símbolos normalizados para definirlos.

Por otro lado, las flechas o uniones entre bloques no tienen que representar conductores eléctricos, sino relaciones de dependencia entre bloques.

Características

Aunque no existe ninguna norma general para la realización de estos esquemas, sí que se pueden destacar algunas características comunes en este tipo de representación:

- Es de observación más rápida, comparada con otro tipo de esquemas.
- Elevada simplicidad, comparada con otro tipo de representaciones.
- No suelen existir cruces o intersecciones entre las líneas que relacionan los diferentes elementos.
- Debe mostrar las entradas al sistema (de datos, materiales, energía, etc.) y las salidas del sistema (productos, datos, energía, etc.).

1.4.6.- Interpretar planos de instalaciones eléctricas.

Un plano es una representación gráfica dibujada, sobre un soporte adecuado, de algo que se desea dejar perfectamente representado mediante el dibujo lineal.

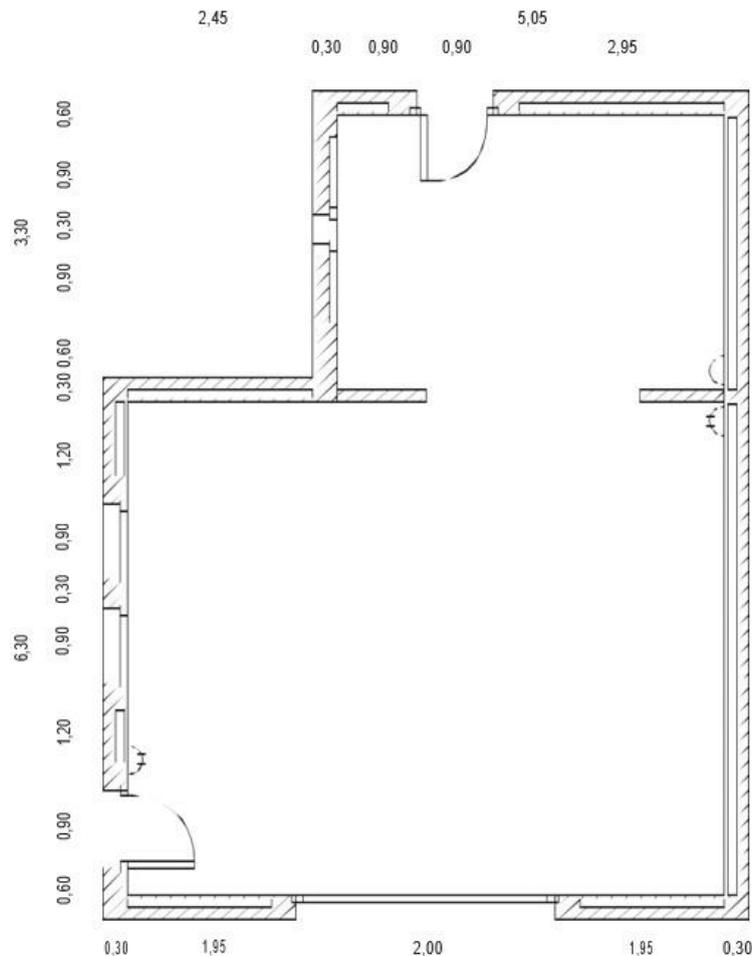
Mediante una interpretación adecuada, siguiendo las indicaciones que el plano ofrece, el cuerpo lineal se puede imaginar como un cuerpo volumétrico perfectamente ajustado a la idea creadora de quien lo proyectó.

Conceptos básicos en la lectura de un plano

Representación de las dimensiones

Lo fundamental en un plano es la exposición clara de todas las medidas referentes a los elementos que intervienen en su composición.

Los denominados planos acotados llevan expresamente anotadas cada una de las medidas entre dos puntos señalizados debidamente. La magnitud medida se suele colocar sobre la línea que delimita dicha distancia. Estas líneas se denominan líneas de cota.



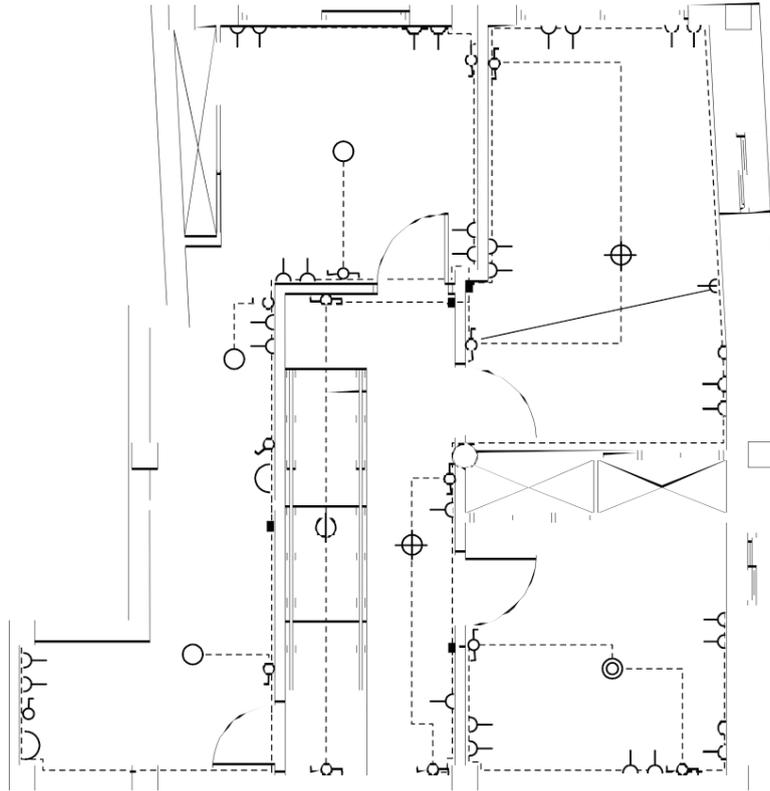
Escalas

En plano debidamente acotado no da lugar a problemas en cuanto a la interpretación de medidas expuestas gráficamente, ya que las líneas y las cifras de cota son datos suficientes. Pero en un plano de cualquier instalación, es prácticamente imposible acotar cada una de las distancias (entre objetos, etc.) que puede ser interesante conocer. Para averiguar estas cotas inexistentes, simplemente es necesario medir (con una regla graduada), sobre el plano, la distancia a que se desee conocer. A partir de este valor medido y de la denominada escala, se puede calcular la magnitud deseada.

Planos de instalaciones eléctricas

Un plano de planta para la instalación eléctrica de una vivienda, local, comercio, etc., debe tener los siguientes datos:

- Relación gráfica de todos los aparatos y dispositivos eléctricos instalados, con indicación de su situación. Por ejemplo, lámparas en el techo, puntos de luz o tomas de corriente. En ocasiones, suelen ampliarse regiones del plano general.
- Señalización de la adecuada conexión de dichos aparatos a la red eléctrica general.
- Cálculo del cableado y elementos de conexión, teniendo en cuenta la potencia de cada aparato, las horas de consumo, el calentamiento de los conductores, etc.
- El esquema debe permitir al instalador, sin otra ayuda adicional, la ejecución práctica de la instalación en la obra (con seguridad y rapidez). Para ello, es necesario que en el plano se indiquen datos como:
 - Tipo de corriente.
 - Ubicación de la acometida, tablero de contadores, aparatos de conexión, etc.
 - Variante adoptada para la instalación: empotrada, saliente, bajo tubo aislante, etc.
 - Tipo de conductores a utilizar.
 - Sección y número de conductores en todas las derivaciones.
 - Dimensiones de los tubos aislantes que protegen a los conductores.
 - Potencia que se prevé que consuman los aparatos receptores.
 - Distancias de los aparatos receptores respecto al suelo y paredes.
 - Otros datos de interés respecto a las peculiaridades de la propia instalación.



 Interruptor	 Punto de luz conmutado
 Conmutador	 Enchufe alumbrado
 Caja registro	 Enchufe fuerza
 Punto de luz	 Línea alumbrado
 Punto de luz doble	 Línea fuerza

Los proyectistas deben asegurar una correcta interpretación por parte de los encargados de leer sus proyectos, por lo que acostumbran a incluir en el plano un cuadro complementario que relaciona los símbolos empleados con su traducción exacta (ver imagen anterior).

1.5. Proyectos y Memorias Técnicas de Instalaciones Solares Fotovoltaicas

1.5.1.- Concepto y tipos de proyectos y memorias técnicas.

La formulación de proyectos y memorias técnicas siempre ha estado presente en la vida cotidiana y no siempre ha sido fácil su comprensión y análisis. Más aún, en el mundo de las organizaciones sociales, es un tema que se encuentra presente y con grandes dudas para los dirigentes.

Concepto

Un proyecto es una secuencia de actividades únicas, complejas y relacionadas, teniendo un propósito o meta que debe ser completada en un tiempo específico dentro de un presupuesto y de acuerdo a unas especificaciones dadas.

Según el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, un proyecto queda definido de la siguiente manera: Conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de arquitectura o de ingeniería.

Características del proyecto:

- Su duración es finita.
- Su resultado es único.
- Tiene carácter evolutivo.
- Se desarrolla bajo incertidumbre.

Elementos de un proyecto

- Objetivos.
- Tareas.
- Recursos.
- Restricciones.

Contenidos de los proyectos

Existen tantas formas de hacer proyectos como proyectos se pueden realizar, pero, en general, todo proyecto debe tener unos contenidos mínimos, que se exponen a continuación.

Identificación de la asociación que realiza el proyecto

- Denominación de la asociación.
- Fecha de constitución (si se tiene).
- Número de asociados.
- Objetivos generales de la asociación.
- Ámbito de actuación.

Exposición de motivos

Origen y fundamentos del proyecto. Es importante, aun teniendo la idea de lo que se quiere hacer, realizar un análisis de la realidad para conocer el marco donde se va a desarrollar el proyecto y, en definitiva, las actividades.

Conociendo dicho marco, será más fácil fundamentar la idea y por qué se quiere hacer.

Denominación y naturaleza del proyecto

Es el momento de poner nombre al proyecto, es decir, caracterizar en pocas palabras y de forma generalizada lo que se quiere hacer.

Objetivos

Los objetivos de un programa son los propósitos y límites que se desean alcanzar a través de acciones determinadas organizadas en el proyecto y dentro de un periodo también determinado.

Explicar los objetivos es responder a la cuestión: “¿Para qué se va a hacer?”. Es decir, es indicar el destino del proyecto y las finalidades que se pretenden alcanzar con la realización del mismo. Estos objetivos deben ser precisos y concretos, representativos y evaluables.

Actividades

Determinación de las actividades, denominación, descripción y metodología.

Las actividades son las acciones directas del proyecto, por ello no debe reducirse a un listado de actividades, sino que se ha de establecer una trayectoria que permita fijar el ritmo y dinámica del proyecto, marcando preferencias para su realización y el “cómo se va a hacer”.

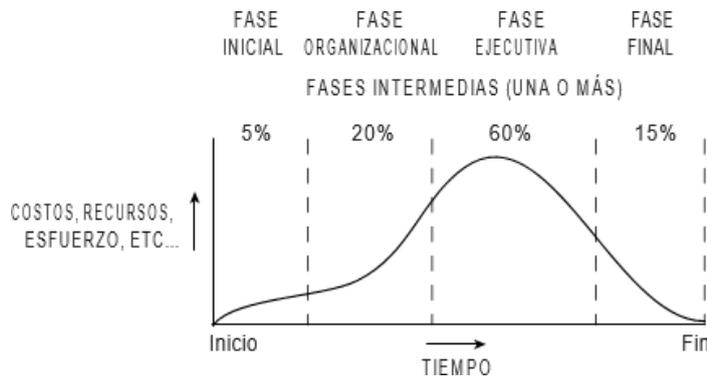
También se debe hacer una descripción de los distintos aspectos y maneras de desarrollar estas actividades (sistemas de trabajo, técnicas que se usarán, sistemas de coordinación, reparto de tareas y responsabilidades, etc.).

Destinatarios

A quién va dirigido el proyecto: colectivos, límite de edad y, en definitiva, definición del grupo beneficiario del mismo.

Temporalización

Después de definir las actividades que se van a realizar, un aspecto esencial en la elaboración del proyecto es determinar los plazos y fechas de las actuaciones.



Lugar de realización

Es importante definir el área o espacio donde se va a ubicar el proyecto. Esta localización puede hacerse a un doble nivel:

- Macrolocalización: región, comarca, municipio, etc.
- Microlocalización: barrio o lugar específico donde se desarrollará el proyecto.

Recursos o medios

Todo proyecto necesita para su realización una serie de recursos (humanos, materiales, técnicos y financieros o económicos).

En principio, se deben concretar los recursos humanos (las personas que ejecutarán y desarrollarán las actividades), materiales y financieros o económicos (cuotas, donaciones, etc.). Una vez concretados los recursos, se detallará lo que se necesita con un presupuesto desglosado y los medios para conseguirlo.

Tipos de proyectos

Los diferentes tipos de proyectos se pueden clasificar dependiendo de diferentes criterios: la finalidad y los contenidos.

Atendiendo al fin del proyecto

De ejecución material

Son aquellos proyectos cuyo fin primordial es definir completamente todas sus partes, de forma que se puedan llevar a cabo. Es decir, es un proyecto constructivo que sirve de base para su ejecución.

Administrativos o de legalización

Son aquellos proyectos cuyo objetivo fundamental es obtener un permiso, licencia, autorización o patente.

En este tipo de proyectos no es necesario dar una definición completa de todos sus elementos, solamente de aquellos detalles que se consideran más importantes desde el punto de vista del

organismo al que se presente.

Atendiendo al contenido

Proyectos de producto industrial

- De consumo.

Orientados a las economías domésticas o al consumo final.

- De bienes de equipo.

Destinados a la fabricación de productos de consumo, como maquinaria (eléctrica, mecánica), dispositivos/circuitos (eléctricos, electrónicos, etc.), útiles y herramientas, recipientes/depósitos, etc.

Proyectos de instalaciones

En estos proyectos no se diseñan los componentes, sino la forma de ir relacionados (conectados) unos con otros. Se pueden clasificar en eléctricos, frigoríficos, de climatización, aire comprimido, agua, etc.

Proyectos de procesos industriales

En este tipo de proyectos se definen las operaciones y toda la maquinaria necesaria para llevar a cabo el proceso industrial.

Proyectos de planta industrial

Aquí se integran los anteriores proyectos. El objetivo fundamental es la distribución en planta del proceso y de las instalaciones, y el proyecto del edificio. Incluye el proyecto de urbanización interior de planta, con delimitación de las calles, servicios de abastecimiento, alcantarillado, etc.

Proyecto de polígono industrial

Son los proyectos de urbanización para la ubicación de una concentración de industrias. En ellos se proyectan las industrias y servicios complementarios: redes de distribución de energía eléctrica, agua, alcantarillado, vías de circulación, etc.

Proyectos de gestión

El objeto de este tipo de proyectos no es algo material, sino que puede consistir en la gestión de una gran empresa, informatización de actividades, contabilidad, optimización de recursos, etc. También pueden estar incluidos en este grupo los proyectos de seguridad e higiene y los programas de seguridad contra incendios.

Memorias técnicas

Concepto

También conocida como informe técnico, la memoria técnica puede definirse como la exposición por escrito de circunstancias observadas en un reconocimiento de precios, edificaciones,

documentos...

Es una exposición de datos o hechos dirigidos a alguien, sobre una cuestión o asunto que conviene revisar.

Los temas a los que se refieren estas memorias son muy variados: obras, fincas, explotaciones agropecuarias, bienes de equipo, industrias, etc.

Por la propia naturaleza del informe técnico, es fundamental buscar una estructura expositiva sencilla, centrándose con concisión y claridad en el objeto que se trate.

También es necesario tener en cuenta la persona a la que va dirigido este informe (otro técnico, un juzgado, personas sin conocimientos técnicos...), para hacerlo fácilmente comprensible.

Tipos de memorias técnicas

En función de sus objetivos, existen diversos tipos de informes técnicos.

Dictámenes y peritaciones

En ellos se vierten las valoraciones, consideraciones, juicios, ideas, circunstancias y conclusiones de un técnico, utilizando y aplicando sus conocimientos. El destino más frecuente de estos informes son los tribunales de justicia, donde se solicitan las opiniones y juicios de expertos en determinada materia para facilitar la toma de decisiones en el ámbito judicial.

Inspecciones o reconocimientos

El técnico habrá de realizar una descripción de las circunstancias apreciadas en la inspección o reconocimiento.

Arbitrajes

Se trata de la emisión de una opinión razonada adecuadamente en relación a una cuestión en la que no existe acuerdo.

Expedientes

Se generan en el ámbito administrativo para obtener algún permiso, autorización o ayuda económica.

Ensayos y análisis

Se aplican en el ámbito de análisis de suelos, geológicos, de materiales, etc.

1.5.2.- Memoria, planos, presupuesto, pliego de condiciones y plan de seguridad.

En general, los proyectos clásicos de ingeniería están compuestos por una serie de documentos principales, salvo que, por las características específicas que pudieran existir en algún caso particular, pueda no ser preciso alguno de estos documentos.

En este tema se va a ir describiendo cada uno de ellos, así como los apartados de los que constan.

Memoria

La memoria es el documento que constituye la columna vertebral del proyecto, siendo el apartado descriptivo y explicativo del mismo. En este documento se expone cuál es el objeto del proyecto, a quién se destina y dónde se instalará. En él se indican también los antecedentes y estudios previos, las hipótesis de las que se parte y la selección de éstas, así como las conclusiones y resultados definitivos. Cuando proceda, se podrán incluir los procesos de transporte, montaje y puesta en marcha. Puede incluir croquis explicativos.

Al final de la memoria, se debe indicar el valor total de la ejecución del proyecto (mismo valor total que aparece en el presupuesto general). A continuación, se debe plasmar la fecha de emisión y la firma de la persona que lo ha desarrollado.

La memoria puede dividirse en varios documentos:

- **Cálculos.** Son los cálculos que justifican las soluciones y resultados expresados en la memoria. Cuando proceda, se indicarán los métodos de cálculo utilizados. No será necesaria la demostración de fórmulas cuya procedencia y uso sean bien conocidos, si bien las diferentes operaciones realizadas, fases de cálculo y resultados deberán aparecer con la claridad suficiente para el adecuado seguimiento de los mismos. Sólo si algún proceso matemático fuera original, se expondrá detalladamente.
- **Estudio económico.** Este apartado no se refiere al costo de ejecución del proyecto, sino a los estudios dedicados a justificar la realización: viabilidad, rentabilidad, fiabilidad, interés económico del mismo.
- **Impacto ambiental.** Se deben incluir los estudios que indican si la realización del proyecto tendría alguna repercusión positiva o negativa en el medio ambiente.
- **Anejos.** Es la información complementaria que se considere necesaria para la mejor comprensión del proyecto. Se numerarán separadamente, según su contenido.

Planos

Este documento está compuesto por dos apartados:

1. Lista de planos. Incluye la lista de los mismos. Se agruparán por grupos o materias homogéneas, por ejemplo: planos de emplazamiento, planos de instalaciones auxiliares (agua, electricidad), planos de maquinaria, planos de conjuntos, subconjuntos, piezas, esquemas (eléctricos, electrónicos, neumáticos), etc.

2. Planos. Incluye todos los planos listados en el apartado anterior, que deberán ser presentados según normas UNE, estar doblados para ser presentados en tamaño A-4, estar debidamente acotados y tener un cajetín (donde aparecerá el título del plano, el número, la escala, el material y el destinatario).

Pliego de condiciones

Es el documento en el que se fijan las exigencias, requisitos y condiciones que debe cumplir aquello que se ha proyectado. Está compuesto por:

- Pliego de condiciones generales y económicas. Se indicarán las Normas, Reglamentos y Leyes de carácter general que sean aplicables a la ejecución del proyecto, indicando en su caso la procedencia y ámbito de aplicación (local, regional, nacional, internacional). Se indicarán las responsabilidades contractuales, arbitraje, jurisdicción y cualquier otro requisito de seguridad, manipulación, aprobación de cambios, etc. Igualmente, se indicará el plazo y lugar de la entrega. Se indicarán, así mismo, las condiciones de tipo económico a aplicar, tales como el plazo de validez, escalación de precios por inflación, por tipo de cambio de divisas, así como premios, penalidades, forma de pago, garantías, etc.
- Pliego de condiciones técnicas y particulares. Se incluirán en este apartado aquellos requisitos técnicos que sean de aplicación, tales como características de materiales, componentes y equipos, normas de medición e inspección, detalles de ejecución y control del proyecto, programa de fabricación, ensayos y pruebas, programa con los plazos de ejecución del proyecto, garantías exigidas y plazos de dichas garantías. Se incluirá en este apartado cualquier condición o requisito particular que no se haya recogido en apartados anteriores, tales como instrucciones particulares de construcción, de ejecución o manejo (manual o instrucciones para el usuario), etc.

Presupuesto

El apartado del Presupuesto está compuesto por:

- Mediciones. Se indicarán (generalmente en tablas) las diferentes partes que integran el proyecto, agrupadas de forma homogénea en distintas partidas, indicando las cantidades de cada parte.
- Precios unitarios. Se indicará (generalmente en tablas) el costo unitario de cada una de las partes del apartado anterior.
- Sumas parciales. Se configura (generalmente en tablas) en base a los dos apartados anteriores, indicando las cantidades de cada una de las partes, su precio unitario y el importe parcial de cada una de ellas.
- Presupuesto general. En este apartado se indicará cada una de las partidas parciales con sus correspondientes costos y, finalmente, la suma de todas ellas, que constituye el costo total del proyecto.

Estudio de seguridad y salud

El Estudio de Seguridad y Salud, como un capítulo más del Proyecto Técnico y en coherencia con él, es el conjunto de documentación que debe integrar el diseño de sistemas, medidas preventivas y protecciones técnicas necesarias para la correcta ejecución de los trabajos de la obra en las necesarias condiciones de seguridad y salud, y cuya elaboración será simultánea a la del Proyecto de Ejecución.

Como todo proyecto, el Estudio de Seguridad y Salud debe definir la forma de ejecución de la obra desde el punto de vista de la prevención, y constará de: Memoria, Pliego de Condiciones, Mediciones, Presupuesto y Planos.

El promotor estará obligado a que, en la fase de redacción del proyecto, se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obra que estén encuadrados en alguno de los siguientes supuestos:

- Aquellas obras cuyo presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450 mil euros.
- Las que su duración estimada sea superior a 30 días laborales, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Las que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

1.5.3.- Planos de situación.

Los planos de situación y emplazamiento son aquellos planos que muestran la ubicación de las obras, que define el proyecto en relación con su entorno (a escala altamente reducida). Aunque no se pueden establecer diferencias semánticas entre los conceptos de situación y emplazamiento, es habitual denominar plano de situación al de ubicación puntual de las obras del proyecto, y emplazamiento al plano de escala algo mayor, donde se sitúan las obras de forma apreciable y queda constancia de su orientación y distribución general.

Los planos de situación

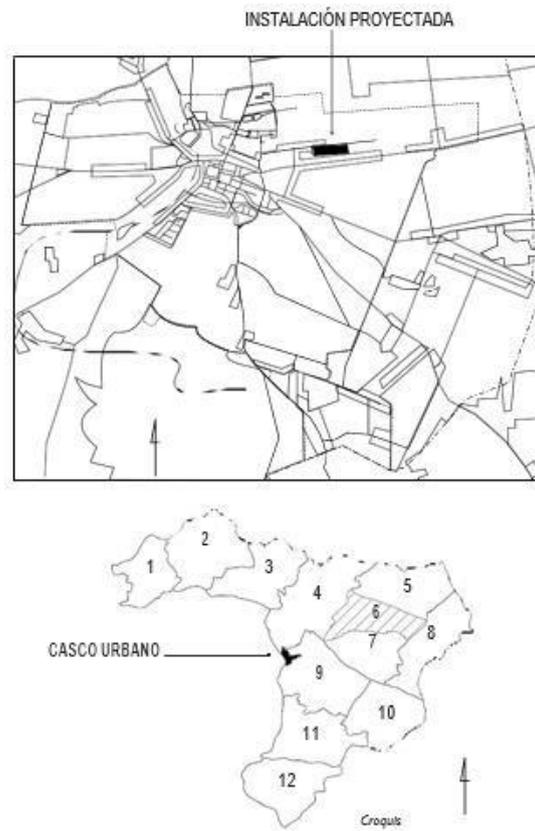
Concepto

En el plano de situación se ha de mostrar con claridad la situación de las obras dentro de un municipio, comarca, isla, provincia o incluso nación.

En los planos de situación debe quedar constancia del cercano y lejano entorno con los accesos por carretera, los municipios próximos, las ciudades distantes más importantes, puertos, aeropuertos, fábricas y demás temas de posible interés a efectos de proyecto y de obra.

En los planos de emplazamiento se esquematizan los límites de la zona del proyecto, de forma que se distingan en planta sus formas e interrelaciones locales con su entorno próximo.

Una vez efectuada la localización de la localidad en la que se pretende ubicar la instalación, se procede a la situación del proyecto, localizándolo dentro del lugar en el que se plantee llevar a cabo el estudio/proyecto.



Situación de elementos puntuales

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de ubicación de una nave agrícola dentro de un proyecto agroindustrial.

La localización situará el proyecto a nivel CEE, País y Comunidad, para posteriormente reseñar la situación de la obra dentro de la localidad, determinando:

- Polígono de la localidad.
- Parcela de la localidad.
- Situación con respecto a la localidad.
- Situación con respecto al entorno de la obra.
- Detalle de las dimensiones, ocupación o ámbito de actuación.

El objeto de la situación es permitir el acceso a la zona de obras desde la localidad que previamente se ha localizado.

Se incluirá también un plano con la situación actual de la parcela en la que se pretenden situar las actuaciones, colocando los servicios próximos a ella, sus accesos y la ubicación de las nuevas instalaciones.

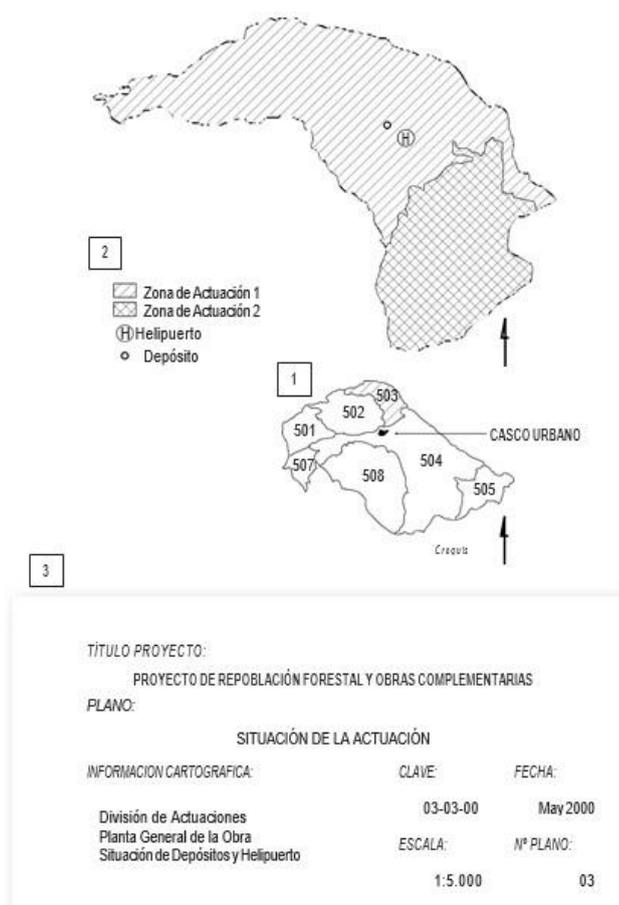
Situación de obras con extensión superficial

A continuación, se muestra un ejemplo de situación en la que la extensión superficial prima sobre las actuaciones puntuales.

Esta cartografía emplea tramas para distinguir las distintas actuaciones, y símbolos (2) para ubicar actuaciones puntuales; y una segunda cartografía que resuelve la situación de la obra con respecto al casco urbano de la localidad (1). Una carátula especifica el contenido cartográfico del plano (3).

Este plano de situación resuelve:

- Situación dentro del polígono de la localidad.
- Situación de las parcelas de la localidad.
- Situación con respecto a la localidad.
- Situación con respecto al entorno de la obra.
- Ámbito de la actuación.



El acceso a la zona de obras es posible y tiene reflejo en la cartografía del proyecto.

Situación de obras lineales

Para las obras lineales, en las que la definición geométrica principal es un eje, se marcará la disposición de las obras con una leyenda, generalmente aumentando el grosor de la situación de las actuaciones.

La siguiente imagen muestra una mejora de un regadío por gravedad.

1.5.4.- Planos de detalle y de conjunto.

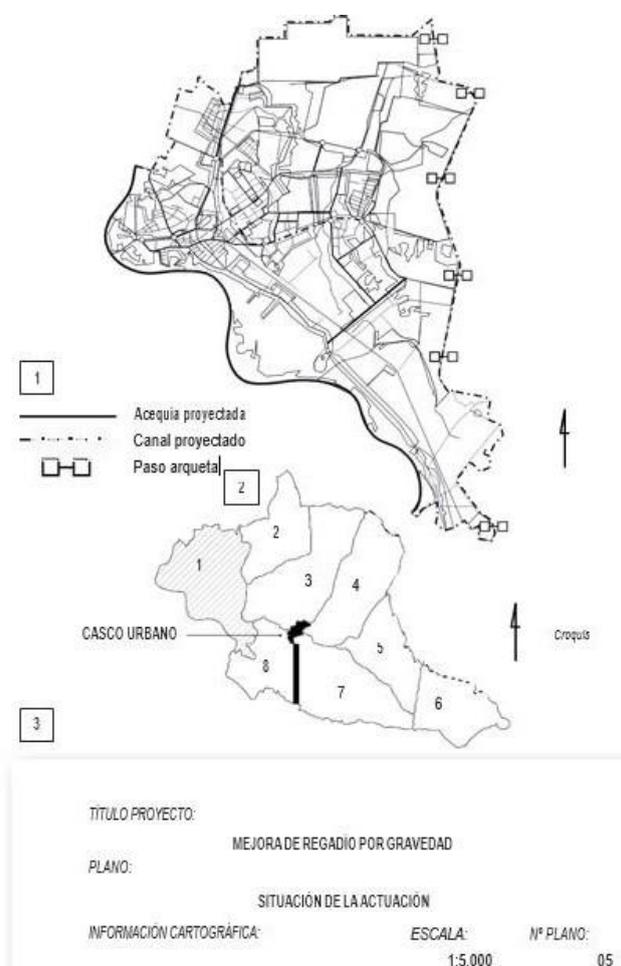
El plano de conjunto presenta una visión general del dispositivo a construir, de forma que se puede ver la situación de las distintas piezas que lo componen, con la relación y las concordancias existentes entre ellas.

Por otro lado, los denominados planos de detalle se utilizan para acotar con detalle una pieza pequeña que se tiene que construir o ensamblar.

En este tema, se van a tratar las características y conceptos básicos relacionados con estos dos tipos de planos.

Planos de conjunto

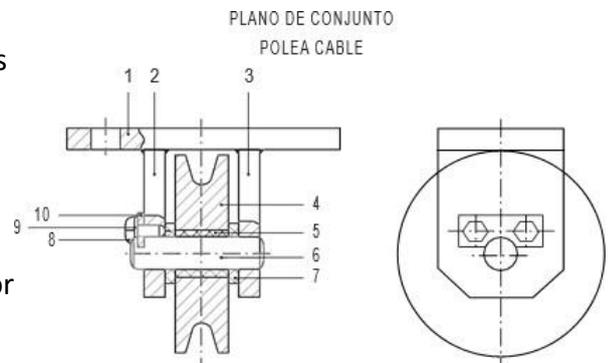
En la siguiente imagen, se puede observar un ejemplo de un plano de conjunto.



Existen algunas características aplicables a cualquier plano de conjunto:

- A la hora de realizar el plano de conjunto, se deben tener en cuenta todas las cuestiones relativas de la normalización: formato de dibujo, grosores de línea, escalas, disposición de vistas, cortes y secciones, etc.

- En el plano de conjunto se deben dibujar las vistas necesarias. En la figura del ejemplo, no es necesario dibujar la vista del perfil izquierdo, puesto que se ven y referencian todas las piezas



en el alzado. Se han incluido para dar una mejor idea de la forma del conjunto.

- Para ver las piezas interiores, se deben realizar los cortes necesarios. Puesto que lo que importa es ver la distribución de las piezas, se pueden combinar distintos cortes en la misma vista.
- En el plano de conjunto hay que identificar todas las piezas que lo componen. Por eso, hay que asignar una marca a cada pieza, relacionándolas por medio de una línea de referencia. Estas marcas son fundamentales para la identificación de las piezas a lo largo de la documentación y del proceso de fabricación.
- Para tener completamente identificadas las piezas, hay que incluir en el plano de conjunto una lista de elementos. En esta lista, se debe añadir información que no se puede ver en el dibujo, como las dimensiones generales, las dimensiones nominales, la designación normalizada, las referencias normalizadas o comerciales, materiales, etc.
- Puesto que están perfectamente identificadas las piezas del conjunto, se puede simplificar su representación, especialmente en el caso de elementos normalizados o comerciales.

Planos de detalle

Estos planos se hacen frecuentemente para representar totalmente objetos sencillos, tales como piezas de mobiliario, donde las piezas son pocas y no tienen formas complicadas. Todas las dimensiones y la información necesaria para la construcción de dicha pieza y para el montaje de todas las piezas se dan directamente en el plano de montaje.

Los planos de detalles podrán ser realizados fuera de escala, de forma que se puedan apreciar los detalles de montaje o constructivos.

Cada plano deberá incluir en la esquina inferior derecha del recuadro un rótulo donde, por lo menos, deberá consignar la siguiente información:

- Razón Social o nombre de la Distribuidora o Comitente.
- Número de plano.
- Fecha.
- Designación y descripción simplificada del objeto del plano.

- Escala/s del dibujo.
- Número de hoja y cantidad de hojas.
- En el caso de anular o modificar planos anteriores, indicar número y fecha del reemplazado.
- Nombre, firma, profesión, colegio profesional y número de matrícula del ingeniero responsable.

Tipos de planos de detalle

Planos de detalle de diseño

Cuando se diseña una máquina, lo primero que se hace es un plano o proyecto de detalle para visualizar claramente el funcionamiento, la forma y el juego de las diferentes piezas. A partir de los planos de detalle, se hacen los dibujos de detalle y a cada pieza se le asigna un número.

Para facilitar el ensamblaje de la máquina, en el plano de detalle se colocan los números de las diferentes piezas o detalles a representar. Esto se hace uniendo pequeños círculos (de 3/8 pulg. a 1/2 de pulg. de diámetro) que contienen el número de la pieza, con las piezas correspondientes por medio de líneas indicadoras.

Es importante que los dibujos de detalle no tengan planes de numeración idénticos cuando se utilizan varias listas de materiales.

Planos de detalle para instalación

Este tipo de plano de detalle se utiliza cuando se emplean muchas personas inexpertas para ensamblar las diferentes piezas.

Como estas personas, generalmente, no están adiestradas en la lectura de planos técnicos, se utilizan planos pictóricos simplificados para el montaje.

Planos de detalle para catálogos

Son planos de detalle especialmente preparados para catálogos de compañías. Estos planos de detalle muestran únicamente los detalles y las dimensiones que pueden interesar al comprador potencial. Con frecuencia, el plano tiene dimensiones expresadas con letras y viene acompañado por una tabla que se utiliza para abarcar una gama de dimensiones.

Planos de detalle desarmados

Cuando una máquina requiere servicio, por lo general las reparaciones se hacen localmente y no se regresa la máquina a la compañía constructora. Este tipo de plano se utiliza frecuentemente en la industria de reparación de aparatos, la cual emplea los planos de detalle para los trabajos de reparación y para el periodo de piezas de repuesto.

1.5.5.- Diagramas, flujogramas y cronogramas.

Los diagramas son gráficos que muestran la forma en la que cierta información está relacionada. Dentro de éstos, los cronogramas y los flujogramas son de gran utilidad, debido a que ayudan a tener una visualización clara del desarrollo de actividades.

Diagramas

Los diagramas se utilizan, generalmente, para facilitar el entendimiento de largas cantidades de datos y establecer relaciones entre ellos.

Los diagramas pueden ser leídos más rápidamente que los datos en bruto de los que proceden, se utilizan en una amplia variedad de campos y pueden ser creados a mano o incluso por ordenador (mediante aplicaciones informáticas concretas).

Existen distintos tipos de diagramas, que se diferencian en el tipo de codificación que utilizan para llevar a cabo un proceso. A continuación, se verán los flujogramas y los cronogramas.

Flujogramas

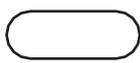
Un diagrama de flujo o flujograma es una representación gráfica de los pasos a seguir para llevar a cabo un proceso, partiendo de una entrada y, después de realizar una serie de acciones, se llega a una salida.

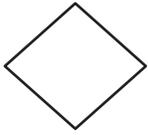
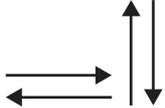
Los flujogramas presentan información clara, ordenada y concisa de un proceso. Están formados por una serie de símbolos unidos por flechas. Cada símbolo representa una acción específica y las flechas entre los símbolos re- presentan el orden de realización de las acciones.

Las diferentes cuestiones que puede indicar un flujograma son las siguientes:

- Dónde comienza el proceso.
- Todas las actividades que se realizan.
- Todas las tomas de decisiones que se hacen.
- Tiempos de espera.
- Cuáles son los resultados.
- Dónde termina el proceso.

Símbolos más comunes

Símbolo	Nombre	Actividad
	Inicio / Fin	Es un rectángulo redondeado, on las palabras "inicio" o "fin" dentro del símbolo. Indica cuándo comienza y termina un proceso.
	Actividad	Es un rectángulo, dentro del cual se describe brevemente la actividad o proceso que indica.

	Decisión	Es un rombo con una pregunta dentro. A partir de éste, el proceso se ramifica de acuerdo a las respuestas posibles (generalmente son “sí” y “no”). Cada camino se señala de acuerdo con la respuesta.
	Líneas de flujo o fuido de dirección	Son flechas que conectan pasos del proceso. La punta de la flecha indica la dirección del flujo del proceso.
	Conector	Se utiliza un círculo para indicar el fin o el principio de una página que conecta con otra. El número de la página que precede o procede se coloca dentro del círculo.

Cronogramas

Los cronogramas son secuencias detalladas y cronológicas de las actividades a realizar para lograr los objetivos propuestos. Se simbolizan con cuadros de filas y columnas, dentro de las cuales se registran las actividades de una manera cronológica.

Los cronogramas, al igual que los flujogramas, son muy utilizados en departamentos y empresas, ya que ayudan a tener una visión general del desarrollo de las actividades respecto al tiempo. De esta forma, se puede establecer una secuencia que indica lo que se ejecuta primero y después, además de precisar cuándo se inicia una actividad y cuándo finaliza.

1.5.6.- Procedimientos y operaciones de replanteo de las instalaciones.

El replanteo de cualquier instalación se efectúa antes (incluso durante) de realizar la albañilería, siendo una actividad muy importante para su funcionamiento, así como el cumplimiento de la legalidad.

Para poder replantear una instalación (fotovoltaica, térmica, eléctrica, etc.) en un edificio, es necesario conocerla en todos sus detalles.

¿Qué es el replanteo?

El replanteo consiste en marcar en el terreno los puntos donde se ubicará físicamente un proyecto (instalación, construcción, etc.), y suele constar de varias fases, que son las siguientes:

- Recopilación de información y comprobación. En la primera fase del replanteo de una instalación, es fundamental disponer de los planos, tanto de la instalación como de la zona donde se ubicará materialmente el proyecto. Es muy recomendable disponer de estos planos en formato digital. Una vez que se disponga de los planos necesarios, habrá que definir los puntos de replanteo (la exactitud dependerá de la naturaleza del proyecto).
- Encaje del proyecto y obtención de las coordenadas de los puntos a replantear. A la hora de

encajar y obtener los puntos a replantear, es fundamental hacerlo sin prisas y con la mayor exactitud posible. Para esto, es muy recomendable utilizar un programa CAD, ya que estos programas integran herramientas y comandos especialmente desarrollados para este fin.

- Replanteo en campo. En esta fase, se indican los puntos a replantear sobre la propia ubicación. Para ello, se suelen utilizar instrumentos que faciliten dicha operación, como cuerdas, cintas, taquímetros, etc.
- Elaboración de la documentación del replanteo. Una vez definidos los puntos de replanteo, conviene hacer un listado de los mismos, los cuales conformarán la denominada documentación del replanteo.

Replanteo fotovoltaico

El replanteo de toda instalación solar fotovoltaica siempre debe tenerse en cuenta a la hora de realizar el proyecto general del edificio en el cual se va a realizar dicha instalación. Por este motivo, las decisiones de diseño y de cálculo de estructura de un edificio son decisivas para poder realizar el proyecto de una instalación solar fotovoltaica en dicha obra.

A continuación, se enumeran algunas consideraciones y factores a tener en cuenta en el replanteo de estas instalaciones:

- Para poder tener en cuenta los condicionantes inevitables del edificio, se deben considerar los requisitos y elementos esenciales que tenga la instalación solar fotovoltaica a instalar: sistema de generación, acumulación, regulación, etc.
- El sistema de generación suele componerse de elementos voluminosos, salvo que se posean sistemas auxiliares, que disminuirán dicho volumen. Estos sistemas de captación, como son los captadores solares, tienen un gran impacto visual.
- La instalación de los captadores suele tener una forma de colocación y orientación bastante estricta, a lo que hay que sumar la cantidad de normativa que les afecta, debido a su impacto visual. Éste es el principal inconveniente a la hora de diseñar las cubiertas.
- Siempre debe tenerse muy en cuenta la normativa urbanística que condiciona el volumen del edificio para el que se proyectan las instalaciones solares. Esto no afecta a las parcelas que permitan suficiente área de movimiento, por lo que poseerán gran libertad para colocar los captadores.
- Otro gran condicionante lo constituye el volumen de acumulación. Es normal que las ordenanzas municipales impidan la instalación de los acumuladores en las cubiertas de los edificios, por impacto visual. Los cuartos necesarios para estos depósitos tienen grandes dimensiones.

1.5.7.- Equipos informáticos para representación y diseño asistido.

El avance de la maquinaria ha jugado un papel fundamental en el desarrollo tecnológico mundial, hasta el punto de que no es exagerado decir que la tasa del desarrollo de las máquinas gobierna

directamente la tasa del desarrollo industrial.

El diseño y manufactura asistidos por computadora (CAD/CAM)

El CAD/CAM es el proceso en el cual se utilizan los ordenadores o computadoras para mejorar la fabricación, desarrollo y diseño de los productos. Gracias a esto, se puede fabricar más rápido, con mayor precisión y a un precio inferior, con la aplicación adecuada de tecnología informática.

Los sistemas de Diseño Asistido por Ordenador (CAD, acrónimo de Computer Aided Design) pueden utilizarse para generar modelos con muchas (o todas) de las características de un producto concreto. Estas características son el tamaño, el contorno, la forma de cada componente, etc., almacenados como dibujos bidimensionales y tridimensionales.

Una vez que estos datos dimensionales han sido introducidos y almacenados en el sistema informático, el diseñador puede manipularlos o modificar las ideas del diseño con mayor facilidad, y así avanzar en el desarrollo. Además, se pueden compartir (los datos) e integrar las ideas combinadas de infinidad de diseñadores, ya que es posible la comunicación de los datos dentro de redes informáticas, con lo que los diseñadores e ingenieros, situados en lugares distantes, pueden trabajar como si estuviesen en el mismo estudio.

Los sistemas CAD también permiten la simulación del funcionamiento de un producto. Por ejemplo, pueden hacer posible la verificación y cálculo de un circuito electrónico propuesto (si funcionará tal y como está previsto); si un puente será capaz de soportar los esfuerzos pronosticados sin peligro; e incluso si una salsa de tomate fluirá adecuadamente desde un envase recién diseñado.

La Fabricación Asistida por Ordenador (CAM) ofrece ciertas ventajas importantes con respecto a los métodos más tradicionales de controlar equipos de fabricación con ordenadores, en lugar de hacerlo con operadores humanos. Por lo general, los equipos CAM eliminan los errores del operador y se reducen los costes de mano de obra. Sin embargo, la precisión constante y el uso óptimo del equipo representan ventajas aún mayores. Por ejemplo, las cuchillas y herramientas de corte se desgastarían más lentamente y se estropearían con menos frecuencia, por lo que se reducirían todavía más los costes de fabricación.

Los equipos CAM se basan en un conjunto de códigos numéricos, almacenados en archivos informáticos, para controlar las tareas de fabricación. Este Control Numérico por Computadora (CNC) se obtiene describiendo las operaciones de la máquina en términos de los códigos especiales y de la geometría de los componentes, creando archivos informáticos especializados o programas de piezas. La creación de estos programas de piezas es una tarea que, en gran medida, se realiza hoy día por software informático especializado, que crea el vínculo entre los sistemas CAD y CAM.

Las características de los sistemas CAD/CAM son aprovechadas por los diseñadores, ingenieros y fabricantes, para adaptarlas a las necesidades que se les planteen.

La gama de prestaciones que se ofrecen a los usuarios de CAD/CAM está en constante expansión. Los fabricantes de ropa pueden diseñar el patrón de una prenda en un sistema CAD, este patrón se sitúa automáticamente sobre la tela y así se reduce al máximo el derroche de material, al ser cortado con una sierra o un láser CNC. Además de la información CAD, que describe el contorno de un

componente, es posible efectuar la elección del material más adecuado para su fabricación en una base de datos y emplear una combinación de máquinas CNC para producirlo.

La futura evolución incluirá la integración aún mayor de sistemas de realidad virtual, que permitirá a los diseñadores interactuar con prototipos virtuales de los diseños mediante la computadora, en lugar de tener que construir costosas simulaciones para comprobar su viabilidad.

Hardware para el diseño y representación

A continuación, se procede a listar algunos ejemplos de equipos informáticos relacionados con el diseño y la representación asistida por ordenador:

- **Tableta digitalizadora.** Una tableta digitalizadora es un periférico que permite al usuario dibujar a mano sobre la misma. Estos trazos son automáticamente digitalizados.
- **Plóter.** Un plóter o trazador gráfico es un hardware especialmente diseñado para imprimir gráficos vectoriales o dibujos lineales. Estos equipos son muy utilizados en la ingeniería, el diseño y la arquitectura y, por lo general, permiten impresiones de gran tamaño.
- **Pizarra digital interactiva (PDI).** Las PDI son sistemas constituidos por videoprojector y un dispositivo de control (puntero). El proyector plasma en una superficie interactiva contenidos digitales en un formato adecuado para visualizaciones colectivas, pudiéndose interactuar directamente sobre la superficie de proyección.

1.5.8.- Programas de diseño asistido.

El diseño asistido por computador (computadora u ordenador), abreviado como DAO (Diseño Asistido por Ordenador), pero más conocido por sus siglas inglesas CAD (Computer Aided Design), es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y a otros profesionales del diseño en sus respectivas actividades.

El CAD es también utilizado en el marco de procesos de administración del ciclo de vida de productos (Product Lifecycle Management).

Programas de diseño asistido

Estas herramientas se pueden dividir, básicamente, en programas de dibujo en dos dimensiones (2D) y modeladores en tres dimensiones (3D). Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales, como puntos, líneas, arcos y polígonos, con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica, mientras que los modelos en 3D añaden superficies volumétricas y sólidos.

Por tanto, se trata de una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.). Permite diseñar en dos o tres dimensiones, mediante geometría alámbrica (puntos, líneas, arcos, splines), superficies y sólidos, para obtener un modelo numérico de un objeto o conjunto de ellos. Un conjunto de estas líneas alámbricas puede definir un objeto en 3D.

El usuario puede asociar a cada entidad una serie de propiedades, como color, capa, estilo de línea,

nombre, definición geométrica, etc., que permiten manejar la información de forma lógica. Además, pueden asociarse a las entidades o conjuntos de éstas otro tipo de propiedades, como el material, que permiten enlazar el CAD a los sistemas de gestión y producción.

De los modelos pueden obtenerse planos con cotas y anotaciones, para generar la documentación técnica específica de cada proyecto. Los modeladores en 3D pueden, además, producir previsualizaciones fotorealistas del producto, aunque, a menudo, se prefiere exportar los modelos a programas especializados en visualización y animación, como Maya, Softimage XSI o 3D Studio Max.

A continuación, se enumeran algunos de los programas de diseño gráfico más populares:

- 3D Studio. De la compañía Autodesk, es un programa de diseño y animación 3D muy conocido. Habitualmente está orientado a la creación de videojuegos y diseño de interiores (viviendas).
- Adobe Illustrator. Es uno de los programas más populares de la casa Adobe y está orientado al dibujo artístico y gráficos para ilustración.
- Autocad. También de Autodesk, el programa AutoCAD es uno de los programas de diseño asistido más populares y utilizados, ya que permite el dibujo de cualquier objeto en 2D o en 3D. Es muy utilizado en el sector de la construcción.
- CorelDRAW. Es un software de dibujo vectorial flexible relativamente sencillo y está diseñado para suplir, de forma rápida y eficiente, múltiples necesidades relacionadas con la maquetación de páginas para impresión y para el diseño web. Pertenece a la compañía Corel.

Otros programas de diseño asistido son los siguientes:

- AbisCAD.
- Allplan.
- ArchiCAD.
- ARRIS CAD.
- Autodesk Inventor, Autosketch, programas de la compañía AutoDesk.
- BuildersCAD.
- CADKEY.
- CARTOMAP.
- CATIA.
- CYCAS.
- DataCAD.
- FreeCAD.
- Freehand
- IntelliCAD.
- Pro/Engineer.
- MathCAD.
- Microstation.
- QCad.
- Rhinoceros 3D.
- Solid Edge.
- SolidWorks.

- Spazio3D, de BrainSoftware.
- Tekla Structures.
- Unigraphics, NX4.
- VectorWorks, anteriormente denominado MiniCAD.
- WaterCad.

1.5.9.- Diseño y dimensionado mediante soporte informático de instalaciones solares fotovoltaicas.

Los avances de los últimos años han influido en el campo de la informática aplicada a la tecnología solar, dando lugar a programas de dimensionamiento y simulación que permiten conocer, de antemano, el comportamiento de un sistema solar fotovoltaico (o térmico) y la eficiencia que puede alcanzar, además del ahorro económico que, a lo largo de la vida útil de la instalación, se podrá percibir.

Características de las aplicaciones

Los programas informáticos de diseño de instalaciones solares constituyen herramientas de gran utilidad para el estudio y el análisis de aspectos básicos de la energía solar, ya que pueden efectuar el dimensionado previo de este tipo de instalaciones.

Existen multitud de programas (algunos más sencillos y atractivos que otros), por lo que no se puede hablar únicamente de una tipología.

A continuación, se listan las características que, en general, muestran este tipo de programas:

- Permiten el dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas.
- Pueden permitir la inclusión de instalaciones híbridas.
- Permiten realizar simulaciones de instalaciones reales.
- Pueden mostrar estados locales y globales del sistema.

Estructura y funcionamiento de las aplicaciones

Respecto al funcionamiento, los programas de dimensionado fotovoltaico suelen funcionar de la siguiente forma:

1. Selección por parte del usuario de los elementos y datos iniciales para el dimensionado de la instalación. Para ello, es muy recomendable que el programa disponga de alguna base de datos que el usuario pueda consultar (o incluso modificar).
2. Comprobación de la validez de los datos introducidos y ejecución del proceso de dimensionado. El programa debería poder evaluar la instalación en función de la ubicación, el consumo, los paneles fotovoltaicos seleccionados, baterías, reguladores, inversores, y del resto de componentes que intervengan en el sistema.
3. Representación de los resultados obtenidos mediante gráficas, que informan al usuario de la viabilidad del sistema, el coste y el balance energético.

1.5.10.- Visualización e interpretación de planos digitalizados

Los programas de diseño de objetos reales son un tipo de programas CAD, que sirven para diseñar piezas, edificios y otros elementos reales. Se trata de programas de dibujo vectorial y han de ser muy exactos para poder controlar e interrelacionar entidades que se están dibujando, ya que los

objetos que se construyan estarán basados en los diseños hechos con este tipo de programas.

Un dibujo vectorial es una imagen formada por un conjunto de elementos geométricos, definidos por fórmulas matemáticas. La principal característica que presenta este dibujo es la de poder ampliar y redimensionar las imágenes sin pérdida de calidad, incluyendo la redimensión de anchura o altura que no sea proporcional.

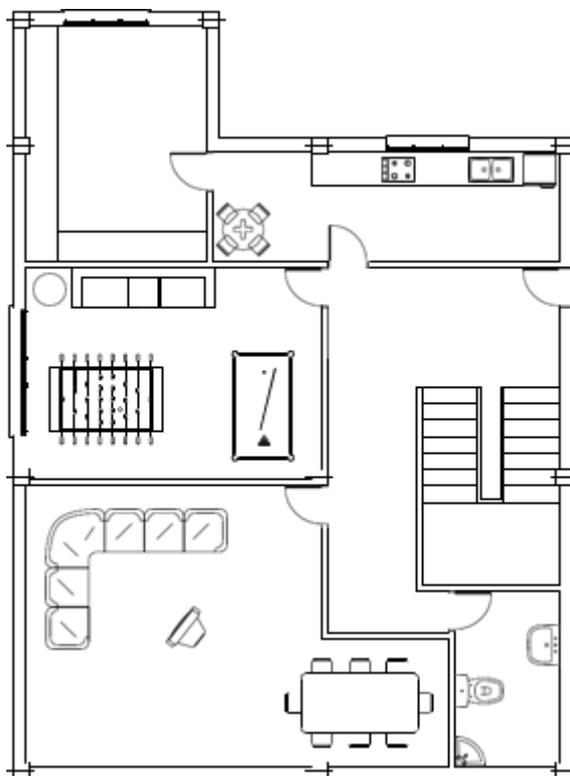
En el capítulo 6 del módulo 4 se exponen diversos aspectos relacionados con la interpretación de planos pertenecientes a las instalaciones eléctricas.

Opciones de los programas de dibujo de planos

Dentro de los programas de diseño de objetos reales, destacan los que se especializan en el dibujo de planos. Las opciones fundamentales que proporciona esta tipología son las siguientes:

- Capas. El trabajo con capas permite distinguir entre distintos grupos de líneas y objetos, y visualizarlos o activarlos según la necesidad. También es posible trabajar con capas superpuestas en un mismo plano, para comprobar que encajan y modificarlas luego por separado.
- Medidas reales. La medida de las longitudes y superficies de las figuras diseñadas.
- Acotación. Permite señalar la acotación, de forma normalizada, de líneas y ángulos.
- Referencia a objetos. Definición automática de puntos significativos de las entidades ya dibujadas (punto medio, final, centro, tangente...), y posibilidad de referirse a ellos para crear figuras.
- Colores. En los programas de dibujo vectorial, cada color suele usarse para identificar un conjunto de elementos (grosos de línea, cotas, capas, etc.).
- Dibujar en 3D. Se pueden definir figuras en tres planos, para conseguir la tridimensionalidad según las coordenadas (X, Y, Z) de cada punto, o dibujo de entidades tridimensionales directamente.
- Modificaciones. Se pueden modificar las propiedades de cada entidad dibujada.
- Bloques. Inserción de bloques de líneas que correspondan a objetos predefinidos, desde librerías externas al programa (mobiliario, perfiles metálicos, símbolos variados, etcétera).
- Grosor de las líneas. Se puede asignar el grosor a cada color de línea, para la posterior impresión de los planos.

PLANO DE UN EDIFICIO REALIZADO CON AUTOCAD



1.5.11.- Operaciones básicas con archivos gráficos

Al igual que cualquier otro archivo digital, los archivos gráficos pueden ser utilizados (y manipulados) con, por lo general, la aplicación concreta que los creó.

En este capítulo se verán las acciones básicas a las que pueden estar sometidos estos archivos.

Operaciones básicas con archivos gráficos

Los archivos digitales son el medio a partir del cual se puede almacenar información no volátil en un dispositivo de almacenamiento. Los Sistemas de archivos de que disponen los sistemas operativos cuentan con mecanismos para que un usuario pueda manipular los archivos (seleccionar, editar, ejecutar, borrar, etc.).

Desde el punto de vista de un programador, un archivo es un medio para poder leer datos de entrada para su programa o donde poder guardar los resultados de su ejecución. Todo lenguaje de programación debe disponer de algún mecanismo para que el programador pueda manipular archivos desde un programa. Estos mecanismos pueden ser más o menos sofisticados o versátiles, dependiendo del programa de diseño que se esté considerando, aunque deben existir unas funciones básicas respecto a la manipulación

de archivos gráficos. Éstas son:

- Lectura (consulta). Esta operación consiste en leer la información contenida en el fichero, sin alterarla.
- Escritura (modificación). Consiste en actualizar el contenido del fichero, añadiéndole nuevos datos o borrando parte de los que contenía.
- Apertura. Antes de acceder a un fichero, tanto para consultar como para actualizar su información, es necesario abrirlo. Esta operación se debe realizar previamente a las operaciones de lectura o escritura.
- Cierre. Cuando se ha terminado de consultar o modificar un fichero, por lo general, del mismo modo que se tuvo que abrir para realizar alguna operación de lectura/escritura sobre él, éste deberá ser cerrado.

1.5.12.- Resistencias de anclajes, soportes y paneles.

La estructura soporte se fijará al edificio de forma que resista las cargas a las que estará sometida, por lo que cualquier tipo de esfuerzo es un dato muy importante a tener en cuenta en cualquier proyecto de energía solar.

Configuración de la estructura captadora

En terrazas o suelos, la estructura deberá elevar el panel, al menos, unos 30cm; en zonas de montaña o donde se produzcan abundantes precipitaciones de nieve, deberá ser superior. Esto se debe a la necesidad de evitar que los paneles queden total o parcialmente cubiertos por las sucesivas capas de nieve que puedan ser depositadas en invierno.

Especial atención deberá prestarse a los puntos de apoyo de la estructura. En el caso de que sea de tipo mástil, es conveniente arriostrarla. Si la base donde descansa el panel es de hormigón, es muy recomendable reforzarlo por sus extremos con tirantes de acero.

Respecto a los anclajes o empotramiento de la estructura, se utilizan bloques de hormigón y tornillos roscados. Tanto la estructura como los soportes deben ser preferiblemente de aluminio anodizado, acero inoxidable o hierro galvanizado, y la tornillería de acero inoxidable. El aluminio anodizado es de poco peso y gran resistencia, mientras que el acero inoxidable es apropiado para ambientes muy corrosivos, siendo de mayor calidad y periodo de vida, aunque presenta un elevado costo. Las estructuras de hierro galvanizado ofrecen una gran protección contra los agentes corrosivos externos, con la ventaja de que el zinc es compatible químicamente con el mortero de cal y de cemento, una vez que éstos están secos. Las estructuras galvanizadas suelen montarse mediante tornillos.

Muchas veces los fabricantes de paneles suministran los elementos necesarios sueltos o en kits. Otras veces, es el propio proyectista o el instalador quien, haciendo uso de perfiles normalizados que se encuentran en el mercado, construye una estructura

adecuada para el panel.

1.5.13.- Cálculo de dilataciones térmicas y esfuerzos sobre la estructura.

Se llama dilatación al cambio de dimensiones que experimentan los sólidos, líquidos y gases cuando varía la temperatura, permaneciendo la presión constante. La mayoría de los sistemas aumentan sus dimensiones cuando la temperatura aumenta.

Por otra parte, los esfuerzos pueden cambiar las dimensiones de los cuerpos, debido a fuerzas que actúan sobre los mismos.

En el presente capítulo se tratarán algunos conceptos relacionados con estos fenómenos.

Las dilataciones térmicas

La dilatación es el cambio de cualquier dimensión lineal del sólido (longitud, alto o ancho), que se produce al aumentar su temperatura.

Generalmente, se observa la dilatación lineal al tomar un trozo de material en forma de barra o alambre de pequeña sección, sometido a un cambio de temperatura.

El aumento que experimentan las otras dimensiones es despreciable frente a la longitud. Si se denominan:

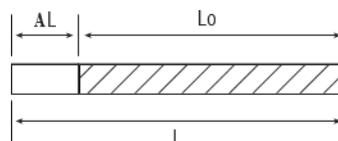
- L_0 = Longitud inicial.
- L = Longitud final.
- t_0 = Temperatura inicial. t = Temperatura final.
- ΔL = Incremento de la longitud ($L - L_0$).
- ΔT = Incremento de la

temperatura ($t - t_0$). Se verifica que:

$$\Delta L = a \cdot L_0 \cdot \Delta T$$

También se puede expresar como:

$$L = L_0 \cdot (1 + a \cdot \Delta T)$$



Donde a es un coeficiente de proporcionalidad denominado "coeficiente de dilatación lineal" y es

distinto para cada material. Su unidad es el $^{\circ}\text{C}^{-1}$ (grado -1).

El valor de α depende de la temperatura. Sin embargo, su variación es muy pequeña y despreciable dentro de ciertos límites de temperatura o intervalos que, para ciertos materiales, no tienen mayor incidencia.

A continuación, se muestra una tabla con distintos valores de α para ciertos materiales.

SUSTANCIA	α $^{\circ}\text{C}^{-1}$	SUSTANCIA	α $^{\circ}\text{C}^{-1}$
Plomo	29×10^{-6}	Aluminio	23×10^{-6}
Hielo	52×10^{-6}	Bronce	19×10^{-6}
Cuarzo	$0,6 \times 10^{-6}$	Cobre	17×10^{-6}
SUSTANCIA	α $^{\circ}\text{C}^{-1}$	SUSTANCIA	α $^{\circ}\text{C}^{-1}$
Hule duro	80×10^{-6}	Hierro	12×10^{-6}
Acero	12×10^{-6}	Latón	19×10^{-6}
Mercurio	182×10^{-6}	Vidrio (común)	9×10^{-6}
Oro	14×10^{-6}	Vidrio (pirex)	3.3×10^{-6}

Esfuerzos en estructuras

Cuando dos o más fuerzas son aplicadas sobre un cuerpo, aparecen tensiones internas que tienden a deformarlos. Estas tensiones reciben el nombre de esfuerzos.

Los esfuerzos a los que se ve sometido un cuerpo pueden ser de cinco tipos:

1. Un material está sometido a un esfuerzo de compresión cuando las fuerzas que actúan sobre él tienden a comprimirlo. Son necesarias dos fuerzas opuestas que actúan hacia el interior del cuerpo, en la misma dirección y sentidos contrarios.
2. Un material está sometido a un esfuerzo de tracción cuando las fuerzas que actúan sobre él tienden a estirarlo. En este caso, las fuerzas han de ser opuestas, actuando hacia el exterior del cuerpo, en la misma dirección y sentidos opuestos.
3. Un material está sometido a un esfuerzo de flexión cuando las fuerzas que actúan sobre él tienden a doblarlo. Para que se produzca flexión, serán necesarias, al menos, tres fuerzas.
4. Un material está sometido a un esfuerzo de torsión cuando las fuerzas que actúan sobre él tienden a torcerlo.
5. Un material está sometido a un esfuerzo de cizalladura cuando las fuerzas que actúan sobre él tienden a cortarlo.

1.5.14.- Desarrollo de presupuestos.

El análisis económico es de gran trascendencia a la hora de decidirse a realizar una inversión que presente ciertas alternativas.

El sector fotovoltaico no es una excepción en este sentido.

Costes de la instalación

Cuando se plantea la necesidad de dotar de suministro eléctrico a cualquier instalación, es necesario primero decidir cuál va a ser el medio más adecuado. Para ello, se estudiarán las necesidades que implican diferentes sistemas (el tipo de instalación, necesidad de combustible fósil, posibilidad de aprovechamiento de energías renovables...).

Una vez que se han estudiado las posibilidades, entre aquéllas que sean viables, la comparación se reduce al estudio económico.

En una instalación, una clasificación de los costes incluirá:

- Costes de capital o iniciales.
- Costes de operación y mantenimiento.
- Costes de combustibles.
- Costes de reposición.

En las instalaciones fotovoltaicas, la cuantía de la inversión inicial viene determinada por los siguientes conceptos:

- Generador. Potencia pico del generador, $W_p \times \text{precio } (\text{€/}W_p)$.
- Baterías. Se tendrá en cuenta su tipología y capacidad nominal, en $Ah \times \text{precio } (\text{€/}Ah)$.
- Regulador. Coste normalizado unitario \times intensidad nominal del regulador a instalar $(\text{€/}A)$.
- Inversores. Coste normalizado unitario \times potencia nominal total del inversor a instalar $(\text{€/}W)$.
- Contadores. Cuando se prevea su instalación, supondrán un coste fijo en €, por unidad de contador instalado.
- Cables, interruptores, protecciones, etc. Se definen de acuerdo a la potencia pico, como el producto de coste normalizado unitario por la potencia total instalada $(\text{€/}W_p)$.
- Coste de montaje, instalación, transporte, puesta en marcha, etc.
- Mantenimiento durante la garantía.
- Costes extraordinarios. Por ejemplo, los de construcción de casetas para las baterías, estructuras de refuerzo de cubiertas, estructuras de integración en el

entorno, etc.

- Hay que hacer un informe detallado, en el que se indiquen los costes de mano de obra, materiales, tiempo que se tardará en cada una de las tareas particulares que componen el todo, y todos aquellos datos necesarios para una correcta evaluación.

A los costes habrá que sumar el IVA y descontar las subvenciones, que se conceden desde el ámbito estatal y el autonómico, siendo diferentes dependiendo de cada región y del tipo de instalación, por lo que habrá que dirigirse a cada una de las instituciones encargadas de su concesión en cada caso particular, ya que, además, estas ayudas pueden variar cada año.

Costes de mantenimiento

El mantenimiento que requiere una instalación solar fotovoltaica es mínimo y de carácter preventivo, ya que este tipo de instalaciones no tienen partes sometidas a desgaste, ni a las que deban sustituirse piezas, ni que requieran lubricación.

El mantenimiento consistirá principalmente en mantener limpios los módulos, ya que las pérdidas producidas por la suciedad de los módulos fotovoltaicos pueden llegar a ser del 5%, y es algo que se puede solucionar con una simple limpieza con agua. También hay que asegurarse de que no hay obstáculos que hagan sombra sobre los módulos.

Un caso especial lo constituyen las baterías, que son el elemento que requiere mayor atención: en principio se ha de controlar el nivel de electrolito, para que esté dentro de los límites recomendados, aunque existen baterías que no necesitan mantenimiento. También hay que considerar que la batería se tiene que reemplazar cada cierto número de años, dependiendo del tipo utilizado.

Los costes correspondientes a reparaciones y mantenimiento pueden considerarse entre el 1 y el 3% de la inversión inicial al año. La vida útil de un generador fotovoltaico es de aproximadamente unos 25 años. Algunas empresas ofrecen garantías que duran incluso todo ese tiempo.

No se debe olvidar contabilizar las cantidades correspondientes a seguros, que, en muchos casos, es obligatorio suscribir para poder beneficiarse de las subvenciones.

En muchas ocasiones, un sistema fotovoltaico presenta un coste por kWh producido notablemente superior al coste del kWh comprado de la red eléctrica. Por ello, la rentabilidad de la instalación de un sistema fotovoltaico depende mucho de las ayudas e incentivos por parte de las administraciones públicas.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS. DIAGNÓSTICO AVANZADO Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.

2.1. Mantenimiento preventivo.

Métodos y técnicas usadas en la localización de averías en instalaciones aisladas y conectadas a red.

Realmente, cuando se habla de mantenimiento preventivo no se trata de localizar la avería para proceder a su reparación, sino que se trata de una forma de mantenimiento para evitar que se produzca la avería.

Lo que sí es adecuado es el conocimiento de los elementos que pueden averiarse con mayor frecuencia para detenerse más en dichos elementos durante el mantenimiento preventivo.



El mantenimiento preventivo es un tipo de mantenimiento proactivo, es decir, es un tipo de mantenimiento que se lleva a cabo antes de que se produzca una avería o un fallo en el sistema o equipo.

Precisamente el mantenimiento preventivo surgió para reducir las intervenciones de mantenimiento correctivo y sus consecuencias e inconvenientes. Por tanto, el mantenimiento preventivo pretende reducir las reparaciones mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos que se detecte que están dañados durante esas inspecciones u operaciones de mantenimiento.

Entonces, como el mantenimiento preventivo se efectúa para prever fallos en función de los parámetros de diseño y de las condiciones de trabajo supuestas, es imprescindible el conocimiento del equipo o del sistema para establecer las tareas a realizar para llevar a cabo el buen mantenimiento preventivo de la instalación.

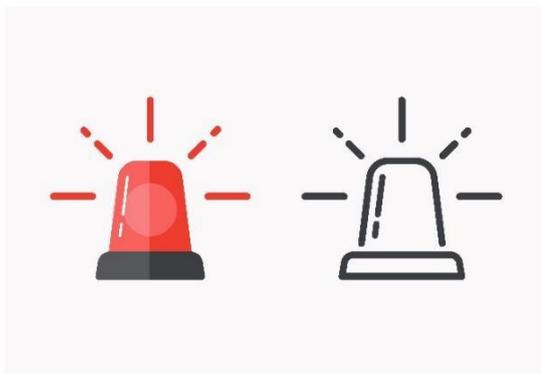
El mantenimiento preventivo abarca tanto operaciones de inspección visual como de verificación de actuaciones, entre otras, para conseguir el mantenimiento de la instalación dentro de los límites establecidos como aceptables en las condiciones de funcionamiento de la misma de acuerdo a sus prestaciones, consiguiendo una protección correcta y una durabilidad adecuada de la instalación.

2.1.1.- Periodicidad de las revisiones en diferentes tipos de instalaciones fotovoltaicas

Cuando se habla de mantenimiento preventivo, se habla de la revisión de la instalación de acuerdo a su configuración y potencia.

A continuación, se presentan unas pautas generales donde se indica la periodicidad con la que se deben llevar a cabo estas revisiones en función del tipo de instalación:

- Si se trata de una instalación solar fotovoltaica aislada con potencia pico o nominal menor o igual a 750 W, el mantenimiento preventivo se debe llevar a cabo al menos una vez al año, es decir, cada doce meses.
- Si se trata de una instalación solar fotovoltaica aislada con potencia pico o nominal mayor de 750 W, el mantenimiento preventivo se debe llevar a cabo al menos cada seis meses.
- Si se trata de una instalación solar fotovoltaica aislada con apoyo eólico, sea cual sea, el mantenimiento preventivo se debe realizar cada seis meses como mínimo.
- Si se trata de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red general de distribución con potencia pico o nominal menor o igual a 5 kW, el mantenimiento preventivo se debe realizar al menos cada doce meses, una vez al año.
- Si se trata de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red general de distribución con potencia pico o nominal mayor de 5 kW, el mantenimiento preventivo se debe realizar al menos cada seis meses.



2.2.- Procedimientos y operaciones para la toma de medidas.

El mantenimiento preventivo se realiza transcurrido un tiempo desde la puesta en marcha de la instalación, puesto que a medida que la instalación va funcionando, se produce un consumo de los recursos que hace que vayan perdiéndose capacidades en el desempeño de las funciones de la instalación.

Las instalaciones están diseñadas para unos parámetros de funcionamiento con unos valores determinados y con el paso del tiempo, estos valores pueden ir cambiando y desviándose. La misión del mantenimiento preventivo es restablecer dichos valores para

conseguir un funcionamiento correcto de la instalación y alargar así su vida útil. Por ello, el primer paso es la medición de estos parámetros, para así poder estimar y decidir los ajustes o medidas a tomar y llevar a cabo.

La toma de medidas es una forma de vigilancia de la instalación a través de la observación de los parámetros principales de funcionamiento y así poder verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

Dentro de estos parámetros a vigilar se encuentran, por ejemplo, el estado de carga de la batería y la actuación del regulador y del inversor.

2.2.1.- Instrumentos de medida

Durante el desarrollo de trabajos de mantenimiento preventivo de instalaciones fotovoltaicas es necesaria la utilización de una serie de instrumentos de medida que, dependiendo de qué se pretenda medir en cada momento, serán unos u otros y tendrán unas características u otras. Éstos son los que se van a analizar en el presente epígrafe.

Instrumentos para medir la densidad del electrolito de una batería

Para comprobar el estado de carga de una batería es necesario medir la densidad o gravedad específica del líquido contenido en el acumulador (electrolito). El densímetro, también llamado hidrómetro, es un instrumento de medida que permite comprobar la densidad del líquido electrolítico de una batería. Cuanto mayor sea la gravedad específica del electrolito, mayor será el estado de carga.

Antes de realizar la medición de la densidad del electrolito, se debe mover suavemente la batería para homogeneizar el líquido. También será necesario dejar en reposo la batería durante una hora para homogeneizar la temperatura del electrolito, ya que ésta influye sobre la medida de la densidad.

Instrumentos para medir la tensión eléctrica

La tensión eléctrica en este tipo de instalaciones puede ser medida a través de dos instrumentos: el voltímetro y el multímetro o polímetro. Seguidamente se detallarán los tipos y peculiaridades de cada uno de ellos.

Voltímetro

El voltímetro sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico cerrado.

En función de su configuración, se pueden distinguir dos tipos de voltímetros en general:

- Voltímetro galvanométrico o de bobina móvil. Se utiliza en aplicaciones con

corriente continua. No obstante, existen modelos que pueden separar la corriente continua de la alterna y las miden de forma independiente.

- Voltímetro electrónico. Se utiliza en aplicaciones con corriente alterna.

En función del modo en que dan la lectura, se clasifican en:

- Voltímetro analógico. Consta de un indicador y una escala, al igual que el amperímetro analógico. Y su funcionamiento consiste en que el indicador se mueve hasta el valor de la escala que ha medido el instrumento.
- Voltímetro digital. Sus características son similares a las del amperímetro digital, posee un conversor analógico-digital, de forma que el valor es mostrado mediante un valor numérico en una pantalla.

Multímetro o polímetro

El multímetro, también llamado polímetro, es un instrumento que permite verificar si el funcionamiento de un circuito eléctrico es o no correcto. Es un instrumento de medición muy utilizado para todo tipo de trabajos de electricidad y electrónica.

El multímetro actualmente es un instrumento que tiene un uso muy extendido debido a las amplias posibilidades que ofrece. Tiene su escala adaptada a varias variables eléctricas, de forma que ofrece la posibilidad de medir distintos parámetros eléctricos y magnitudes con un único instrumento.

Dependiendo de las características de cada modelo, se pueden medir valores de:

- Carga.
- Capacidad.
- Resistencia.
- Intensidad.
- Tensión alterna y continua.
- Potencia.
- Incluso pueden permitir realizar test de conductividad de pistas y cables.

También existen multímetros más avanzados, que incluyen funciones para generar y detectar la frecuencia intermedia de un aparato, con un circuito amplificador con altavoz para ayudar en la sintonía de circuitos, etc.

Por tanto, un multímetro es un instrumento que incluye un selector y que, según en la posición en que éste se encuentre, permite medir diferentes variables, funcionando, así como voltímetro, amperímetro, etc. También tienen un conmutador alterna-continua (AC/DC), que permite seleccionar una u otra opción en función del tipo de las características de la instalación o del elemento donde se va a realizar la medición.

Además de poder clasificar los multímetros en función de las variables que permiten medir, se puede hacer otra clasificación en función del modo en que proporcionan la

lectura de la medición:

- Multímetro analógico. Consta de un indicador y una escala. Su funcionamiento se basa en el movimiento del indicador hacia el valor de la escala que ha medido el instrumento.
- Multímetro digital. Posee un conversor analógico-digital, de forma que el valor es mostrado mediante un valor numérico en una pantalla. Éstos son más precisos puesto que la medición que se muestra en pantalla es exacta.

La medición de la tensión eléctrica se realiza conectando en paralelo la entrada del instrumento, que se utilice para su medición, con los puntos entre los cuales se quiere medir dicha tensión. Se debe conseguir que el instrumento de medición no consuma corriente alguna del circuito para que no se alteren los valores obtenidos. Por ello, mientras mayor sea el valor de la resistencia interna del instrumento, menor alteración se producirá en el circuito. Como los instrumentos digitales tienen unos valores de resistencia interna muy altos, éstos obtienen valores de tensión más exactos.

Instrumentos para medir la intensidad eléctrica

Para medir la intensidad de la corriente eléctrica se suele utilizar un instrumento de medida llamado amperímetro.

Existen diversos tipos según sea su configuración:

- *Amperímetro magnetoeléctrico o de bobina móvil.* Las características físicas de los elementos que lo componen son limitadas, por lo que únicamente se podrá utilizar para pequeñas intensidades de hasta unos 100 mA. Sin embargo, es posible aumentar la escala de valores a medir colocando resistencias en derivación. Este tipo de amperímetro es adecuado para aplicaciones en corriente continua. Si se quiere utilizar para corriente alterna, habrá que añadir un rectificador o cambiar un selector de posición si lo incluye.
- *Amperímetro electromagnético.* Puede realizar la medida de intensidades entre 0,5 y 300 A. Se puede utilizar tanto para corriente continua como alterna, con la única salvedad de que si es corriente alterna, la frecuencia ha de ser inferior a 500 Hz.
- *Amperímetro electrodinámico.* Sirve tanto para corriente continua como para corriente alterna.

Se puede realizar otra clasificación, utilizando como criterio de clasificación el modo en que el instrumento da la lectura:

- *Amperímetro analógico.* Consta de un indicador y una escala. Su funcionamiento se basa en el movimiento del indicador hacia el valor de la escala que coincide

con la medida realizada por el instrumento.

- *Amperímetro digital*. Posee un conversor analógico-digital, de forma que el valor es mostrado mediante un valor numérico en una pantalla.

Existe un tipo especial de amperímetro denominado pinza amperimétrica. Ésta posee un sensor (con forma de pinza), que abraza el cable cuya intensidad de corriente se desea medir.

Este instrumento mide, de forma indirecta, la corriente circulante por un conductor a partir del campo magnético que dicha circulación de corriente general.

La ventaja que presenta esta pinza radica en que no es necesario abrir el circuito para colocar el amperímetro y medir la intensidad de corriente. Además, la utilización de la pinza amperimétrica es muy segura, puesto que no es necesario el contacto eléctrico con el circuito.

Por otro lado, hay que destacar que el multímetro también se puede utilizar para realizar la medición de la intensidad de la corriente eléctrica y, de este modo, con un único instrumento se cubrirá la medición de distintas variables.

La medición de la intensidad eléctrica se realiza conectando en serie la entrada del instrumento de medición con los puntos entre los cuales se quiere medir dicha intensidad de corriente. Por tanto, en este caso, los instrumentos de medición con resistencias internas menores serán los que faciliten unos valores más exactos.

Instrumentos para medir la potencia eléctrica

Otro parámetro a medir durante el mantenimiento preventivo de la instalación, para asegurar que su funcionamiento es correcto, es la potencia eléctrica. Para ello será necesario utilizar un vatímetro

En función de su configuración, se distinguen dos tipos principales de vatímetro:

- **Vatímetro electrodinámico**. Se compone de dos bobinas fijas (bobinas de corriente) y una móvil (bobina de potencial).
- **Vatímetro electrónico**. Se utiliza para la toma de medidas de potencia directas y pequeñas. También se utiliza en aplicaciones donde la medida de potencia ha de hacerse a frecuencias mayores.

Por supuesto, los vatímetros se pueden clasificar también en analógicos y digitales, según el modo en que dan la lectura, como en el caso de los instrumentos vistos anteriormente.

Instrumentos para medir la resistencia eléctrica

Para medir la resistencia eléctrica hay que utilizar un ohmímetro u óhmetro o un puente de Wheatstone.

El funcionamiento del ohmímetro u óhmetro se basa en la Ley de Ohm, que afirma que la resistencia es inversamente proporcional a la intensidad de la corriente que atraviesa un circuito, siempre que la tensión se suponga constante. La escala del óhmetro estará calibrada en ohmios, que es la unidad de la resistencia eléctrica. El sistema de funcionamiento básico de un óhmetro consta de una batería pequeña, que aplica un voltaje a la resistencia, para medir después la corriente que circula a través de la resistencia utilizando para ello un galvanómetro. Sin embargo, existen otros ohmímetros de mayor precisión para aplicaciones donde la precisión sea un factor importante y sea necesaria la utilización de un ohmímetro de estas características.

El puente de Wheatstone se compone de cuatro resistencias formando un circuito cerrado, de forma que una de éstas será la resistencia cuyo valor se desea medir. La medición se realiza buscando el equilibrio de los brazos del puente.

Instrumentos para medir la frecuencia

Para medir la frecuencia será necesario disponer del instrumento adecuado, un frecuencímetro.

El frecuencímetro más usual es el de láminas. Los más utilizados son analógicos, debido a la resolución y exactitud que ofrecen en su lectura.

Instrumentos para medir la radiación solar

La medida de la radiación solar se suele realizar mediante un piranómetro o mediante una célula calibrada o un módulo calibrado de características tecno- lógicas equivalentes a las de los elementos de la instalación.

A continuación, la explicación se centrará en los instrumentos más comunes para la medición de la radiación solar: los radiómetros.

Clasificación de los radiómetros según el tipo de radiación

Existen varias clases de radiómetros en función de la radiación que miden:

- Radiación global

Ésta se mide normalmente sobre una superficie horizontal utilizando un piranómetro, también llamado solarímetro o actinómetro. Este instrumento permite medir la radiación solar global difusa o directa que se recibe en todas las direcciones.

El principio físico utilizado generalmente en la medida es un termopar sobre el que incide la radiación a través de dos cúpulas semiesféricas de vidrio, cuya función principal

es filtrar la radiación infrarroja procedente de la atmósfera y la radiación de onda corta procedente del sol, evitando que alcance al receptor. Unas placas pintadas de blanco y de negro actúan como sensores o termopilas (las placas negras se calientan más que las blancas debido a que absorben más radiación solar). Este calor fluye atravesando los sensores hacia el cuerpo del piranómetro, proporcionando una señal eléctrica proporcional a la radiación incidente. Hay que destacar que las cúpulas también funcionan como aislantes, evitando el enfriamiento causado por el viento y el efecto de la contaminación atmosférica sobre los sensores, y protectores de la termopila frente a la convección.

Existe una gran cantidad de piranómetros que poseen detectores basados en fotocélulas. Dichos dispositivos tienen una respuesta prácticamente instantánea o inmediata cuando se producen variaciones bruscas de la radiación solar. Además, son ligeros y suponen un coste bajo. Sin embargo, aunque se utilizan con mucha frecuencia en la evaluación de sistemas solares fotovoltaicos, sólo son capaces de captar el 60% de la radiación solar incidente.

- Radiación difusa

La radiación difusa se mide sobre una superficie horizontal con la ayuda de un piranómetro o de un albedómetro.

Los piranómetros utilizados para la medición de la radiación difusa incorporan un sistema, que consiste en un disco o una banda parasol que evita que la componente directa de la radiación solar incida sobre el sensor.

Este disco puede ser móvil: dotado de un movimiento ecuatorial, en el que la sombra se proyecta permanentemente sobre la superficie sensible del piranómetro; o la banda parasol puede ser desplazada manualmente a lo largo del año.

Debido a la geometría del disco parasol del piranómetro, parte de la radiación difusa procedente de los alrededores resultará también bloqueada. Por ello, es necesario aplicar un factor de corrección a las medidas tomadas, pero la determinación de dicho factor es algo compleja porque se realiza combinando consideraciones teóricas y aproximaciones empíricas.

La posición del parasol debe verificarse todos los días, teniendo en cuenta la declinación solar.

El albedómetro está constituido por dos piranómetros iguales contrapuestos (uno orientado hacia arriba y otro hacia abajo). El que está orientado hacia arriba mide la radiación global (directa + difusa) que incide sobre el terreno y el que está orientado hacia abajo mide la radiación global reflejada por el terreno.

Con un albedómetro es posible calcular la radiación neta obtenida. Simplemente habrá

que restarle la radiación global reflejada a la radiación global incidente.

- Radiación directa

Esta última se mide sobre una superficie normal a los rayos solares gracias a la utilización de un instrumento denominado pirheliómetro.

Los pirheliómetros miden la radiación solar en función de la concentración de un punto de luz creado por una esfera de cristal sobre una superficie marcada con una escala convencional. Como sensor se utiliza una placa negra, cuya temperatura, que se mide con un sistema de termopar, varía con la radiación solar directa que llega a la placa. Consiste en un tubo largo con una ranura circular por la cual penetra el rayo de sol, proyectándose en el otro extremo, donde se encuentra el receptor, la imagen del disco solar y un anillo de cielo que rodea a éste.

El tubo debe permanecer siempre normal a los rayos solares. Por ello, el pirheliómetro debe estar situado sobre un dispositivo automático de seguimiento solar de gran precisión. Este dispositivo es activado eléctricamente o por un mecanismo de relojería, que hace que el movimiento de rotación del pirheliómetro se produzca a velocidad constante, siguiendo el movimiento del sol.

Sin embargo, este sistema de medida presenta un gran inconveniente: es necesario que el eje de rotación sea ajustado a diario a medida que cambia la declinación del sol, necesitando supervisión continua por parte de personal cualificado.

Estos instrumentos de medida suelen estar conectados a una unidad de control auxiliar para poder determinar la potencia que es recibida desde el sol.

Aspectos a tener en cuenta en el uso de instrumentos de medida de la radiación solar

Sea cual sea el método utilizado, el piranómetro, la célula o el módulo solar han de ir montados en el mismo plano que los módulos de la instalación, a la altura del perfil superior del sistema, de forma que no se proyecten sombras sobre el propio módulo. Además, han de estar bien ventilados por aire ambiente.

Los instrumentos de medición de la radiación solar deben ubicarse siempre en un lugar donde se pueda ver continuamente el sol, desde que amanece hasta que anochece durante todo el año.

Estos instrumentos siempre han de ir fijados a un soporte adecuado, normalmente suele ser un techo plano por ejemplo, y siempre cerca de la instalación de teleindicadores y/o instrumentos registradores de los datos. Estos últimos elementos deben ir instalados bajo techo para impedir que les afecten las variaciones climatológicas.

Por otro lado, es de destacar que el cableado debe ir protegido contra la radiación solar directa y contra la radiación electromagnética mediante una malla exterior.

En instalaciones con instrumentos de teleindicación de la radiación solar, basados en principios termoeléctricos, es recomendable utilizar cables blindados con dispositivos de puesta a tierra en ambos extremos.

2.3.- Comprobación y ajuste de los parámetros a los valores de consigna (Radiaciones, temperaturas, parámetros de magnitudes eléctricas, etc.).

Una vez tomadas las medidas pertinentes, será necesario realizar las comprobaciones adecuadas para estimar si estos valores son correctos o no, y así proceder a los ajustes necesarios para asegurar el correcto funcionamiento de la instalación.

Simplemente se trata de hacer un seguimiento de estos parámetros y comprobar si sus valores se ajustan a los de diseño, comprobándolo en el proyecto correspondiente a la instalación y comparando los valores también con las indicaciones del fabricante.

Estas indicaciones suelen estar recogidas en el manual de uso y mantenimiento, que debe contener instrucciones de seguridad y de manejo y maniobra de la instalación, así como los programas de funcionamiento, mantenimiento preventivo y gestión energética. La persona encargada de este mantenimiento deberá hacer las comprobaciones pertinentes basándose en ese programa de funcionamiento, donde se recogerán los principales parámetros a ajustar y comprobar en función de la instalación concreta de la que se trate y de sus características técnicas específicas.

Por tanto, el ajuste se refiere a la adecuación de estos valores a los del proyecto dentro de los márgenes admisibles de tolerancia, particularizando para las características específicas de cada sistema o instalación.

A continuación, se intentarán dar algunas pautas generales de actuación en este sentido:

Si existe algún fallo, habrá que proceder como se indique en las instrucciones del fabricante de cada elemento.

Si existen desviaciones en cuanto a radiación y temperatura, puede existir algún defecto o avería en los paneles solares, o puede que hayan cambiado las condiciones que rodean a la instalación y que de ahí se deriven estas desviaciones. En este último caso, habrá que ajustar la instalación a los nuevos requerimientos. Ejemplo: Si existen nuevos elementos alrededor que dan sombra sobre las células solares, habrá que adecuar la posición de los paneles a dichos elementos si no es posible eliminarlos.

Si existen desviaciones en cuanto a parámetros eléctricos, como la caída de tensión, hay que localizar de dónde viene el problema y si existe algún elemento estropeado, habrá que proceder a su reparación o cambio.

2.4.- Programas de mantenimiento de instalaciones fotovoltaicas.

Los programas de mantenimiento están basados en grupos de tareas y acciones que se ejecutan teniendo en cuenta una serie de recursos materiales, humanos y financieros. A través de la correcta distribución de estos recursos se consigue la reducción de los costes, de los tiempos de parada, etc.

Los programas de mantenimiento y los registros previstos al respecto son muy interesantes, puesto que permiten que terceras personas puedan comprobar en un momento determinado que se mantienen las prestaciones previstas en cada instalación. Es una manera de garantizar la instalación y corroborar que su funcionamiento es correcto.

El mantenimiento lo debe realizar una persona o empresa autorizada, que será la responsable de elaborar y diseñar el programa de mantenimiento de la instalación y de llevar a cabo los procedimientos correspondientes en cuanto a la compilación de la información generada y su control.

2.4.1.- Manuales.

Cada instalación solar fotovoltaica está formada por una serie de componentes individuales. Cada uno de estos componentes tendrá unas características diferentes, requerirá unos cuidados distintos y tendrá una vida útil diferente también. El fabricante de cada componente tiene la obligación de definir todas estas características a través de los ensayos realizados y facilitarlos al usuario a través del llamado Manual de uso y mantenimiento.

Por tanto, para diseñar y elaborar el programa de mantenimiento de una instalación solar fotovoltaica de forma adecuada, será necesario tener en cuenta las necesidades, en cuanto a mantenimiento se refiere, de cada uno de sus componentes o elementos. Entonces, a la hora de realizar el programa de mantenimiento de una instalación habrá que unificar en él las distintas operaciones y periodos necesarios para realizar las tareas de mantenimiento en todos los elementos que componga la instalación, siguiendo y respetando en todo momento los manuales de uso y mantenimiento facilitados por el/los fabricante/s.

2.4.2.- Proyectos.

Para realizar el programa de mantenimiento de una instalación solar fotovoltaica es imprescindible el conocimiento y análisis del proyecto de la instalación.

El proyecto de una instalación solar fotovoltaica contiene toda la información respecto a la composición de la instalación, el montaje, las características, etc. Por ello, es necesario conocer y comprender el proyecto para poder elaborar un programa de mantenimiento adecuado, puesto que ahí se encontrarán numerosas claves que condicionarán el funcionamiento y el mantenimiento de la instalación.

2.5.- Averías críticas más comunes:

A nivel general, los defectos más comunes que se pueden encontrar durante las tareas de mantenimiento preventivo pueden ser:

- Conexiones flojas.
- Cables deteriorados.
- Contactos de la batería estropeados.
- Panel fotovoltaico dañado.
- Contactos oxidados.
- Piezas de unión sueltas.
- Disminución de la generación de energía, que puede ser debido a que actualmente dé más sombra sobre los paneles que cuando se montó la instalación.

Hay que destacar que en este epígrafe simplemente se pretende dar una visión muy general, puesto que más adelante se extenderán más las explicaciones sobre las distintas operaciones a realizar ante las “averías” detectadas.



2.5.1.- Causas y soluciones.

Se analizarán las causas y las soluciones de los casos expuestos anteriores de forma general:

- *Conexiones flojas.* El paso del tiempo puede provocar que las conexiones se aflojen debido a las circunstancias que van sucediendo y al uso que se le da a la instalación. La solución es simplemente el apriete de dichas conexiones mediante las herramientas adecuadas. En caso de que la conexión se haya aflojado debido a un deterioro de la misma, habrá que sustituir los elementos necesarios para restablecer sus características iniciales.
- *Cables deteriorados.* Las condiciones meteorológicas a las que están expuestos los cables, sobre todo la acción de la radiación ultravioleta, pueden producir el deterioro de los cables y conductores. Este deterioro puede incluso afectar a la seguridad y al funcionamiento de la instalación. En ese caso, lo que hay que hacer es cambiar esos conductores por unos nuevos con las características adecuadas para soportar al máximo las condiciones a las que estarán expuestos.
- *Contactos de la batería estropeados.* Éstos pueden deteriorarse debido a la acción del paso del tiempo o de las condiciones meteorológicas, así como de su utilización. Simplemente bastará con repararlos, ajustarlos, limpiarlos, engrasarlos y sustituirlos en caso necesario.
- *Panel fotovoltaico dañado.* Los paneles están sometidos a la acción de las condiciones meteorológicas. Ejemplo: Una granizada puede producir una fuerza sobre ellos que consiga estropearlos, deformarlos o dañar su funcionamiento. En este caso será necesario hacer las sustituciones oportunas.
- *Contactos oxidados.* El óxido suele producirse, sobre todo, al estar a la intemperie. Habrá que eliminar dicho óxido y proteger las superficies para evitar que se vuelva a producir.
- *Piezas de unión sueltas.* El paso del tiempo, el uso y las fuerzas ejercidas sobre las distintas partes de la instalación (por ejemplo, la fuerza ejercida por el viento), pueden provocar que los tornillos y otras uniones que dan firmeza a las estructuras se aflojen, pudiendo incluso suponer un peligro. En este caso lo único que hay que hacer es apretar las uniones con las herramientas adecuadas para darles firmeza. En caso de que falte algún elemento de la unión o éste esté deteriorado y de ahí venga el problema, simplemente serán sustituidos dichos elementos.

- *Disminución de la generación de energía.* Cuando se detecte que ha disminuido la generación de energía debido a alguna sombra adicional, que ha aparecido con posterioridad a la instalación e incide sobre los paneles solares, hay que buscar el origen. El origen puede venir de árboles que hayan crecido, nuevas construcciones cercanas, etc. En estos casos, habrá que podar los árboles o modificar la posición de los captadores solares para sacarle mayor rentabilidad a la instalación, haciendo el estudio adecuado.

2.6.- Programa de mantenimiento preventivo.

El programa de mantenimiento preventivo se basa en la ejecución de unas tareas y acciones determinadas de mantenimiento cada cierto tiempo. Este tiempo debe ser estimado de forma que sea lo suficientemente corto para que el sistema o equipo trabaje aún libre de fallos, pero no puede ser excesivamente reducido debido al incremento económico y no rentable que supondría.



Precisamente la mayor dificultad a la hora de realizar el programa de mantenimiento preventivo es establecer esos tiempos correctamente, consiguiendo evitar que sucedan fallos que no tienen por qué ser secuenciales.

Estos tiempos de intervención vienen fijados o determinados normalmente por el propio fabricante de cada equipo o elemento.

Para realizar el programa de mantenimiento preventivo de una instalación solar fotovoltaica es necesario seguir las pautas establecidas, en cuanto a operaciones y periodos, por los fabricantes de los distintos componentes o elementos en el correspondiente programa de mantenimiento preventivo contenido en el manual de uso y mantenimiento de los mismos.

2.6.1.- Realización de planes preventivos

A la hora de realizar un plan de mantenimiento preventivo de una instalación solar fotovoltaica, en primer lugar, hay que tener en cuenta que las instalaciones solares fotovoltaicas se componen de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos y cada uno de esos elementos independientes, que conforman la instalación en su totalidad, tienen una vida útil diferente.

El diseño de un plan de mantenimiento preventivo ha de ser minucioso y ser ejecutado en su totalidad para que sea eficaz.

Antes de implantar un plan de mantenimiento preventivo, es necesario determinar los siguientes aspectos:

- ¿Qué debe ser inspeccionado?
- ¿Con qué frecuencia han de ser inspeccionado y evaluados cada uno de esos elementos de la instalación?
- ¿A qué se le debe dar servicio?
- ¿Con qué periodicidad debe realizarse el mantenimiento preventivo?
- ¿A qué componentes se les debe asignar vida útil?
- ¿Cuál debe ser la vida útil y económica de esos componentes?

Estos aspectos son los que aparecerán en el plan de mantenimiento preventivo a seguir.

Aspectos a tener en cuenta para su implantación

Para llevar a cabo la implantación del sistema de mantenimiento preventivo de forma adecuada habrá que tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- La disponibilidad de los equipos.
- Intentar minimizar el coste del mantenimiento, consiguiendo que éste sea adecuado.
- Utilizar la mano de obra necesaria.
- Identificar las tareas de mantenimiento más interesantes en cada uno de los equipos. Así se evitará la realización de trabajos innecesarios.
- Será necesario llevar a cabo la recogida y el análisis de la información generada para así poder tomar las decisiones oportunas de manera acertada.
- La gestión de los repuestos y los consumibles ha de ser apropiada.

- La seguridad en el trabajo.
- Las repercusiones en el medio ambiente.

Fases en la elaboración

Para configurar un plan de mantenimiento preventivo de una instalación solar fotovoltaica, hay que tener presente en todo momento el objetivo del plan y los documentos que deben integrarlo. Para la elaboración del plan de mantenimiento se pueden seguir las siguientes fases:

1. *Recopilación de información técnica.* Para realizar el plan preventivo adecuado es necesario conocer al completo la instalación, mediante el análisis de la documentación técnica contenida en el proyecto, la información sobre las tareas de montaje llevadas a cabo, la información de cualquier mantenimiento realizado con anterioridad, el histórico de averías en caso de que las haya habido, la documentación facilitada por el fabricante, etc.
2. *Inventario.* Una vez conocida al completo la instalación, se tendrán claros los componentes que la forman y habrá que establecer los componentes o elementos sujetos a mantenimiento. Este inventario debe incluir una descripción técnica, minuciosa y exhaustiva sobre cada equipo, de forma que permita cumplimentar la ficha técnica de cada elemento sujeto a mantenimiento.
3. *Cumplimentación de fichas técnicas.* Paralelamente a la realización del inventario o una vez que éste haya finalizado, deben confeccionarse y cumplimentarse unas fichas técnicas específicas de cada elemento o equipo que componga la instalación con los datos que hayan sido recopilados durante la fase de elaboración del inventario. Cada ficha técnica debe contener al menos la siguiente información:
 - a. Identificación del equipo en cada sistema y función a la que se destina.
 - b. Datos y características técnicas de cada elemento.
 - c. Datos del fabricante.
 - d. Componentes singulares que configuran el elemento o equipo.
 - e. Frecuencia de revisión establecida por el fabricante en sus recomendaciones o según los protocolos de mantenimiento que se le apliquen posteriormente.
 - f. Características del estado en que se encuentra cada elemento.
4. *Selección de gamas o protocolos.* Cuando se define un plan de mantenimiento preventivo de una instalación concreta, se deben estructurar los programas de tareas y las frecuencias particulares con las que habrá que realizar dichas tareas en cada elemento o equipo de los que está compuesta la instalación.

5. *Adaptación de intervenciones y frecuencias.* Los encargados de diseñar el plan de mantenimiento preventivo deben adoptar las tareas y sus frecuencias a las características y necesidades particulares de la instalación. Asimismo, los planes de mantenimiento preventivo que inicialmente se establezcan deben ser flexibles, puesto que puede ser necesario realizar modificaciones en el mismo para ser adaptado a las necesidades reales de la instalación, a su evolución funcional y energética durante el transcurso de su vida operativa o debido a la introducción de nuevos componentes o determinadas modificaciones en la instalación.
6. *Planteamiento del servicio.* En esta fase se trata de planificar la gestión del mantenimiento, incluyendo los conceptos económicos, permitiendo así realizar un servicio eficiente y una correcta explotación de la instalación. En esta fase habrá que determinar el tiempo necesario para realizar cada operación y la categoría que ha de tener el personal que la realice. Habrá que tener presente también el material a necesitar durante las tareas del mantenimiento preventivo.

Ejemplo: El tiempo de ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo de una instalación solar fotovoltaica será menor mientras mayor sea la formación y la experiencia del operario, y si se dispone de todo el material necesario para llevar a cabo dichas tareas (herramientas, recambios, etc.) de manera ordenada.

7. *Perfeccionamiento de planes y protocolos.* De forma orientativa, al menos una vez al año deben revisarse los planes de mantenimiento y adecuarlos a las necesidades en función de los resultados obtenidos durante las tareas de mantenimiento (tanto preventivo como correctivo) y vigilancia de la instalación. Este perfeccionamiento continuo del plan de mantenimiento permitirá la optimización a nivel tanto técnico como económico.

2.7.- Programa de gestión energética.

El manual de uso y mantenimiento de la instalación o de sus elementos debe incluir el programa de gestión energética.

Una vez implantado el programa de gestión energética, es necesario realizar un plan de mantenimiento de dicha gestión energética para conseguir que continúe respetándose y se continúe realizando una buena gestión energética de la instalación.

Este plan persigue determinar las operaciones orientadas al ahorro de energía, reduciendo el consumo energético, y organizar las operaciones a realizar para ello, estableciendo la periodicidad de cada una de ellas.

El programa de gestión energética ha de ser verificado como una de las gamas o

protocolos más de intervención habituales durante el proceso de mantenimiento preventivo. Es necesario verificar la idoneidad del programa de gestión energética disponible y actualizarlo o modificarlo si proceder.

2.7.1.- Fases de la implantación del programa de gestión energética

La implantación del plan o programa de gestión energética se puede dividir en cinco fases:

1. Planificación de la gestión. Se trata de definir la política energética de la empresa, fijar los objetivos dirigidos al ahorro de energía y la eficiencia de forma cuantificable, determinar los presupuestos e inversiones y el plan de formación para llevar a cabo la implantación del programa y del plan de trabajo.
2. Diagnóstico energético. Está compuesto por la recogida de datos sobre el consumo energético y del sistema productivo, determinando los equipos de mayor consumo y las medidas de ahorro a tomar.
3. Plan de actuación. En esta fase se establecerá el plan para la mejora continua de la eficiencia energética cumpliendo los objetivos establecidos.
4. Implantación de medidas. Llegados a este punto, habrá que tomar las decisiones oportunas y realizar el proyecto de mejora.
5. Seguimiento, control, ajuste y evaluación. Es necesario realizar un adecuado seguimiento para ver la evolución de la situación energética. Este seguimiento engloba las siguientes actuaciones o tareas:
 - a. Seguimiento de los costes y consumos de energía.
 - b. Control y uso óptimo de las fuentes de energía.
 - c. Seguimiento de las desviaciones de los índices energéticos.
 - d. Evaluación de las desviaciones y necesidades de corrección.
 - e. Redefinición de las medidas si fuera necesario.
 - f. Determinación de los ahorros energéticos conseguidos y su difusión.
 - g. Evaluación del programa de gestión energética.

La empresa mantenedora debe asesorar al titular de la instalación solar fotovoltaica en cuanto a las mejoras y modificaciones convenientes en la instalación para lograr un mayor ahorro energético. Asimismo, deberá asesorar en cuanto al mantenimiento, cambios requeridos y funcionamiento de la instalación para lograr una mayor eficiencia energética.

Si la persona encargada del mantenimiento preventivo detecta que se ha producido una disminución de la energía generada por la instalación o del rendimiento de la misma con respecto a las previsiones, deberá tomar y llevar a cabo las medidas necesarias.

2.7.2.- Seguimiento de producciones y consumos.

Para poder llevar a cabo las verificaciones correspondientes al programa de gestión, la principal operación a realizar será el control de los valores de producción y consumo de la instalación solar fotovoltaica analizada en concreto. De este modo, será posible establecer las variaciones y las necesidades de la instalación en este aspecto para poder actuar sobre ella y adecuar el programa de gestión energética a las necesidades que vayan surgiendo.

Siempre hay que intentar adecuar el programa de mantenimiento de forma que se consiga el menor consumo energético por parte de los distintos elementos de la instalación.

En lo que a los sistemas de medición energética respecta, la memoria de diseño o proyecto debe especificar las características del sistema de medición energética: sistema de adquisición de datos, elementos de medida, condiciones de funcionamiento, etc.

Para el seguimiento correcto de la producción y el consumo de energía es fundamental disponer de los contadores de energía necesarios.

Los contadores de energía suelen estar integrados en equipos como el regulador o los dispositivos de seguridad.

2.8.- Evaluación de rendimientos.

El mantenimiento de una instalación solar fotovoltaica dependerá de si es aislada o está conectada a la red, pero tiene una serie de operaciones que son comunes. En todo caso, el objetivo del mantenimiento es prolongar la vida útil del sistema asegurando el funcionamiento y la productividad de la instalación. Esto conlleva una serie de ventajas para el consumo si se trata de una instalación aislada de red o un aumento de la retribución económica de la producción si se trata de instalaciones conectadas a red.

El rendimiento de los captadores suele venir indicado por el fabricante, puesto que es una de sus características principales e indica, en este caso, la proporción de energía que es aprovechada realmente, puesto que se producen pérdidas por distintos motivos. Este rendimiento varía durante el funcionamiento del captador ya que depende de la temperatura ambiente, de la intensidad de la radiación, etc.

Hay que tener en cuenta que el rendimiento del captador depende de:

- Las condiciones exteriores.
- La posición de montaje.
- La radiación media diaria.
- La inclinación del captador y su orientación.

La energía producida por un sistema solar fotovoltaico es su principal factor y objetivo final de diseño. La generación de energía va a depender, por ejemplo, de la insolación, temperatura y otros factores de ubicación.

Para llevar a cabo las tareas relacionadas con la evaluación de rendimientos, es aconsejable seguir los procedimientos y criterios descritos en:

Norma UNE-EN 61683:2001. Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.

Asimismo, es fundamental tener presente en todo momento, tanto en relación con el rendimiento como con la eficiencia energética:

La exigencia básica HE 5 sobre la contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica, contenida en el Código Técnico de la Edificación en los casos de aplicación.

Entre las comprobaciones relacionadas con el rendimiento, habrá que realizar las siguientes:

- Comprobación del rendimiento y la aportación energética de la instalación.
- Comprobación de la eficiencia energética del sistema de captación.
- Comprobación del funcionamiento de los elementos de regulación y control.
- Comprobación de los consumos energéticos para establecer si éstos se encuentran dentro de los márgenes admisibles definidos en el proyecto o en la memoria técnica.
- Comprobación del funcionamiento y del consumo de la instalación en las condiciones de trabajo.

2.9.- Operaciones mecánicas en el mantenimiento de instalaciones.

En las instalaciones solares fotovoltaicas aisladas, por ejemplo, de forma general habrá que realizar las operaciones, de tipo mecánico, de mantenimiento preventivo que se especifican a continuación. Se analizarán en función del elemento concreto del que se trate.



2.9.1.- Colectores solares

Dentro de los colectores solares hay que distinguir las diferentes partes de las que se compone, para así conocer el mantenimiento preventivo que exige cada una de esas partes desde el punto de vista mecánico.

Colectores

A los colectores hay que hacerles una inspección visual cada seis meses para detectar las posibles diferencias que puedan sufrir en comparación con su estado original. Estas diferencias permitirán valorar si es necesario realizar alguna reparación o reposición en estos elementos.

Asimismo, será necesario realizar también una inspección visual de su limpieza, cada seis meses también, para evitar que la suciedad haga que pierdan eficacia o provoque una avería.

También será necesario realizar una tercera inspección visual sobre los colectores para detectar la posible presencia de daños que puedan afectar a la seguridad de la instalación. Esta última inspección visual habrá de hacerse al menos cada doce meses.

Estructura

En cuanto a la estructura, hay que destacar que será necesario llevar a cabo una inspección visual adecuada para detectar la posible degradación de la misma o indicios de corrosión, en cuyo caso habría que llevar a cabo las operaciones de reparación o sustitución del elemento si fuera necesario en función del grado de deterioro apreciado.

Asimismo, esta inspección visual permitirá detectar si es necesario llevar a cabo el apriete de los tornillos y uniones.

En este caso, la periodicidad con la que se han de revisar estos aspectos es una vez al año como mínimo.

Hay que destacar también que pueden darse dos casos diferentes:

1. Que la instalación incluya un sistema de seguimiento solar.
2. Que se trate de una instalación con paneles fijos.

Si comparamos ambas instalaciones, las características serán diferentes:

INSTALACION CON SISTEMA DE SEGUIMIENTO SOLAR	INSTALACIÓN CON PANELES FIJOS
CARACTERÍSTICAS	CARACTERÍSTICAS
<p>Mayor coste de la estructura. Mantenimiento preventivo más profundo. Mayor riesgo de avería, por la inclusión de partes móviles. Mayores prestaciones energéticas.</p>	<p>Menor mantenimiento (casi nulo en comparación con el primer caso), al ser su estructura fija y un elemento mucho más sencillo desde el punto de vista técnico. Menor número de averías y menos costosas.</p>

2.9.2.- Aerogeneradores

En el caso de que la instalación incluya un sistema de apoyo eólico, éste será susceptible del correspondiente mantenimiento preventivo de igual forma que el resto de la instalación.

Para analizar el mantenimiento preventivo a realizar a los sistemas de apoyo eólico, también hay que hablar de las partes susceptibles de dicho control.



Torre o mástil

Sobre esta estructura que lo sustenta, habrá que realizar una inspección visual, cada doce meses como mínimo, para detectar si existe algún tipo de degradación, indicios de corrosión o si es necesario realizar el apriete de tornillos y soportes.

Al menos cada seis meses, también habrá que engrasar las uniones móviles, realizando las operaciones de control y comprobación de funcionamiento correspondientes.

2.10.- Operaciones eléctricas de mantenimiento de circuitos eléctricos.

Dentro del mantenimiento preventivo también habrá que realizar una serie de operaciones de tipo eléctrico y electrónico sobre las instalaciones solares fotovoltaicas, concretamente sobre algunos de sus elementos.

Para desarrollar el análisis de estas operaciones y especificar la frecuencia con la que se han de realizar dichas operaciones como norma general, se van a analizar por separado cada uno de los elementos o sistemas sobre los que hay que llevar a cabo operaciones de este tipo. Por ejemplo, se puede suponer una instalación solar fotovoltaica aislada, que es un caso muy completo.

2.10.1.- Colectores solares

Como es sabido, los colectores están formados por distintas partes. Dentro de ellas, existen dos principales susceptibles de ser revisadas y sobre las que hay que realizar el mantenimiento preventivo correspondiente.

Carcasa

Sobre la carcasa es necesario realizar una inspección visual, cada doce meses por lo menos, para determinar si se ha producido algún tipo de deformación u oscilación y si existe alguna anomalía en la conexión a tierra. En caso de que se detecte alguna anomalía en cualquiera de estos aspectos, habrá que proceder a su reparación para establecer las características originales de funcionamiento y seguridad.

Conexiones

En el caso de las conexiones, habrá que proceder a la inspección visual y al correspondiente reapriete de los bornes y reajuste de las conexiones, en caso necesario.

Además, es necesario revisar el estado de los diodos de protección para asegurar que están en perfectas condiciones para cumplir con sus funciones. En caso contrario, se procederá a su reparación y sustitución.

Estas operaciones de mantenimiento preventivo de tipo eléctrico sobre las conexiones de los colectores solares se deberán llevar a cabo al menos cada doce meses.

2.10.2.- Equipos electrónicos

En el mantenimiento preventivo de una instalación solar fotovoltaica hay que destacar diferentes elementos electrónicos a revisar. A continuación, se detallan los aspectos más importantes a tener en cuenta en la revisión de los mismos.

Reguladores

Cada doce meses habrá que:

- Controlar y comprobar el funcionamiento de los reguladores para verificar si éste es correcto.
- Comprobar los indicadores, la intensidad y las caídas de tensión entre terminales.
- Realizar una inspección visual del estado del cableado y de las conexiones de los terminales para actuar sobre ellas en caso de que se detecte alguna anomalía.

Inversores

Cada doce meses también tendrán que ser sometidos a las operaciones correspondientes al mantenimiento preventivo que se especifican a continuación:

- Revisar la conexión de los terminales.
- Comprobar que el funcionamiento de los inversores es correcto, revisando o controlando el rango de tensión, el estado de los indicadores y de las alarmas.

Contadores

En este caso será necesario:

- Comprobar que su funcionamiento es correcto y que responden a las tolerancias de medidas permitidas o características del elemento.
- Realizar una inspección visual de las conexiones de los terminales para evitar fallos debidos a este aspecto.

Estas operaciones deberán realizarse al menos cada doce meses.

Sistemas de monitorización

Al igual que en el resto de los elementos electrónicos mencionados, será necesario realizarla inspección de las conexiones de los terminales al menos cada doce meses con el mismo fin.

Por otro lado, será necesario realizar las siguientes comprobaciones cada seis meses:

- Comprobar la conexión remota.
- Controlar el correcto almacenamiento de los registros.
- Comprobar el funcionamiento de las posibles regulaciones y la tolerancia de las medidas.

2.10.3.- Cables, interruptores y protecciones

Se han agrupado estos tres elementos por su estrecha relación, pero se analizarán de forma separada puesto que cada uno de ellos requiere un mantenimiento preventivo concreto.

Cableado

Es importante comprobar el funcionamiento correcto del cableado al menos una vez al año. Para ello, habrá que comprobar la estanqueidad del cableado, que conserva su grado de protección original, que las conexiones de los terminales están adecuadamente realizadas y que se encuentran en correcto estado de seguridad. También habrá que comprobar los empalmes y las pletinas.

Además, en el caso de corriente continua (CC), habrá que controlar los valores de caída de tensión.

Interruptores

Habrà que comprobar su correcto funcionamiento y la conexión de los terminales una vez al año como mínimo.

Protecciones

En el caso de las protecciones, el mantenimiento preventivo se debe realizar al menos una vez al año y consistirá en comprobar el funcionamiento y la actuación de todos los elementos de seguridad y protecciones, entre ellos: fusibles, tomas de tierra e interruptores de seguridad.

2.10.4.- Acumuladores

Como bien sabe, cuando se habla de acumuladores, se habla de baterías. En el caso de instalaciones solares fotovoltaicas aisladas, suelen incluirse estos elementos para satisfacer las necesidades en momentos en los que se requiera mayor energía de la producida por la propia instalación.

El mantenimiento preventivo de estos acumuladores o baterías consiste en las siguientes operaciones básicas:

- Comprobación de la densidad del líquido electrolítico cada seis meses al menos.
- Inspección visual del nivel de líquido electrolítico al menos una vez cada dos años.
- Revisión de los terminales de la batería, de su conexión y del engrase necesario.
- Esto se deberá realizar una vez al año como mínimo.

Ahora se analizarán en mayor profundidad los procedimientos a llevar a cabo.

Para comprobar la densidad del líquido electrolítico es necesario la utilización de un densímetro.

En caso de que el nivel de líquido electrolítico sea inferior al adecuado, habrá que añadir el agua destilada necesaria. Esta operación siempre deberá realizarse después de la medida de la densidad del líquido electrolítico.

Cuando se detecte que los contactos de la batería están sulfatados, habrá que desconectarlos y limpiar con cuidado la superficie de los bornes y de los terminales. Para ello, se utilizará un cepillo de cerdas metálicas finas.

Una vez realizada la limpieza, se deben utilizar grasas especiales para proteger los polos de la batería y sus contactos eléctricos.

2.10.5.- Aerogeneradores

En el caso concreto de que la instalación incluya un sistema de apoyo eólico, éste llevará un regulador al que habrá que realizarle también el correspondiente mantenimiento preventivo.

Regulador

Las operaciones de mantenimiento preventivo del regulador del sistema de apoyo eólico deberán realizarse al menos una vez al año.

Estas operaciones consistirán en realizar un control de funcionamiento para comprobar que dicho funcionamiento es correcto, que los indicadores funcionan correctamente y que las caídas de tensión entre terminales son adecuadas.

Además, será necesario realizar la inspección visual de la conexión de los terminales para determinar si son correctas o hay que realizar alguna reparación para que éstas permitan el correcto funcionamiento de la instalación de forma segura.

2.11.- Equipos y herramientas usuales.

Para los trabajos de mantenimiento será necesario tener a su disposición los equipos y herramientas que pueda necesitar durante las tareas a desarrollar. La mayoría de estos equipos y herramientas serán las mismas que se necesitan durante el montaje de la instalación.

El presente epígrafe dará a conocer las herramientas más comunes para poder establecer la forma y el momento de usarlas.

2.11.1.- Generalidades

En primer lugar, se destacarán algunas características o peculiaridades generales que se deben tener en cuenta antes de elegir el material a utilizar:

- Deben utilizarse siempre herramientas con el tamaño adecuado y proporcionado al del elemento que va a ser manipulado con ellas. Ejemplo: Si el elemento a manipular es un tornillo que ha de ser apretado, se deberá seleccionar un destornillador con la cabeza del mismo tipo que la cabeza del tornillo y de un tamaño adecuado. Si se escoge una cabeza de destornillador más grande o más pequeña, no será posible realizar el trabajo con un buen resultado.
- Es importante que la forma del mango de cada utensilio o herramienta que se utilice sea ergonómica y se adapte a la mano del usuario, de manera que no produzca dolencias y asegure su agarre sin que se resbale el instrumento. En su manipulación debe permitir que la muñeca permanezca recta durante la realización del trabajo, el mango debe adaptarse a la postura natural de la mano.
- Los mangos de los útiles de equipo de trabajo han de ser de material aislante para evitar contactos eléctricos indirectos. Esta característica es importante para herramientas destinadas a cualquier tipo de trabajo, pero en trabajos sobre instalaciones eléctricas o electrónicas es fundamental.

2.11.2.- Equipos y herramientas más utilizados

A continuación, se van a analizar algunos de los equipos y herramientas más utilizados. No obstante, pueden necesitarse otros equipos más específicos para determinadas tareas o trabajos especiales concretos.

Se incluyen tanto útiles de equipo de trabajo y herramientas manuales como máquinas-herramientas que, además de la intervención manual del hombre, se ayudan de un sistema eléctrico para funcionar y facilitar el trabajo ejercido por el operario.

Destornillador

El destornillador es una herramienta manual que sirve para apretar y aflojar tornillos que requieran poca fuerza de apriete. En el caso concreto de instalaciones eléctricas y electrónicas, todas las conexiones se suelen hacer mediante tornillos de mayor o menor tamaño para asegurar la fijación de las mismas. Por tanto, tanto en el mantenimiento de tipo mecánico como eléctrico de una instalación solar fotovoltaica será necesario reajustar tornillos y uniones de este tipo.

El destornillador se compone de:

- *Mango*: es la parte que sirve para sujetar el destornillador y es sobre la que se ejerce la fuerza.
- *Cuerpo*: es la parte que une el mango con la cabeza y hace que la herramienta sea más larga para tener mejor acceso a determinados lugares.
- *Cabeza*: es la parte principal del destornillador puesto que es la que se introduce en la cabeza del tornillo para hacerlo girar y conseguir apretarlo o aflojarlo. La cabeza puede tener distintas formas, distinto grosor y diferente longitud de filo en función del tipo de tornillo para el que haya sido diseñado. Existen destornilladores con cabezas intercambiables, de forma que pueden ser utilizados para distintos tipos de tornillos en función de la cabeza que se elija y se le ponga.

Atornillador eléctrico

El atornillador eléctrico realiza las funciones de atornillar y desatornillar de forma rápida y sin suponer un gran esfuerzo para el operario obteniendo buenos resultados. Por tanto, realiza las mismas funciones que el destornillador manual, pero supone un menor esfuerzo para el operario debido a que, con ayuda de la electricidad, gira solo.

Existen modelos que necesitan estar constantemente conectados a la corriente eléctrica y otros que funcionan de forma inalámbrica gracias a una batería que incluyen que ha de estar cargada para que sea posible su funcionamiento. Además, existen modelos, como el de la imagen, que permiten la regulación del mango en distintas posiciones para facilitar la sujeción del equipo y la adaptación a las características del usuario y de las condiciones en que desarrolla su actividad en cada momento.

Llave de apriete

Las llaves de apriete son herramientas manuales que se utilizan para aflojar o apretar tuercas. Son herramientas de uso muy común debido a que la tuerca es un elemento usual en instalaciones de todo tipo.

Existen llaves con formas muy diferentes, pero se pueden clasificar, de forma general, del siguiente modo, sin atender a la forma sino únicamente a sus características de adaptación a distintos tamaños de tuercas:

- *Llave de boca fija*. La llave entera, incluida su cabeza, es fija. Por tanto, el tamaño de la abertura donde encaja la tuerca no es regulable y no puede adaptarse a diferentes medidas de tuercas. Sin embargo, éstas ofrecen mejor garantía de apriete que las siguientes, pero sólo se deben utilizar para la tuerca en la que

ajustan de forma exacta porque si no, se puede redondear la tuerca y no podremos aflojarla después.

- *Llave de boca ajustable o llave inglesa.* Tiene una parte móvil para ajustar el tamaño de su abertura a cada tuerca. Dentro de la adaptación al elemento a manipular que permiten, hay que utilizar una llave adecuada a la tuerca que se va a ajustar. Este tipo de llaves proporcionan comodidad, pero el resultado no es tan bueno como en el caso de llaves de boca fija.
- *Llave dinamométrica.* Es un tipo más especial de llave de apriete, que se utiliza para elementos que por sus condiciones de trabajo tienen que llevar un apriete muy exacto. Son llaves fijas de vaso en las que se acopla un brazo con el que se regula el par de apriete, de forma que no permite un apriete mayor del adecuado.

Pistola neumática.

La pistola neumática hace las funciones de las llaves de apriete, pero apoyándose en un sistema eléctrico para su funcionamiento.

Alicate

El alicate es una tenaza pequeña con dos brazos encorvados y dos puntas cuadrangulares o con forma de cono truncado.

Se utiliza para coger y sujetar objetos menudos, torcer o doblar alambres o pequeños objetos y cortar piezas de diversos materiales y pequeño espesor.

En el mercado es posible encontrar una gran variedad de alicates puesto que se pueden utilizar en actividades muy diversas. En electricidad es una herramienta esencial debido al uso que se les puede dar, ya que permiten retener y sujetar cables u otros elementos pequeños, modelar y cortar conductores, y realizar trabajos sobre elementos poco accesibles, entre otras de sus muchas aplicaciones. En el trabajo de mantenimiento es también una herramienta imprescindible.

Por su gran uso en trabajos pertenecientes al campo de la electricidad y de la electrónica, casi todos los alicates poseen mangos aislantes.

En cualquier alicate se pueden distinguir cuatro partes principales:

- Quijadas.
- Cortadores de alambre.
- Tornillo de sujeción.
- Mango.

Como ya se ha mencionado, existen muchos tipos de alicates. A continuación, se realiza una clasificación donde se incluyen los más utilizados:

Alicate universal. Posee una pinza robusta con mandíbulas estriadas y una sección de corte. Es utilizada como herramienta multiusos puesto que permite tornerar, apretar, desenroscar, cortar alambres, pelar cables, etc.

- *Alicate plano*. Tiene la boca cuadrada, plana y estriada por su parte interior. Es el tipo más común. Se utiliza para sujetar y doblar, principalmente.
- *Alicate redondo*. Es similar al alicate plano, pero uno de sus extremos o los dos son cónicos. Este tipo de alicate es muy utilizado en electricidad y en otros trabajos con pequeños objetos que hay que tratar cuidadosamente, como por ejemplo en joyería y bisutería.
- *Alicate de punta acodada*. Sus puntas están dobladas para permitir trabajar sobre zonas de difícil acceso, modelar determinados componentes y reparar terminales para soldar cables.
- *Alicate de corte*. Sus puntas tienen forma de cuchillas. Existen diversos modelos, fabricados con distintos materiales, para poder cortar materiales diferentes según las necesidades de cada trabajo.
- *Alicate extensible*. Existen algunos alicates con forma especial en los que es posible graduar la distancia entre sus extremos mediante un tornillo para poder trabajar sobre piezas de mayor o menor grosor.
- *Alicate pelacables*. Son los más utilizados en trabajos sobre instalaciones eléctricas puesto que es un tipo de alicate específico para eliminar la protección aislante de los conductores.

Martillo

El martillo es una herramienta de percusión. Puede ser necesario en cualquier momento para la fijación de algunos elementos o el arreglo de otros para modificar su forma o inclinación, por ejemplo.

En el martillo se pueden distinguir dos partes bien diferenciadas: cabeza y mango. Existen muchos tipos de martillos en función de la forma de su cabeza. Ésta se adaptará a un trabajo u otro según para lo que haya sido diseñado. Además, existen martillos con la cabeza de diferentes materiales (hierro, goma, etc.) en función del trabajo para el que se han creado.

Martillo neumático

Se trata de un equipo portátil de percusión, que funciona con presión aérea. El martillo neumático es un martillo que se ayuda de un sistema eléctrico para funcionar y facilitar el trabajo al operario, pero su función es la misma que la del martillo manual.

Taladro

El taladro es una máquina que permite la realización de agujeros sobre un material, gracias al movimiento rotativo del elemento móvil que lleva, llamado broca.

La broca va sujeta al taladro mediante su cabezal. Actualmente existen taladros que necesitan estar constantemente conectados a la corriente eléctrica y otros que funcionan de forma inalámbrica gracias a una batería que incluyen.

Remachadora

Es una herramienta manual que se utiliza para fijar uniones de piezas con remaches, de forma que no serán desmontables en el futuro. Puede ser una solución adecuada para unir determinadas piezas en algunos procesos de mantenimiento que lo requieran.

Soldador

El soldador es un aparato eléctrico que se usa para fijar sólidamente y de manera estable las piezas a unir. La soldadura es un método de unión que emplea calor para fundir las piezas a soldar o un material de aporte o ambos, dependiendo de la técnica. Normalmente las grandes estructuras prefabricadas vienen soldadas del taller.

Herramientas de corte

Este tipo de herramientas aseguran la rapidez y perfección en el corte. Las que se emplean in situ, es decir, en el lugar donde está montada la instalación, que es donde se suelen realizar los trabajos de mantenimiento, suelen ser portátiles. Esto permite al operario gran libertad de movimiento, pudiendo realizar el corte en cualquier posición. La hoja de corte tiene forma circular y gira a gran velocidad accionada por un motor eléctrico. Son herramientas que deben manejarse con suma precaución. La hoja de corte estará protegida con elementos de cubrición del disco. Como herramientas de corte se suelen emplear la sierra circular o la radial.

2.12.- Procedimientos de limpieza de captadores, acumuladores y demás elementos de las instalaciones.

En las operaciones de limpieza de los diferentes componentes de las instalaciones fotovoltaicas, hay que tener en cuenta una serie de consideraciones generales. Seguidamente se especifican aquellos aspectos más significativos a considerar.

2.12.1.- Limpieza de colectores

Si tras la inspección visual realizada cada seis meses sobre los colectores, se detecta un grado de suciedad importante, será necesario llevar a cabo su limpieza de forma adecuada para evitar que pierdan eficacia y que la suciedad provoque una posible avería. No obstante, si el polvo y la suciedad no son excesivos, no tendrá gran influencia sobre el voltaje de salida.

Los módulos han de ser limpiados con agua, sin agentes limpiadores, y una esponja u otro utensilio similar

Es importante que la manera de eliminar la suciedad de los módulos nunca sea rascando ni frotando en seco porque se puede arañar la superficie.

En el caso de que exista nieve sobre los módulos, ésta ha de eliminarse con la ayuda de un cepillo suave.

2.12.2.- Limpieza de acumuladores

En cuanto a la limpieza de los acumuladores se refiere, como ya se ha explicado con anterioridad, hay que destacar que la suciedad puede provocar problemas de funcionamiento en las baterías cuando ésta se encuentra en sus bornes. Es decir, cuando se detecte que los contactos de una batería están sulfatados, que es lo que puede ocurrir con más frecuencia, es necesario llevar a cabo la limpieza de los mismos para evitar problemas y garantizar su correcto funcionamiento. Para ello, en primer lugar, habrá que desconectar la batería y después proceder a la limpieza de los bornes y terminales con cuidado. Se recurrirá a la utilización de un cepillo de cerdas metálicas finas.

Además de proceder a la limpieza, es recomendable añadir algún tipo de grasa especial para proteger los polos de la batería y los contactos eléctricos contra la corrosión y la oxidación, evitando asimismo los daños que pueden causar los ácidos. Esto conseguirá alargar la vida útil de la batería y además es una acción más para llevar a cabo un mantenimiento preventivo adecuado de la misma, garantizando y mejorando su funcionamiento.

3.1.- Mantenimiento Correctivo.

Ventajas e Inconvenientes.

Hay que destacar que el mantenimiento correctivo se verá muy reducido si se realiza un mantenimiento preventivo de la instalación de forma adecuada, además esto disminuirá la gravedad de las averías que se produzcan.

El mantenimiento correctivo, al igual que el preventivo, supone una serie de ventajas e inconvenientes a tener en cuenta a la hora de conocerlos y decidir qué hacer.

Entre sus ventajas destacan las siguientes:

- El coste inicial de su implantación es prácticamente nulo.
- Si el equipo está preparado, es decir, si el mantenimiento correctivo está planificado, la intervención en caso de fallo es rápida.
- Tiene más importancia la experiencia y la pericia de los operarios de mantenimiento que la capacidad de análisis o de estudio de los problemas que se produzcan, por tanto, no es necesaria una gran infraestructura.
- Es rentable en equipos que no intervienen directamente en la producción, donde la implantación de otro sistema resultaría poco económica.

Sus inconvenientes, en general, pueden ser los que se nombran a continuación:

- Las paradas son inesperadas, no están controladas y programadas previamente.
- Suele ser consecuencia de averías de gran importancia, por lo que los costes de reparación pueden ser muy elevados tanto por el coste de las piezas y de la mano de obra como por el coste que supone un tiempo de parada prolongado.
- El número de piezas de que debe disponerse en almacén es elevado ya que no se sabe qué pieza puede fallar en cualquier momento. Ejemplo: De no disponer de las piezas en almacén, habría que parar durante más tiempo hasta que la pieza llegue desde fábrica.
- No permite conocer el estado real de la instalación.
- Se produce un aumento del riesgo de accidentes, ya que puede estar fraguándose una avería en algún componente de la instalación que entrañe peligro.

- Puede producirse el mismo fallo reiteradamente sin descubrir cuál es la causa que lo origina y, por tanto, no llegar a erradicar el problema.
- Pueden producirse situaciones en las que no sea posible cumplir las normas de prevención de riesgos laborales y/o de calidad al no estar los componentes en buen estado.

3.2.- Diagnóstico de averías.

El diagnóstico de la/s avería/s es la primera fase o el primer paso del mantenimiento correctivo. El mantenimiento correctivo se realiza una vez que se produce un fallo en el equipo, sistema o instalación. Por ello, lo primero que hay que hacer antes de actuar y reparar es encontrar el origen del fallo.

El tiempo necesario para que el operario de mantenimiento localice la avería, haga un diagnóstico sobre el tipo de avería del que se trata y decida cómo solucionarla va a depender de muchos aspectos como, por ejemplo, su formación, su experiencia y la calidad de la documentación técnica que tenga a su disposición.

Dicho tiempo será menor si el operario o el técnico dispone de planos y manuales cerca de la instalación y si se ha creado un listado de averías, que se hayan producido anteriormente, en el cual se detallan los síntomas, las causas y las soluciones de cada una.

El diagnóstico correcto de la avería es fundamental en las tareas de mantenimiento correctivo puesto que, antes de sustituir un elemento, hay que estar seguro de que dicho elemento está defectuoso o dañado y es el que provoca la avería. En ningún caso



se deben ir cambiando piezas sin saber el origen real de la avería para probar de dónde viene dicha avería.

Es de destacar que el usuario es el primero en detectar que existe un fallo en su instalación y normalmente lo puede detectar por alguno de estos síntomas o factores que se producen:

- El rendimiento de la instalación baja apreciablemente o desaparece, incluso con días soleados.
- Si se trata de una instalación aislada de red, se puede detectar que disminuye el servicio que ofrece, disminuyendo o desapareciendo la energía generada.
- Si la instalación posee sistemas de apoyo, como puede ser el eólico o un grupo electrógeno, éstos no funcionan.
- Si la instalación está conectada a red, los recibos de energía pueden aumentar excesivamente.
- La instalación genera ruidos anormales.

3.3.- Métodos y técnicas usadas en la localización de averías en instalaciones aisladas y conectadas a red.

Es importante que el operario encargado del mantenimiento de la instalación que deba enfrentarse a las anomalías del sistema determine, en primer lugar, si:

- La avería afecta al funcionamiento de la instalación. Esto quiere decir que la avería provocará el paro de la instalación y, por tanto, la interrupción de la producción eléctrica.
- La avería no afecta aparentemente al funcionamiento de la instalación, pero produce una reducción de las prestaciones de la misma.

Si el operario de mantenimiento se encuentra ante un caso u otro, tendrá que valorar la urgencia de la reparación para dar prioridad a los casos de mayor relevancia, que serían los primeros. El segundo caso exigirá un diagnóstico del sistema para valorar la urgencia de la reparación.

A continuación, se van a especificar algunas de las averías más comunes en los distintos elementos que forman una instalación solar fotovoltaica.

3.3.1.- Paneles solares fotovoltaicos

Entre los problemas más destacables que pueden dar lugar a averías en los paneles solares fotovoltaicos destacan los siguientes:

- *Presencia de sombras parciales.* Esto puede producir el calentamiento parcial o el efecto de puntos calientes del panel, debido a que existan determinadas células sobre las que da la sombra y otras células del mismo panel donde da el sol.

- *Deterioro o rotura del vidrio.* Esto se debe a la realización de un montaje erróneo, a que hayan recibido golpes accidentales o a actos vandálicos. La rotura del vidrio permite la entrada de humedad en el interior del panel y esto puede provocar la corrosión de las conexiones y circuitos del panel, de ahí que éste no funcione correctamente.



3.3.2.- Equipos eléctricos y de control

En el caso de los equipos eléctricos y de control, cuando se presente una avería, en primer lugar, es necesario conocer las pautas más genéricas para poder realizar su diagnóstico. Asimismo, pueden presentarse otros tipos de averías más concretas tanto en reguladores como en inversores.

Actuaciones generales para el diagnóstico de la avería

Se puede seguir la siguiente metodología de actuación general:

1. Seguir el circuito mediante el puenteo correlativo de cada elemento de protección o control e ir comprobando la existencia de tensión en los elementos.
 - a. Si se detecta fallo en algún elemento, habrá que sustituirlo y continuar con la revisión del resto de los elementos de la instalación.
 - b. Si se detectan fallos generalizados, es posible que la causa sea otra diferente de la que se ensaya.
2. Revisar aprietes y continuidades de cables y no hacer grandes cambios, puesto que hay que tener presente que la instalación antes funcionaba correctamente.

Reguladores e inversores

Concretamente los reguladores e inversores pueden presentar averías o fallos por los siguientes motivos:

- Fallos de fabricación, aunque éstos son prácticamente nulos.
- Problemas por inversión de polaridad durante el montaje.
- Sobrecarga o sobretensión por ausencia de elementos de protección.

3.3.3.- Cableado eléctrico

Generalmente, si el cableado eléctrico da problemas suele ser por un montaje inadecuado del mismo.

Entre otros, se pueden encontrar los siguientes problemas y las causas que los producen:

- *Las conexiones se desconectan o se aflojan.* Puede deberse a que el apriete no se hiciera correctamente.
- *Las conexiones se mojan.* Puede ser debido a que la estanqueidad de las cajas de terminales o de las conexiones no sea buena.
- *Las conexiones se calientan demasiado.* El error vendrá de un mal dimensionado

3.3.4.- Acumuladores

Entre las averías más comunes que puedan presentar estos componentes se encuentran:

- El uso excesivo de las baterías o acumuladores puede provocar que éstas se agoten y dejen de funcionar. Si esto ocurre, es porque los acumuladores o el campo fotovoltaico se han dimensionado por debajo de las necesidades reales de consumo o porque se haya consumido la energía acumulada en la batería por encima de su profundidad máxima de descarga.
- El sulfatado y la corrosión de las placas. Se debe a la falta de control del nivel de electrolito.

3.4.- Métodos para la reparación de los distintos componentes de las instalaciones.

La metodología adecuada para la reparación de cada avería depende del tipo concreto de avería del que se trate.

Durante el capítulo anterior, sobre el mantenimiento preventivo de instalaciones solares fotovoltaicas, se analizaron algunos procedimientos a llevar a cabo en caso de detectar que fuese necesaria la reparación de determinados elementos. En este caso, se tendrá

que proceder del mismo modo para cada elemento concreto. A continuación, se recordarán los principales métodos para la reparación de los distintos componentes de las instalaciones, pero antes hay que destacar un aspecto muy importante que hay que llevar a cabo siempre.

Una vez realizada la reparación, será necesario realizar las pruebas adecuadas para comprobar que la instalación funciona correctamente y la avería ha sido reparada adecuadamente. Por tanto, para finalizar habrá que poner en marcha de nuevo la instalación, haciendo las comprobaciones oportunas, y redactar los informes y documentos donde se reflejen las acciones llevadas a cabo durante la reparación de la avería.

3.4.1.- Colectores solares

Como ya se conoce, los colectores solares fotovoltaicos reciben también el nombre de módulos o paneles solares fotovoltaicos. Dependiendo del tipo de avería que se presente en éstos la forma de proceder será una u otra:

- *Panel fotovoltaico dañado* (por las condiciones meteorológicas, por ejemplo). Habrán de hacerse las sustituciones oportunas.
- *Se ha producido la rotura de cristales y carcasas*. Éstas deberán sustituirse puesto que dichas grietas causarán una pérdida de rendimiento del panel solar.
- *Se ha perdido la estanqueidad debido al deterioro de las juntas*. Habrán de sustituirse para evitar la entrada de humedad dentro del panel.
- *Se ha producido un deterioro de la estructura soporte*, que puede causar falta de rigidez del sistema y vibraciones ocasionadas por las inclemencias climatológicas. Se sustituirán los elementos deteriorados, se procederá al apriete o soldado de las uniones y al reajuste de los elementos de conexión.
- *Se observa una disminución de la generación de energía* debido a que actualmente da más sombra sobre los paneles que cuando se montó la instalación (el origen puede venir de árboles que hayan crecido, nuevas construcciones cercanas, etc.). En estos casos, habrá que podar los árboles o modificar la posición de los captadores solares para sacarle mayor rentabilidad a la instalación, haciendo el estudio adecuado.

Por otro lado, las sombras parciales sobre los paneles solares fotovoltaicos pueden producir el calentamiento parcial o el efecto de puntos calientes del panel debido a que existan determinadas células sobre las que da la sombra y otras células del mismo panel donde da el sol. Por ello, es muy importante que los paneles solares se coloquen a una distancia adecuada de los elementos que tengan a su alrededor para evitar que éstos produzcan sombras sobre ellos. Además, se deben instalar diodos de paso que eviten que la parte sombreada se comporte como un receptor de energía.

3.4.2.- Acumuladores

Cuando la avería venga provocada porque los contactos de la batería se hayan estropeado o deteriorado debido, por ejemplo, al paso del tiempo y a las condiciones meteorológicas o a su utilización, simplemente bastará con sustituirlos en caso necesario o repararlos, ajustarlos, limpiarlos y engrasarlos.

Si se detecta que los defectos son del aislamiento del acumulador, éste deberá ser reparado o sustituido en función del nivel de deterioro que tenga.

Si el problema viene de la corrosión, habrá que sustituir los elementos afectados y cuidar y vigilar los elementos más susceptibles y las causas de esa corrosión para evitar que se vuelva a producir.

3.4.3.- Otros elementos mecánicos y eléctricos

A continuación, se analizará la forma de actuar sobre otras averías o fallos comunes, detectados a nivel tanto mecánico como eléctrico.

Conexiones flojas

El paso del tiempo puede provocar que las conexiones se aflojen debido a las circunstancias que van sucediendo y al uso que se le da a la instalación. La solución es simplemente el apriete de dichas conexiones mediante las herramientas adecuadas.

En caso de que la conexión se haya aflojado debido a un deterioro de los elementos que la forman, habrá que sustituir los componentes necesarios para restablecer sus características iniciales.

Contactos oxidados

El óxido suele producirse, sobre todo, por la exposición a la intemperie. Para hacer que estos contactos funcionen correctamente, habrá que eliminar el óxido y proteger las superficies para evitar que se vuelva a producir.

Cables deteriorados

Las condiciones meteorológicas a las que están expuestos los cables, sobre todo la acción de la radiación ultravioleta, pueden producir el deterioro de los cables y conductores. En ese caso, lo que hay que hacer es cambiar esos conductores por unos nuevos con las características adecuadas para soportar al máximo las condiciones a las que estarán expuestos.

Piezas de unión sueltas

Cuando el paso del tiempo, el uso y las fuerzas ejercidas sobre las distintas partes de la instalación (por ejemplo, la fuerza ejercida por el viento), provoquen que los tornillos y otras uniones que dan firmeza a las estructuras se aflojen, pudiendo incluso suponer un peligro, habrá que apretar las uniones con las herramientas adecuadas para darles firmeza.

En caso de que falte algún elemento de la unión o éste esté deteriorado y de ahí venga el problema, simplemente será sustituido.

3.5.- Desmontaje y reparación o reposición de elementos mecánicos eléctricos y electrónicos.

Cuando la reparación de la avería suponga el desmontaje y la reposición de determinados elementos mecánicos, eléctricos y/o electrónicos simplemente habrá que proceder como se indique en las instrucciones de uso y mantenimiento para su instalación.

3.5.1.- Consideraciones a tener en cuenta

Habrà que tener presente los siguientes aspectos a la hora de llevar a cabo este tipo de operaciones:

- Utilizar las herramientas adecuadas para cada operación concreta. De este modo, obtendrá mejores resultados, la tarea le resultará más fácil y además evitará posibles accidentes.

- El tiempo necesario para llevar a cabo las tareas de reparación de una avería (desmontaje y reparación o reposición de los elementos afectados) será menor si el operario dispone de las herramientas necesarias para la ejecución del trabajo y las tiene ordenadas, de forma que localizará la que necesite en cada momento de forma rápida.
- Disponer de stock suficiente de repuestos y materiales en un almacén adecuadamente dimensionado y organizado, para satisfacer las necesidades que puedan surgir ante una avería y no tener que estar esperando a que traigan de fábrica cada uno de los elementos que se necesiten ante una avería, puesto que el paro de la instalación se alargaría enormemente.
- Poseer un departamento de compras ágil y unos proveedores capaces de facilitar los pedidos en el menor tiempo posible, debido a que normalmente en el almacén no se pueden tener todos los elementos o componentes y a que una vez se utilicen los elementos del almacén, habrá que reponerlos para estar preparados ante una posible avería nueva.



4.- CALIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS

4.1.- Calidad en el mantenimiento.

La calidad se basa en una serie de normas que se analizarán a continuación. A lo largo del presente epígrafe se intentará mostrar la importancia de implantar un sistema de gestión de calidad correcto en cada empresa, acorde a sus objetivos particulares.

Las partes que componen el sistema de gestión son:

1. Estructura organizativa: departamento de calidad o responsable de la dirección de la empresa.
2. Cómo se planifica la calidad.
3. Los procesos de la organización.
4. Recursos que la organización aplica a la calidad.
5. Documentación que se utiliza.

Hay que recordar que las normas de producto son diferentes a las normas de sistemas de gestión de la calidad:

- Una norma de producto puede ser el marcado CE, la marca N de producto homologado por AENOR o la marca GS de TÜV Product, e indican las características mínimas que el producto cumple en materia de seguridad.
- Por otro lado, hay normas de sistemas de gestión de calidad (ISO 9001), de medioambiente (ISO 14001), del sector de automoción (ISO/TS 16949) y de seguridad (OSHAS).

Las ventajas de implantar un sistema de gestión de la calidad son las siguientes:

- Aumento de beneficios.
- Aumento del número de clientes.
- Motivación del personal.
- Fidelidad de los clientes.
- Organización del trabajo.
- Mejora de las relaciones con los clientes.
- Reducción de costes debidos a la mala calidad.
- Aumento de la cuota de mercado.

4.1.1.- Introducción a las normas ISO 9000

ISO, que es un acrónimo de la International Standard Organization u Organización Internacional de Normalización, es un organismo que se dedica a publicar normas a escala internacional y que, partiendo de una norma ya existente de British Standard, en concreto la BS-5720, ha venido confeccionando la serie de normas ISO 9000, referidas a los sistemas de la calidad.

El ranking de certificaciones lo ostentan los países de la Unión Europea, seguidos de Estados Unidos, Japón, Australia y China.

En un mercado cada vez más competitivo, poder garantizar que los servicios que se ofrecen son de calidad adquiere más importancia. Cuando una empresa se marca unos objetivos de calidad, deberá establecer también un sistema de calidad que vigile que estos objetivos se alcancen.

Sin embargo, si cada empresa establece su propio sistema de calidad, no hay forma de garantizar que ese mercado reconocerá un determinado sistema de calidad como válido para conseguir los objetivos. La solución a este problema radica en que el sistema de calidad adoptado se adapte a otro reconocido, siendo el sistema de calidad más extendido actualmente la serie 9000 de ISO.

Hay que destacar que las normas ISO afectan tanto a productos y servicios como a toda organización para que ésta sea más competitiva, rentable y pueda garantizar un futuro. En toda la familia ISO 9000 se da énfasis a la satisfacción de las necesidades del cliente.

Evolución de las normas ISO 9000

Las primeras normas ISO 9000 surgieron en el año 1987, como forma de aunar en un único estándar internacional los diferentes estándares nacionales que hasta el momento se había estado desarrollando, unificando y armonizando los requisitos a cumplir por las empresas para lograr la calidad. Desde entonces han ido evolucionando para adaptarse a las diversas organizaciones.

Así en la versión de 1994, la serie ISO 9000 se componía de cinco normas:

- ISO 9000, de carácter conceptual.
- ISO 9001, ISO 9002 e ISO 9003, de carácter contractual. Especificaban los requisitos mínimos a cumplir por las empresas para establecer y mantener un sistema de gestión de la calidad documentado, dependiendo el estándar a aplicar del tipo de actividad desarrollada por la empresa en cuestión.
- ISO 9004, en la que se establecían directrices para la gestión de la calidad relativas a factores técnicos, administrativos y humanos. Se aplicaba cuando la empresa pretendía desarrollar un sistema de gestión de la calidad por razones internas, sin que la empresa tuviera obligación de certificación.

Esta versión de la norma estaba pensada básicamente para empresas que desarrollaban procesos industriales e iban enfocadas a la certificación durante todo el proceso productivo. Se trataba de un proceso poco flexible en el que debían seguirse paso a paso

todos los procedimientos e instrucciones y quedar documentados con todo detalle. Junto a estas normas se publicaban también guías de apoyo que, sin tener carácter contractual, contenían directrices que facilitaban y aclaraban diversos aspectos de la implantación del sistema de calidad. Sin embargo, al estar la ISO 9000:1994 principalmente enfocada hacia empresas de producción, su implantación resultaba difícil de aplicar

en empresas de servicios, lo que llevó a una nueva revisión de la norma y a la publicación de la ISO 9000:2000.

La ISO 9000:2000 introdujo cambios sustanciales, convirtiéndolas en normas genéricas aplicables a cualquier tipo de organización. Esta nueva versión supuso una simplificación en la estructura de la serie ISO 9000:

- Se mantiene la norma ISO 9000, en la que se recogen los fundamentos y el vocabulario (definiciones, nomenclatura y lenguaje).
- Las normas ISO 9001, ISO 9002 e ISO 9003 de la versión 1994 se unen bajo una única norma ISO 9001, que establece los requisitos para la certificación. Es menos extensa, más comprensible, incluye el concepto de mejora continua y también es más dinámica, ya que está continuamente pendiente de las demandas del cliente, estudiando su grado de satisfacción para proceder a mejorar los procesos. En esta norma se especifican los requisitos que deben aplicar las organizaciones para gestionar la calidad. No se trata de decir qué se debe hacer sino de fijar directrices genéricas que cada organización debe adaptar en función de su naturaleza, tamaño, actividad, objetivos, etc. Es la única de estas normas que es certificable.
- La norma ISO 9004 recoge las directrices para mejorar la eficacia del sistema de gestión de la calidad, siendo más extensa que la de 1994, con ejemplos de buenas prácticas que facilitan el diseño del sistema de gestión de la calidad.

La continua evolución de los sistemas hace necesario proceder a la revisión de las normas, manteniendo los requisitos fundamentales, pero introduciendo cambios estructurales que reflejen los modernos enfoques de gestión y mejoren las prácticas organizativas. Por eso, en el año 2008, se produjo la revisión y actualización de la norma ISO 9001 y, en el año 2009, la de las normas ISO 9000 e ISO 9004.

La familia de normas ISO 9000 ha sido elaborada por un equipo de expertos, conocido como Comité Técnico ISO/TC 176. Para formar parte de este comité, hay que ser un gran experto y conecedor de los sistemas de gestión de la calidad.

4.1.2.- Pliegos de prescripciones técnicas y control de la calidad

El pliego de condiciones de un proyecto es, desde el punto de vista legal y contractual, el documento más importante del proyecto a la hora de su ejecución material.

Los planos reflejan lo que hay que hacer, pero son las especificaciones de materiales y equipos, y las de ejecución, las que establecen cómo y con qué hay que hacerlo.

El pliego de condiciones regula las relaciones entre el propietario, promotor del proyecto, y los contratistas que lo van a ejecutar. Deberá contener toda la información necesaria para que esas relaciones sean lo más fructíferas posible, máxime teniendo en cuenta la importancia de la componente económica en las mismas.

El pliego de condiciones debe describir las condiciones generales del trabajo, la descripción del mismo, los planos que lo definen, la localización y emplazamiento.

El pliego señala los derechos, obligaciones y responsabilidades mutuas entre la Propiedad y la Contrata y constituye el anejo fundamental del contrato que ambas suscriben. Precisa el modus operandi durante el desarrollo de los trabajos, colabora en evitar discusiones costosas e innecesarias y ayuda a tomar decisiones con rapidez y eficacia.

El pliego suele dividirse, como la memoria, en distintas partes, habitualmente tres:

- Pliego de condiciones generales.
 - Legales.
 - Administrativas.
- Pliego de prescripciones técnicas particulares.
 - Especificaciones de materiales y equipos.
 - Especificaciones de ejecución.
- Pliego de cláusulas administrativas particulares.
- Condiciones económicas.

A continuación, la explicación se centrará en desarrollar el pliego de prescripciones técnicas particulares.

Pliego de prescripciones técnicas particulares

El pliego de prescripciones técnicas particulares dispone de dos apartados perfectamente diferenciados:

Especificaciones de materiales y equipos

Aquí aparecerán perfectamente definidos todos los materiales, equipos, máquinas, instalaciones, etc., que constituyen el proyecto.

La definición se hará en función de códigos y reglamentos reconocidos como válidos para el proyecto.

En aquellos que no sean de aplicación, se definirán expresamente todos los elementos que sean necesarios.

Las especificaciones hacen referencia a normas y reglamentos oficiales u oficiosos españoles (UNE, Normas MOPU, CTE, REBT, etc.) y extranjeras o internacionales (DIN, ISO, etc.).

Especificaciones de ejecución

La ejecución material del proyecto, su fabricación o construcción a partir de los materiales especificados en el apartado anterior se definirá exactamente en este apartado. Si en el punto anterior se concreta lo que se va a utilizar en el proyecto, en éste hay que definir cómo se va a utilizar.

5.- BIBLIOGRAFÍA

- Alcalde San Miguel, Pablo (2004). Electrotecnia. Thomson Paraninfo.
- Catalán Izquierdo, Saturnino (2013). Electrotecnia: Circuitos eléctricos. Editorial Universitat Politècnica de València.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-18099>
- Iberdrola. Qué es la energía solar fotovoltaica. Recuperado de: <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/que-es-energia-fotovoltaica>
- Lopez Ruiz, Pedro (2015). Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica de una vivienda aislada. Universidad Rovira I Virgili. Recuperado de: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/2317pub.pdf>
- Alepuz Sánchez, Rubén (2017). Proyecto de instalación fotovoltaica de 5.8 mw para la generación de energía eléctrica, situada en Almansa. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/87964/35606484T_trabajo_14993747245442820165277670677992.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Blanco Silva, F. y López Díaz, A. (2010). Estudio de viabilidad de una instalación fotovoltaica de coste 50.000 euros en España. Universidad de Santiago de Compostela y Universidad Católica de Ávila.
- De La Peña Carrascosa, Javier. Estudio y desarrollo de una planta solar fotovoltaica. Universidad Politécnica de Madrid.
- Uslé, Avelinda (2018). Estudio de viabilidad de una planta solar fotovoltaica en castro Urdiales. Universidad de Cantabria. Recuperado de: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/14860/AUS.pdf;jsessionid=C51898509CD949B25593ECAED40A2A53?sequence=4>
- MANUAL BÁSICO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. MC Mutual

