



PROYECTO FIN DE CARRERA

*Energías renovables aplicadas a las instalaciones de ACS y eléctrica
en un refugio de montaña en Bielsa*

MEMORIA Y SUS ANEXOS

AUTOR: Sara Izquierdo Peralta

DIRECTOR: Antonio Montañés

CONVOCATORIA: Diciembre 2011



MEMORIA

<i>1 Introducción al proyecto</i>	pág 6
<i>1.1 Objeto del proyecto</i>	pág 6
<i>1.2 Regulación y normativa</i>	pág 6
<i>1.3 Situación y emplazamiento</i>	pág 7

INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA

<i>2 Energía solar</i>	pág 9
<i>2.1 Aspectos energéticos</i>	pág 9
<i>2.2 Parámetros de la posición solar</i>	pág 10
<i>2.3 Aprovechamiento de la energía solar</i>	pág 11
<i>3 Colector solar. Generalidades</i>	pág 12
<i>3.1 Introducción</i>	pág 12
<i>3.2 El colector solar</i>	pág 12
<i>3.2.1 Concepto y funcionamiento</i>	pág 12
<i>3.2.2 Partes de un colector</i>	pág 14
<i>3.2.3 Estudio energético del colector</i>	pág 18
<i>4 Colector solar II</i>	pág 21
<i>4.1 Instalación</i>	pág 21
<i>4.2 Fluido caloportador</i>	pág 24
<i>4.2.1 Tipos de fluido</i>	pág 24
<i>4.2.2 Materiales de conducción</i>	pág 25
<i>4.2.3 Acciones de mantenimiento y protección</i>	pág 25
<i>5 Aprovechamiento de la energía solar</i>	pág 27
<i>5.1 Consideraciones generales</i>	pág 27
<i>5.2 Subconjunto colector-acumulador</i>	pág 27
<i>5.3 Subconjunto captador-campo de colectores</i>	pág 30
<i>5.3.1 Conexión en paralelo</i>	pág 30
<i>5.3.2 Conexión en serie</i>	pág 30
<i>5.3.3 Conexión mixta</i>	pág 31
<i>5.4 Subconjunto intercambiador-almacenamiento</i>	pág 31
<i>5.5 Sistema de apoyo</i>	pág 32
<i>5.5.1 Resistencia eléctrica</i>	pág 32
<i>5.5.2 Calentamiento de apoyo instantáneo</i>	pág 32
<i>5.6 Sistemas de control</i>	pág 33



Memoria y Anexos

6 Proyectando la instalación solar de ACS.....	pág 34
6.1 Estudio de las necesidades a cubrir.....	pág 34
6.2 Determinación del consumo medio diario de ACS.....	pág 35
6.2.1 Obtención de la hoja de carga.....	pág 36
6.2.2 Determinación de la superficie colectora.....	pág 37
6.3 Elección del sistema.....	pág 38
6.4 Cálculo y selección de los colectores.....	pág 39
6.4.1 Inclinación óptima.....	pág 40
6.4.2 Distancia mínima entre colectores.....	pág 40
6.4.3 Pérdidas por orientación e inclinación.....	pág 41
6.4.4 Estructura.....	pág 42
6.5 Acumulador.....	pág 43
6.6 Tuberías y conductos.....	pág 45
6.7 Electrocirculador.....	pág 48
6.7.1 Tipos de bombas centrífugas.....	pág 49
6.7.2 Características de las bombas centrífugas.....	pág 50
6.7.3 Cálculo de la bomba.....	pág 50
6.8 Vaso de expansión.....	pág 55
6.9 Aislamiento.....	pág 56
6.10 Válvulas.....	pág 57
6.10.1 Válvula de seguridad.....	pág 57
6.10.2 Válvula antirretorno.....	pág 57
6.10.3 Válvulas de cierre o paso.....	pág 58
6.11 Purgador y separador de aire.....	pág 59
6.12 Sistema de control de la instalación.....	pág 60

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

2 Efecto fotovoltaico.....	pág 62
2.1 Célula fotovoltaica.....	pág 63
3 El panel solar.....	pág 64
3.1 Características físicas.....	pág 64
3.2 Características eléctricas.....	pág 65
4 Uniones de paneles.....	pág 67
4.1 Protecciones. Diodos.....	pág 68
5 Estructuras de soporte y anclajes.....	pág 69
6 Aerogeneradores.....	pág 69
6.1 Aerogeneradores de eje horizontal.....	pág 70
7 Partes de una instalación fotovoltaica.....	pág 71



Memoria y Anexos

7.1 Baterías.....	pág 71
7.1.1 Características de una batería.....	pág 72
7.1.2 Tipos de baterías.....	pág 73
7.1.3 Mecanismos de envejecimiento de una batería.....	pág 73
7.1.4 Mantenimiento y seguridad de una batería.....	pág 74
7.2 Reguladores.....	pág 74
7.2.1 Tensiones de regulación.....	pág 75
7.2.2 Tipos de reguladores.....	pág 75
7.3 Inversores.....	pág 75
7.3.1 Características de los inversores.....	pág 76
7.3.2 Clasificación de los inversores.....	pág 77
7.4 Cargas de consumo.....	pág 77
8 Dimensionado de la instalación.....	pág 77
8.1 Necesidades a cubrir	pág 78
8.1.1 Iluminación.....	pág 78
8.1.2 Consumos de aparatos.....	pág 87
8.2 Evaluación del aporte de energía solar.....	pág 88
8.3 Cálculo y elección de los componentes.....	pág 89
8.3.1 Baterías.....	pág 89
8.3.2 Campo de paneles y aerogeneradores.....	pág 91
8.3.3 Reguladores.....	pág 96
8.3.4 Inversores.....	pág 97
8.3.5 Grupo electrógeno.....	pág 98
8.5 Cálculo de la sección de los conductores.....	pág 100
9 Montaje de la instalación.....	pág 103
10 Mantenimiento de la instalación.....	pág 104
11 Presupuesto	pág 104
12 Impacto medioambiental.....	pág 105
12.1 Impacto debido a la fabricación de componentes.....	pág 105
13 Conclusiones.....	pág 106
14 Fecha y firma.....	pág 106



ANEXOS

ANEXO I ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1 <i>Introducción</i>	pág 107
2 <i>Datos de la obra y antecedentes</i>	pág 107
2.1 <i>Tipos de trabajos</i>	pág 108
2.2 <i>Maquinaria y elementos auxiliares</i>	pág 108
3 <i>Medidas de prevención generales</i>	pág 108
3.1 <i>Señalización</i>	pág 108
3.2 <i>Iluminación</i>	pág 110
3.3 <i>Circulación y accesos a la obra</i>	pág 110
3.4 <i>Protecciones colectivas</i>	pág 111
3.5 <i>Protecciones personales</i>	pág 111
3.6 <i>Formación del personal</i>	pág 112
4 <i>Obligaciones del promotor</i>	pág 112
4.1 <i>Coordinadores</i>	pág 112
4.2 <i>Plan de seguridad y salud</i>	pág 113
5 <i>Obligaciones de contratistas y subcontratistas</i>	pág 114
6 <i>Obligaciones de trabajadores autónomos</i>	pág 114
7 <i>Libro de incidencias</i>	pág 115
8 <i>Paralización de los trabajos</i>	pág 115
9 <i>Derechos de los trabajadores</i>	pág 115
10 <i>Primeros auxilios</i>	pág 116
11 <i>Plan de emergencia</i>	pág 117
11.1 <i>Actuación en caso de accidente</i>	pág 117
11.2 <i>Lucha contra incendios</i>	pág 117
11.3 <i>Evacuación de los trabajadores</i>	pág 117
12 <i>Normativa</i>	pág 117

ANEXO II

INSTALACIÓN TÉRMICA

1 <i>Tabla 8 Anexo A</i>	pág 119
2 <i>Tabla 5 Anexo A</i>	pág 120
3 <i>Tabla 9 Anexo A</i>	pág 121
4 <i>Anexo C/Sombras</i>	pág 121
5 <i>Gráficas fluido caloportador</i>	pág 123
6 <i>Gráficas pérdidas por rozamiento en tuberías de cobre</i>	pág 124
7 <i>Hoja de datos bomba centrífuga</i>	pág 126
8 <i>Conexión de cargas trifásicas a redes monofásica</i>	pág 127



Memoria y Anexos

9 Hoja de datos electroválvula..... pág 128

INSTALACIÓN SOLAR Y EÓLICA

1 Simbología eléctrica normalizada..... pág 129

2 Puesta a tierra pág 136



1 INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

1.1 OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del proyecto es diseñar una instalación aislada que funcione de forma autónoma mediante energía solar y eólica. El proyecto se ha realizado a instancia de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza.

La instalación es un albergue (ya construido) situado en la región de Bielsa. El propósito del proyecto es implantar un sistema de abastecimiento de agua caliente mediante la implementación de colectores solares así como un sistema eléctrico que funcione mediante paneles solares y aerogeneradores.

El sistema eléctrico se realizará dividiendo las necesidades eléctricas; parte de éstas estarán cubiertas por energía solar y otra por energía eólica.

El uso de energías renovables se debe entender, actualmente, como una exigencia tanto desde el punto de vista tecnológico como social. El aumento del consumo de energía propio de las sociedades post-industriales, con el consiguiente impacto medioambiental que conlleva, ha forzado la búsqueda de nuevas fuentes energéticas con el propósito de reducir las emisiones de dióxido de carbono; siendo las más populares aquéllas que aprovechan el ciclo natural del planeta.

1.2 REGULACIÓN Y NORMATIVA

En la elaboración del proyecto se incluyen las recomendaciones y obligaciones recogidas en las respectivas normativas vigentes en lo referente a instalaciones térmicas, entre las que destacamos:

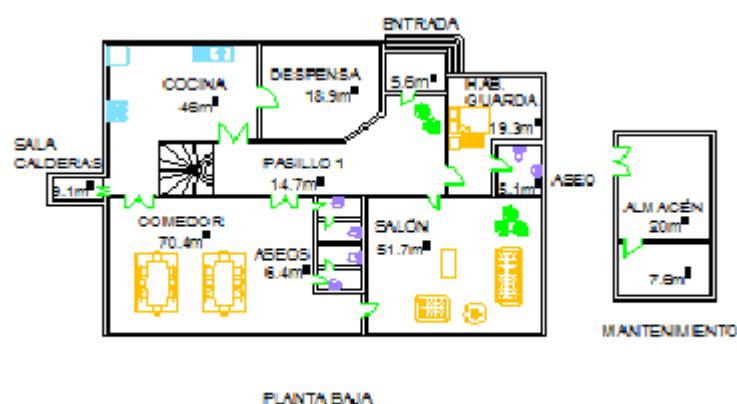
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus instrucciones técnicas complementarias (ITE) del Real Decreto 1731/1998
- Código Técnico de la Edificación (ITE), en concreto el documento DB-HE4 sobre contribución solar mínima de agua caliente sanitaria
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Térmicas de Baja Temperatura
- Normas UNE
- Ley 54/1997, del sector eléctrico, de 27 de noviembre
- Plan de Energías Renovables en España (PER) 2005-2010
- Real Decreto 842/2002, Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
- Real Decreto 314/2006 de 17 de Marzo, Código Técnico de Edificación

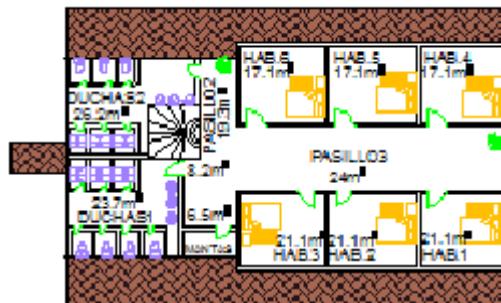
1.3 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO



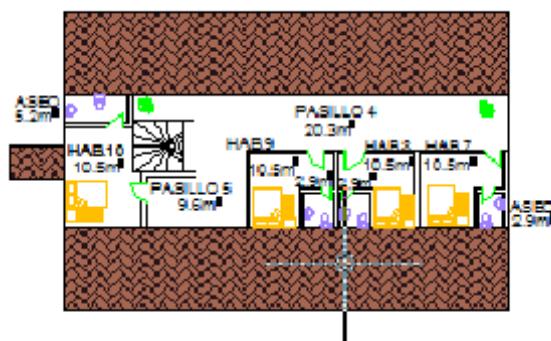
La instalación se realizará para cubrir las necesidades tanto de agua caliente como eléctrica de un albergue situado en Bielsa junto al lago de Ordiceto.

A continuación se muestra la distribución del edificio así como las dimensiones de las estancias correspondientes.





PRIMERA PLANTA



SEGUNDA PLANTA



INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA

2 ENERGÍA SOLAR

2.1 ASPECTOS ENERGÉTICOS

La energía solar se produce por las reacciones nucleares de fusión que tienen lugar en el interior del Sol. Los átomos de hidrógeno se combinan entre sí para formar átomos de helio liberando energía. La energía que se irradia llega a la Tierra a través de fotones, siendo la energía E de un fotón $E=h*v$; definiéndose h como la constante de Plank de valor $6,626 \cdot 10^{-34}$ julios*segundos y v la frecuencia del fotón en hercios.

La intensidad de radiación será mayor cuanto más cerca del Sol se esté. Se define la intensidad radiante I como $I=P/S$ siendo P la potencia emitida por el Sol de $4 \cdot 10^{26}$ watos y S la superficie de la Tierra, que se aproxima a una esfera, de valor $4\pi R^2$ con $R=1,5 \cdot 10^{11}$ metros. La constante solar es el valor de la intensidad radiante que llega a la Tierra medida sobre la atmósfera y su valor medio es de $1,353 \text{W/m}^2$.

Por otra parte, se define como irradiación E la cantidad de energía radiante que llega a una superficie determinada en un tiempo determinado; definiéndose de la siguiente forma:

$E=I \cdot S \cdot t$, siendo E la energía medida en julios ó calorías (1 caloría=4,18Julios), I la intensidad radiante ó irradiancia en W/m^2 , S la superficie medida en m^2 y t el tiempo en segundos. La cantidad de energía depende del ángulo existente entre la superficie y los rayos del sol. Cuando dicho ángulo sea de noventa grados, su valor será máximo y se irá decrementando al disminuir éste. Tomando I' como la intensidad sobre una superficie cualquiera, $I'=I \cdot \cos \alpha$, siendo α el ángulo de incidencia formado por los rayos del Sol y la normal a la superficie.

El piranómetro es el aparato que mide la irradiación que recibe una superficie



A la hora de considerar la energía solar disponible, hay que tener en cuenta la energía difusa, que se define como la enviada por la bóveda celeste, y la de albedo que es la reflejada por los cuerpos.

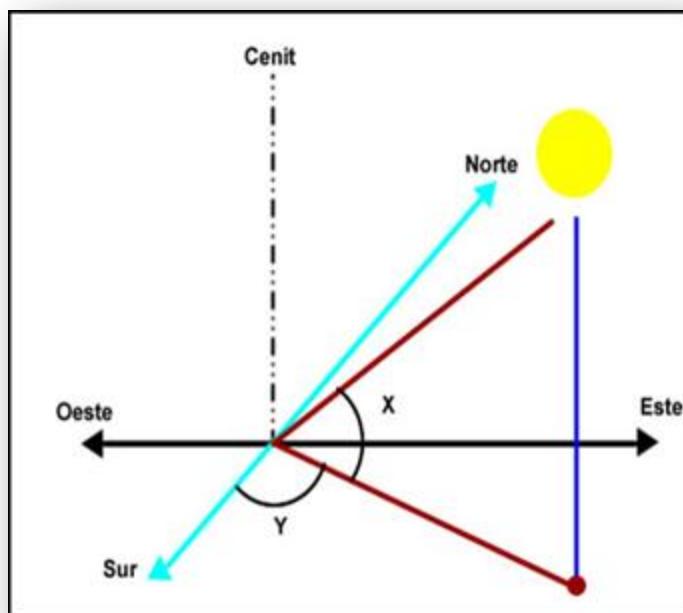
También hay que tener en cuenta a la atmósfera como un obstáculo a la radiación solar, ya que en la parte superior de las nubes hay una importante reflexión de la energía solar. Además, la trayectoria de la energía solar no es recta, ya que al llegar a la atmósfera rebota y se producen cambios en su dirección. A esta radiación se la conoce como difusa, y a la que llega directamente del Sol, se la llama directa

2.2 PARÁMETROS DE LA POSICIÓN SOLAR

En primer lugar, para determinar el mediodía solar hay que tener en cuenta que la hora civil y la solar no coinciden. Dicha diferencia aumenta cuanto mayor sea la diferencia entre el valor del meridiano del lugar y el que sirve como meridiano de referencia para cada país. Se entiende como mediodía solar cuando el acimut es 0, instante en el cual el sol tiene su máxima elevación y las longitudes de las sombras son mínimas.

Por otra parte, hay que tener en cuenta dos conceptos imprescindibles en cuanto al posicionamiento solar:

- ◆ La altura solar (X) es el ángulo que forman los rayos solares con la superficie horizontal. El ángulo cenital o distancia cenital es el complementario a éste
- ◆ El acimut solar (Y) es el ángulo de giro del Sol medido sobre el plano horizontal tomando como origen el sur.





2.3 APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR

La energía solar se puede transformar en energía térmica y eléctrica de forma directa.

• **ABSORCIÓN TÉRMICA**

La radiación solar calienta el cuerpo sobre el que incide y la cantidad de energía que éste cede va a depender de la intensidad y de la capacidad de absorción del cuerpo en cuestión. Para la recogida directa de energía solar se requieren dispositivos conocidos como colectores solares. Algunos sistemas utilizan la concentración de los rayos solares con ayuda de espejos de forma curva ó lentes para elevar la intensidad de la radiación incidente.

• **CONVERSIÓN A ENERGÍA ELÉCTRICA**

Existen dos tipos: el fotoeléctrico externo y el efecto fotovoltaico.

El primero consiste en la liberación de electrones de la superficie de los metales, al chocar con dicha superficie fotones, dando lugar a una corriente eléctrica.

El efecto fotovoltaico se basa en las propiedades de materiales semiconductores. Los de tipo N tienen un exceso de electrones, y los de tipo P “huecos”. Al poner ambos en contacto, se crea una unión P-N. Tanto los electrones que hay en exceso en el semiconductor N como los huecos en el P tienden a difundirse en la superficie común. Esto hace que el semiconductor N se cargue positivamente y el P negativamente, creándose una diferencia de potencial que da lugar a un campo eléctrico que reestablece el equilibrio.

Al incidir luz sobre la zona de unión. Los fotones liberan electrones adicionales dejando huecos en su lugar. Debido al campo eléctrico generado, los pares electrón-hueco adquieren movimiento, apareciendo una corriente eléctrica que cesará al suprimir la incidencia de luz. Las células fotovoltaicas suministran un voltaje proporcional a la intensidad de la radiación incidente.



3 COLECTOR SOLAR: GENERALIDADES

3.1 INTRODUCCIÓN

En una instalación solar de agua caliente sanitaria, el elemento más importante es el campo de colectores, si bien el buen funcionamiento de éste lo define la buena calidad de todos los componentes de los que consta, los cuales se desarrollan a continuación

3.2 EL COLECTOR SOLAR

3.2.1 CONCEPTO Y FUNCIONAMIENTO

Un colector solar es un dispositivo encargado de captar la energía solar y convertirla en energía calorífica. Un cuerpo expuesto al Sol recibe un flujo energético E , con el que se calienta. Al mismo tiempo, se producen pérdidas térmicas por radiación, convección y conducción, las cuales crecen al hacerlo la temperatura del cuerpo. Habrá un instante en que las pérdidas térmicas E_p sean iguales a las ganancias debidas al flujo, alcanzando la temperatura de equilibrio t_c^* .

Si se logra sacar una parte del calor producido en el cuerpo para aprovecharlo como energía utilizable, tenemos $E = E_p + E_u$, siendo E_u la energía neta extraída del cuerpo. Al decrecer E_p , la temperatura del cuerpo o de trabajo será menor que la temperatura de equilibrio. Para aumentar esta energía neta, existen dos opciones:

- ◆ Reducir las pérdidas de carga
- ◆ Aumentar la cantidad de energía captada

Si se elige la primera opción, es necesario mejorar el diseño para reducir las pérdidas. Con la segunda opción, habrá que concentrar el flujo solar sobre la superficie con ayuda de concentradores parabólicos.

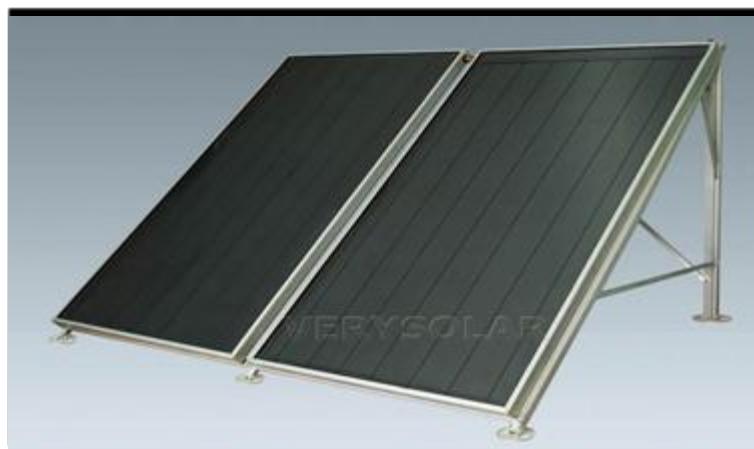
En un colector solar, la energía E_u sale del colector a través del fluido caloportador, recogiendo parte del calor y llevándolo a otro lugar para que sea acumulado. Cuanto mayor sea la diferencia entre la temperatura de utilización y la temperatura ambiente, mayores serán las pérdidas térmicas. De este concepto se deduce que el rendimiento disminuye a medida que la temperatura de utilización aumenta. Por esta razón, interesa hacer trabajar a los colectores a la temperatura más baja posible.

La mejora del aislamiento permite reducir las pérdidas E_p y aumentar la energía utilizable. Se define como rendimiento $\eta = E_p/E < 1$. Por otro lado, cuanto mayor sea el ángulo entre los rayos y la normal a la superficie del colector, menor será E , lo que produce una disminución de E_u .

Existen dos grandes grupos de colectores solares:

- Colectores sin concentración
- Colectores con concentración

Nos vamos a centrar en el primer grupo, en concreto en los colectores de paca plana.



En cuanto al funcionamiento de los colectores solares, Este se basa en lo que se denomina como efecto invernadero; la energía que es absorbida hace que el cuerpo se caliente y emita radiación, la cual tendrá una longitud de onda. Llamaremos transparente al cuerpo que deja pasar la radiación electromagnética incidente. Algunos cuerpos son sólo transparentes para ciertas zonas del espectro, resultando opacos para otras. El cristal, por ejemplo. Es transparente entre 0,3 y 3 μ m, siendo opaco para longitudes de ondas mayores La mayor parte del espectro solar está comprendido entre 0,3 y 2,4 μ m, por lo que la luz lo atraviesa sin problemas.

Una vez atravesado el cristal, la radiación llega a la superficie del absorbedor, calentándose dicho elemento y emitiendo radiación con una longitud de onda que se sitúa en torno a 4,5 y 7,2 μ m (parámetros en los que el cristal es opaco).

La radiación que emite el absorbedor incide sobre el cristal donde una parte es reflejada y el resto es absorbida, calentándose el cristal y emitiendo radiación al mismo tiempo. De la radiación emitida, en torno al 50% regresa al interior para volver a calentar aún más la superficie del absorbedor provocando el efecto invernadero.

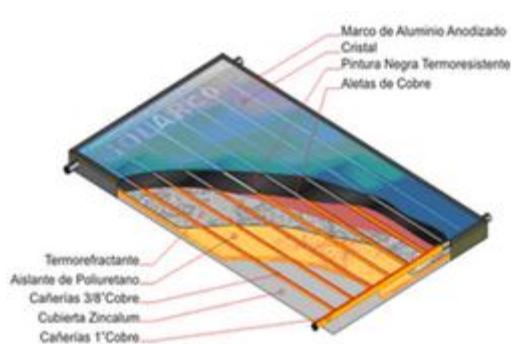
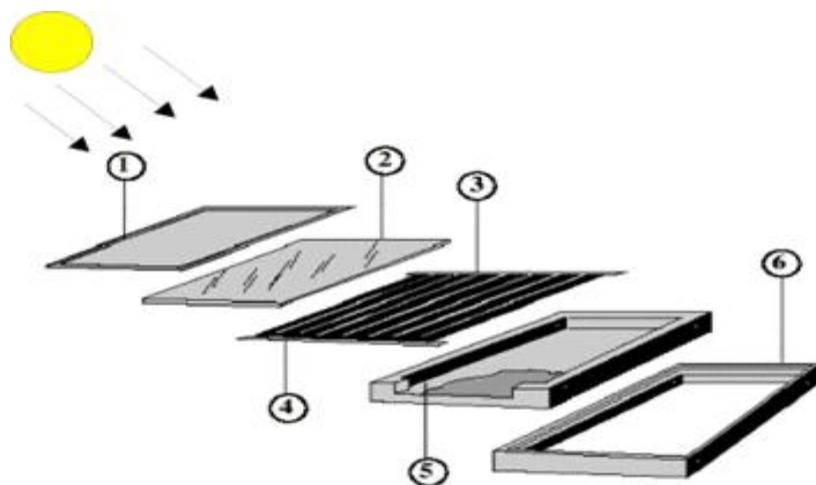
Hay muchos plásticos que tienen unas propiedades similares a las del cristal y también pueden ser utilizados como cubiertas de los colectores

La cubierta transparente no sólo produce el efecto invernadero, sino que, además, reduce las transferencias térmicas por convección entre el colector y el exterior

3.2.2 PARTES DE UN COLECTOR

El colector plano está formado por cuatro elementos principales:

- 1) cubierta transparente
- 2) absorbedor
- 3) aislamiento
- 4) carcasa



Corte transversal de un colector de cubierta plana



■ LA CUBIERTA PLANA

Las principales características que ha de tener la cubierta son:

- a) provocar el efecto invernadero y reducir las pérdidas por convección
- b) asegurar la estanqueidad del colector al agua y al aire

El colector ha de poseer unas cualidades físicas para asegurar el efecto invernadero, las cuales se detallan a continuación:

- Tener un coeficiente de transmisión alto para la radiación solar en la banda de 0,3 a 3 μ m.
- Tener un bajo coeficiente de transmisión para las ondas largas, superiores a 3 μ m
- Tener un bajo coeficiente de conductividad térmica
- Tener un coeficiente de dilatación pequeño, ya que la parte interior de la cubierta se va a mantener más caliente que la exterior, por lo que se dilatará más. La parte interior ha de tener un alto coeficiente de reflexión para la longitud de onda larga de la radiación emitida por el absorbedor.
- Ha de evitar que la suciedad se adhiera a la superficie exterior

Para reducir las pérdidas por convección se suele utilizar una doble cubierta ó incrementar el grosor del material transparente, aunque en estas condiciones aumentan las pérdidas por absorción del flujo solar incidente. Por tanto, hay que encontrar un balance

En cuanto a la estanqueidad, los defectos que pueden aparecer en la cubierta son rotura ó fisura, deformación de la cubierta y rotura por choque.

◆ MATERIALES IDÓNEOS

Se van a estudiar por un lado las cubiertas transparentes de vidrio y por otro las cubiertas transparentes de plástico.

CUBIERTAS TRANSPARENTES DE VIDRIO

Propiedades ópticas del vidrio

Se deben elegir cristales recocidos o templados porque sus propiedades mecánicas mejoran notablemente.

Se define el término transmitancia ó coeficiente de transmisión como τ = energía que atraviesa el vidrio/energía incidente sobre el vidrio, y tiene valor menor que uno siempre. Los coeficientes de transmisión energética cambian poco para cualquier cristal. La composición química del vidrio también influye sobre el coeficiente de transmisión. Los materiales que presentan mejores propiedades en este aspecto son materiales con bajo porcentaje en sales de hierro y el vidrio blanco.



Propiedades mecánicas de los vidrios

Las cubiertas han de resistir la presión del viento, el peso del hielo y la nieve, los choques de granizo. También hay que tener en cuenta el riesgo de rotura espontánea del vidrio debidas a las diferentes temperaturas de los distintos puntos de la cubierta. Una diferencia de 25°C entre dos puntos ya supone riesgo de rotura. Para evitar este riesgo se plantean dos soluciones:

- 1) Mejorar la resistencia de los bordes
- 2) Aumentar la resistencia del volumen mediante un tratamiento adecuado.

Para aumentar la resistencia del volumen, se somete al cuerpo a una operación denominada TEMPLADO TÉRMICO cuyas ventajas son:

- A) Mayor resistencia a la rotura
- B) Mayor resistencia a la flexión
- C) Gran resistencia a las contracciones de origen térmico
- D) En caso de rotura el vidrio se rompe en pequeños trozos

CUBIERTAS TRANSPARENTES DE PLÁSTICO

Algunas características generales son:

- ◆ Poco peso
- ◆ Poca fragilidad
- ◆ Mala conductividad térmica
- ◆ Coeficiente de dilatación lineal importante
- ◆ Poca resistencia a elevadas temperaturas
- ◆ Dureza baja
- ◆ Muchos plásticos tienen gran inestabilidad química y deterioros físicos al entrar en acción con agentes medioambientales, reduciendo el coeficiente de transmisión energética.

◆ TRATAMIENTOS ESPECIALES EN LAS CUBIERTAS

A la cubierta se le pueden aplicar dos tratamientos:

- 1) Tratamiento anti reflectante para evitar las pérdidas por reflexión
- 2) Tratamiento sobre la superficie interior, para que refleje las radiaciones de gran longitud de onda, y no impida pasar la radiación de longitud de onda corta.

Los tratamientos tiene por objeto reducir las pérdidas del absorbedor, así como las pérdidas por reflexión. Como inconveniente, ha de decirse que estos tratamientos son caros.



◆ CUBIERTAS DE DOBLE VIDRIO

Los dobles vidrios favorecen el efecto invernadero, reduciendo las pérdidas por convección y aumentando la temperatura que puede alcanzar el fluido caloportador en el absorbedor.

Las pérdidas por reflexión y absorción son mayores en las cubiertas dobles y, por consiguiente, la energía recibida por el absorbedor es menor.

Casi todos los colectores se fabrican de doble cubierta por dos razones principales:

- Reducir el coste
- La diferencia de temperaturas de las dos capas da lugar a diferentes dilataciones, haciendo que se rompa el conjunto.

■ EL ABSORBEDOR

El absorbedor recibe la radiación solar y la transforma en calor, que la transmite al fluido caloportador. Existen distintos tipos de absorbedores entre los que se puede descartar:

- 1) Dos placas metálicas, por entre las cuales circula el fluido caloportador
- 2) Una placa metálica sobre la que se sueldan los tubos por los que circula el fluido caloportador
- 3) Tipo Roll-Bond: se construye uniendo a gran presión dos láminas de metal, en cuyas caras internas se ha 'dibujado' el circuito del fluido. Posteriormente se introduce agua a presión provocando el abombamiento del circuito
- 4) Una placa metálica sobre la que se sueldan los tubos por los que el fluido caloportador circula. Suelen ser de plástico

◆ REVESTIMIENTOS

La cara del absorbedor que está expuesta al sol ha de estar recubierta de un revestimiento para absorber bien los rayos solares. Se utilizan dos procedimientos:

- 1) *Pinturas*
- 2) *Superficies selectivas*

Las pinturas oscuras absorben muy bien la radiación, con un coeficiente de emisión similar al de absorción, lo que implica que las pérdidas por emisión de radiación son bastante elevadas. Por este motivo, se desaconsejan estos revestimientos para temperaturas elevadas. A revestimientos con coeficiente de absorción α entre 0,8 y 0,9 y el coeficiente de emisión ϵ entre 0,06 y 0,15 se les denomina superficies selectivas.



■ AISLAMIENTO

El absorbador está protegido en su parte posterior contra las pérdidas técnicas por aislamiento.

Los aspectos a tener en cuenta en los materiales aislantes son:

- ◆ Comportamiento con la temperaturas
- ◆ Desprendimiento de vapores
- ◆ Envejecimiento
- ◆ Humedad

■ CARCASA PROTECTORA

◆ Características de la carcasa

- 1) Proteger y aguantar el peso del colector
- 2) Actuar de enlace con el conjunto del edificio sobre el que está instalado

◆ Grados de protección

- 1) Rigidz de la carcasa: los colectores en los tejados han de resistir la presión del viento
- 2) Resistencia de los elementos de fijación: mecánica de los anclajes y a la corrosión
- 3) Resistencia a las variaciones de temperatura: bajo la acción de las variaciones térmicas se originan dilataciones irregulares.
- 4) Resistencia a la corrosión y a la inestabilidad química
- 5) Aireación del interior de los colectores
- 6) Retención de agua, hielo y nieve en el exterior del colector
- 7) Desmontaje de la cubierta transparente ó de la parte superior de la carcasa, para poder acceder al absorbador

3.2.3 ESTUDIO ENERGÉTICO DEL COLECTOR

La energía útil del colector, es decir, la recogida por el fluido caloportador, en la unidad de tiempo es la diferencia entre la energía total incidente y la perdida, siendo la energía total incidente la suma de las energías producidas por las radiaciones directa, difusa y reflejada.

$$Q = Q_1 - Q_2$$



Memoria y Anexos

Donde :

Q es la energía útil.

Q_1 es la energía incidente total.

Q_2 es la energía perdida.

La energía incidente Q_1 es el producto de la intensidad de energía radiante (I) por la superficie (S), pero no toda la energía incidente es absorbida. Debido a la transmitancia de la cubierta (τ) y al coeficiente de absorción (α) de la placa absorbente, la fracción de energía realmente absorbida es :

$$Q_1 = \tau \cdot \alpha \cdot S \cdot I$$

En cuanto a la energía perdida Q_2 , su cálculo detallado es muy complejo puesto que depende en diferente proporción de las pérdidas por radiación, convección y conducción. Estas pérdidas se pueden englobar en el denominado coeficiente global de pérdidas U , el cual se mide experimentalmente y es un dato suministrado por el fabricante. Como aproximación válida para el cálculo, se suponen las pérdidas por unidad de superficie proporcionales a la diferencia entre la temperatura media T_c^o de la placa absorbente y la del ambiente T_a^o , siendo el factor de proporcionalidad precisamente dicho coeficiente U , por lo que :

$$Q_2 = S \cdot U \cdot (T_c^o - T_a^o)$$

Por lo tanto, la ecuación quedará:

$$Q = S \cdot I \cdot \tau \cdot \alpha - S \cdot U \cdot (T_c^o - T_a^o)$$

$$Q = S \cdot [I \cdot (\tau \cdot \alpha) - U \cdot (T_c^o - T_a^o)]$$

donde:



S	<i>Superficie del colector (m2)</i>
I	<i>Radiación incidente total sobre el colector por unidad de superficie (W/m2), es decir, intensidad radiante</i>
τ	<i>Transmitancia de la cubierta transparente</i>
α	<i>Coeficiente de absorción de la placa</i>
U	<i>Coeficiente global de pérdidas [W/(m2 °C)]</i>
T _{c°}	<i>Temperatura media de la placa absorbente (°C)</i>
T _{a°}	<i>Temperatura ambiente (°C)</i>

La temperatura media de la placa absorbente no puede calcularse de forma simple, sin embargo, sí puede conocerse con suficiente exactitud la temperatura media T_{m°} del fluido caloportador cuando éste circula por el colector, bajo la placa absorbente, hallando la media entre la temperatura de dicho fluido a la entrada y a la salida del colector.

Si queremos sustituir la temperatura de la placa absorbente T_{c°} por la temperatura del fluido T_{m°}, es necesario introducir un factor de corrección, FR, llamado factor de eficacia o coeficiente de transporte de calor.

De esta manera, la ecuación de la energía útil se transforma en lo que se conoce como la ecuación de Bliss :

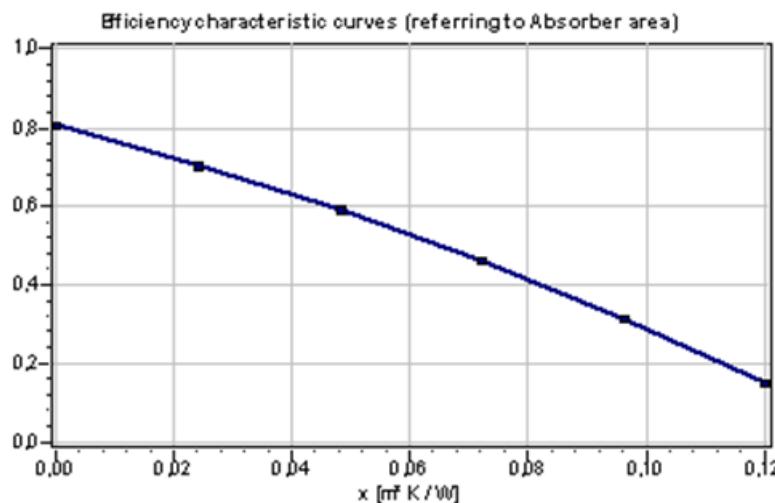
$$Q = S \cdot [F_R \cdot I \cdot (\tau \cdot \alpha) - F_R \cdot U \cdot (T_m - T_a)]$$

El rendimiento del colector se define como la relación entre la energía captada y la recibida en un instante dado.

$$\eta = Q / S \cdot I$$

Sustituyendo Q por su valor, según la ecuación de Bliss , resulta :

$$\eta = F_R \cdot (\tau \cdot \alpha)_N - F_R \cdot U \cdot [(T_m^{\circ} - T_a^{\circ}) / I]$$



Curva característica de un colector solar

4 COLECTOR SOLAR II

4.1 INSTALACIÓN

El montaje es una de las operaciones más importantes, en cuyo proceso hay que tener en cuenta características tales como la rapidez del montaje, el coste y la seguridad en el anclaje y la sujeción.

Para hallar la fuerza que puede actuar sobre cada uno de los colectores se emplea la siguiente ecuación:

$$F = p * S * \sin\alpha$$

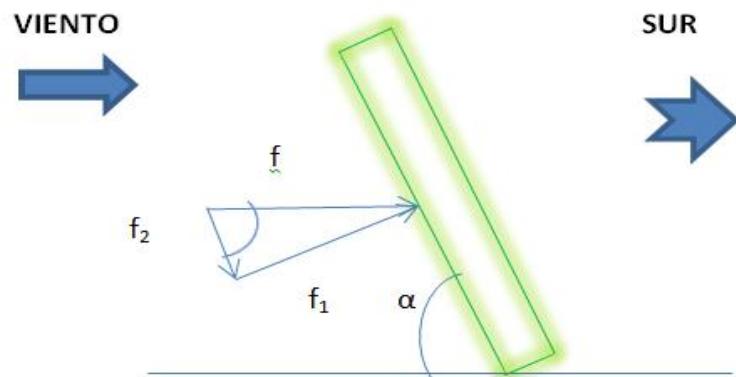
S: superficie del colector

α : ángulo de inclinación del colector con la horizontal

p: presión frontal del viento que depende de la velocidad de éste

La fuerza f_l al actuar en sentido perpendicular al panel es *la única a tener en cuenta*.

$$f_l = f * \sin\alpha = p * S * \sin^2\alpha$$



Esquema de fuerzas sobre un colector

A la hora de colocar la estructura hay que tener en cuenta:

- Construir muretes de hormigón armado para asegurar la sujeción total, aún en caso de vientos fuertes
- La dimensión mínima de la sección del murete de hormigón debe ser de 20cmx20cm. Los últimos anclajes han de estar a 25 cm del extremo del muro
- Hay que considerar la protección contra la corrosión, ya que el hierro puede presentar oxidaciones con el tiempo
- Para la sujeción, los tornillos han de ser de acero inoxidable ó cualquier otro material resistente a la corrosión





■ ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN

Los colectores se instalarán de forma que aprovechen al máximo la radiación solar. Se orientan hacia el sur geográfico (en el supuesto de que los colectores estén situados en el hemisferio norte), aunque desviaciones de hasta 10° no afectaría de forma significativa al rendimiento del equipo.

Se intenta que la radiación solar incida más o menos perpendicularmente a la superficie del colector durante el mediodía solar.

Período de utilización	Ángulo de inclinación
Anual con consumo constante	Latitud del lugar
Consumo preferentemente en invierno	Latitud del lugar +10°
Consumo preferente en verano	Latitud del lugar -20°

■ IDENTIFICACIÓN DE LAS SOMBRA

Es aconsejable que en el día más desfavorable del período de utilización no tenga más del 5% de la superficie útil cubierta por sombras.

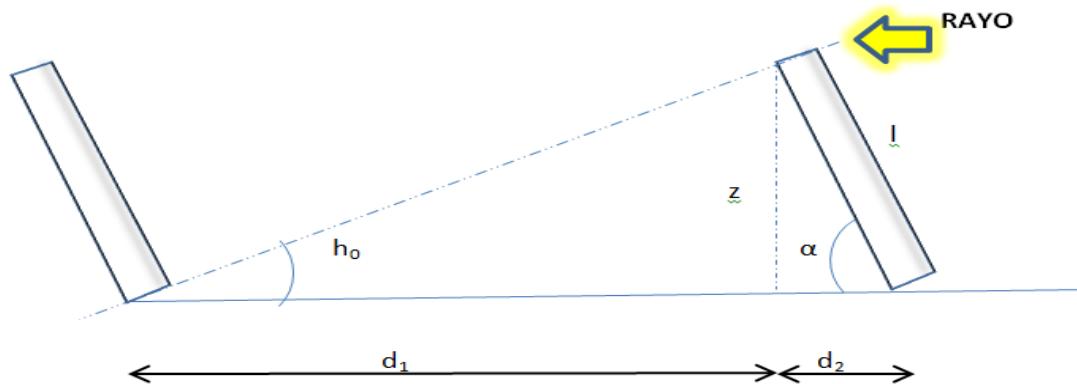
■ SEPARACIÓN DE MÓDULOS

La separación entre líneas de colectores se hará de forma que durante el mediodía solar del día más desfavorable, la sombra de la arista superior de una fila se proyectará, como máximo, sobre la arista inferior de la fila siguiente.

El día más desfavorable es el 21 de Diciembre (hemisferio Norte); en este día la altura solar mínima se corresponde con el siguiente valor.

$$H_0 = (90^\circ - \text{latitud lugar}) - 23,5^\circ 1$$

- **Nota: la latitud del lugar se puede obtener a partir de la tabla I del anexo A.**



$$d = d_1 + d_2 = z / \tan h_0 + z / \tan \alpha = l * \sin \alpha / \tan h_0 + l * \sin \alpha / \tan \alpha$$

$$d = l * (\sin \alpha / \tan h_0 + \cos \alpha)$$

4.2 FLUÍDO CALOPORTADOR

El fluido caloportador es el que pasa por el absorbedor, transfiriendo a otra parte del sistema la energía térmica absorbida.

4.2.1 TIPOS DE FLUIDO

Hay cuatro tipos de fluidos distintos:

- AGUA SIN ADITIVOS

Suele ser utilizada en circuito directo, caso del agua sanitaria que pasa directamente por los colectores.

- AGUA CON ANTICONGELANTE

Hay que tener en cuenta las propiedades de la mezcla:

Toxicidad: al ser los anticongelantes tóxicos, no se permite la mezcla entre éstos y el agua de consumo. La forma más sencilla de lograr la separación es haciendo que la presión del circuito primario sea inferior a la del secundario; de esta forma, en caso de contacto entre ambos fluidos, el agua pasa hacia el circuito primario que contiene el anticongelante y no al revés.

Viscosidad: al añadir anticongelante el agua aumenta su viscosidad.

Dilatación: el coeficiente de dilatación de los anticongelantes es más alto que el del agua.



Estabilidad: la mayoría de los anticongelantes se degradan con temperaturas del orden de 120°C, pudiendo originar productos corrosivos.

Calor específico: el calor específico de la mezcla de agua con anticongelantes es inferior al del agua.

Temperatura de ebullición: al mezclar anticongelante con agua, se eleva la temperatura de ebullición del agua, aunque no en exceso.

■ FLUÍDOS ORGÁNICOS

Existen dos tipos: sintéticos y derivados del petróleo. Hay que tener en cuenta la posibilidad de incendio al ser estos fluidos combustibles, aunque como ventaja hay que señalar que son químicamente estables a altas temperaturas.

■ ACEITES Y SILICONAS

Son productos estables y de una gran calidad, aunque son bastante caros. Como ventajas, resaltar su nula toxicidad y el hecho de no ser inflamables.

4.2.2 MATERIALES DE CONDUCCIÓN

- **COBRE:** es el material más aconsejable para las instalaciones de energía solar por su resistencia a la corrosión, su facilidad de manipulación, sus pérdidas de cargas bajas, su facilidad para soldar accesorios y su precio.
- **ACERO GALVANIZADO:** no se debe utilizar este material en circuitos primarios ya que se deteriora mucho la protección de zinc a temperaturas superiores a 65°C.
- **ACERO NEGRO:** sólo se emplea en instalaciones que requieran grandes caudales y su uso sólo está permitido en el circuito primario, ya que puede sufrir oxidaciones que perjudicarían la potabilidad del agua.
- **CONDUCTOS DE PLÁSTICO:** poseen cualidades similares a las del cobre y se emplean cada vez más. El inconveniente radica en la gran variedad de materiales existentes. Para pequeños diámetros son tan económicas como las del cobre.

4.2.3 ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y PROTECCIÓN

- ◆ **PROTECCIÓN CONTRA LA CONGELACIÓN:** los más habituales son los siguientes:

DESCONEXIÓN Y PARO DE LA INSTALACIÓN DURANTE EL INVIERNO

Esta medida sólo se utiliza en instalaciones que sólo se utilizan en verano. Como inconveniente, los circuitos en vacíos tienen mayor riesgo de corrosión.

CALENTAMIENTO DE LOS COLECTORES POR RECIRCULACIÓN DEL FLUIDO

Una sonda termométrica controla la temperatura del fluido caloportador, poniendo en funcionamiento el electrocirculador en el momento en que ésta cae por debajo de un valor preestablecido.



CALENTAMIENTO DE LOS COLECTORES POR RESISTENCIA ELÉCTRICA

Una resistencia entra en contacto con el fluido caloportador, la cual se activará cuando la temperatura descienda y se sitúe por debajo de un valor determinado.

UTILIZACIÓN DE AGUA CON ADITIVOS ANTICONGELANTES

Hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La viscosidad puede ser muy alta si hace mucho frío, lo que podría provocar un incremento en las pérdidas de carga del circuito.
- Si hay mucha diferencia de altura entre los colectores y el punto más bajo del circuito primario puede producirse una disminución de la concentración de líquido anticongelante en lo alto del circuito. Este fenómeno puede dejar los colectores desprotegidos.
- Hay que considerar los riesgos de corrosión del circuito de fluido caloportador.

VACIADO DE LOS COLECTORES

El problema que suele tener este sistema es que favorece la corrosión, ya que el vaciado del agua del circuito va a provocar la entrada de aire.

- ◆ **PROTECCIÓN CONTRA LA EBULLICIÓN:** las soluciones para evitar los peligros de la sobrepresión debida a la ebullición son las siguiente:

Usar un fluido orgánico con punto de ebullición elevado como fluido caloportador

Realizar un circuito que aguante la tensión máxima previsible

Limitar la presión: bien evacuando el vapor producido con la ayuda de una válvula de descarga o realizando un vaciado parcial automático.

Evitar que los colectores reciban todo el flujo solar durante las horas de más radiación en verano: dando a los colectores más inclinación que la óptima en verano o colocando un alero que dé sombra sobre los colectores en las horas de máxima intensidad solar.

- ◆ **PROTECCIÓN CONTRA LAS QUEMADURAS:** sistemas automáticos de mezcla u otro sistema para limitar la temperatura de suministro

- ◆ **PREVENCIÓN DE LA LEGIONELOSIS**



5 APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR

5.1 CONSIDERACIONES GENERALES

A la hora de estudiar un sistema solar hay que tener en cuenta las funciones específicas que realiza cada parte y que se pueden resumir como:

- ▶ Función de captación
- ▶ Función de apoyo
- ▶ Función de utilización

5.2 SUBCONJUNTO COLECTOR-ACUMULADOR

Este subconjunto está formado por todos los elementos encargados de transferir la energía captada por los colectores hasta el depósito acumulador de ACS.

Según el sistema de termo transferencia utilizado, las instalaciones se dividen en:

- **Transferencia térmica directa:** el agua sanitaria pasa directamente por los colectores o, lo que es lo mismo, el circuito primario está comunicado de forma directa con el acumulador.
- **Transferencia térmica indirecta:** el fluido caloportador del primario no está en contacto físico con el ACS.

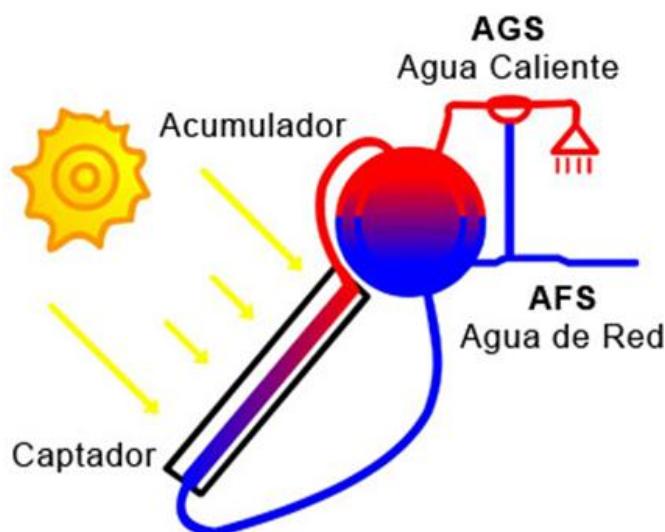
Hay que tener en cuenta una serie de inconvenientes derivados de la circulación directa de ACS:

- 🟡 El circuito de colectores tiene que estar hecho de materiales que no contaminen el agua.
- 🟡 El riesgo de vaporización en todo el circuito.
- 🟡 Todo el circuito trabaja a la presión que soporta el depósito acumulador.
- 🟡 El riesgo de congelación no se puede evitar añadiendo al agua anticongelante.
- 🟡 Los riesgos de corrosión en colectores y tuberías son mayores, debido al alto contenido en aire del agua.
- 🟡 Aumenta la posibilidad de incrustaciones calcáreas y de suciedad en el circuito.
- 🟡 Restricciones legales.

Por otro lado, cabe reseñar que la circulación se puede producir de dos formas: por termostifón o circulación forzada mediante una bomba de circulación.

CIRCULACIÓN POR TERMOSIFÓN

En este sistema el agua se mueve por la diferencia de temperaturas entre el agua fría del acumulador y el fluido caliente del colector. El fluido interior del colector calentado por el Sol disminuye su densidad y, por tanto, su peso. Como consecuencia, el mayor peso del agua fría del acumulador empuja al fluido caliente del colector, obligándolo a ascender. El movimiento del fluido se mantendrá mientras la diferencia de temperaturas sea suficiente.



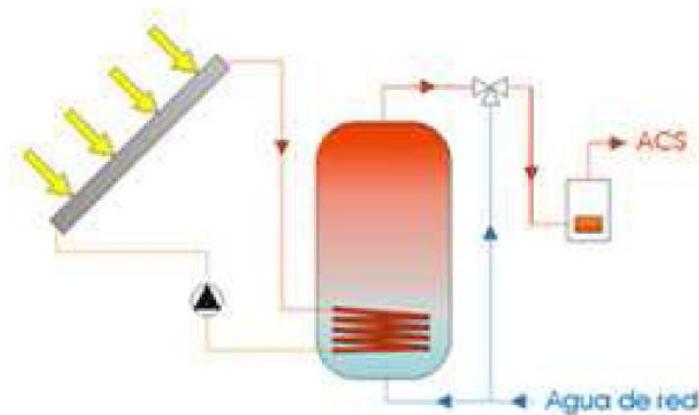
Los condicionantes en el diseño de estas instalaciones son las siguientes:

- Los colectores han de instalarse por debajo del depósito de acumulación.
- Es necesario también una mínima carga hidráulica o diferencia de alturas entre el acumulador y el colector.
- Se debe instalar una válvula anti retorno en la tubería de ida a los colectores.
- Deben evitarse las estrangulaciones de flujo y reducirse al máximo las pérdidas por rozamiento.
- Las tuberías serán preferentemente cortas y ligeramente inclinadas para evitar la formación de bolsas de aire que dificultan el movimiento del fluido.
- El circuito incluirá un vaso de expansión para absorber las dilataciones del fluido.
- Las tuberías tendrán diámetros mayores que los utilizados en instalaciones con circulador.

CIRCULACIÓN FORZADA

La utilización de un electrocirculador garantiza la buena eficiencia del sistema. Sin embargo, será necesario disponer de energía eléctrica así como un sistema que regule y controle la puesta en marcha y parada de éste.

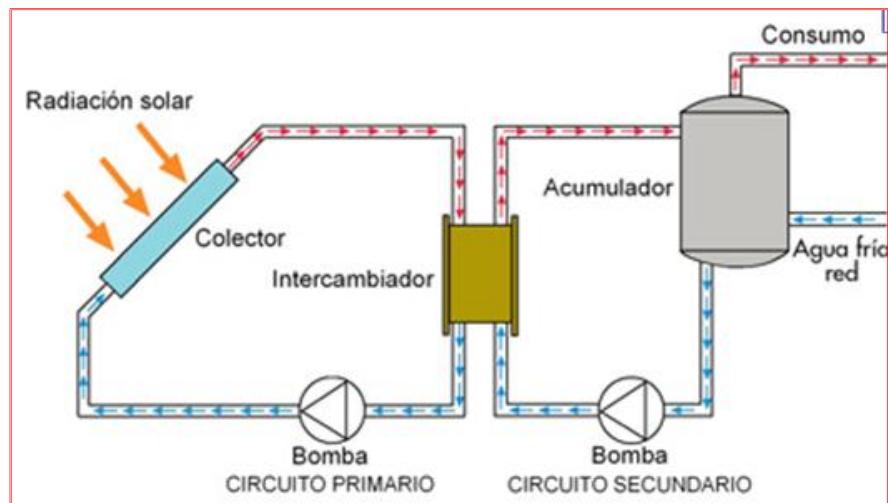
Se recomienda un caudal comprendido entre 50 y 75l/hora por cada m² de superficie colectora.



TRANSMISIÓN MEDIANTE UN INTERCAMBIADOR EXTERIO

Éste es un caso particular en el que la instalación está formada por dos circuitos independientes. La circulación, tanto en el primario como en el secundario, es acelerada por bombas de circulación.

El circuito primario debe ser capaz de resistir la presión del circuito secundario, en caso de avería del intercambiador. Se dispondrá de una válvula de seguridad tarada a una presión inferior a la que el circuito primario pueda soportar.

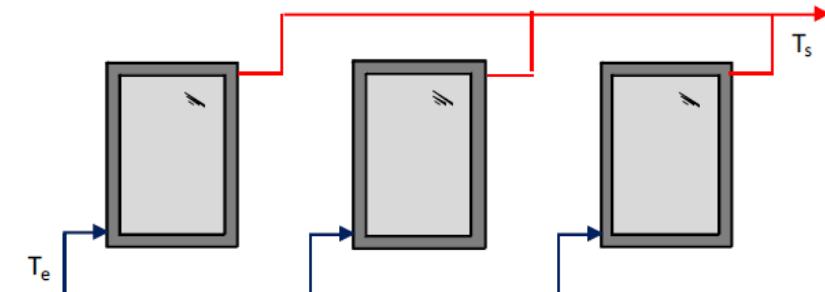


5.3 SUBCONJUNTO CAPTADOR-CAMPO DE COLECTORES

El subconjunto de captación está formado por los colectores, sus elementos de sujeción y accesorios y se encarga de captar la energía solar incidente y transformarla en energía térmica.

5.3.1 CONEXIÓN EN PARALELO

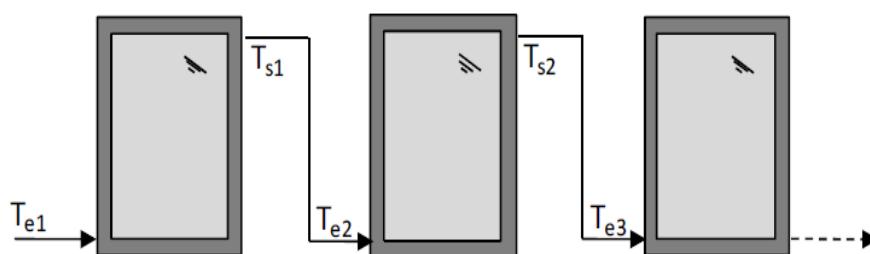
Lo más común en aplicaciones de ACS es disponer los colectores agrupados entre sí en paralelo, formando filas o baterías que a su vez se interconectan entre sí también en paralelo.



El conexionado de los colectores en paralelo proporciona un mayor rendimiento, pero también incrementa la longitud y diámetro de las tuberías. La potencia de la bomba a instalar es mayor, aumentando consecuentemente las pérdidas térmicas.

5.3.2 CONEXIÓN EN SERIE

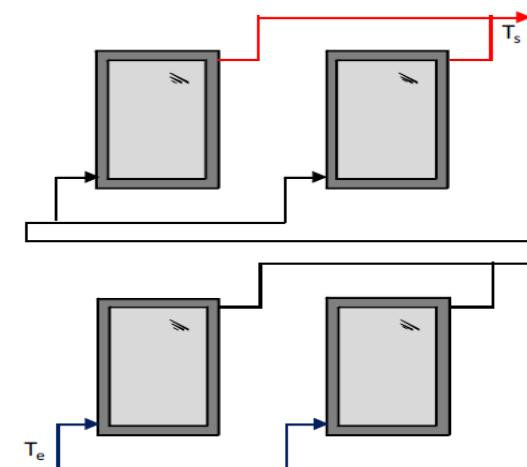
La conexión en serie permite menores caudales que la conexión en paralelo, secciones de tuberías más pequeñas y recorridos más cortos, lo que reduce los costes de instalación y mantenimiento. La bomba a instalar también será de menor potencia al ser menor el caudal.



El mayor inconveniente que presenta la conexión en serie es que, al ir pasando el fluido de un colector o batería de colectores al siguiente, la temperatura de entrada va aumentando y, por lo tanto, disminuye la eficacia global del sistema.

5.3.3 CONEXIÓN MIXTA

Consiste en el conexionado en paralelo de grupos de colectores en serie ó viceversa.



5.4 SUBCONJUNTO INTERCAMBIADOR-ALMACENAMIENTO

El intercambiador puede estar situado en el interior del acumulador o en el exterior. A la salida de agua caliente del acumulador se instala una válvula termostática mezcladora para limitar la temperatura con que el agua se distribuye al consumo.

Si el intercambiador es exterior, se necesitarán dos electrocirculadores; uno para el circuito primario de los colectores al intercambiador, y otro para el circuito secundario del intercambiador al acumulador.

Si el intercambiador está dentro del acumulador, deberá estar situado en la parte inferior de éste.

5.5 SISTEMA DE APOYO

Estos sistemas se aplican en caso de que la temperatura en el acumulador principal caiga por debajo de un valor establecido.



5.5.1 RESISTENCIA ELÉCTRICA

Al bajar la temperatura del acumulador principal, se cierra un cierre que permite la circulación de corriente a través de una resistencia. Ésta desprende en calor de acuerdo a la ley de Joule que calienta el agua. La resistencia puede colocarse tanto en el acumulador principal como en uno cuya función específica es la de servir como apoyo.

El inconveniente al situar la energía de apoyo dentro del acumulador es que se destruye la estratificación, aunque se considera una opción válida y muy utilizada en pequeñas instalaciones.

5.5.2 CALENTAMIENTO DE APOYO INSTANTÁNEO

Los sistemas de apoyo tienen dos características:

- Necesitan alta potencia instalada, ya que deben poder calentar de forma instantánea de toda el agua a consumir.
- Su regulación es más complicada.

Los principales sistemas de apoyo instantáneo son los siguientes:

CALENTADORES DE GAS

- 🟡 Se controla fácilmente la temperatura de salida del agua caliente
- 🟡 Se consume sólo el combustible necesario
- 🟡 El coste de un calentador y su instalación son bajos
- 🟡 No interfiere con el acumulador solar

CALDERAS DE GASÓLEO

Necesitan un circuito auxiliar formado por un cambiador de calor cuyo primario es el circuito de suministro de agua caliente y el secundario es el de la caldera. Los inconvenientes serían:

- 🔴 Para que el sistema funcione con un buen rendimiento son necesarios períodos de funcionamiento prolongados
- 🔴 El sistema de control tiene mayores dificultades
- 🔴 Los costes son más elevados

CALOSTATOS ELÉCTRICOS

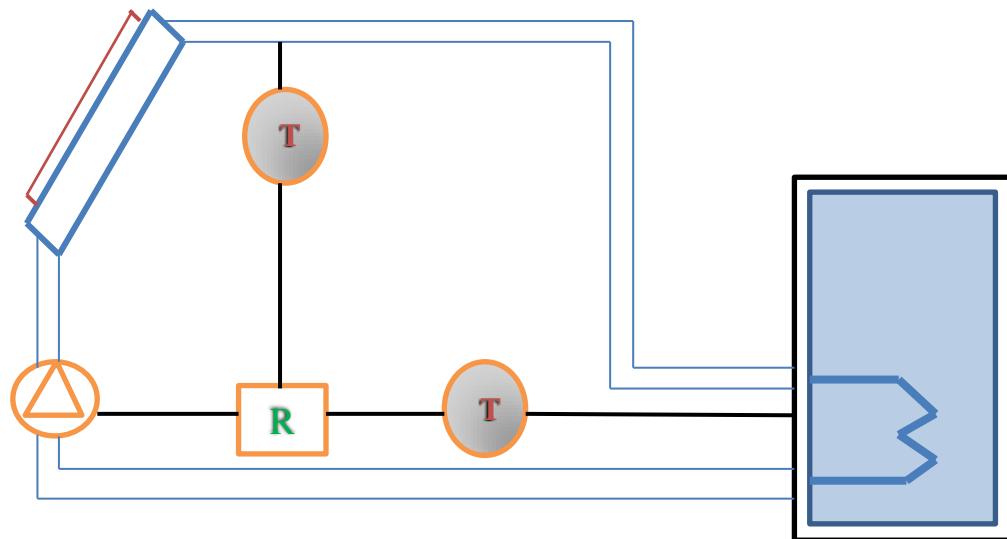
- ♦ Obligan a contratar una potencia eléctrica elevada
- ♦ El coste de la energía eléctrica es el más alto de todas las energías
- ♦ Regular la temperatura de salida es difícil

Como ventajas cabe mencionar que la instalación es sencilla y el coste del equipo es inferior a las calderas de gasóleo, aunque superior a los calentadores de gas.

5.6 SISTEMAS DE CONTROL

Los aparatos de control más utilizados en instalaciones solares son:

- **Termostatos:** en función de la información que da un sensor de temperatura, el control activa o desactiva un relé que haga funcionar un electrocirculador, una resistencia eléctrica, una válvula, etc.
- **Reguladores proporcionales:** existe una relación de proporcionalidad lineal y continua entre el parámetro sometido a control y la potencia aplicada al elemento regulador.
- **Sensores:** termistores, que son elementos semiconductores que tienen la propiedad de disminuir su resistencia al aumentar la temperatura.
- **Actuadores:** elementos para accionar los dispositivos; los más empleados son los contactores.



La figura anterior muestra un esquema general del sistema de regulación de colectores por termostato diferencial. El termostato compara la temperatura del colector con la de la parte inferior del acumulador de forma que, cuando la primera sea mayor que la segunda en la cantidad ajustada en el regulador, éste pondrá en funcionamiento la bomba.



6 PROYECTANDO LA INSTALACIÓN SOLAR DE ACS

6.1 ESTUDIO DE LAS NECESIDADES A CUBRIR POR LA INSTALACIÓN

El proyecto de una instalación solar térmica para ACS, bien sea como parte del proyecto general de un edificio de nueva construcción o como proyecto individual para mejora de un edificio, conlleva un proceso de cálculo, dimensionado y posterior selección de todos los componentes que intervienen en la instalación.

El consumo de ACS se establece a 45° y varía entre los 40 y 70 litros por persona y día, dependiendo del estado de vida

Los caudales no han de ser excesivos, ya que conllevan un consumo innecesario y el desperdicio de agua y energía. Para evitar el desperdicio de agua caliente se utilizan válvulas temporizadoras y mezcladoras con limitador de energía.

A continuación se muestra una tabla con los consumos medios de agua caliente sanitaria doméstica por persona en litros.

	Media diaria	Media mensual
<i>Lavabo de ropa</i>	6	180
<i>Lavabo de vajilla</i>	6	180
<i>Lavabo</i>	4	120
<i>Ducha</i>	20	600
<i>Bidé</i>	2	60
<i>Bañera</i>	24	720
TOTAL	62	1860

Dado que el mes de mayor ocupación es Agosto con un 70%, se estima una ocupación de $0,7 \times 55 = 38,5$ y, en consecuencia, una media de consumo en este mes de $1860 \text{ litros} \times 38,5 = 71610 \text{ litros}$



6.2 DETERMINACIÓN DEL CONSUMO MEDIO DIARIO DE ACS

Una de las maneras de estimar la demanda de ACS es a partir de unos consumos unitarios máximos que se muestran en la siguiente tabla:

Criterio de consumo	Litros/día
Viviendas unifamiliares	40 por persona
Viviendas multifamiliares	30 por persona
Hospitales y clínicas	80 por cama
Hoteles (4 estrellas)	100 por cama
Hoteles (3 estrellas)	80 por cama
Hoteles/Hostales (2 estrellas)	60 por cama
Campings	60 por emplazamiento
Hostales/Pensiones (1 estrella)	50 por cama
Residencias (ancianos, estudiantes, etc)	80 por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	20 por servicio
Escuelas	5 por alumno
Cuarteles	30 por persona
Fábricas y talleres	20 por persona
Oficinas	5 por persona
Gimnasios	30 a 40 por usuario
Lavanderías	5 a 7 por kilo de ropa
Restaurantes	8 a 15 por comida
Cafeterías	2 por almuerzo

En el caso del proyecto que nos ocupa se considerará el consumo litros/día de 60 por cama equivalente a un hotel/ hostal de dos estrellas.



6.2.1 OBTENCIÓN DE LA HOJA DE CARGA

Se entiende como carga la demanda térmica o consumo energético que la instalación debe satisfacer.

	Días del mes	1. Ocupación %	2. Consumo mensual(m^3)	3. Tº de red	4. Salto térmico	5. Necesidades/mes (Termias)
Abril	30	30	29,7	10	35	1039,5
Mayo	31	20	20,46	11	34	695,64
Junio	30	20	19,8	12	33	653,4
Julio	31	40	40,92	13	32	1309,44
Agosto	31	70	71,61	12	33	2363,13
Septiembre	30	25	24,75	11	34	841,5

	6. Necesidades/mes (MJ)	7. Necesidades/día (MJ)	8. H tablas	9. H corregida	10. k	11. E
Abril	4345,11	144,84	18,7	17,77	1,09	18,21
Mayo	2907,78	93,8	20,3	19,29	1,02	18,5
Junio	2731,21	91,04	22,1	21	1	19,74
Julio	5473,46	176,56	23,1	21,95	1,02	21,05
Agosto	9877,88	318,64	20,9	19,86	1,1	20,54
Septiembre	3517,47	117,25	16,9	16,06	1,23	18,57
28852,91						

	12. N° horas sol útiles	13. I (W/m^2)	14. Tº ambiente	15. μ (%)	16. Aportación solar por m^2	17. Energía disponible al día por m^2	18. Energía disponible al mes por m^2
Abril	9,5	532,46	15	62,26	11,34	9,64	289,2
Mayo	9,5	540,94	18	63,94	11,83	10,06	311,86
Junio	9,5	577,19	22	66,75	13,18	11,2	336
Julio	9,5	615,5	25	68,1	14,33	12,18	377,58
Agosto	9,5	600,58	25	68,64	14,1	12	372
Septiembre	9	573,15	21	66,2	12,29	10,45	313,5
2000,14							



Memoria y Anexos

1	% de la ocupación (datos del Observatorio socioeconómico de la provincia de Huesca)	10	Tabla 9 del anexo A
2	Litros por persona y día*días del mes/1000	11	0,94*casailla 10*casailla 9
3	Tabla 8 del anexo A	12	Tabla X mostrada a continuación
4	$\Delta T = 45^\circ - \text{casilla } 3$	13	$(1000000 * \text{casilla } 11) / (\text{casilla } 12 * 3600)$
5	$Q = M * C_e * \Delta T = \text{casilla } 2 * \text{casilla } 3$	14	Tabla 7 del anexo A
6	$4,18 * \text{casilla } 5$	15	$\mu = (0,94 * 0,84) - [3,36 * (t_m - t_a) / I - 0,013 * ((t_m - t_a)^2 / I)] * 100$
7	Casilla 6/ días del mes	16	Casilla 11*casailla 15/100
8	Tabla 5 del anexo A	17	0,85*casailla 16
9	$0,95 * \text{casilla } 8$	18	Días de mes*casailla 17

Latitud	En	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct	Nov	Dic
<i>De +25°a+45° (Hemisferio Norte)</i>	8	9	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7,5
<i>De -25°a+45° (Zona Ecuatorial)</i>	8,75	9,25	9,5	9,25	9,75	8,5	8,75	9,25	9,5	9,2	8,75	8,5
<i>De -25°a-45° (Hemisferio Sur)</i>	9,5	9,5	9	9	8	7,5	8	9	9	9,5	9,5	9,5

Nº medio de horas diarias de sol útiles para colectores orientados hacia el Ecuador e inclinados un ángulo igual a la latitud (+15° o -15°)

6.2.2 DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE COLECTORA

<i>Nº de metros necesarios</i>	14,43
(total casailla 6/ total casailla 18)*0,6	



6.3 ELECCIÓN DELSISTEMA

A la hora de proyectar un sistema de colectores la primera decisión a tomar es la elección del sistema, bien sea por termosifón o forzado. A continuación se plantean algunas ventajas e inconvenientes de cada uno:

- ▶ Un sistema por termosifón no necesita energía eléctrica para bombear el fluido caloportador en el circuito primario.
- ▶ El sistema por termosifón es sencillo y barato en el caso de pequeños sistemas unifamiliares. Además, funcionan bien en diseños sencillos (tuberías cortas sin trazados complejos, depósito a mayor altura que el colector, etc).
- ▶ El sistema por termosifón necesita tener situado el depósito por encima de la batería de colectores.
- ▶ En un sistema por termosifón no se permite regular la temperatura del depósito.
- ▶ Los sistemas de bombeo en instalaciones pequeñas presentan más inconvenientes debido a su coste y complejidad.

Por otro lado, hay que tener en cuenta una serie de consideraciones sobre los sistemas directos:

CORROSIÓN

En los sistemas indirectos en los que el fluido que circula por el circuito primario no es ACS este fenómeno no se producirá. Los materiales empleados en los sistemas directos serán compatibles con el ACS, por lo que es recomendable utilizar cobre.

PRESIÓN

La presión en los sistemas directos (que coincide con la presión que aguanta el acumulador) es muy superior a la que pueden aguantar los colectores, por lo que será necesario instalar válvulas reductoras de presión que limiten la presión a la entrada de cada batería.

CONGELACIÓN

Como no es posible usar anticongelante en los sistemas directos, cuando haya riesgo de heladas el fluido tendrá que drenar a un depósito que deberá ser enterrado.

Al efectuar el drenaje puede entrar en el sistema, con el peligro de corrosión, por lo que será indispensable colocar purgadores en la parte superior de las baterías de colectores. Este proceso supone una serie de inconvenientes que sólo los hace aconsejables en caso de pequeños sistemas por termosifón o para el calentamiento de piscinas.

Teniendo en cuenta las cuestiones previas, se opta por un sistema indirecto con fluido anticongelante en el circuito primario que funciona de forma forzada, ya que permite el control de la temperatura a la salida. Será necesario tener en cuenta la necesidad de aportar una cantidad de energía eléctrica adicional para asegurar el funcionamiento del sistema.

En cuanto a los productos anticongelantes, los más utilizados son el etilenglicol y el propilenglicol. A continuación se muestra una tabla que muestra los puntos de congelación y ebullición de acuerdo a los porcentajes de anticongelante.

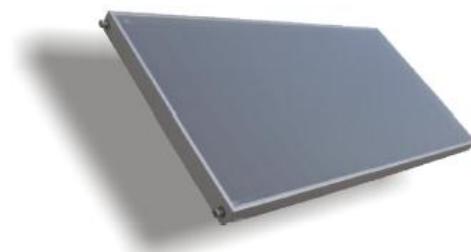
Porcentaje	Punto de congelación	Punto de ebullición
33% en volumen	-18°C	104°C
40% en volumen	-24°C	106°C
50% en volumen	-37°C	108°C
60% en volumen	-52°C	111°C
68% en volumen	-64°C	114°C

A la hora de escoger el anticongelante, éste ha de tener un punto de congelación alrededor de cinco grados inferior a la temperatura mínima. En el caso que nos ocupa se escoge **etilenglicol con un porcentaje del 33% de presencia en agua**. De acuerdo a la gráfica mostrada a continuación para una temperatura de uso de 45° (ACS) la densidad del producto anticongelante es de $\gamma = 1,03\text{kg/litro}$.

6.4 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LOS COLECTORES

Nº de colectores = nº metros necesarios/metros² por colector= $14,43/1,88= 7,68$ colectores
 Escojo 8 colectores que se colocarán formando 4 ramas en paralelo, con dos colectores en serie por rama, ya que en caso de aplicación de agua caliente sanitaria se recomienda no conectarse más de dos colectores en serie.

Se escoge un colector de la empresa distribuidora **Promasol modelo H-2** de superficie útil $1,88\text{m}^2$



características técnicas generales	
Area Útil	1,88m ²
Posición de Trabajo	Horizontal
Laboratorio ensayo	
Curva eficiencia En12975	Factor Ganancia:0,77 Factor Perdida:6,9
Garantía	8 años
Caja	
Material	Aluminio anodizado
Dimensiones	1.000 x 2.000 x 88
Aislamiento	
Aislamiento fondo	Lana mineral de 40 m.m.
Aislamiento lateral	Lana de roca de 20 m.m.

Captador solar	
Recubrimiento	Resina negra altamente selectiva
Material	Lámina de cobre 0,2 m.m. de espesor
Soldadura	Fuerte , estaño - plata
Construcción	Lámina de cobre termosoldada a la parrilla

Cubierta de vidrio	
Tipo	Solar templado bajo contenido ferroso
Espesor	4 m.m.

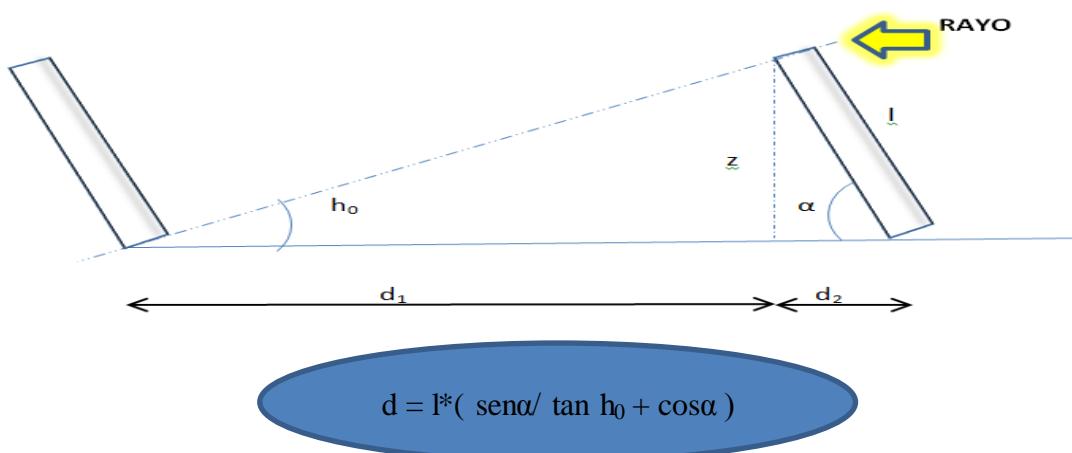
Capacidad	2,4 Litros
Presión max. De trabajo	10 Kg/cm ²
Presión max. De prueba	18 Kg/cm ²
Caudal recomendado	40 a 150 L./m ² h.
Temp. Lim. De Funcionam.	200°C
Conexiones	Unión cónica de 1"

6.4.1 INCLINACIÓN ÓPTIMA

La inclinación óptima en verano se estima como $\alpha = \text{latitud del lugar} - 10^\circ$. De acuerdo a las tablas, y tomando como latitud del lugar la de Huesca, $\alpha = 42,1^\circ - 10^\circ = 32,1^\circ$. Se considera $\alpha=38^\circ$ ya que ésta es la inclinación del tejado donde éstos se ubicarán.

6.4.2 DISTANCIA MÍNIMA ENTRE COLECTORES

De acuerdo al punto 4.1 explicado con anterioridad se calcula:





$$H_0 = (90^\circ - \text{latitud lugar}) - 23,5^\circ = (90^\circ - 42,1^\circ) - 23,5^\circ = 24,4^\circ$$

- Nota: la latitud del lugar se puede obtener a partir de la tabla I del anexo A.

De lo que deducimos:

$$d = l^* (\operatorname{sen} \alpha / \tan H_0 + \cos \alpha) = l^* (\operatorname{sen} 38^\circ / \tan 24,4^\circ + \cos 30^\circ) = 2.15 \text{ m.}$$

Añadiendo un 25% de seguridad $d = 1,25 * 2,15 = 2,68 \text{ m.}$; se toma 2,75 metros

Dado que se colocarán en los tejados, no es necesario tener en cuenta una distancia mínima de seguridad, ya que no se producirán sombras.

6.4.3 PÉRDIDAS POR INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN

La orientación e inclinación del campo de colectores y las posibles sombras sobre él mismo serán tales que las pérdidas respecto al óptimo sean inferiores a los límites establecidos en la siguiente tabla; se consideran tres casos: general, superposición e integración arquitectónica:

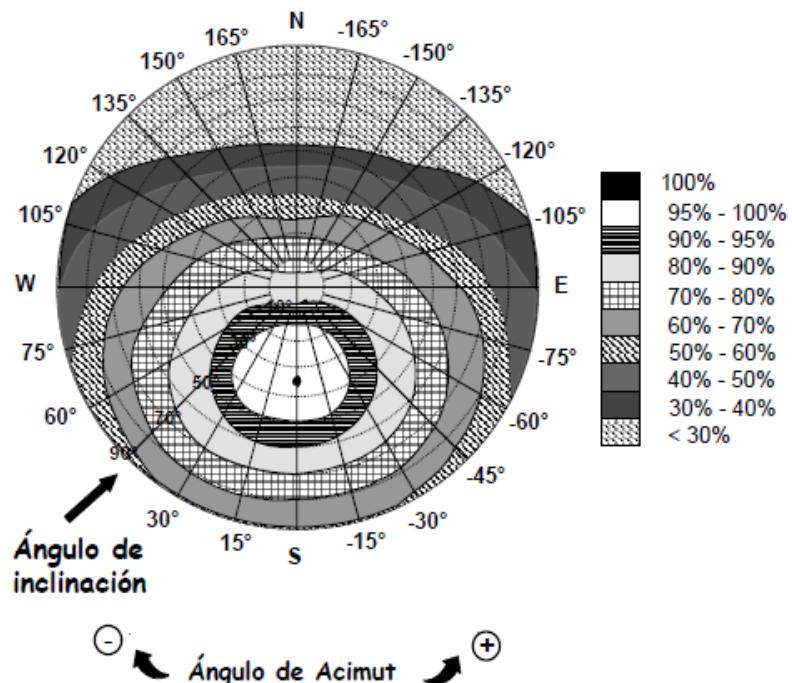
	Orientación e inclinación	Sombras	Total
<i>General</i>	10%	10%	15%
<i>Superposición</i>	20%	15%	30%
<i>Integración arquitectónica</i>	40%	20%	50%

Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:

- ◆ Ángulo de inclinación β , definida como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90° para verticales.
- ◆ Ángulo de acimut, definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y $+90^\circ$ para módulos orientados al oeste.

En nuestro caso particular el valor del ángulo del acimut será 0° ya que los módulos están orientados al sur, y la inclinación de los colectores de 30° tal y como se calculó anteriormente. Observando la gráfica mostrada a continuación, para estos valores, las pérdidas por orientación están en torno al 5-10%, lo que es admisible de acuerdo a los datos de la tabla.

Memoria y Anexos



Nota: en el anexo C se muestra en detalle el proceso de cálculo

6.4.4 ESTRUCTURA

Los colectores se colocarán en el tejado ya que de esta forma la largura de las tuberías se reduce, facilitando el emplazamiento de éstas y ahorrando en material, lo que supone además un ahorro económico.



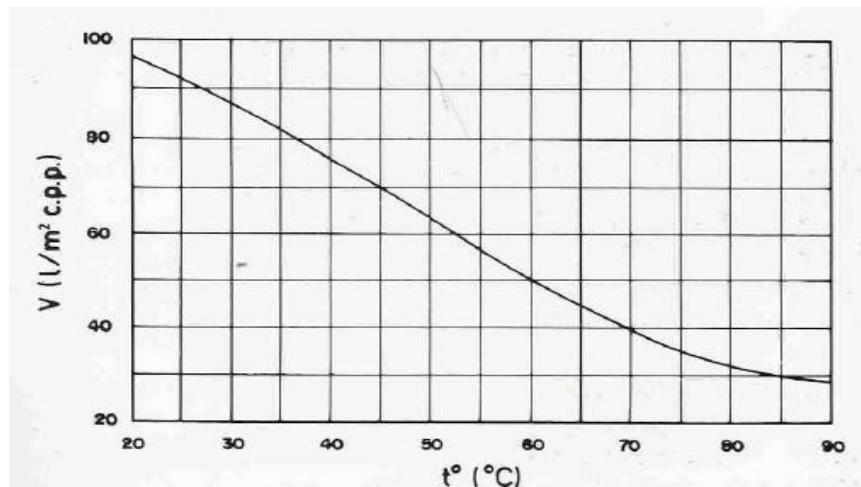
6.5 ACUMULADOR

A un buen sistema de almacenamiento se le debe exigir:

- Alta capacidad calorífica
- Volumen reducido
- Temperatura de utilización acorde con la necesidad concreta
- Respuesta rápida a la demanda
- Buena integración en el edificio
- Bajo coste
- Seguridad
- Larga duración

Los materiales más usados son el acero, acero inoxidable, aluminio y fibra de vidrio reforzado. El más utilizado de todos es el acero, ya que es barato, pero necesita una protección interior contra la corrosión. El mejor material es el acero inoxidable, aunque es bastante caro. Por otro lado, el aluminio, pese a tener un precio asequible, presenta problemas graves de corrosión.

De acuerdo a la figura que se muestra a continuación y representa la relación entre el volumen acumulado y la temperatura de utilización, se deduce que el volumen de acumulación para una instalación de ACS se sitúa en torno a los 75 litros / m² de colector.



A partir de este dato, el cálculo del volumen del acumulador necesario se efectúa de la forma siguiente:

$$\text{Volumen} = 75 \text{ litros} / (\text{m}^2 * \text{hora}) * 1,88\text{m}^2 / \text{colector} * 8 \text{ colectores} = 1128 \text{ litros.}$$

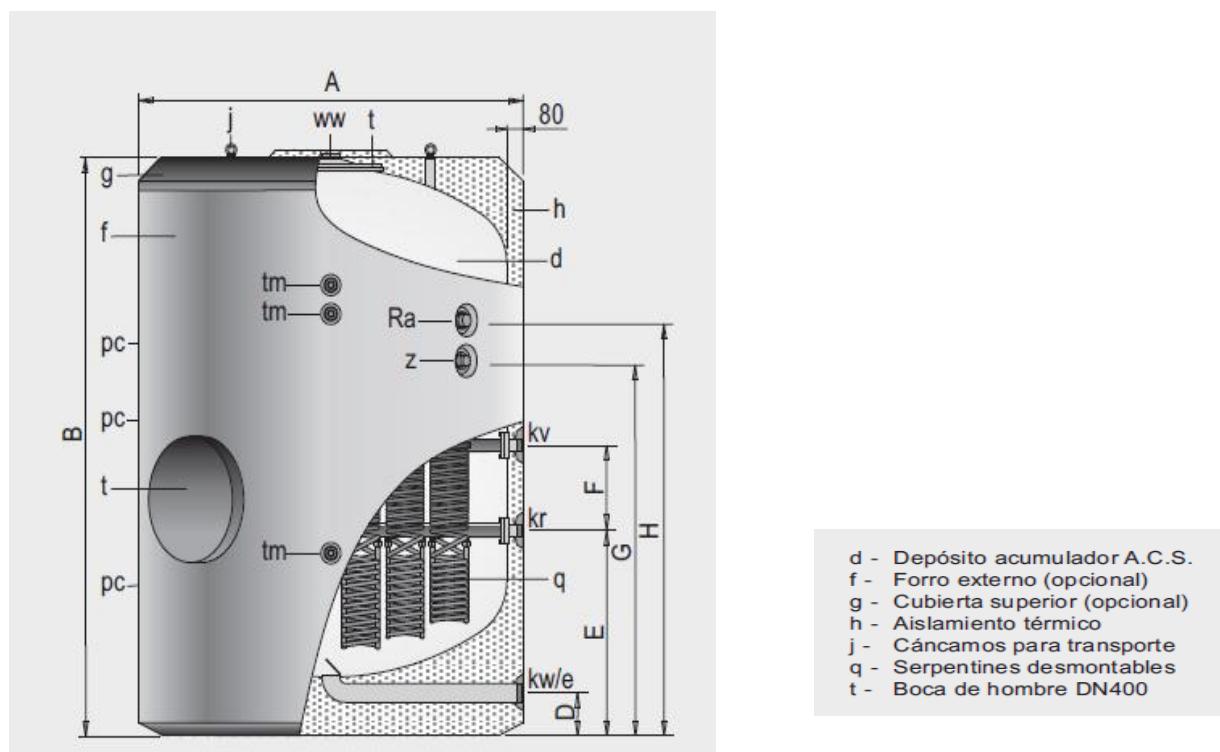
Memoria y Anexos

Para nuestro proyecto concreto se seleccionará un acumulador de 1500 litros con serpentín como intercambiador de calor incluido dentro del mismo. Se establece que la superficie mínima de intercambio debe estar comprendida entre 1/4 y 1/3 de la superficie útil de los colectores. En el caso que nos ocupa este valor estará en el rango de 3,76 y 5 m².

Se consideró utilizar intercambiadores exteriores de calor, pero esta opción sólo es práctica y rentable para volúmenes de acumulación a partir de 3000 litros, por lo que se descartó.

Teniendo en cuenta estos datos se ha optado por el modelo de acumulador MVV 1500/SSB de la empresa Lapesa. El depósito está fabricado en acero vitrificado según la norma DIN 4753 de capacidad de 1500 litros. Incorpora un sistema de serpentines desmontables fabricado en acero inoxidable de superficie útil 4,2. Cabe mencionar la posibilidad de incluir una resistencia auxiliar como fuente de energía auxiliar en caso de ser necesario.

Nota: un dibujo así como la tabla de características se muestran a continuación





Memoria y Anexos

Características técnicas /Conexiones /Dimensiones	MW1500 SB/ SSB	MVV2000 SB/ SSB	MVV2500 SB/ SSB	MVV3000 SB/ SSB	MW3500 SB/ SSB	MVV4000 SB/ SSB	MVV5000 SB/ SSB
Capacidad de A.C.S	I	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Temperatura máx. en continuo depósito de A.C.S	°C	90	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S. (*)	bar	8	8	8	8	8	8
Temperatura máx. circuito de calentamiento (**)	°C	120	120	120	120	120	120
Presión máx. circuito de calentamiento	bar	25	25	25	25	25	25
Número de serpentines -SB/-SSB	und	4 /6	4 /6	6 /8	6 /10	7 /10	8 /10
Capacidad de serpentines -SB/-SSB	I	12.7 /18.9	15.1 /22.5	18.9 /30.2	22.7 /37.6	26.6 /37.6	30.2 /37.6
Superficie de intercambio -SB/-SSB	m ²	2.8 /4.2	3.4 /5.0	4.2 /6.7	5.0 /8.4	5.9 /8.4	6.7 /8.4
Peso en vacío aprox. -SB/-SSB	Kg	400 /415	460 /475	660 /690	735 /760	820 /840	1040 /1055
Cota A: diámetro exterior	mm	1360	1360	1660	1660	1910	1910
Cota B: longitud total	mm	1830	2280	2015	2305	2580	2310
Cota D:	mm	175	175	200	200	200	200
Cota E:	mm	825	825	910	910	960	960
Cota F -SB/-SSB:	mm	250	400	250/400	400	400	400
Cota G:	mm	1020	1470	1260	1410	1695	1355
Cota H:	mm	1210	1660	1450	1600	1885	1545
kw/e: entrada agua fría/ desagüe	"GAS/M	2	2	3	3	3	3
ww: salida agua caliente	"GAS/M	2	2	3	3	3	3
z: recirculación	"GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
kv: avance caldera	"GAS/M	2	2	2	2	2	2
kr: retorno caldera	"GAS/M	2	2	2	2	2	2
Ra: conexión resistencia de apoyo	"GAS/M	2	2	2	2	2	2
tm: conexión sensores laterales	"GAS/M	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
pc: conexión protección catódica	"GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
nº conexiones protección catódica	und.	2	2	3	3	3	3

6.6 TUBERÍAS Y CONDUCTOS

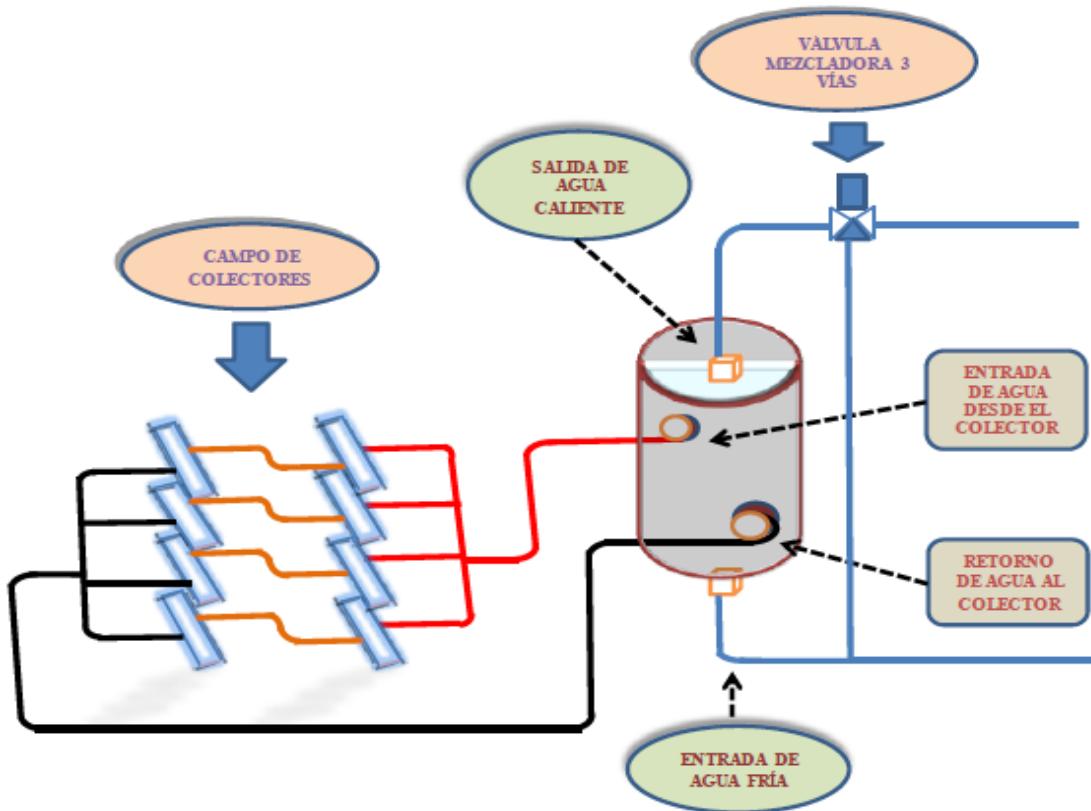
La longitud de las tuberías deberá ser tan corta como sea posible, evitando codos y pérdidas de carga en general.

Dado que nuestro sistema de recirculación es forzado se puede hacer una distinción entre el circuito primario y el secundario. En el circuito primario pueden utilizarse como materiales el acero negro, el cobre y el acero inoxidable, mientras que en el secundario se puede optar por cobre ó acero inoxidable.

Como opción en el proyecto que nos ocupa se ha elegido el cobre ya que es el material más aconsejable para las instalaciones de energía solar por su resistencia a la corrosión, su facilidad de manipulación, sus pérdidas de cargas bajas, su facilidad para soldar accesorios y su precio.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y soldados por capilaridad de acuerdo a la norma UNE 37153.

El dibujo que se muestra a continuación servirá para ilustrar de forma gráfica el cálculo y dimensionado de las tuberías.



De esta forma, **se establece un caudal de 75 litros / m²*hora**

Tuberías del conexionado en serie de los colectores

$$\text{Caudal} = 75 \text{ litros} / (\text{m}^2 * \text{hora}) * 1,88\text{m}^2 / \text{colector} = \mathbf{141 \text{litros/hora}}$$

Dado que el conjunto de colectores en este proyecto se colocará en el tejado se estima que la distancia del campo de colectores al acumulador será menor de 50 metros.

De acuerdo a la tabla que se muestra a continuación, para una distancia menor a 50 metros y con tuberías de cobre, para un caudal de **141litros/hora** el diámetro mínimo exigido es de 18mm.

Hay que tener en cuenta que las conexiones de los colectores son de 1" (equivalente a 22,5mm), por lo que éste será el diámetro de la tubería seleccionado en este tramo.



Distancia del campo de colectores al local de máquinas (m)		Acero	Cobre	
Caud	≤ 50	> 50		
	Menos de 800	Menos de 500	20	18
	De 801 a 1.500	De 501 a 1.000	25	22
	De 1.501 a 2.200	De 1.001 a 1.800	32	28
	De 2.201 a 4.500	De 1.801 a 5.600	50	42
	De 4.501 a 8.500	De 5.601 a 11.000	65	50
	De 8.501 a 14.000	De 11.001 a 17.000	80	80
	De 14.001 a 25.000	De 17.001 a 25.000	100	100

Observando la gráfica comparativa de pérdidas por rozamiento para tuberías de cobre, (* ver apartado gráficas al final del documento) se estima que para un diámetro interior de 1" (22,5mm) y para un caudal de 141 litros / hora, las pérdidas de carga están en torno a 1-1,5 mmca por metro de tubería. Dado que el límite está establecido en 40 mmca por metro lineal, los cálculos son totalmente factibles.

Desde el punto de vista de la velocidad de circulación del fluido, observando de nuevo la tabla y para los datos establecidos, se aprecia una velocidad menor a los 0,3 m/ seg, cumpliendo de esta forma las limitaciones establecidas, siendo éstas de 2 m / seg cuando la tubería discurre por locales habitados y 3 m/ seg cuando el trazado sea exterior.

Tuberías del conexionado colectores-acumulador y retorno

Caudal= 75 litros / ($m^2 \cdot hora$)*1,88m²/ colector*4= **564litros/hora** ya que los colectores se han dispuesto en cuatro ramas colocadas en paralelo.

De acuerdo a la tabla que se ha visto previamente, para una distancia menor a 50 metros y con tuberías de cobre, para un caudal de **564litros/hora** el diámetro mínimo exigido es de 18mm. Como en el caso previo se elegirán tuberías de cobre de 1", aunque dado que las entradas de llegada y retorno a los colectores en el acumulador son de 2" será necesario añadir dos ensanchamientos bruscos de 1:2 que habrá que tener en cuenta a la hora de calcular las pérdidas singulares en las tuberías.

Observando la gráfica comparativa de pérdidas por rozamiento para tuberías de cobre, (* ver apartado gráficas al final del documento de nuevo) se estima que para un diámetro interior de 1" (22,5mm) y para un caudal de 564 litros / hora, las pérdidas de carga están en torno a 8 mmca por metro de tubería. Dado que el límite está establecido en 40 mmca por metro lineal, los cálculos son totalmente factibles.

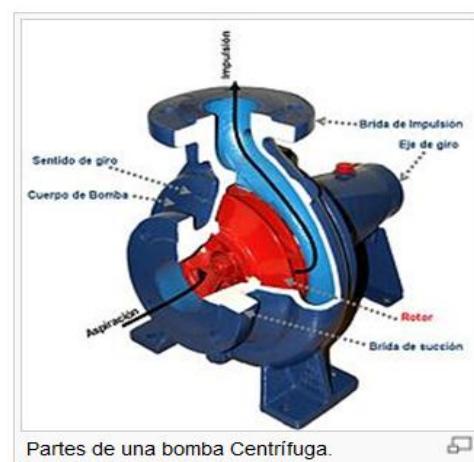
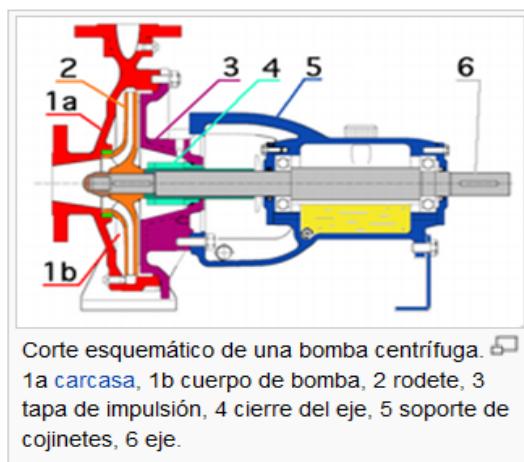
Desde el punto de vista de la velocidad de circulación del fluido, observando de nuevo la tabla y para los datos establecidos, se aprecia una velocidad en torno a los 0,3 m/ segundo, cumpliendo de esta forma las limitaciones establecidas, siendo éstas de 2 m / segundo cuando la tubería discurre por locales habitados y 3 m/ segundo cuando el trazado sea exterior.

6.7 ELECTROCIRCULADOR

El electrocirculador es un aparato, accionado por un motor eléctrico, capaz de suministrar al fluido una cierta cantidad de energía con la finalidad de transportarlo a través del circuito, a una determinada presión.

En instalaciones de agua caliente sanitaria se usan bombas centrífugas, ya que éstas sólo necesitan vencer la resistencia que opone el fluido a su paso por tuberías y accesorio, nunca la presión hidrostática. Esto se debe a que la columna de agua ejerce fuerza tanto en el sentido de la impulsión como en el de la aspiración, anulándose ambos efectos.

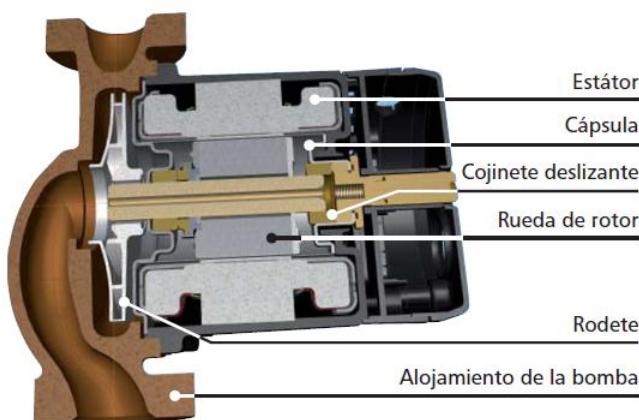
A continuación, se muestra un dibujo con las partes de las que consta una bomba centrífuga:



- ◆ **Orificio de aspiración:** por el que entra el fluido al electrocirculador
- ◆ **Rodete impulsor:** elemento que gira
- ◆ **Cámara de impulsión:** elemento que recoge el fluido y lo conduce hasta la descarga de la bomba
- ◆ **Orificio de impulsión:** por el que sale el fluido de la bomba
- ◆ **Aspiración:** boca de contacto entre la bomba y la tubería
- ◆ **Difusor:** conducto de salida del fluido
- ◆ **Alabes:** palas del rodete impulsor

6.7.1 TIPOS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

BOMBAS CENTRÍFUGAS DE ROTOR HÚMEDO



Bomba de rotor húmedo

En una bomba de rotor húmedo, el fluido bombeado circula por el interior de la cápsula del rotor, refrigerando el motor y lubricando los cojinetes.

Las bombas de rotor húmedo son sencillas, no sufren fugas y su precio es relativamente bajo. Sin embargo, comparativamente, su vida útil es corta y su rendimiento energético bajo, por lo que los cálculos finales no son necesariamente favorables.

Además, las bombas de rotor húmedo son sensibles a los residuos en el líquido bombeado y no admiten agentes agresivos.

BOMBAS CENTRÍFUGAS MONOBLOC

Este tipo de bombas se caracterizan porque en ellos el rodeté y el eje del motor forman un mismo conjunto.

Se pueden montar con el eje en cualquier posición.

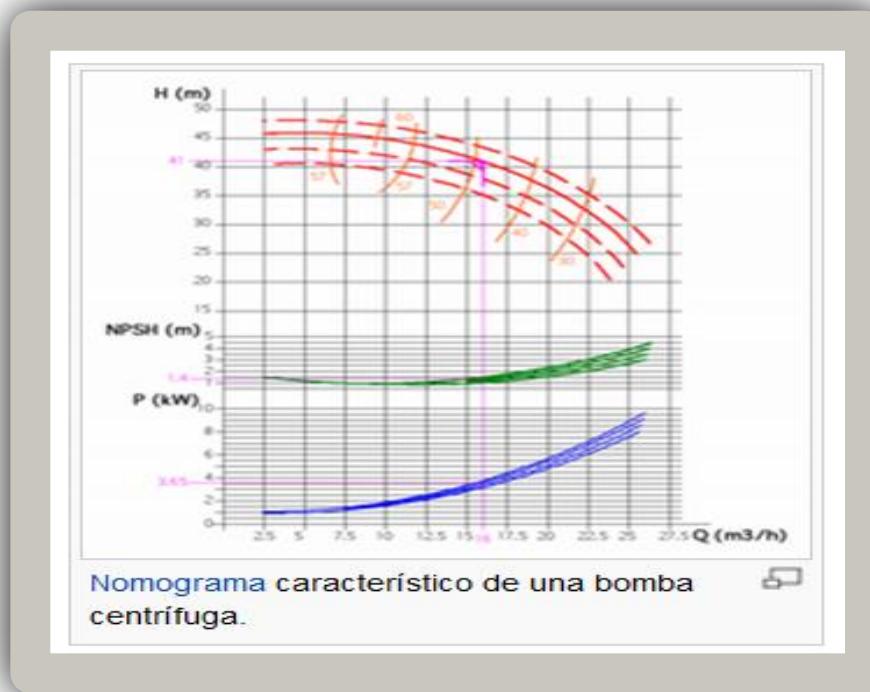


BOMBAS CENTRÍFUGAS CON ACOPLAMIENTO MOTOR-ELECTROCIRCULADOR DE EJES DISTINTOS

La característica fundamental de estas bombas es que el motor y el cuerpo del electrocirculador forman un conjunto independiente, uniendo el eje del motor con el rodeté por medio de un acoplamiento elástico. Su principal inconveniente es que suelen ser bastante ruidosos.

6.7.2 CARACTERÍSTICAS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

En una bomba existe una relación entre la altura manométrica y el rendimiento y potencia de éste. A las representaciones gráficas de estas características se las conoce como curvas del electrocirculador de las que se muestra un ejemplo a continuación:

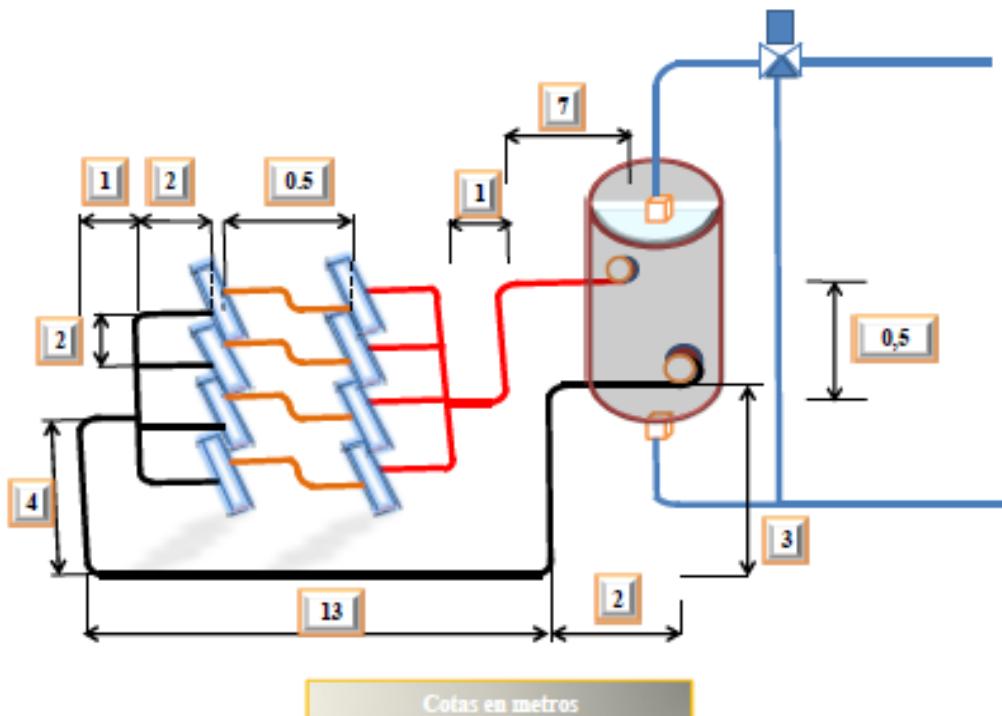


6.7.3 CÁLCULO DE LA BOMBA

A la hora de calcular las características de una bomba es necesario tener en cuenta las pérdidas que se producen en la instalación en las tuberías (generales y singulares), en el intercambiador y en los colectores que habrá de vencer la bomba.

PÉRDIDAS EN LAS TUBERÍAS

Para efectuar los cálculos, a continuación se muestra un dibujo con las dimensiones de las tuberías en el circuito primario



Considerando que las pérdidas (calculadas anteriormente) son de 1,5 mmca en los tramos de caudal 141 litros/hora y 8 mmca en los de 564 litros/hora, se llega a los siguientes cálculos:

CAUDAL DE 141 LITROS/HORA

$$\Delta p = (4*4500 + 2*3*2000)*1,5\text{mmca} = 45000\text{mmca} = 45\text{mca.}$$

CAUDAL DE 564 LITROS/HORA

$$\Delta p = (1000+4000+13000+1000+9000+3000+500)*8\text{mmca} = 252000\text{mmca} = 252\text{mca}$$

De esta forma las pérdidas en las tuberías suman **297mca**



PÉRDIDAS SINGULARES EN LAS TUBERÍAS

Se entienden como pérdidas singulares aquéllas producidas debido a obstáculos o accesorios en el trazado de las tuberías. En la siguiente tabla se muestran las equivalencias en longitud (metros) de cada elemento;

Singularidades	Long eq
Codos de 45º	0,7
Codos de 90º radio pequeño	1,5
Codos de 90º radio grande	0,8
Contador a turbina	5
Contracciones bruscas de 4:1	0,9
Contracciones bruscas de 2:1	0,7
Contracciones bruscas de 4:3	0,5
Curva de 90º	0,4
Ensanchamiento brusco de 1:4	1,6
Ensanchamiento brusco de 1:2	1,1
Ensanchamiento brusco de 3:4	0,5
Entrada a depósito	1,5
Derivación en T	2,2
Reducción cónica suave	0,5
Válvula de compuerta abierta	1
Válvula de bola abierta	1
Válvula de mariposa abierta	1
Válvula de asiento abierta	5
Válvula de retención de clapeta oscilante	10
Válvula de retención de muelle y obús o bola	50
Uniones lisas	0,1
Uniones diversas	0,8

Longitudes equivalentes de los diferentes tipos de singularidades. Fuente :CENSOLAR.

De nuevo, a la hora de efectuar los cálculos numéricos cabe recordar previamente los valores de pérdida de carga en mmca para las tuberías seleccionadas ($\phi=1''$) en cada uno de los dos tramos diferenciados previamente:

$$\begin{aligned} \text{Caudal}= 141 \text{litros/hora} &\quad \rightarrow \Delta p = 1,5 \text{mmca} \\ \text{Caudal}= 564 \text{litros/hora} &\quad \rightarrow \Delta p = 8 \text{mmca} \end{aligned}$$



Memoria y Anexos

Las singularidades en nuestra instalación son las siguientes:

SINGULARIDADES	LONGITUD EQUIVALENTE	UNIDADES	PERDIDA DE CARGA(mmca)
Codo 90°, radio grande	0,8	4	4*800*1,5=4800
Codo 90°, radio pequeño	1,5	8	8*1500*1,5=18000
Derivaciones en T	2,2	2	2*2200*8=35200
Codo 90°, radio grande	0,8	8	8*800*8=51200
Codo 90°, radio pequeño	1,5	2	2*1500*8=24000
Entradas a depósito	1,5	4	4*1500*8=48000
Ensanchamiento 1:2	1,1	4	4*1100*8=35200
Contracciones 2:1 (bomba centrífuga)	0,7	2	2*700*8=11200
Válvulas de cierre o paso (de asiento)	5	6	6*5000*1,5=45000
Válvulas de seguridad (tipo muelle)	50	5	5*50000*1,5=375000
Válvulas antirretorno (tipo clapeta)	10	1	1*10000*8=80000

**TOTAL
727600mmca
= 727,6 mca**

PÉRDIDAS EN LOS COLECTORES

Hay que tener en cuenta los dos siguientes puntos:

- Las pérdidas de carga de los colectores en serie han de sumarse; De la hoja de datos del colector **Promasol modelo H-2** la presión máxima de trabajo de éste es de 10kg/cm^2 , equivalente a 10 mca. En nuestra instalación los colectores están conectados en serie en número de 2, por lo que las pérdidas serán de $10*2= 20\text{mca}$ por rama.

- Para la conexión en paralelo se admite como aproximación la siguiente fórmula:

$\Delta p = \Delta p_{rama} * N * (N+1)/4$, siendo N el número de ramas en paralelo; sustituyendo por los datos numéricos queda de la siguiente forma:

$\Delta p = \Delta p_{rama} * N * (N+1)/4 = 20\text{mca} * 4 * 5 / 4 = 100\text{mca}$; éste será el valor de pérdidas en los colectores

PÉRDIDAS EN EL ACUMULADOR

De acuerdo a la hoja de datos del acumulador **MVV 1500/SSB de la empresa Lapesa** el intercambiador soporta una presión máxima de 25 bares, lo que equivale a 255 mca.

Una vez calculado cada apartado por separado se obtiene:

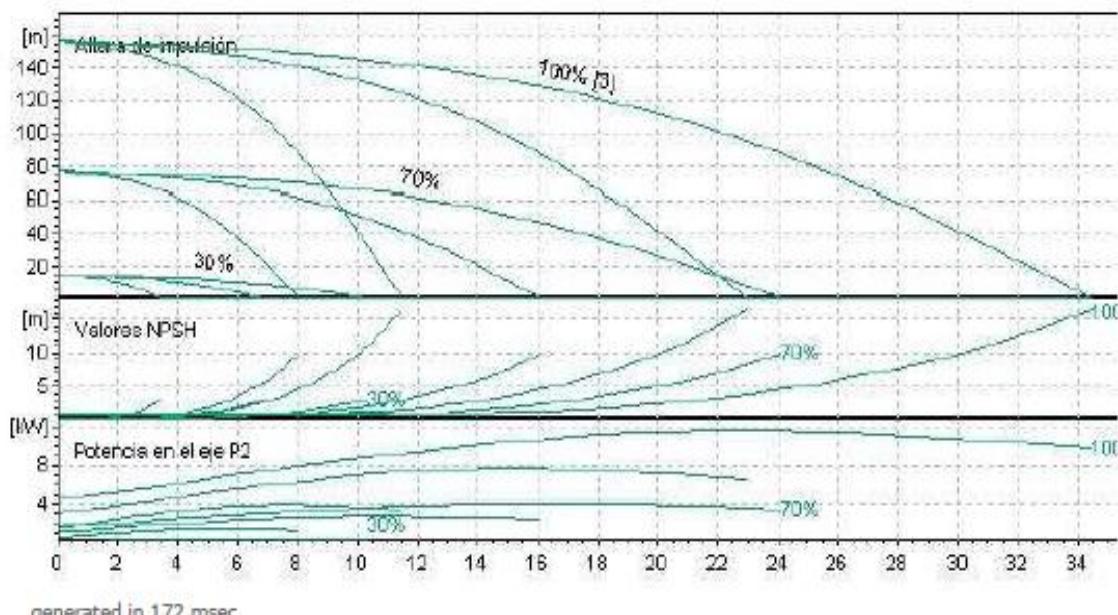
$$\Delta p_{totales} = 297 + 727,6 + 100 + 255 = 1379,6 \text{ m de columna de agua}$$

Una vez calculadas las pérdidas del circuito hay que calcular la potencia que será necesario aportar a la bomba para ponerla en marcha a partir de la siguiente fórmula:

$P(C.V) = \text{Caudal (l/s)} * \Delta p (\text{mca}) * \gamma (\text{kg/l}) / 75 * \mu$, siendo μ el rendimiento y γ la densidad del anticongelante en el fluido caloportador; sustituyendo por los datos numéricos queda lo siguiente:

$$P(C.V) = 564/3600 (\text{l/s}) * 1379,6 (\text{mca}) * 1,03 (\text{kg/l}) / 75 * 0,8 = 3,71 \text{ C.V} \rightarrow 2,76 \text{ kW.}$$

Considerando estos datos se ha elegido la bomba centrífuga modelo **COR-3 MVIE 410/ VR-EB** de la empresa WILO de potencia 4kW. Según su hoja de características para un caudal de 564 litros/hora la potencia de aporta el eje es de en torno a los 3 kW, suficiente para vencer las pérdidas en la instalación. Sus datos técnicos se encuentran en el apartado Anexos.



Hay que tener en cuenta que el electrocirculador está preparado para una conexión trifásica y, en nuestro caso, la instalación en la que estamos trabajando va conectada a la red monofásica. En el apartado de anexos se incluye un pequeño titular para conectar cargas trifásicas a redes monofásicas.



6.8 VASO DE EXPANSIÓN

La función de este elemento es absorber las variaciones de volumen del fluido caloportador en el primario al variar su temperatura, manteniendo la presión entre límites preestablecidos. El exceso de volumen es almacenado en el vaso de expansión y, cuando la temperatura disminuye, el fluido almacenado es restituido.

Existen dos tipos de vasos de expansión: abiertos y cerrados. Para esta instalación se ha escogido uno del segundo tipo ya que presenta las siguientes ventajas:

- Montaje fácil
- No es necesario aislarlos
- Al ser cerrados, el fluido caloportador no absorbe oxígeno del aire, evitándose la corrosión en el interior de las tuberías
- Se eliminan pérdidas del fluido caloportador por evaporación

CÁLCULO DEL VASO DE EXPANSIÓN

1º CONTENIDO DE AGUA EN LA INSTALACIÓN

Calculado anteriormente, $V=1128$ litros

2º CÁLCULO DEL VOLUMEN ÚTIL

De acuerdo a la siguiente tabla para una temperatura media aproximada de 45°C (ACS) el incremento de volumen (%) será del 1,05

$$\% \text{ volumen} = 1.05 * 1128 / 100 = 11,84 \text{ litros}$$

Temperatura en °C	Ce	Ce en %
30°C	0,00328	0,328
40°C	0,00656	0,656
50°C	0,0105	1,05
60°C	0,0151	1,51
70°C	0,0204	2,04
80°C	0,0262	2,62
90°C	0,0328	3,28
100°C	0,0400	4

3º PRESIÓN MANOMÉTRICA

Se toma la altura máxima en metros de elevación sobre la posición del vaso de expansión.
Se contabilizan 9 metros= 9m.c.d.a= 0,9 atmósferas

4º PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Es la presión del lugar donde está ubicado el edificio; para Bielsa el valor es de 1 atmósfera.



Memoria y Anexos

5º PRESIÓN MÁXIMA ADMISIBLE

Es la presión máxima admisible para el vaso de expansión o de la válvula de seguridad. Se suele tomar como valor 3 atmósferas

6º COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN

P. máxima = 3 Atm + P. atmosférica

P. estática = P. manométrica + P. atmosférica

P. máxima = 3 Atm + 1 Atm = 4 Atm

P. estática = 0,9 Atm + 1 Atm = 1,9 Atm

$$C_{ut} = \frac{P_{max} - P_{estatica}}{P_{max}}$$

$$C_{ut} = (4-1,9)/4 = 0,525$$

7º CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL VASO

$$V_{VASO} = 11,84 \text{ litros} / 0,525 = 22,56 \text{ litros}$$

Para realizar un cálculo más exacto del vaso de expansión deben seguirse las indicaciones de la norma **UNE 100-155-88 'Climatización. Cálculo de vasos de expansión'**

6.9 AISLAMIENTO

En una instalación de energía solar se emplea aislamiento en la parte posterior y lateral de los colectores, las tuberías y accesorios, el electrocirculador y el acumulador.

La elección del aislamiento viene determinada por los siguientes factores:

- Bajo coeficiente de conductividad
- Colocación sencilla
- Precio bajo
- Ser ignífugo
- Gama de temperatura adecuada
- No ser corrosivo
- Ser estable y no enmohecarse
- Buena resistencia mecánica
- Peso específico reducido

En las instalaciones de energía solar se pueden utilizar muchos tipos de aislante como lana de roca, fibra de vidrio, espuma de poliuretano, polietileno reticulado, resina de melamina, etc.

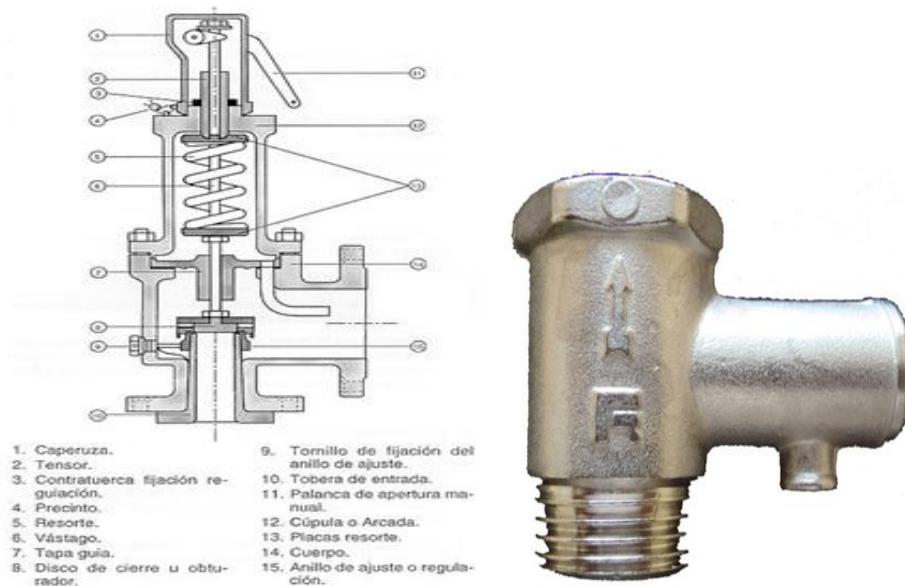
6.10 VÁLVULAS

En nuestra instalación se han incluido los siguientes tipos de válvulas:

6.10.1 VÁLVULA DE SEGURIDAD

Las válvulas de seguridad actúan como elementos limitadores de la presión de los circuitos y son imprescindibles para proteger a los componentes de la instalación.

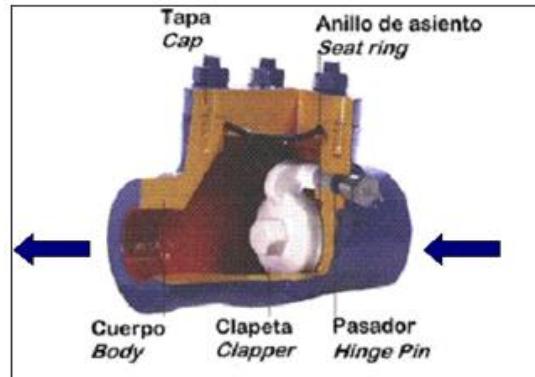
El tarado de la válvula tendrá que ser inferior a la presión que pueda soportar el elemento más delicado del circuito. Su funcionamiento consiste en un muelle que es vencido por la sobrepresión del circuito.



6.10.2 VÁLVULA ANTIRRETORNO

Estas válvulas sólo permiten en paso del fluido en un sentido. Existen válvulas anti-retorno de tipo clapeta o muelle. En nuestro caso se ha elegido el primer tipo.

En las válvulas de clapeta el fluido, al circular, empuja una compuerta, que por su posición se cierra de forma inmediata cuando cesa la circulación, no permitiendo el paso de líquido en sentido contrario.



6.10.3 VÁLVULAS DE CIERRE O PASO

La función de estas válvulas es la de interrumpir de forma parcial el paso del fluido por las tuberías. Existen válvulas de cierre de asiento o de bola. En nuestro caso se ha elegido el primer tipo.

Las válvulas de asiento constan de los siguientes elementos:

- ◆ **Volante:** mueve el eje para que ésta se abra o se cierre.
- ◆ **Eje o husillo:** vástago que hace descender o ascender el obturador por medio de un mecanismo de tornillo o rosca.
- ◆ **Cuerpo de la válvula:** parte de la válvula que sirve para conectar ésta a las tuberías
- ◆ **Tapa:** parte de la válvula que cierra el cuerpo con el exterior.
- ◆ **Estapero:** parte de la válvula cuya misión es hacer un cierre perfecto alrededor del vástago y el eje, para evitar fugas del líquido.

La entrada y la salida de la válvula se denominan vías y el elemento que no deja pasar el fluido, obturador. En estas válvulas el elemento obturador es un disco. Son muy utilizadas en las instalaciones de energía solar para equilibrar el circuito regulando el caudal.





6.11 PURGADOR Y SEPARADOR DE AIRE

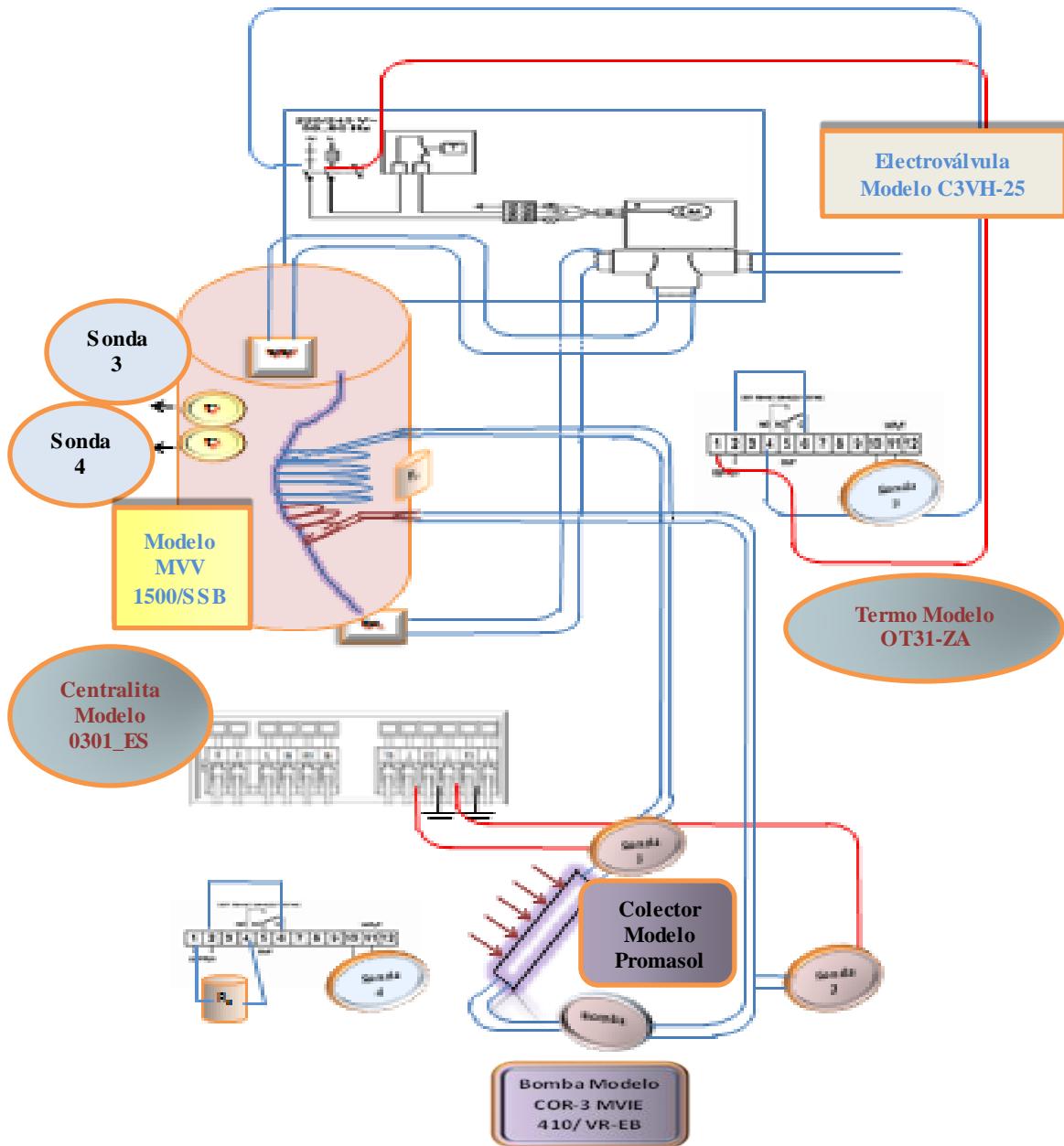
El purgador garantiza la expulsión de aire acumulado en determinados puntos de una instalación. La presencia de gases en un circuito puede provocar corrosiones en las tuberías o en los colectores. Para evitarlas el purgador se ha de colocar en el punto más alto de la instalación, que es el lugar donde se acumulan los gases al separarse del fluido caloportador.



El mecanismo de funcionamiento consiste en que cuando no existe aire en la instalación, el flotador está elevado por el empuje del fluido, manteniendo cerrado el orificio de purga. Si existe aire, baja el nivel del fluido descendiendo el flotador. El aire es evacuado por el orificio superior.

Para asegurar que el aire disuelto en el fluido es evacuado hacia el exterior por el purgador, conviene colocar un separador de aire. El separador de aire se basa en el principio de la fuerza centrífuga, impulsando el fluido hacia las paredes del recipiente permitiendo que el aire permanezca en el centro y ascienda hacia la parte superior donde es expulsado a través del purgador.

6.12 SISTEMA DE CONTROL DE LA INSTALACIÓN



A partir del dibujo previo se aprecia el funcionamiento del sistema. La centralita modelo 0301_ES controla el conjunto campo de colectores-acumulador.

El regulador compara constantemente las temperaturas en el colector (T1) y en la zona inferior del acumulador (T2). En cuanto el colector es calentado por el sol y se alcanza una diferencia de temperatura de 8 K entre el colector y el acumulador, el regulador activa la bomba. La bomba absorbe el líquido caloportador de la zona inferior, más fría, del acumulador y la bombea hacia el colector. El líquido caloportador se calienta en el colector debido a la radiación solar y fluye de vuelta al acumulador. En el acumulador el líquido caloportador calienta el agua doméstica mediante un intercambiador de calor.

Por otro lado, se cuenta con dos termostatos modelo OT31-AZ que controlan la resistencia de apoyo en el acumulador y la electroválvula respectivamente.

El termostato se programa a una determinada temperatura. Cuando la sonda conectada al termostato registre un valor por debajo del predeterminado el relé de salida, que se encuentra normalmente abierto de cierra.

En el caso de la resistencia en el interior del acumulador, el circuito se cierra permitiendo circular corriente por ella. El paso corriente hace que la resistencia disipe potencia de forma que calentará el agua. Una vez alcanzada la temperatura que se requiere, el relé se abre, impidiendo el paso de la corriente.

En el caso de la electroválvula, al bajar la temperatura de consumo por debajo del nivel que se considera óptimo, el relé se cierra poniendo en marcha el motor que controla el estado (abierta o cerrada) de la electroválvula. Sin alimentación eléctrica la válvula se posiciona según se muestra en la Fig1. Cuando se alimenta, el servomotor vence la fuerza del muelle y permite el paso del fluido según se indica en la Fig 2. La electroválvula es un modelo de la marca CEPRA cuya hoja de datos se muestra en los anexos.

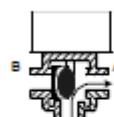
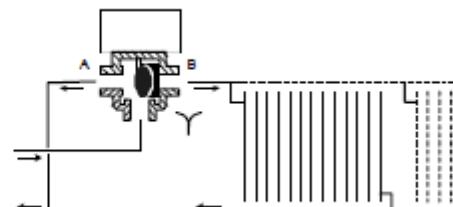


Fig.1.



Fig.2.



INSTALACIÓN ELÉCTRICA

2 EFECTO FOTOVOLTAICO

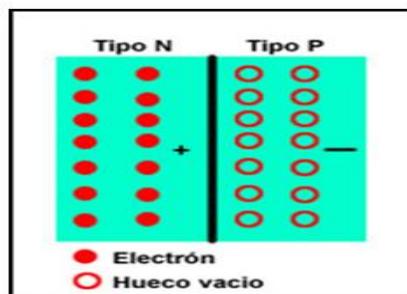
El efecto fotovoltaico consiste en la transformación de la energía que aportan los fotones de luz incidentes sobre materiales semiconductores en energía eléctrica capaz de impulsar los electrones generando corriente eléctrica.

La energía que ceden los fotones incidentes a los electrones del material provoca choques de los éstos últimos en su movimiento a través de la red atómica. Si se quiere producir corriente eléctrica útil, hay que extraer los electrones liberados fuera del material antes de que vuelvan a combinarse con los huecos.

Para favorecer el efecto fotovoltaico, se introducen en el material semiconductor elementos químicos que ayuden a producir un exceso de electrones y de huecos mediante un proceso llamado dopado. Se puede introducir boro para formar una estructura de semiconductor tipo P (positivo) o fósforo para un semiconductor tipo N (negativo). Los nombres positivo y negativo se refieren a la carga que queda libre en la red cristalina.



Si unimos un semiconductor tipo P con un semiconductor tipo N, en la zona de unión algunos de los electrones libres de la región N pasarán por difusión a la zona P. La zona más cercana a la frontera se quedará con carga negativa en el semiconductor P y con carga positiva en el N. El campo eléctrico creado favorece la creación de una barrera de potencial que no permite que el proceso de difusión siga indefinidamente.





Si incide luz, los fotones comunican suficiente energía a los electrones como para que éstos se liberen; algunos electrones atravesarán la barrera de potencial y serán expulsados del semiconductor. En caso de existir un circuito exterior por el que puedan circular, se establece una corriente eléctrica del lado P al N.

2.1 CÉLULA FOTOVOLTAICA



Una célula fotovoltaica está formada por una unión P-N de material semiconductor. Se conectan en serie, de forma que los electrones expulsados de una sean recogidos por otra. El tipo más común es la de silicio puro monocristalino. Se suele añadir al final del proceso de fabricación un tratamiento anti-reflectante, de forma que el rayo reflejado tenga posibilidades de volver a incidir antes de perderse.

Los contactos eléctricos para que los electrones salgan y entren de la célula se realizan mediante una rejilla. Ésta es una aleación conductora con la geometría necesaria para conseguir recoger de forma óptima los electrones. La rejilla suele consistir en una serie de “dedos” en contacto con el semiconductor y conectados entre sí mediante tiras metálicas. Estos “dedos” afectan al rendimiento ya que el sombreado impide que parte de la radiación incidente llegue al interior de la célula. Por otro lado, introduce una resistencia.



Las pérdidas en una célula son las siguientes:

- **Pérdidas por reflexión**
- **Incidencia de los fotones en la rejilla metálica**
- **Pérdidas por efecto Joule**



3 EL PANEL SOLAR

La conexión de células en serie recibe el nombre de panel solar o módulo fotovoltaico. Para obtener un panel de tensión nominal de 12 voltios se necesitarán conectar entre 30 y 40 células.

Tras efectuar las conexiones eléctricas, se encapsularán las células en una estructura de tipo sándwich, que consta de una lámina de vidrio templado, otra de un material orgánico y una cubierta posterior formada por varias láminas de polímeros u otro vidrio. Después del encapsulado, se sella al vacío todo el conjunto en un horno logrando la estanqueidad del conjunto. Como paso final, se procederá a rodear todo el perímetro del panel con neopreno que proteja al módulo de las partes metálicas que forman el marco

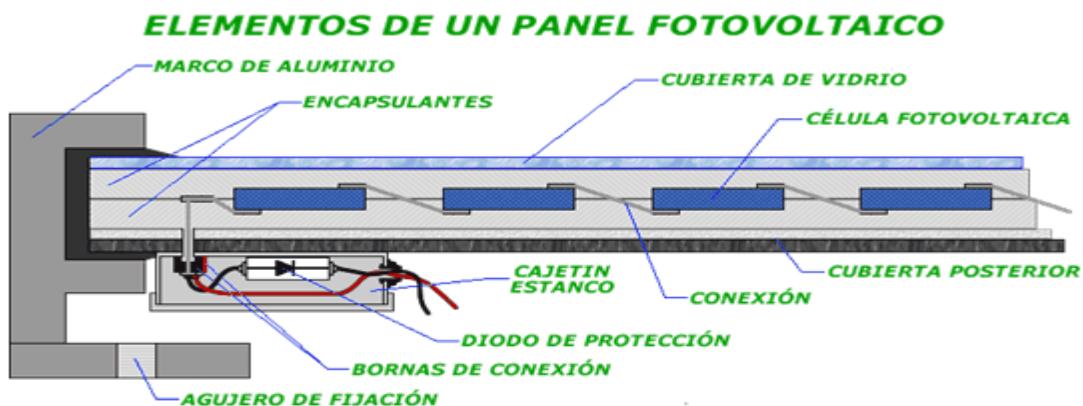
Una vez que se montan las conexiones positiva y negativa se llevarán a cabo los controles de calidad necesarios que son básicamente los siguientes:

- **Ensayo de carga mecánica** para determinar la capacidad del panel para superar las cargas del viento, nieve o hielo.
- **Ensayo de aislamiento**
- **Ensayo de torsión**

3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Los paneles tienen forma cuadrada o rectangular, no son muy pesados y, aunque rígidos en apariencia, son capaces de soportar deformaciones ligeras para poder adaptarse a los esfuerzos mecánicos a los que se encuentran sometidos.

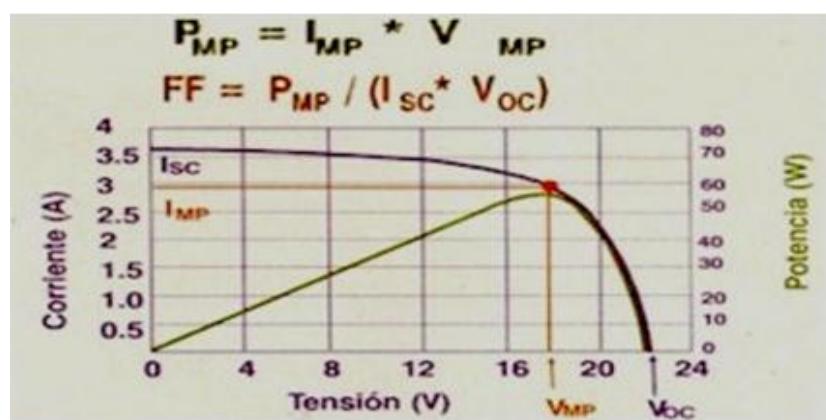
En la siguiente figura se puede ver un corte transversal de un panel fotovoltaico en el que se aprecian sus distintas partes.



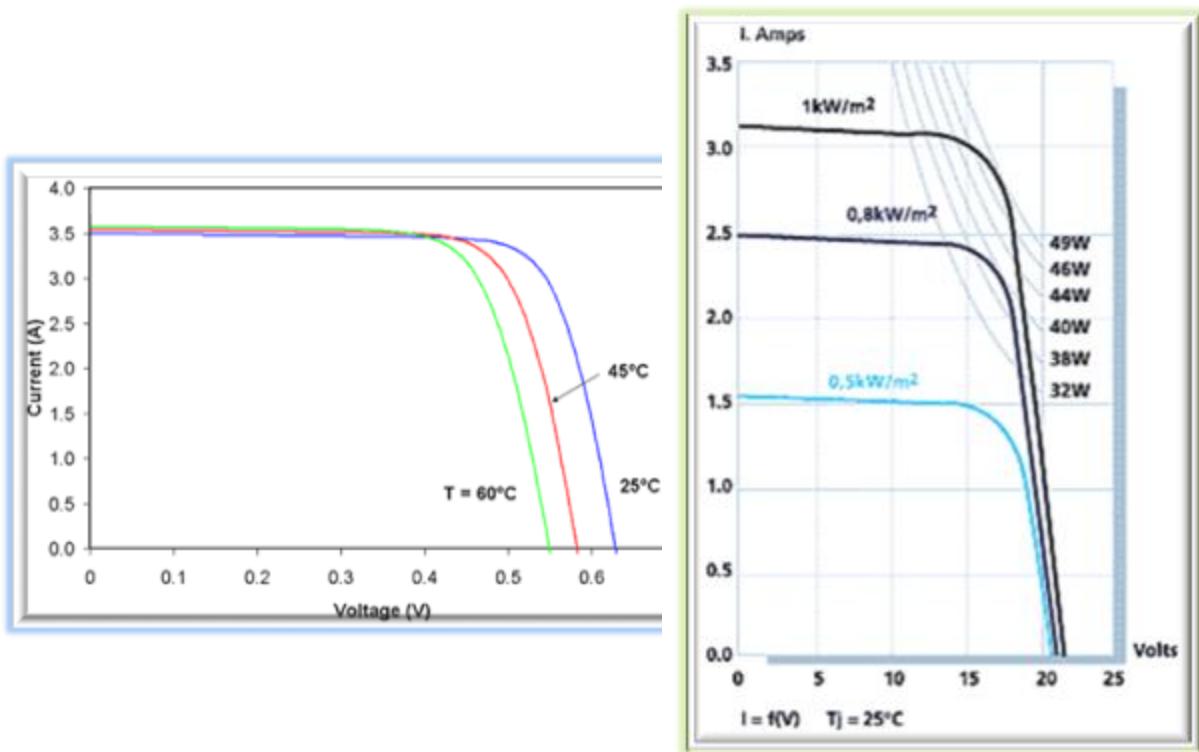
- Una cubierta de vidrio templado
- Varias capas de material orgánico que protegen las células del panel. El material empleado debe poseer un coeficiente de transmisión de la radiación solar alto y una baja degradación bajo la acción de la misma
- Una o varias capas protectoras posteriores, generalmente de telar, opacas y de color claro. La razón del color claro radica en que de esta forma es posible reflejar la luz que ha podido pasar por los intersticios de las células haciendo que la radiación regrese a la parte frontal para que pueda ser reflejada nuevamente.
- Un marco de acero inoxidable para sujetar el conjunto.
- Las cajas de conexiones llevarán incluida una toma a tierra cuando la tensión de la instalación sea considerable.

3.2 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

- ✓ **Corriente de cortocircuito (I_{SC}):** la corriente entre bornes de un panel medida con un amperímetro si se provocara un cortocircuito.
- ✓ **Voltaje a circuito abierto (V_{OC}):** voltaje máximo que se podría medir con un voltímetro, sin dejar que pase corriente entre los bornes del panel solar.
- ✓ **Potencia máxima (P_{MP}):** se dice que un módulo fotovoltaico está suministrando su potencia máxima cuando la resistencia del circuito externo es tal que determina unos valores V_{MP} e I_{MP} .
- ✓ **Eficiencia total el panel:** el cociente entre la potencia eléctrica producida y la potencia de la radiación que incide en el panel.
- ✓ **Potencia nominal:** la que el fabricante garantiza que el panel es capaz de suministrar en condiciones estándar de medida (1000W/m² y T^a de la célula de 25°C)
- ✓ **Factor de forma (FF):** $P_{MP} / (I_{SC} * V_{OC})$



Hay que tener en cuenta la incidencia de dos factores como la temperatura y la radiación solar en términos de corriente y tensión de los paneles. Los efectos del primero se pueden apreciar en la gráfica de la izquierda; en el de la derecha se observa cómo afecta el segundo concepto.



De las gráficas se deduce que la corriente eléctrica que genera un panel será proporcional a la intensidad de radiación incidente, y el voltaje a circuito abierto disminuye a medida que aumenta la temperatura de la célula.

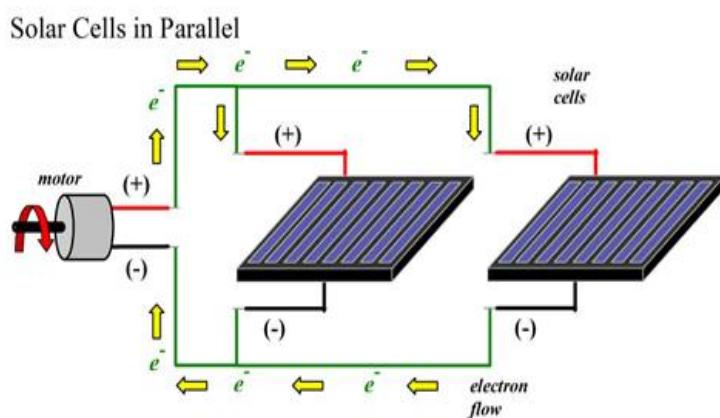
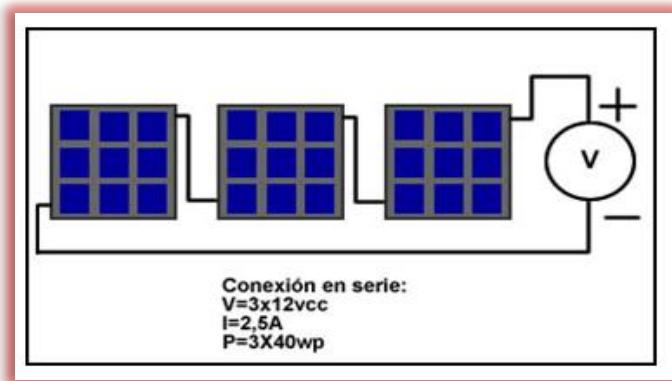
Otras características adicionales que deben cumplir los módulos fotovoltaicos son:

- Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino.
- El módulo llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo, nombre o logotipo del fabricante y el número de serie que permita su identificación.
- Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías y deberán tener un grado de protección IP65.
- Los marcos laterales serán de aluminio o acero inoxidable.
- Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales, referidas a condiciones estándar, deberán estar comprendidas en el margen del ±10% de los correspondientes valores nominales del catálogo.

4 UNIÓN DE PANELES SOLARES

Normalmente en las instalaciones fotovoltaicas es necesaria la utilización de más de un panel para satisfacer las necesidades energéticas de la misma, por lo que será necesario recurrir a la asociación de paneles en serie y en paralelo para obtener los valores de voltaje y corriente que se requieran.

La conexión de dos o más paneles en serie producirá una tensión igual a la suma de la tensión individual de cada panel, manteniéndose invariable la corriente. Por el contrario, la conexión en paralelo será la intensidad la que aumente, manteniéndose la tensión igual a la de un panel.



Es frecuente que las células o módulos que constituyen un campo generador fotovoltaico no operen en las mismas condiciones, pudiendo producir dos efectos:

- La reducción de la potencia máxima del campo generador fotovoltaico.
- Algunas células pueden llegar a convertirse en cargas.



Memoria y Anexos

Para solucionar el primer efecto se clasifican las células de manera que las que componen un mismo panel no tengan una dispersión muy grande en los valores de I_{SC} .

El efecto de sombreado puede hacer que la célula invierta su polaridad y se convierta en una carga que disipe toda la energía producida por el resto de células que tenga asociados en serie. Para evitar que este efecto se produzca, se recurre a insertar protecciones en forma de diodos en los paneles.

4.1 PROTECCIONES. DIODOS

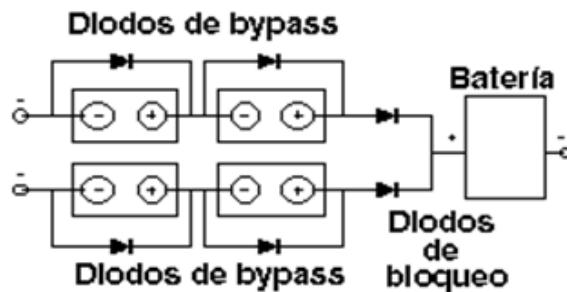
DIODOS DE PASO: se colocan en paralelo en asociaciones de células conectadas en serie para impedir que todos los elementos de la serie se descarguen sobre la célula que resulta sombreada. El diodo se conecta con polaridad opuesta a la de las células: si éstas trabajan correctamente por el diodo no pasa corriente; si cualquiera de los grupos es sombreado de forma que se invierte su polaridad, la polaridad del diodo correspondiente cambiará, con lo que se pondrá a conducir.

DIODOS DE BLOQUEO: sus funciones son las siguientes:

EVITAR DESCARGAS NOCTURNAS DE LA BATERÍA: si no se utilizan protecciones, la batería puede descargarse durante la noche a través de los módulos, lo que originaría una pérdida de energía en el sistema de acumulación.

Para evitar estas pérdidas se colocan diodos de bloqueo conectados en serie entre el generador fotovoltaico y la batería. Estos diodos permiten la circulación de corriente del campo fotovoltaico hacia la batería durante el día, pero bloquean el sentido inverso de corriente de la batería al campo fotovoltaico.

IMPEDIR LA CIRCULACIÓN DE CORRIENTE DE RAMAS EN PARALELO DURANTE EL DÍA: al conectar en paralelo varias ramas de paneles fotovoltaicos, se puede dar el caso de que una de ellas quede en sombra, ya que las corrientes generadas por las otras ramas se deriven hacia ésta. La utilización de diodos de bloqueo conectados en serie en cada una de las ramas en paralelo evita el paso de corriente en sentido inverso, aislando las ramas sombreadas.





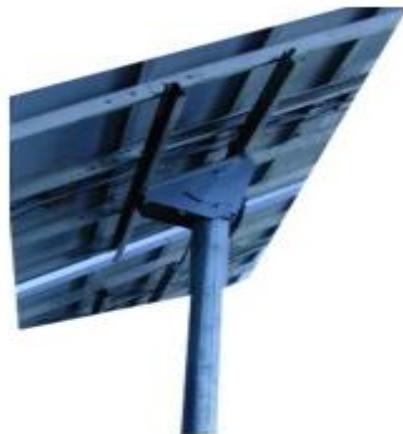
5 ESTRUCTURAS DE SOPORTE Y ANCLAJES

Existen varios tipos de estructuras: desde un simple poste empotrado que puede soportar hasta cuatro paneles solares, hasta grandes estructuras formadas por vigas de acero aptas para aguantar varias decenas de paneles.

Para anclar la estructura se emplean bloques de hormigón y tornillos de rosca. La estructura y los soportes son de acero inoxidable, hierro galvanizado o aluminio anodizado y la tornillería de acero inoxidable.

La estructura se conectará a una toma de tierra, ajustándose a lo especificado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su instrucción complementaria ITC-BT-18.

La estructura de soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-AE-88.

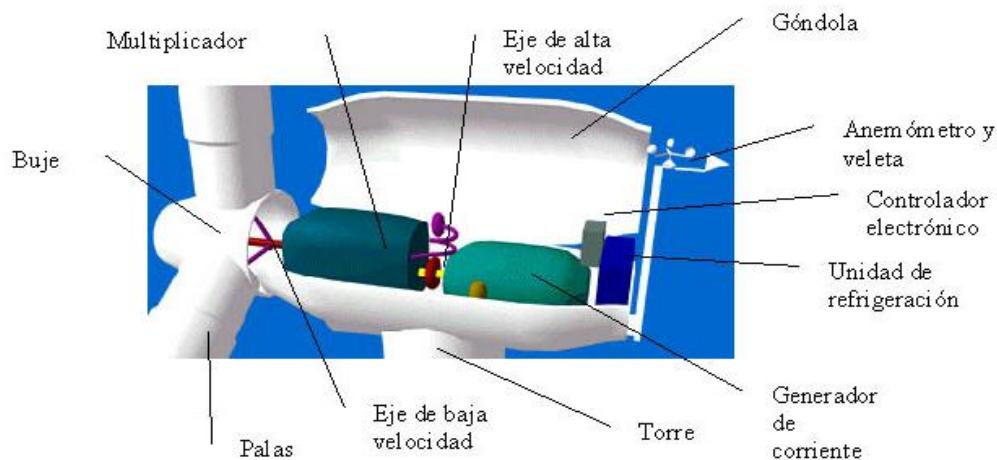


6 AEROGENERADORES

Existen dos tipos de generadores, los de eje vertical y los de eje horizontal. Las desventajas que presentan los primeros con respecto a los segundos son:

- Precisan una batería de arranque, ya que los perfiles aerodinámicos y la simetría de las palas no permiten el autoarranque.
- A igual potencia instalada un modelo de eje vertical genera la mitad de energía eléctrica que uno de eje horizontal.

6.1 AEROGENERADORES DE EJE HORIZONTAL



Un aerogenerador de eje horizontal es una máquina cuyo rotor puede girar. Este movimiento de rotación es producido por la energía cinética del viento, al actuar este sobre un rotor formado generalmente por tres palas de perfil. El giro se multiplica con la ayuda de un multiplicador de velocidad. La salida de alta velocidad del multiplicador está acoplada al eje de un generador que produce energía eléctrica.

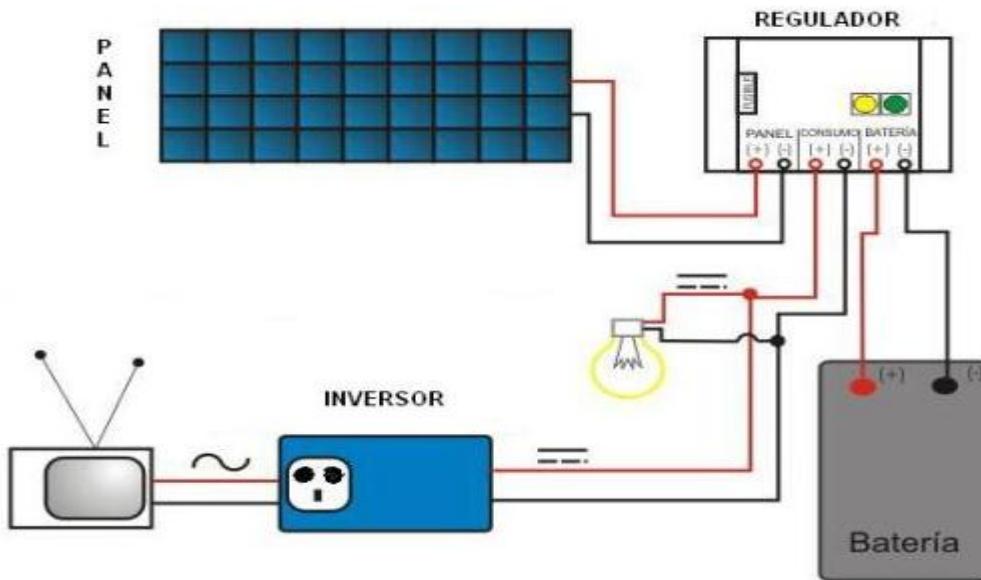
Existen dos tipos de generadores: **síncronos** donde la conversión energética se hace a velocidad constante o **asíncronos**, en los que es necesario que el par mecánico que entra al rotor dé una velocidad de giro superior.

Todos estos elementos se encuentran dentro de la góndola, donde el personal de mantenimiento puede acceder fácilmente.

Finalmente, cabe mencionar la existencia de sistemas de control de potencia, entre los cuales se encuentran el control pitch o paso variable, el control stall o por pérdida de sustentación y el control por pérdida de sustentación activo.

7 PARTES DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Una instalación fotovoltaica consta de baterías, regulador, convertidor y cargas



7.1 BATERÍAS

Las baterías están formadas por electrodos reversibles, que son utilizados para acumular la energía solar fotovoltaica y luego liberarla cuando se conectan a un circuito de carga exterior. Su función es suministrar la energía demandada por las cargas, independientemente de la producción eléctrica del campo fotovoltaico en ese momento, lo que supone:

- Suministrar energía en periodos de nula o baja insolación
- Suministrar una potencia instantánea mayor que la que podría generar el campo generador fotovoltaico, particularmente en el caso de arranque de motores.
- Mantener un nivel de tensión estable de funcionamiento de la instalación.

Los acumuladores están constituidos principalmente por células, placas, materia activa, rejillas, separadores y electrolito.

La **célula** consiste en un conjunto de placas positivas y negativas separadas por aislantes e inmersas en una disolución de electrolito.

Las **placas** consisten en unas rejillas con material activo denominado electrodo.

La **rejilla** distribuye la corriente por toda la placa y actúa como soporte de la materia activa.

Los **materiales activos** son los materiales que forman las placas positivas y negativas y participan en las reacciones de carga y descarga.

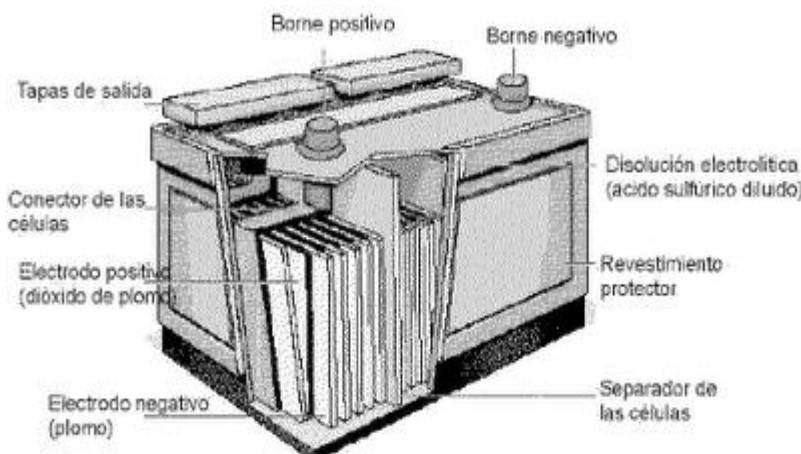
Los **separadores** están intercalados entre las placas positivas y negativas para evitar el contacto eléctrico directo entre ambas.



Memoria y Anexos

El **electrolito** es el medio encargado de transportar la carga eléctrica entre los electrodos positivo y negativo.

Los **bornes** son las conexiones eléctricas externas positiva y negativa de la batería. Finalmente, la **carcasa** contiene todos los elementos de la batería.



7.1.1 CARACTERÍSTICAS DE UNA BATERÍA

Carga/descarga: son los procesos de conversión de energía eléctrica en química (carga) o de química en eléctrica (descarga).

Capacidad: cantidad de carga que una batería puede suministrar a lo largo de una descarga.

Capacidad nominal C₁₀₀: cantidad de carga que es posible extraer de una batería en 100 horas.

Capacidad útil: capacidad utilizable de la batería.

Capacidad disponible

Régimen de carga o descarga: relaciona la capacidad nominal de la batería y el valor de la corriente a la cual realiza su carga o descarga.

Profundidad de descarga (PD): cociente entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal en %

Estado de carga (SOC): cociente entre la capacidad residual de una batería y su capacidad nominal en %

Vaso: elemento que forma parte de una batería y cuya tensión aproximada es de 2 voltios.

Voltaje de corte: voltaje para el cual se finaliza la descarga de la batería.

Autodescarga: pérdida de carga de la batería cuando ésta permanece en circuito abierto.

Ciclo: secuencia de carga y descarga

Ciclo de vida: número de ciclos que una batería puede soportar bajo determinadas condiciones.



Memoria y Anexos

Rendimiento faradaico: relación entre la carga extraída (en Ah) de la batería durante la descarga y la carga total.

Rendimiento energético: relación entre la energía extraída (en Wh) de la batería durante la descarga y la energía total.

7.1.2 TIPOS DE BATERÍAS

Baterías de plomo ácido: es el tipo más utilizado debido a su bajo coste. Se pueden clasificar en:

- Baterías de arranque: se caracterizan por proporcionar elevadas corrientes en periodos cortos de tiempo
- Baterías de tracción: se utiliza fundamentalmente en vehículos eléctricos.
- Baterías estacionarias: para usos fotovoltaicos.

Dentro de las baterías de estacionarias se distinguen dos grupos: las de plomo-antimonio y de plomo-calcio.

La utilización de antimonio permite regímenes de descarga altos y tienen mayor tiempo de vida que las baterías de Pb-Ca; las de Pb-Ca tienen baja autodescarga y menor mantenimiento que las de Pb-Sb.

De acuerdo a los vasos de las baterías, éstas pueden ser de tipo *Monoblock* o de vasos independientes.

Baterías herméticas sin mantenimiento: producen muy poco oxígeno e hidrógeno durante su carga, por lo que son adecuadas para emplazamientos con poca ventilación.

Baterías de electrolito inmovilizado

Baterías de níquel-cadmio: poseen una larga vida, bajo mantenimiento, posibilidad de permanecer largos períodos de tiempo en bajo estado de carga. Su precio es muy superior a las de plomo-ácido y su autodescarga es ligeramente superior.

7.1.3 MECANISMOS DE ENVEJECIMIENTO DE UNA BATERÍA

El envejecimiento de una batería provoca un aumento de su resistencia interna, debiéndose aumentar la tensión máxima de carga para mantener el mismo régimen de carga. Los principales mecanismos por los que envejece una batería son los siguientes:

1. La degradación de las placas positivas se origina por la continua sucesión de ciclos de carga y descarga.
2. La sulfatación es resultado de que la batería se encuentre mucho tiempo descargada o se someta a recargas insuficientes.
3. La estratificación es consecuencia de la gravedad y de períodos largos de inactividad de la batería.
4. La autodescarga cuando la batería se encuentra en circuito abierto.



7.1.4 MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DE UNA BATERÍA

El mantenimiento básico de una batería comprende:

- Vigilar que el nivel del electrolito sea el necesario, manteniendo su concentración
- Mantener los terminales de conexión eléctricos entre las células y las baterías en buen estado.
- Controlar que el voltaje de todos los vasos de la batería sea el mismo.
- Limpiar la superficie de las baterías
- Realizar pruebas periódicas para verificar los problemas de degradación y envejecimiento.

A continuación se expresan algunas recomendaciones de seguridad:

- Las baterías se situarán en lugares ventilados.
- La sala de baterías se señalizará con carteles de riesgo eléctrico, riesgo de explosión y corrosión, así como la prohibición de fumar.
- Se adoptarán las medidas de protección necesarias para evitar el cortocircuito accidental de los terminales de la batería.
- La iluminación de la sala se realizará con fluorescentes o lámparas halógenas que no produzcan chispas.
- Es conveniente utilizar batas, guantes y gafas protectoras durante su manejo.
- En caso de que existan ventanas en la sala de baterías se impedirá que éstas reciban radiación directamente de ellas.

7.2 REGULADORES

El regulador de tensión es un dispositivo electrónico cuya misión es proteger a la batería frente a sobrecargas y descargas profundas.





7.2.1 TENSIONES DE REGULACIÓN

En los reguladores se utilizan cuatro valores de regulación:

- Tensión de corte de sobrecarga V_{SC} es la máxima tensión que el regulador permite que alcance la batería.
- Tensión de rearme de carga V_{RC} es el valor de la tensión a la cual el regulador vuelve a reconectar el generador fotovoltaico a la batería.
- Tensión de corte de sobre descarga V_{SD} es el valor de tensión de la batería por debajo del cual se interrumpe el suministro de electricidad a las cargas.
- Tensión de rearne de descarga V_{RD} es el valor de tensión al cual se reconecta de nuevo el consumo a la batería.

7.2.2 TIPOS DE REGULADORES

Regulador serie: el principio de funcionamiento es un interruptor que se coloca en serie entre el generador fotovoltaico y la batería. Este interruptor desconecta el generador de la batería, no permitiendo el paso de corriente, cuando se alcanza la tensión límite de carga, evitando de esta forma la sobrecarga.

Este regulador también incluye otro interruptor entre la batería y el consumo que evita la descarga de la misma.

Regulador paralelo: cuando la tensión en bornes de la batería llega al valor de la tensión de sobrecarga V_{SC} el regulador, en lugar de interrumpir la corriente que llega a la batería, deriva parte de la misma, dejando pasar sólo una cantidad de corriente que evita la auto descarga.

Una vez alcanzado el voltaje de corte por sobrecarga, el generador fotovoltaico se cortocircuita.

7.3 INVERSORES

Un generador fotovoltaico produce corriente continua. En sistemas fotovoltaicos autónomos los inversores son los elementos encargados de transformar la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna.



7.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS INVERSORES

Capacidad de sobrecarga: un inversor debe ser capaz de proporcionar potencias punta varias veces superiores a su potencia nominal durante periodos de tiempo limitados.

Rendimiento: es la relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada de éste.

Estabilidad de voltaje: el inversor debe mantener un voltaje de salida para el circuito de consumo constante, independientemente de la potencia que se demande en cada momento.

Distorsión armónica, THD: parámetro utilizado para indicar el contenido en armónicos de la onda de tensión de salida del inversor.

Regulación en frecuencia: el inversor autónomo debe mantener constante la frecuencia.

Possibilidad de conectar inversores en paralelo

Arranque automático: sistema automático de detección de conexión de cualquier carga.

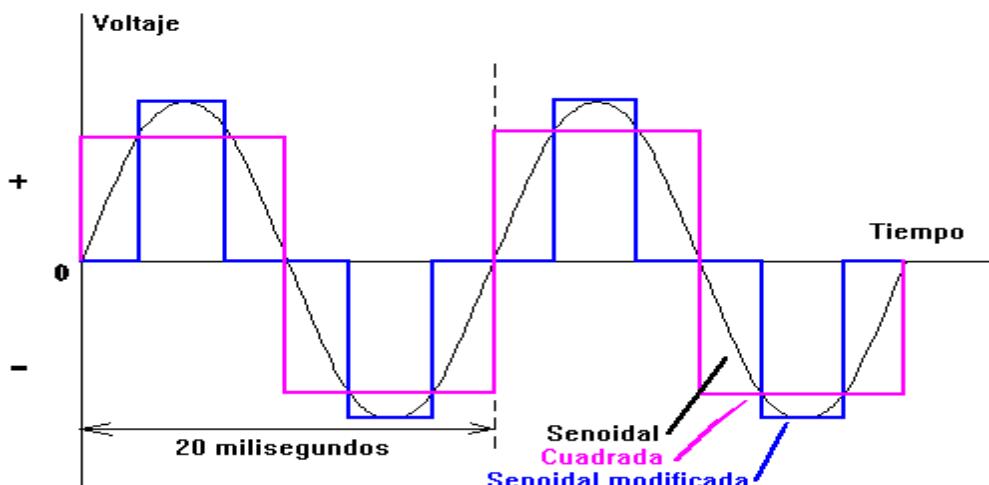
Autoconsumo: ha de ser menor o igual al 2% de la potencia nominal de salida.

Seguridad: los inversores deberán estar protegidos frente a las siguientes situaciones:

- Desconexión de la batería
- Cortocircuito en la salida de la corriente alterna
- Sobrecargas
- Sobrecalentamientos
- Inversión de la polaridad

7.3.2 CLASIFICACIÓN DE LOS INVERSORES

En función de la onda de tensión de salida pueden ser de onda cuadrada, semisenoidal o senoidal.



Los inversores de onda cuadrada son los más baratos. La onda de salida tiene un gran contenido en armónicos, por lo que no son aptos para motores. Los inversores semisenoidales son lo que presentan mejor relación calidad-precio, aunque no se recomiendan para aparatos electrónicos delicados. Los senoidales son los mejor indicados para trabajar con cargas sensibles y se están imponiendo en la actualidad.

7.4 CARGAS DE CONSUMO

Son los consumos que tiene que satisfacer un sistema fotovoltaico y los que determinan el tamaño de éste. Pueden ser DC, AC o mixtos. Los más comunes son los relacionados con la iluminación y los sistemas de refrigeración.

8 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

La finalidad del dimensionado es calcular los elementos de ésta (potencia del campo de paneles, capacidad de la batería, regulador, inversor, etc.). Se divide en tres partes fundamentales:

- ✓ Estimación de las necesidades a cubrir
- ✓ Evaluación de la energía solar disponible
- ✓ Cálculo y elección de los componentes de la instalación



8.1 NECESIDADES A CUBRIR

En nuestro proyecto el sistema fotovoltaico servirá para cubrir las necesidades de iluminación del albergue de montaña y los aerogeneradores eólicos serán los encargados de proporcionar la energía necesaria para alimentar los distintos aparatos electrónicos que presenta la instalación.

8.1.1 ILUMINACIÓN

Es importante considerar el tipo de iluminación que se va a utilizar en la instalación. Como primera aproximación se muestra esta tabla comparativa en cuanto a consumo de los distintos tipos de iluminación: incandescentes, bombillas de bajo consumo y leds.

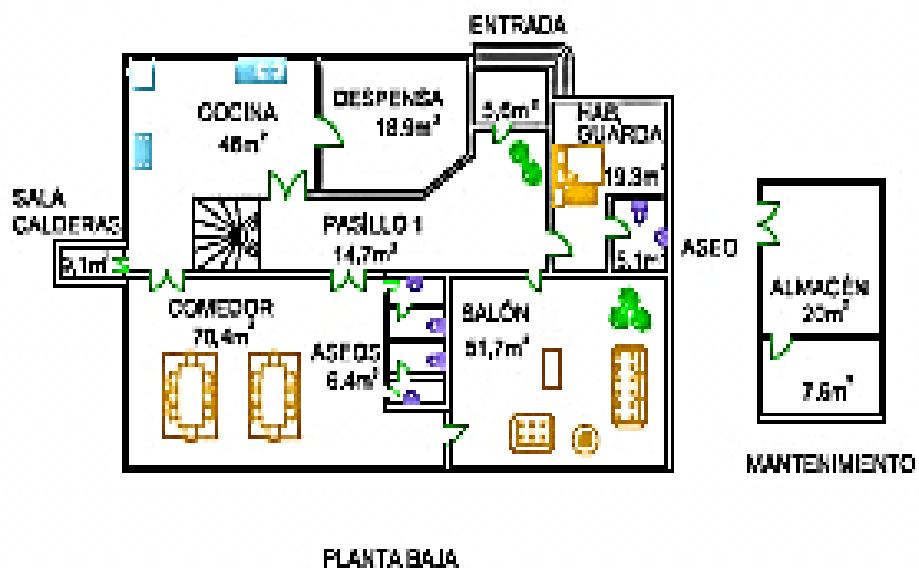
Incandescente	Compacta CFL	CCFL ó T-Thin	LED
25 W	5 W	-	4,5 a 9 W
40 W	8 W	5 W	6 a 12 W
60 W	12 W	7 W	5 W
75 W	15 W	11 W	10 W
100 W	18 W	14 W	12 W
125 W	25 W	18 W	15 W
150 W	30 W	23 W	20 W

En el caso que nos ocupa se ha optado por la tecnología led por las razones que se enumeran a continuación:

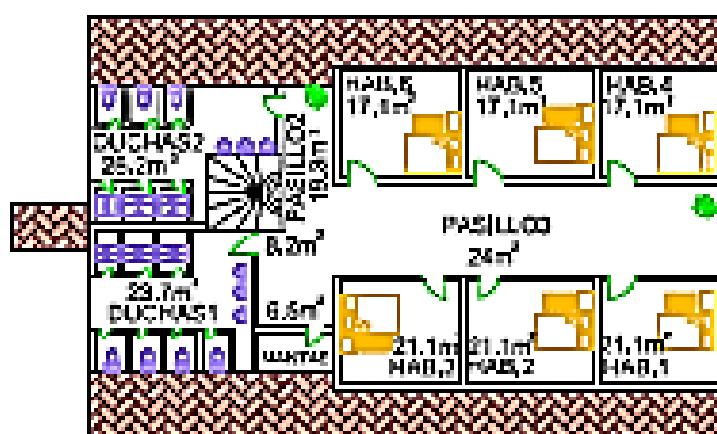
- **Alta Eficiencia Energética:** Una bombilla LED consume 10 veces menos que una bombilla incandescente, la cuarta parte de un tubo fluorescente y la mitad que una bombilla de bajo consumo.
- **Gran Durabilidad:** Los LEDs duran 50 veces más que una bombilla incandescente, 10 veces más que un tubo fluorescente y 6 veces más que una bombilla de bajo consumo. El LED tiene una vida útil superior a 50.000 horas, que equivale a 50 años encendiendo la luz casi 3 horas diarias. Esto significa un gran ahorro en lámparas y servicio de mantenimiento.
- **Luz Unidireccional y Reducido Tamaño:** Permite crear fuentes luminosas muy eficientes requiriendo menos lúmenes, ya que solo se emite luz en la dirección deseada. Una bombilla normal necesita más lúmenes porque muchos de ellos se pierden en las zonas posteriores de la lámpara.

- **No se Calientan:** Al transformar más del 90% de la energía eléctrica en luz, solo se pierde en forma de calor menos del 10% de la energía, con lo cual prácticamente no emiten calor. Esto también contribuye al ahorro en aire acondicionado en verano, pues no caldean el ambiente.
- **Ecológicas:** El ahorro energético conseguido con las ventajas anteriores supone reducir incluso más del 90% la emisión de CO₂ y la generación de residuos nucleares, y su larga durabilidad produce un 95% menos de desechos. Además, las bombillas LED no contienen materiales contaminantes, cumpliendo la directiva RoHS (por el contrario, los tubos fluorescentes y las bombillas de bajo consumo están llenos de vapor de mercurio, que es muy tóxico y afecta irreversiblemente al sistema nervioso).
- **Ahorro Económico:** Aunque el precio de las bombillas LED pueda parecer caro, las ventajas que hemos visto hacen que sea la forma de iluminación más económica que existe. Por tanto, se trata de una inversión que se amortiza rápidamente con resultados muy positivos, y para la que también se disponen ayudas y subvenciones
- **Muy Resistentes:** Los LED son pequeños dispositivos de plástico muy resistentes a golpes y vibraciones. No sufren por encenderse y apagarse repetidamente. Una bombilla LED no se funde, solo va perdiendo brillo paulatinamente con el paso de los años, hasta llegar al final de su vida útil y se considere insuficiente para la potencia que fue fabricada.
- **Encendido Instantáneo:** Los LED encienden de inmediato al máximo brillo, sin necesidad de calentarse.

A continuación, se muestra un esquema de la distribución de la iluminación en el albergue:

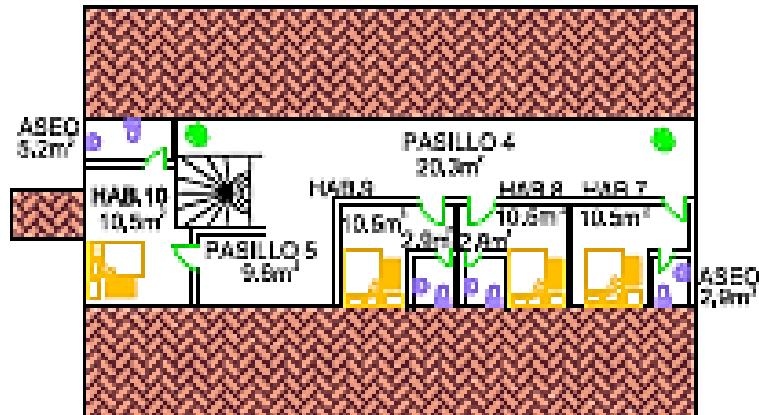


ESTANCIA	Nº DE BOMBILLAS
Comedor	18 bombillas de 5W
Salón	10 bombillas de 5W
Habitación del guarda	5 bombillas de 5W
Hall y pasillo 1	8 bombillas de 10W
Cocina	8 bombillas de 5W
Despensa	2 bombillas de 5W
Sala de calderas	1 bombilla de 5W
Almacén	2 bombillas de 5W
Mantenimiento	1 bombilla de 5W



PRIMERA PLANTA

ESTANCIA	Nº DE BOMBILLAS
Duchas 1 y 2	12 bombillas de 5W (por ducha)
Habitaciones (6)	8 bombillas de 5W (por habitación)
Pasillos 2 y 3	8 bombillas de 10W



SEGUNDA PLANTA

ESTANCIA	Nº DE BOMBILLAS
Habitaciones (4)	11 bombillas de 5W (por habitación)
Pasillos 4 y 5	8 bombillas de 10W

A continuación se muestran unas tablas correspondientes al consumo diario de potencia de cada mes en los que el refugio esté abierto. El cálculo se obtiene teniendo en cuenta el número de bombillas y su potencia en watos multiplicado por el tiempo de uso de éstas (medido en horas). El tiempo medio se estima de forma aproximada teniendo en cuenta las horas de luz correspondientes a cada mes así como el tanto por ciento de ocupación durante éstos, que es variable.



MES	ABRIL		
	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas / día)	Consumo diario (Wh / día)
Planta baja			
Comedor	5W(x8), 5W(x4) 5W(x2) ,5W(x4)	5 horas,3 horas 2 horas, 0,5 horas	290
Salón	5W(x6), 5W(x4)	4 horas, 2 horas	160
Habitación del guarda	5W(x2), 5W(x1) 5W(x2)	2 horas, 1 hora 0,5 horas	30
Hall y pasillo 1	10W(x3), 10W(x5)	4 horas, 2 horas	220
Cocina	5W(x5), 5W(x3)	4 horas, 1 hora	115
Despensa	5W(x2)	1 hora	10
Sala de calderas	5W(x1)	0,5 horas	2,5
Almacén	5W(x2)	1 hora	10
Manto.	5W(x1)	1 hora	5
Planta 1^a			
Duchas 1y2	5W(x3), 5W(x3) 5W(x3) ,5W(x3)	1 hora, 0,75 horas 1 hora, 2 horas	71,25(x2) 142,5
Habnes	5W(x3), 5W(x5)	2 horas, 1 hora	55(x6) 330
Pasillos 2 y 3	10W(x8)	3,5 horas	280
Planta 2^a			
Habnes	5W(x2), 5W(x2) 5W(x6) ,5W(x1)	2 horas,0,5 horas 1 hora, 2 horas	65(x4) 130
Pasillos 4 y 5	10W(x8)	2 horas	160
Consumo			1885



MES	MAYO/JUNIO		
	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas / día)	Consumo diario (Wh / día)
Planta baja			
Comedor	5W(x8), 5W(x4) 5W(x2) ,5W(x4)	4 horas,2,5 horas 2 horas, 0,5 horas	240
Salón	5W(x6), 5W(x4)	3 horas, 2 horas	130
Habitación del guarda	5W(x2), 5W(x1) 5W(x2)	2 horas, 1 hora 0,5 horas	30
Hall y pasillo 1	10W(x3), 10W(x5)	3 horas, 2 horas	190
Cocina	5W(x5), 5W(x3)	4 horas, 1 hora	115
Despensa	5W(x2)	1 hora	10
Sala de calderas	5W(x1)	0,5 horas	2,5
Almacén	5W(x2)	1 hora	10
Mantenimiento	5W(x1)	1 hora	5
Planta 1^a			
Duchas 1y2	5W(x3), 5W(x3) 5W(x3) ,5W(x3)	1 hora, 0,5 horas 1 hora, 2 horas	67,5(x2) 135
Habitaciones	5W(x3), 5W(x5)	2 horas, 1 hora	55(x6) 330
Pasillos 2 y 3	10W(x8)	2,5 horas	200
Planta 2^a			
Habitaciones	5W(x2), 5W(x2) 5W(x6) ,5W(x1)	2 horas,0,5 horas 1 hora, 2 horas	65(x4) 130
Pasillos 4 y 5	10W(x8)	1 horas	80
Consumo			1607,5



MES	JULIO		
	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas / día)	Consumo diario (Wh / día)
Planta baja			
Comedor	5W(x8), 5W(x4) 5W(x2) ,5W(x4)	3 horas,2 horas 2 horas, 0,5 horas	190
Salón	5W(x6), 5W(x4)	2,5 horas, 2 horas	115
Habitación del guarda	5W(x2), 5W(x1) 5W(x2)	2 horas, 1 hora 0,5 horas	30
Hall y pasillo 1	10W(x3), 10W(x5)	2,5 horas, 2,5 horas	200
Cocina	5W(x5), 5W(x3)	4 horas, 1 hora	115
Despensa	5W(x2)	1 hora	10
Sala de calderas	5W(x1)	0,5 horas	2,5
Almacén	5W(x2)	1 hora	10
Manto.	5W(x1)	1 hora	5
Planta 1^a			
Duchas 1y2	5W(x3), 5W(x3) 5W(x3) ,5W(x3)	2 horas, 1 hora 1,5 hora, 3 horas	112,5(x2) 225
Habnes	5W(x3), 5W(x5)	2 horas, 1 hora	55(x6) 330
Pasillos 2 y 3	10W(x8)	4,5 horas	360
Planta 2^a			
Habnes	5W(x2), 5W(x2) 5W(x6) ,5W(x1)	2 horas,0,5 horas 1 hora, 2 horas	65(x4) 130
Pasillos 4 y 5	10W(x8)	2,5 horas	200
Consumo			1922,5



Memoria y Anexos

MES	AGOSTO		
	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas / día)	Consumo diario (Wh / día)
<i>Plnta baja</i>			
<i>Comedor</i>	5W(x8), 5W(x4) 5W(x2) ,5W(x4)	3 horas, 2 horas 2 horas, 0,5 horas	190
<i>Salón</i>	5W(x6), 5W(x4)	2,5 horas, 2 horas	115
<i>Habitación del guarda</i>	5W(x2), 5W(x1) 5W(x2)	2 horas, 1 hora 0,5 horas	30
<i>Hall y pasillo 1</i>	10W(x3), 10W(x5)	2,5 horas, 4 horas	275
<i>Cocina</i>	5W(x5), 5W(x3)	4 horas, 1 hora	115
<i>Despensa</i>	5W(x2)	1 hora	10
<i>Sala de calderas</i>	5W(x1)	0,5 horas	2,5
<i>Almacén</i>	5W(x2)	1 hora	10
<i>Manto.</i>	5W(x1)	1 hora	5
<i>Planta 1^a</i>			
<i>Duchas 1y2</i>	5W(x3), 5W(x3) 5W(x3) ,5W(x3)	3 horas, 2 horas 2,5 horas, 4 horas	172,5(x2) 345
<i>Habnes</i>	5W(x3), 5W(x5)	2 horas, 1 hora	55(x6) 330
<i>Pasillos 2 y 3</i>	10W(x8)	8 horas	640
<i>Planta 2^a</i>			
<i>Habnes</i>	5W(x2), 5W(x2) 5W(x6) ,5W(x1)	2 horas,0,5 horas 1 hora, 2 horas	65(x4) 130
<i>Pasillos 4 y 5</i>	10W(x8)	3,5 horas	280
Consumo			2477,5



MES	SEPTIEMBRE		
	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas / día)	Consumo diario (Wh / día)
Planta baja			
Comedor	5W(x8), 5W(x4) 5W(x2) ,5W(x4)	4 horas,2,5 horas 2 horas, 0,5 horas	240
Salón	5W(x6), 5W(x4)	3 horas, 2 horas	130
Habitación del guarda	5W(x2), 5W(x1) 5W(x2)	2 horas, 1 hora 0,5 horas	30
Hall y pasillo 1	10W(x3), 10W(x5)	3 horas, 1,5 horas	165
Cocina	5W(x5), 5W(x3)	4 horas, 1 hora	115
Despensa	5W(x2)	1 hora	10
Sala de calderas	5W(x1)	0,5 horas	2,5
Almacén	5W(x2)	1 hora	10
Manto.	5W(x1)	1 hora	5
Planta 1^a			
Duchas 1y2	5W(x3), 5W(x3) 5W(x3) ,5W(x3)	1 hora, 0,75 horas 1 hora, 2 horas	71,25(x2) 142,5
Habnes	5W(x3), 5W(x5)	2 horas, 1 hora	55(x6) 330
Pasillos 2 y 3	10W(x8)	3 horas	240
Planta 2^a			
Habnes	5W(x2), 5W(x2) 5W(x6) ,5W(x1)	2 horas,0,5 horas 1 hora, 2 horas	65(x4) 130
Pasillos 4 y 5	10W(x8)	1,5 horas	120
Consumo			1670



8.1.2 CONSUMO DE APARATOS

APARATOS	CANTIDAD	POTENCIA (W)	HORAS	CONSUMO DIARIO (W)
T.V.	1 (Salón)	250	3	750
	1 (Habitación guarda)	250	2	500
	10(Habitaciones)	250	2	5000
FRIGORÍFICO	1	180	12	2160
LAVADORA	1	1000	1	1000
PORTATIL	2	60	2	240
VITROCERÁMICA	1	3000	1	3000
CAFETERA	1	250	0,5	125
DVD	1 (Habitación guarda)	150	2	300
	4 (Habitaciones)	150	2	1200



MICROONDAS	1	500	1	500
SECADOR	4	500	0,3	600
RADIO DE SOCORRO	1	20	0,16	3,2
LAVAJILLAS	1	1500	0,5	750
CAMPANA EXTRACTORA	1	200	0,25	50
RESISTENCIA CALENTAMIENTO	1	2500	2	5000
				CONSUMO TOTAL
				20578,2 W

8.2 EVALUACIÓN DEL APORTE DE ENERGÍA SOLAR

Para la energía solar aportada es necesario conocer la radiación solar incidente por m^2 del panel fotovoltaico orientado hacia el sur y con un ángulo de inclinación β respecto a la horizontal. Estos datos se encuentran en el anexo A en la tabla 5

Para valorar el mes sobre el que habrá que realizar los datos oportunos que llevarán a la elección de los distintos componentes es necesario hacer una relación entre la energía aportada y la que se necesita para cubrir las necesidades de cada mes. Aquel mes en el que la relación sea menor será considerado el más conflictivo y el que habrá que estudiar. La relación de datos se muestra en la siguiente tabla:

MES	APORTE H (MJ/m ² día)	Factor de Corrección k	K*H	Relación K*H/energía requerida
Abril	18,7	1,09	20,38	20,38/1,885=10,8
Mayo	20,3	1,04	21,1	21,1/1,6075=13,1
Junio	22,1	1,01	22,32	22,32/1,6075=13,9
Julio	23,1	1,04	24,02	24,02/1,9225=12,5
Agosto	20,9	1,1	23	23/2,4775=9,3
Septiembre	16,9	1,21	20,45	20,45/1,67=12,25

De los cálculos previos se deduce que el mes más conflictivo es Agosto, por lo que los componentes de la estación fotovoltaica se calcularán de acuerdo a las necesidades energéticas de ese mes.

8.3 CÁLCULO Y ELECCIÓN DE LOS COMPONENTES

8.3.1 BATERÍAS



Se han elegido para este proyecto baterías estacionarias por su larga vida su excepcional capacidad de funcionamiento en regímenes de carga y descarga lentas; concretamente de modelos de vasos independientes de 2 voltios.

Los acumuladores compuestos por elementos independientes son fácilmente sustituibles en caso de avería y precisan bajo mantenimiento, por lo que son muy recomendables.



CÁLCULO DE LA BATERÍA

- 1) El primer concepto a tener en cuenta es el factor R o factor global de rendimiento de la instalación, cuya fórmula es la siguiente:

$$R = 1 - \{(1 - k_b - k_c - k_v) * k_a * N/PD\} - k_b - k_c - k_v \text{ donde}$$

- k_b es el coeficiente de pérdidas por rendimiento en el acumulador. Su valor se suele tomar igual a 0,05.
- k_a es el coeficiente de autodescarga. Se considerará de valor 0,005 (0,5% diario)
- k_c es el coeficiente de pérdidas en el inversor; es de 0,2 para convertidores senoidales.
- k_v representa otras pérdidas; se toma 0,15
- N es el número máximo de días de autonomía. Para una instalación del tipo de nuestro proyecto se estima entre 5 y 10 días. Se ha elegido 8.
- PD representa la profundidad de descarga. En el dimensionado de instalaciones solares fotovoltaicas autónomas los valores de profundidad de descarga habituales elegidos por proyectistas son del 40 o 50%; en nuestro caso se ha tomado el 50%

Sustituyendo por los valores numéricos tenemos:

$$R = 1 - \{(1 - 0,05 - 0,2 - 0,15) * 0,005 * 8 / 0,5\} - 0,05 - 0,2 - 0,15 = \mathbf{0,552}$$

A la hora de calcular la capacidad de la batería habrá que estudiar de forma separada aquella energía que venga como resultado de la contribución solar y la proveniente de los aerogeneradores (eólica). Una vez calculadas ambas se sumarán.

- 2) La energía E necesitada diariamente mediante la fórmula $E = E_T / R$

$$E_T = E_{T\text{eólica}} + E_{T\text{fotov}} = 20578,2 + 2477,5 = 23055,7 \text{ Watios.}$$

$$E = 23055,7 / 0,552 = 41767,6 \text{ W}$$

- 3) Calcular la capacidad útil de la batería

$C_{\text{útil}} = E * N = 41767,6 * 8 = 334140,6 \text{ Wh}$; este valor normalmente se aporta en amperios/hora. Para realizar esta operación se divide el valor de la capacidad útil por la tensión de salida de la batería.

$$C_{\text{útil}} = 334140,6 / 48 = 6961,3 \text{ Ah}$$

- 4) Calcular la capacidad nominal asignada por el fabricante

$$C = C_{\text{útil}} / PD = 6961,3 \text{ Ah} / 0,552 = 12611 \text{ Ah.}$$



Memoria y Anexos

Se escoge una **batería formada por 24 vasos de 2 voltios modelo OpzS Solar 3350** conectadas en paralelo, de forma que la tensión de cada batería será de 48 voltios que coincide con la tensión de salida de la instalación. Se constituirán 4 baterías en paralelo con lo que la carga total aportada será de $3280 \text{ Ah} \times 4 = 13120 \text{ Ah}$ que sirve para cubrir las necesidades calculadas de 12611Ah.

TIPO	Capacidad Ah en C100 25°C 1,80 V/C	Tensión	Dimensiones por elemento (mm)			kg por elem. (con ácido)
			Ancho	Largo	Alto	
OpzS Solar190	185	2V	208	105	405	13.7
OPzS Solar245	240	2V	208	105	405	15.2
OPzS Solar305	300	2V	208	105	405	16.6
OPzS Solar380	370	2V	208	126	405	20
OPzS Solar450	440	2V	208	147	405	23.3
OPzS Solar550	540	2V	208	126	520	26.7
OPzS Solar660	645	2V	208	147	520	31
OPzS Solar765	750	2V	208	168	520	35.4
OPzS Solar985	970	2V	208	147	695	43.9
OPzS Solar 1080	1055	2V	208	147	695	47.2
OPzS Solar 1320	1295	2V	193	215	695	59.9
OPzS Solar 1410	1380	2V	193	215	695	63.4
OPzS Solar 1650	1620	2V	235	215	695	73.2
OPzS Solar 1990	1950	2V	277	215	695	86.40
OPzS Solar 2350	2300	2V	277	215	845	108
OPzS Solar 2500	2445	2V	277	215	845	114
OPzS Solar 3100	3040	2V	400	215	815	151
OPzS Solar 3350	3280	2V	400	215	815	158
OPzS Solar 3850	3765	2V	490	215	815	184
OPzS Solar 4100	4000	2V	490	215	815	191
OPzS Solar 4600	4500	2V	580	215	815	217

8.3.2 CAMPO DE PANELES Y AEROGENERADORES

A la hora de calcular el nº de paneles y aerogeneradores necesarios, es necesario discernir cuáles serán las necesidades a cubrir por cada grupo.

PANELES SOLARES: éstos cubrirán las necesidades de la iluminación que supone una $E_{T\text{fotov}} = 2477,5$ Watios, lo que se traslada a:
 $E = E_{T\text{fotov}} / R = 2477,5 / 0,552 = 4488,2\text{W}$

La cantidad diaria de energía E_p que deben generar los paneles será siempre mayor que E . Se considera que un 10% de la energía que producen los paneles se disipará en el regulador y no se convertirá en energía útil, por lo que se calcula
 $E_p = E / 0,9 = 4488,2 / 0,9 = 4986,9\text{W}$



Memoria y Anexos

Para poder evaluar la energía que un panel fotovoltaico es capaz de producir diariamente se introduce el concepto de número de horas de sol pico (H.S.P.) cuyo valor es

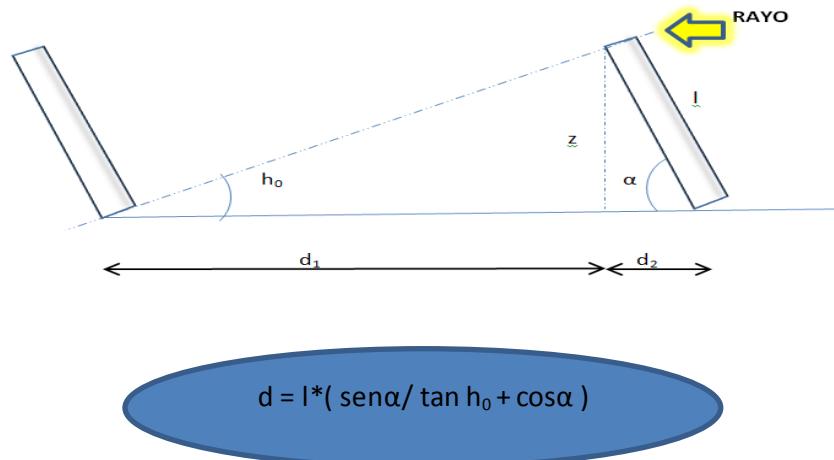
H.S.P.= $1/3,6*k*H(MJ)= 0,2778*k*H$ donde H es la energía que incide sobre 1 m^2 en un día medio de cada mes en una localidad determinada y k se denomina al factor de corrección para las superficies inclinadas. Ambos datos se encuentran en la tabla 9 del anexo A. En nuestro caso particular se calcula con los siguientes datos:

$$H.S.P.= 0,2778*k*H= 0,2778*1,1*20,9= 6,39$$

Nº paneles= $4986,9/(0,9*110*6,39) = 7,88$. El conjunto estará formado por 8 paneles, distribuidos en 4 ramas y con dos paneles en serie por rama. El modelo elegido es el **SM110/24** de la compañía Siemens de 24 voltios y potencia de 110W.

CÓDIGO ELEMON	TIPO	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES DEL PANEL			DIMENSIONES P/EL MONTAJE			POTENCIA NOMINAL Pmáx	TENSIÓN NOMINAL Vmpp	CORRIENTE NOMINAL Impp	PRECIO
			A	B	C	D	E	F				
			(cm)									
DOP1622700	SM6	Módulo 6 Watt 12 Volts	33.0	17.5	3.5	30.3	-	13.2	6	15.00	0.39	\$ 185.10
DOP1622720	SM10	Módulo 10 Watt 12 Volts	36.0	33.0	3.5	33.3	-	28.7	10	16.30	0.61	\$ 272.58
DOP1622740	SM20	Módulo 20 Watt 12 Volts	56.7	32.8	3.5	54.0	-	28.6	20	14.50	1.38	\$ 481.21
DOP1622760	SM46	Módulo 46 Watt 12 Volts	108.3	32.9	3.4	105.4	64.3	28.6	46	14.60	3.15	\$ 639.38
DOP1622800	SM50-H	Módulo 50 Watt 12 Volts	121.9	32.9	3.4	119.1	64.3	28.6	50	15.90	3.15	\$ 625.92
DOP1622780	SM50	Módulo 50 Watt 12 Volts	129.3	32.9	3.4	126.4	64.3	28.6	50	16.60	3.05	\$ 592.27
DOP162	SM55	Módulo 55 Watt 12 Volts	129.3	32.9	3.4	126.4	64.3	28.6	55	17.40	3.15	#N/A
DOP1622820	SM100	Módulo 100 Watt 12 Volts	132.1	66.0	4.0	128.3	64.3	61.5	100	17.00	5.9	\$ 1,150.87
DOP1622840	SM100-24	Módulo 100 Watt 24 Volts	132.1	66.0	4.0	128.3	64.3	61.5	100	34.00	2.95	\$ 1,120.59
DOP1622860	SM110	Módulo 110 Watt 12 Volts	132.1	66.0	4.0	128.3	64.3	61.5	110	17.50	5.9	\$ 1,265.29
DOP1622880	SM110-24	Módulo 110 Watt 24 Volts	132.1	66.0	4.0	128.3	64.3	61.5	110	35.00	2.95	\$ 1,231.63
DOP1622500	SP10	Módulo 10 Watt 12 Volts	63.3	27.5	3.4	60.7	15.2	23.2	10	16.30	1.1	\$ 180.09
DOP1622520	SP36	Módulo 36 Watt 6/12 Volts	63.3	52.7	3.4	60.7	15.2	48.3	36	8,5/17	4.2/2.1	\$ 481.21
DOP1622540	SP65	Módulo 65 Watt 6/12 Volts							65			\$ 827.71
DOP1622560	SP70	Módulo 70 Watt 6/12 Volts	120.0	52.7	3.4	117.2	64.3	48.3	70	8,25/16,5	8.5/4.25	\$ 814.36
DOP1622580	SP75	Módulo 75 Watt 6/12 Volts	120.0	52.7	3.4	117.2	64.3	48.3	75	8,5/17	8.8/4.4	\$ 848.01
DOP1622600	SP130	Módulo 130 Watt 6/12 Volts							130			\$ 1,501.27
DOP1622620	SP140	Módulo 140 Watt 6/12 Volts							140			\$ 1,642.01
DOP1622640	SP150	Módulo 150 Watt 6/12 Volts							150			\$ 1,809.56
DOP162	SR50	Módulo 50 Watt 6/12 Volts	78.3	59.4	3.4	75.4	-	55.0	50	8,5/17	5.9/2.95	#N/A
DOP1622800	SR90	Módulo 100 Watt 6/12 Volts	149.8	59.4	4.0	146.3	64.3	55.8	90	8,5/17	10.8/5.4	\$ 625.92
DOP1622400	ST5	Módulo 5 Watt 12 Volts	32.9	20.6	3.6	28.5	-	17.8	5	15.60	0.32	\$ 127.87
DOP1622420	ST10	Módulo 10 Watt 12 Volts	32.9	35.9	3.5	28.5	-	35.9	10	15.60	0.64	\$ 225.47
DOP1622440	ST20	Módulo 20 Watt 12 Volts	32.9	74.8	3.5	28.5	-	71.9	20	15.60	1.29	\$ 383.64
DOP1622460	ST40	Módulo 40 Watt 12 Volts	129.3	32.9	3.6	126.4	64.3	28.6	40	16.60	2.41	\$ 511.51

Distancia mínima entre filas de módulos: la situación de las filas de paneles debe asegurar que en ningún momento se produzcan zonas con sombra. La distancia mínima se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:



$$H_0 = (90^\circ - \text{latitud lugar}) - 23,5^\circ 1' = (90^\circ - 42,1^\circ) - 23,5^\circ = 24,4^\circ$$

- Nota: la latitud del lugar se puede obtener a partir de la tabla I del anexo A.

De lo que deducimos:

$$d = l * \left(\frac{\sin \alpha}{\tan h_0} + \cos \alpha \right) = 0,66 * \left(\frac{\sin 30^\circ}{\tan 24,4^\circ} + \cos 30^\circ \right) = 1,29 \text{m.}$$

Añadiendo un 25% de seguridad $d = 1,25 * 1,29 = 1,62$. ; se toma 2 metros

IDENTIFICACIÓN DE LAS SOMBRAs: los valores máximos permitidos son los siguientes:

Pérdidas de radiación del generador	Valor máximo permitido (%)
Inclinación y orientación	20
Sombra	10
Combinación de ambas	20

El cálculo de estas pérdidas se hará de acuerdo al anexo C.

AEROGENERADORES: éstos cubrirán las necesidades de los aparatos electrónicos y la resistencia de apoyo del acumulador de agua caliente que suponen una $E_{\text{Teólica}} = 21178,2$ Watios, lo que se traslada a:
 $E = E_{\text{Teólica}} / R = 20578,2 / 0,552 = 37279,3 \text{W}$

A la hora de elegir un aerogenerador hay que conocer tanto los datos de vientos de la zona donde van a estar ubicados los aerogeneradores como la curva de potencia del aerogenerador a instalar.

Memoria y Anexos

- Los **datos de viento de la zona** en la página del IDEA <http://atlaseolico.idae.es/>. De acuerdo a esta página la velocidad media anual del viento en la región de Bielsa es en torno a los 5,5-6m/s.
- La **curva de potencia del aerogenerador** a instalar define la potencia que el aerogenerador es capaz de dar para esa velocidad.

Se estima que el número de horas de funcionamiento de un generador estaría en torno a las 12 horas.

Se plantean dos posibilidades:

A) GENERADOR BORNAY 3000

$$\text{Nº aerogeneradores} = E / (\text{Potencia} * \text{nº horas})$$

En este caso y, tal como se muestra en la gráfica, a una velocidad de aproximadamente 6 m/s el aerogenerador es capaz de aportar una potencia de en torno a 1000W.



De lo que se deduce, $\text{Nº aerogeneradores} = 37279,3 / (1000 * 12) = 3,1$.

Se redondearía a 4 aerogeneradores. Dado que este modelo está disponible tanto para tensiones de 24 o 48 voltios y que la tensión de la instalación es de 48 voltios, se podría bien distribuir dos ramas de aerogeneradores en paralelo constituidas por otros dos modelos en serie cada uno de 24 voltios o 4 aerogeneradores en paralelo de 48 voltios respectivamente.

B) GENERADOR BORNAY 6000

En este caso y, tal como se muestra en la gráfica, a una velocidad de aproximadamente 6 m/s el aerogenerador es capaz de aportar una potencia de en torno a 2000W.



De lo que se deduce, N° aerogeneradores = $37279,3 / (2000 * 12) = 1,55$.

Se redondearía a 2 aerogeneradores. Dado que este modelo sólo está disponible para tensiones de 48 voltios y que la tensión de la instalación es de 48 voltios, se colocarán los dos generadores en paralelo.

Dado que ambas opciones son viables, la decisión se tomará en términos económicos.

El modelo Bornay 3000, tanto de 24 como de 48 voltios, cuesta 5995€, por lo que el gasto total será de **5995 *4= 23980€**.

I-3000/24



I-3000/48



El modelo Bornay 6000, de 48 voltios, cuesta 9995€, por lo que el gasto total será de **9995 *2= 19990€**.



I-6000/48



Comparando los precios se observa un ahorro de 3990€ en el caso de optar por dos aerogeneradores Bornay 6000, y ésta será la opción elegida en nuestro caso particular.

8.3.3 REGULADORES

El regulador de carga de la parte de fotovoltaica deberá tener una tensión nominal igual a la tensión nominal de nuestra instalación (48 voltios). Deberá cumplir estas dos condiciones:

- **Corriente en la línea del generador:** debe ser un 25% superior a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico. El modelo de panel solar presenta una I_{SC} de 3,45 amperios por lo que:
 $I_{SC} = 1,25 * 4 * 2 * 3,45 = 34,5A$.
- **Corriente en la línea de consumo:** debe ser un 25% superior a la corriente máxima de consumo, siendo $I_{CONS} = P_{máx} / V_{Salida} = 1,25 * 2477,5 / 3 * 48 = 21,5A$.

Con estos datos se escoge el regulador SPS48D-100 de la empresa Sumsol cuya hoja de características se muestra a continuación. Particularmente es necesario prestar atención a los datos de máxima corriente de entrada del campo solar de 100A (>34,5) y corriente máxima de salida continua de 50A (>21,5).



Memoria y Anexos

CARACTERÍSTICAS															
	SPS12D-			SPS24D-			SPS48D-								
	-100	-200	-300	-100	-200	-300	-100	-200	-300						
REGULADOR															
Voltaje nominal	12 Vcc			24 Vcc			48 Vcc								
Máxima tensión entrada campo solar	30 Vcc			54 Vcc			96 Vcc								
Máxima corriente entrada campo solar	100 A	200 A	300 A	100 A	200 A	300 A	100 A	200 A	300 A						
Rango de ajuste tensión equalización	De 13,5 a 17,0 Vcc			De 27 a 34 Vcc			De 54 a 68 Vcc								
Rango de ajuste tensión absorción	De 12,0 a 13,5 Vcc			De 24 a 27 Vcc			De 48 a 54 Vcc								
Rango de ajuste tensión flotación	De 12,0 a 15 Vcc			De 24 a 30 Vcc			De 48 a 60 Vcc								
Autoconsumo máximo	170 mA			170 mA			170 mA								
Autoconsumo típico	60 mA			60 mA			60 mA								
Máxima sección de cable de campo solar	35 mm ²	50 mm ²	70 mm ²	35 mm ²	50 mm ²	70 mm ²	35 mm ²	50 mm ²	70 mm ²						
CONTROL DE LA TENSIÓN DE SALIDA															
Máxima corriente de salida continua	50 A			50 A			50 A								
Límite de corriente de sobrecarga	70 A			70 A			70 A								
Máxima sección de cable a consumos	50 mm ²			50 mm ²			50 mm ²								
Toma de tierra	Positiva (opcionalmente también negativa)														
ALARMAS															
Corriente del relé	1 A	2 A	2 A	1 A	2 A	2 A	1 A	2 A	2 A						
Tensión máxima del relé	60 Vcc			60 Vcc			60 Vcc								
Máxima sección de cable admitida	1 mm ²			1 mm ²			1 mm ²								
Corriente de entrada del sensor de alarma	0,5 mA			0,5 mA			0,5 mA								
Tensión de entrada del sensor de alarma	5 Vcc			5 Vcc			5 Vcc								
ENTORNO															
Rango de temperatura de funcionamiento	De -15 a +60 °C														
Altitud máxima	Hasta 5.000 metros sobre el nivel del mar														
Peso	17 kg														

El regulador de la parte eólica está incluido en el aerogenerador. Es un regulador de 48 voltios y 150 amperios; habrá uno por cada aerogenerador.

8.3.4 INVERSOR

Para la elección del inversor se tendrá en cuenta lo siguiente:

- La tensión nominal de funcionamiento de la instalación (48 voltios)
- La potencia de arranque de los consumos de corriente alterna que funcionen al mismo tiempo
- La potencia de los consumos de corriente alterna que funcionen de forma simultánea. En la tabla siguiente se muestran los consumos que se considera que en un momento dado puedan estar funcionando al mismo tiempo.

Consumos	Potencia (W)
Lavadora	1000
Vitrocéramica	3000
Televisión	250
Frigorífico	180
1/3 de la iluminación total	825,8

Potencia
total
5255,8



Memoria y Anexos

Se ha seleccionado un inversor de la marca **Studer modelo XTH 8000-48** cuya ficha se muestra a continuación.



DESCRIPCIÓN(datos técnicos a 25°C / 77°F)	XTH 3000-12	XTH 5000-24	XTH 6000-48	XTH 8000-48
Tensión nominal de batería	12 V	24 V	48 V	
Campo de tensión de entrada	9,5-17 V	19-34 V		38-68 V
Potencia continua (W)	2500	4500	5000	7000
Potencia máx por 30 min.(W)	3000	5000	6000	8000
Campo de tensión de entrada	9,5-17 V	19-34 V	38-68 V	
Máx. potencia 5 sec. (kW)	7,5	12	15	21
Potencia Smart-Boost 30 min (W)	3000	5000	6000	8000
Función cargador	0-160 A	0-140 A	0-100 A	0-120 A
Peso (kg)	34	40	42	46
Dimensiones AxaxL (mm)			230 x 300 x 500	
Tensión de salida.			Onda senoidal 230 Vac (+/-2%)/190-245 Vac	
Índice de protección			IP 23	
Garantía			2 años	

8.3.5 GRUPO ELECTRÓGENO

Un **grupo electrógeno** es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna.

Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico. Así mismo, la legislación de los diferentes países pueden obligar a instalar un grupo electrógeno en lugares en los que haya grandes densidades de personas (centros comerciales, restaurantes, cárceles, edificios administrativos...)

Una de las utilidades más comunes es la de generar electricidad en aquellos lugares donde no hay suministro eléctrico, generalmente son zonas apartadas con pocas infraestructuras y muy poco habitadas. Otro caso sería en locales de pública concurrencia, hospitales, fábricas, etc., que a falta de energía eléctrica de red, necesiten de otra fuente de energía alterna para abastecerse.

CÁLCULO DEL GRUPO ELECTRÓGENO

Hay que conocer el consumo de las cargas que el grupo electrógeno habrá de cubrir al mismo tiempo, teniendo en cuenta que en el caso de motores eléctricos en el momento del arranque se consume tres veces más que la potencia media. Los consumos serán los siguientes:

Aparato	Consumo
Lavadora	1000W (x3) = 3000W
Frigorífico	180W (x3) = 540W
Televisión	250W
Vitrocerámica	3000W
1/3 iluminación	825.8W
TOTAL	
7615,8 w	



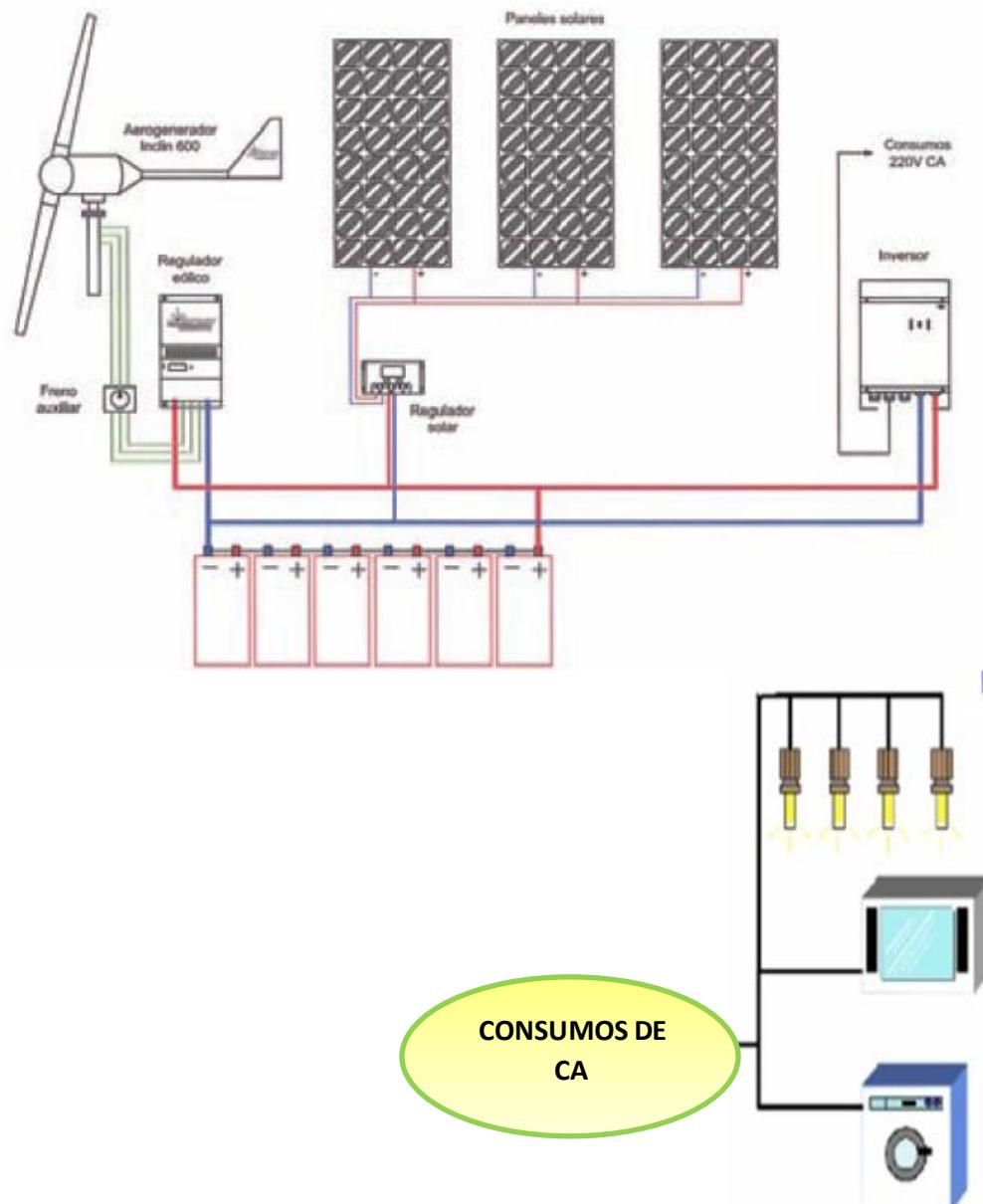
Se ha elegido como grupo electrógeno el modelo L12, motor 25LD425-2 de la marca Gesán que funciona con gasóleo de potencia continua de 8,51kW

Consumos

	Potencia Continua		Potencia Emergencia	
	L/h	Autonomía (horas)	L/h	Autonomía (horas)
			25%	50%
25%	0	0	0	0
50%	0	0	0	0
75%	1,8	2,2	0	0
100%	2,4	1,7	0	0

8.4 CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

La instalación deberá cumplir el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.





Memoria y Anexos

Hay que considerar algunas cuestiones en relación a los elementos de desconexión:

- Se recomienda la utilización de elementos de desconexión que aíslen todas las ramas del circuito.
- Hay que señalizar adecuadamente los elementos de desconexión.
- Los elementos de desconexión deben posibilitar el aislamiento bajo carga.
- Los elementos de desconexión serán apropiados a la tensión e intensidad del circuito.
- Han de instalarse en sitios de fácil acceso.

Hay que tener algunas consideraciones en relación a los elementos de protección:

- Deberán actuar de forma automática frente a sobrecargas, cortocircuitos interrumpiendo el paso de la corriente.
- Los más utilizados habitualmente son los fusibles, interruptores magnetotérmicos e interruptores diferenciales.
- Los varistores se utilizan para reducir las sobretensiones de origen atmosférico.

En nuestra instalación se distinguen las siguientes partes: campo generador-regulador, regulador-batería, batería-inversor, inversor-carga de corriente continua.

CAMPO GENERADOR REGULADOR

El tipo de cableado para esta parte del circuito es un cable bipolar bajo tubo (al aire o enterrado).

Para este circuito se admite una caída de tensión en torno al 3%, por lo que $\Delta V = 3/100 * 48 = 1,44V$. Dado que existen dos circuitos generador-regulador (uno para la parte fotovoltaica y otro para la eólica) se estudiarán por separado.

PARTES FOTOVOLTAICA

Se considera una longitud en torno a los 8 metros y una corriente $I = I_{SC\ gen} * 4 * 2 * 1,25 = 3,45 * 4 * 2 * 1,25 = 34,5$ amperios.

Por tanto dado que $S = 2 * L * I / (56 * \Delta V) = 2 * 8 * 34,5 / (56 * 1,44) = 6,84$. Se escoge la sección comercial inmediatamente superior que corresponde a $10mm^2$.

PARTES EÓLICA

$I_{GEN} = 6000W / 48 = 125$ amperios. Tomando otros 7 metros de longitud y siguiendo la fórmula anterior, $S = 2 * 8 * 125 / (56 * 1,44) = 24,8mm^2$. Se escoge la sección comercial inmediatamente superior que corresponde a $25mm^2$.



CAMPO REGULADOR BATERÍA

El tipo de cableado para esta parte del circuito son dos cables unipolares al aire o bajo canaleta.

Para este circuito se admite una caída de tensión en torno al 1%, por lo que $\Delta V = 1/100 \cdot 48 = 0,48V$. Dado que existen dos circuitos generador-regulador (uno para la parte fotovoltaica y otro para la eólica) se estudiarán por separado.

PARTE FOTOVOLTAICA

Se considera una longitud en torno a 1,5 metros y una corriente que habrá que elegir entre la corriente del generador o la batería.

$$I_{GEN} = I_{SC\ gen} \cdot 4 \cdot 2 \cdot 1,25 = 3,45 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 1,25 = 34,5 \text{ amperios.}$$

$$I_{BAT} = I_{inv}/V = 5255,8/48 = 109,5 \text{ A}$$

La corriente más restrictiva es la de la batería, por tanto y dado que $S = 2 \cdot L \cdot I / (56 \cdot \Delta V) = 2 \cdot 1,5 \cdot 109,5 / (56 \cdot 0,48) = 12,22 \text{ mm}^2$. Se escoge la sección comercial inmediatamente superior que corresponde a 16 mm^2 .

PARTE EÓLICA

Se considera una longitud en torno a 1,5 metros y una corriente que habrá que elegir entre la corriente del generador o la batería.

$$I_{GEN} = P_{gen}/48 = 6000/48 = 125 \text{ amperios.}$$

$$I_{BAT} = I_{inv}/V = 5255,8/48 = 109,5 \text{ A}$$

La corriente más restrictiva es la del generador. De esta forma $S = 2 \cdot 1,5 \cdot 125 / (56 \cdot 0,48) = 13,95 \text{ mm}^2$. Se escoge la sección comercial inmediatamente superior que corresponde a 16 mm^2 .

CAMPO BATERÍA INVERSOR

El tipo de cableado para esta parte del circuito son dos cables unipolares al aire o bajo canaleta.

Para este circuito se admite una caída de tensión en torno al 1%, por lo que $\Delta V = 1/100 \cdot 48 = 0,48V$. En el cálculo de la corriente se tendrá en cuenta la potencia consumida de forma simultánea por las cargas; de acuerdo a una tabla anterior utilizada en el apartado de cálculo del inversor, este consumo es de un valor de $5255,8W$, por lo que $I = 5255,8/48 = 109,5 \text{ amperios.}$

De esta forma, y para una longitud aproximada de alrededor de 1 metro, $S = 2 \cdot 1 \cdot 109,5 / (56 \cdot 0,48) = 8,15$. Se escoge una sección comercial de 10 mm^2



CAMPO INVERSOR CONSUMOS

El tipo de cableado para esta parte del circuito es un cable bipolar bajo tubo (al aire o enterrado).

Para este circuito se admite una caída de tensión en torno al 3%, por lo que $\Delta V = 3/100 \cdot 48 = 1,44V$. Dado que existen dos circuitos generador-regulador (uno para la parte fotovoltaica y otro para la eólica) se estudiarán por separado.

Para una corriente igual a la corriente del inversor de valor de 109,5 amperios y una longitud de 20 metros, $S = 2 \cdot 20 \cdot 109,5 / (56 \cdot 1,44) = 54,3$. Se escoge la sección comercial inmediatamente superior de 70 mm²

9 MONTAJE DE LA INSTALACIÓN

A continuación se indican las que se consideran operaciones principales:

- Transporte de los elementos, herramientas de trabajo al lugar de la instalación
- Colocación y anclaje del regulador y del inversor en el armario de control.
- Montaje del cuadro eléctrico en el armario de control
- Colocación en la caseta de las bancadas para las baterías
- Colocación de las baterías sobre las bancadas
- Transporte de la estructura soporte hasta el lugar de la instalación
- Montaje y anclaje de la estructura soporte
- Transporte de los paneles fotovoltaicos hasta el lugar de la instalación
- Anclaje de los paneles a la estructura soporte
- Colocación de las cajas de conexiones principales del generador fotovoltaico
- Cableado serie-paralelo del campo generador
- Tendido de cables desde el campo generador hasta el armario de control
- Interconexión en el armario de control del campo generador, regulador, batería, inversor y consumos
- Señalización de seguridad en el cuarto de las baterías y en el armario de control.



10 MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Existen dos tipos de actuación: preventivo y correctivo.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Su finalidad es mantener la instalación en un estado de conservación y funcionamiento similar a la correspondiente a la puesta en marcha y detectar a tiempo los posibles defectos o anomalías. Comprende las siguientes operaciones:

- Verificación del funcionamiento de todos los componentes y equipos
- Revisión del cableado y conexiones
- Comprobación del estado de los módulos
- Revisión de posibles daños en las estructuras soporte
- Revisar el estado de las baterías, el regulador de carga y el inversor
- Comprobar las caídas de tensión en el cableado de continua
- Verificación de los elementos de seguridad y protecciones

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Son las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente. Incluye:

- La visita a la instalación en los plazos indicados
- El análisis y presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación
- Los costes económicos del mantenimiento correctivo

Generalmente las causas de las averías son consecuencia de los errores que se hayan podido cometer, bien en las fases de diseño, de montaje o de utilización de la misma.

11 PRESUPUESTO

Tal como se estudia en el documento de los presupuestos, el gasto total que supondría la instalación del ACS e iluminación mediante colectores, paneles solares y aerogeneradores asciende a un total de 116219,27€. En el total se incluyen los materiales necesarios para la instalación térmica y fotovoltaica, los gastos de obra civil y los tantos por ciento correspondientes al beneficio industrial, gastos imprevistos, tasas de la DGA, visados y administración.



12 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Las instalaciones fotovoltaicas tienen un impacto ambiental prácticamente nulo.

Se plantea la comparación entre nuestra instalación fotovoltaica/eólica y la misma instalación funcionando con el grupo electrógeno en términos medioambientales. El grupo electrógeno utilizado será el seleccionado previamente de tensión de 8,51kW. Dado que la potencia máxima de las cargas que funcionan simultáneamente es de 5805,8W, el grupo electrógeno es capaz de administrar esa potencia funcionando al 75% de su capacidad. Trabajando a este rendimiento el grupo electrógeno consume 1,8 litros por hora y, tomando una media de tiempo de funcionamiento de 12 horas al día, el consumo diario será de $1,8 \times 12 = 21,6$ litros; el consumo anual será pues de $21,6 \times 365 = 7884$ litros de gasoil. De acuerdo a los datos correspondientes, 1 litro de gasoil emite 2,650 gramos de CO₂ por litro, por lo que al año se ahorrarán un total de $2,650 \times 7884 = 20,9$ kilogramos de dióxido de carbono emitidos a la atmósfera.

12.1 IMPACTO DEBIDO A LA FABRICACIÓN DE COMPONENTES

En todos los procesos de **fabricación de módulos fotovoltaicos, componentes electrónicos para los inversores, estructuras, cables, etc.** es donde las emisiones gaseosas a la atmósfera y vertidos al sistema de saneamiento, pueden tener mayor impacto sobre el medio.

Los **residuos tóxicos y peligrosos** están regulados por el Real Decreto 833/1988 de 20 de julio. En este documento se encuentran reglamentadas las actuaciones en materia de eliminación de este tipo de residuos, que se resume en un correcto etiquetado y en su almacenamiento hasta la retirada por empresas gestoras de residuos.

Esto se traduce en costes asociados a los procesos de fabricación de manera que en el diseño de procesos hay que tener en cuenta los posibles residuos. Los principales residuos de esta clase son: disoluciones de metales, aceites, disolventes orgánicos, restos de los dopantes y los envases de las materias primas que han contenido estos productos.

Los ácidos y los álcalis empleados en los procesos de limpieza pertenecen a la clase de residuos que se eliminan a través del sistema integral de saneamiento. Estos están regulados por la Ley 10/1993 de 26 de octubre. Esta ley limita las concentraciones máximas de contaminantes que es posible verter, así como la temperatura y el pH de los mismos. Las desviaciones con respecto a los valores marcados por la ley se reflejan en el incremento de la tasa de depuración.

En cuanto a la **energía consumida en el proceso de fabricación**, se sabe que en un tiempo de entre 4 y 7 años los módulos devuelven la energía consumida en la fabricación, muy inferior a la vida prevista para estos, que es superior a los 25 años.



Memoria y Anexos

Se trata por tanto de una instalación sostenible desde el punto de vista ecológico ya que aprovecha los recursos naturales con unos beneficios que superan ampliamente los costes medioambientales.

El IDEA así como las comunidades autónomas ofrecen diversas ayudas y subvenciones para empresas y particulares que quieran instalar instalaciones solares/térmicas aisladas.

13 CONCLUSIONES

La realización de este proyecto tiene como objetivo cubrir las necesidades, tanto de agua caliente sanitaria como eléctricas, de un refugio de montaña en la región de Bielsa (Huesca).

La instalación de colectores solares permite calentar el agua para el consumo mientras que la iluminación del recinto así como la energía necesaria para poner en marcha diferentes aparatos electrónicos será aportada por paneles fotovoltaicos y aerogeneradores respectivamente. Se considera incorporar al conjunto un grupo electrogénico en caso de fallo de algún elemento de la instalación que conlleve la necesidad de paro de ésta por un tiempo no muy elevado.

Realizar la instalación requiere un aporte económico inicial importante, aunque cabe destacar que esta inversión se verá recuperada en el plazo de no muchos años.

Además, dado la creciente preocupación por el medio ambiente, estas instalaciones fomentan una forma de consumo limpia y eco eficiente, ya que las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera son nulas.

14 FECHA Y FIRMA

AUTOR Sara Izquierdo Peralta
FECHA Diciembre de 2011



ANEXOS

ANEXO I. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1 INTRODUCCIÓN

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud (E.S.S.) tiene como objeto **disminuir los riesgos de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, así como disminuir sus consecuencias** en razón del cumplimiento de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, y la normativa que la desarrolla. Todo ello, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades precisas para establecer un adecuado nivel de protección de la seguridad y salud de los trabajadores.

2 DATOS DE LA OBRA Y ANTECEDENTES

Implantación de instalación fotovoltaica y térmica en cubierta en Bielsa, Huesca.

- Plazo de ejecución previsto:

Se tiene programado un plazo de ejecución de 15 días laborables, si la meteorología acompaña y se coordina adecuadamente el trabajo de todos los participantes en la obra.

- Número de trabajadores:

Se estima que el número de trabajadores que operarán en la obra será de unos 9. Los cuales, en su conjunto, habrán de sumar los siguientes oficios:

- Jefe de obra
- Administrativo
- Encargado
- 2 peones especialistas
- 4 peones auxiliares
- Técnico de calidad y medio ambiente
- Técnico de prevención de riesgos laborales

- Accesos:

Se habilitará una escalera externa al edificio que permita acceder a la cubierta de éste. Dicha escalera estará anclada a la estructura de la nave de manera que quede convenientemente fijada. Así mismo, se instalará una línea de vida por cada uno de los cuatro tramos de cubierta en los que habrá que trabajar que permita asegurar a los operarios que realicen trabajos en estos.

- Climatología del lugar:

El clima de la zona presenta inviernos muy fríos y veranos moderadamente cálidos. Esto supondrá un considerable riesgo de heladas si la obra se realiza en invierno, lo cual habrá que tener en cuenta a la hora de definir los riesgos laborales.



2.1 TIPOS DE TRABAJO

Es de esperar que la instalación de colectores, paneles fotovoltaicos y aerogeneradores requiera de las siguientes actividades:

- Acopio, armado e izado de estructuras y paneles.
- Manejo manual de cargas.
- Utilización de maquinaria de izado.
- Instalación de cuadros eléctricos y cableados.
- Trabajos en estructura y cubierta.
- Instalación de protecciones.
- Transporte de materiales y quipos.

2.2 MAQUINARIA Y ELEMENTOS AUXILIARES

La maquinaria y los medios auxiliares más significativos que se prevén utilizar para la ejecución de los trabajos objeto del presente Estudio son aquellos que se relacionan a continuación:

- Equipo de soldadura eléctrica.
- Camión de transporte
- Grúa móvil.
- Camión grúa
- Pistolas de fijación.
- Corta tubos
- Curvadoras de tubos
- Bancos de trabajo.

También es necesario añadir diversos elementos de medida tales como comprobador de secuencias de fases, medidor de aislamiento, medidor de tierras y pinzas amperimétricas.

3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN GENERALES

3.1 SEÑALIZACIÓN

El Real Decreto 485/1997, de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica que deberá utilizarse una señalización de seguridad y salud a fin de:

- A. Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- B. Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- C. Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- D. Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.



Existen una serie de paneles de señalización;

PANELES DE SEÑALIZACIÓN

- Señales de advertencia

- Forma: Triangular
- Color de fondo: Amarillo
- Color de contraste: Negro
- Color de Símbolo: Negro

- Señales de prohibición:

- Forma: Redonda
- Color de fondo: Blanco
- Color de contraste: Rojo
- Color de Símbolo: Negro

- Señales de obligación:

- Forma: Redonda
- Color de fondo: Azul
- Color de Símbolo: Blanco

- Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios:

- Forma: Rectangular o cuadrada
- Color de fondo: Rojo
- Color de Símbolo: Blanco

- Señales de salvamento o socorro:

- Forma: Rectangular o cuadrada
- Color de fondo: Verde
- Color de Símbolo: Blanco

La zona de trabajo se delimitará con franjas alternas verticales de colores blanco y rojo.



3.2 ILUMINACIÓN

Cumplirá el anexo IV del RD 486/97, que establece las condiciones mínimas de iluminación en función de la zona de trabajo que se muestra en la siguiente tabla:

Zona	Nivel de iluminación mínimo (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	Baja exigencia visual
	Exigencia visual moderada
	Exigencia visual alta
	Exigencia visual muy alta
Áreas o locales de uso ocasional	25
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
vías de circulación de uso habitual	50

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- En áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choque u otros accidentes.
- En las zonas donde se efectúen tareas, y un error de apreciación visual durante la realización de las mismas, pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros.

Los accesorios de iluminación exterior serán estancos a la humedad.

No se permitirá ningún tipo de iluminación basado en llama.

3.3 CIRCULACIÓN Y ACCESOS A LA OBRA

En lo referente a circulación por la obra y los accesos a la misma, se aplicará lo indicado en el artículo 11 del anexo IV del RD 1627/97.

- Los accesos de vehículos deben ser distintos de los del personal, en el caso de que se utilicen los mismos se debe dejar un pasillo para el paso de personas protegido mediante vallas.
- En ambos casos los pasos deben ser de superficies regulares, bien compactadas y niveladas.



Memoria y Anexos

- Si fuese necesario realizar pendientes se recomienda que estas no superen un 11% de desnivel.
- Todas estas vías estarán debidamente señalizadas y periódicamente se procederá a su control y mantenimiento.
- Si existieran zonas de acceso limitado deberán estar equipadas con dispositivos que eviten el paso de los trabajadores no autorizados.
- El paso de vehículos en el sentido de entrada se señalizará con limitación de velocidad a 10 ó 20 Km./h. y ceda el paso.
- Se obligará la detención con una señal de STOP en lugar visible del acceso en sentido de salida.
- En las zonas donde se prevé que puedan producirse caídas de personas o vehículos deberán ser balizadas y protegidas convenientemente.
- Las maniobras de camiones y hormigoneras deberán ser dirigidas por un operario competente, y deberán colocarse topes para las operaciones de aproximación y vaciado.

3.4 PROTECCIONES COLECTIVAS

- Protección mecánica en huecos para evitar riesgos de caídas.
- En cada tajo colocar un extintor portátil de polvo polivalente.
- Mamparas opacas para aquellos puestos de trabajo que generen riesgo de proyecciones (por partículas o por arco de soldadura) a terceros.
- Uso de lona ignífuga para cubrir los materiales combustibles que estén próximos a los trabajos de proyecciones incandescentes, otra medida es retirarlos a otra zona de acopio de materiales.
- Se mantendrán ordenados los materiales, cables y mangueras para evitar el riesgo de golpes o caídas al mismo nivel por esta causa.
- Los restos de materiales generados por el trabajo se retirarán periódicamente, recolocándolos en las instalaciones preparadas para ello o en las zonas de acopio de materiales o acopio de residuos.

3.5 PROTECCIONES PERSONALES

Como complemento de las protecciones colectivas será obligatorio el uso de las protecciones personales. Los mandos intermedios y el personal de seguridad vigilarán y controlarán la correcta utilización de estas prendas de protección.

Se prevé el uso, en mayor o menor grado, de las siguientes protecciones personales:

- Casco.
- Pantalla facial transparente.
- Pantalla de soldador con visor abatible y cristal de inactínico.
- Mascarillas faciales según necesidades.
- Guantes de varios tipos.
- Cinturón de seguridad.
- Absorbedores de energía.
- Chaqueta, peto, manguitos y polainas de cuero.



Memoria y Anexos

- Gafas (contra impactos, viruta, etc.).
- Calzado de seguridad adecuado para cada uno de los trabajos.
- Protección auditiva.
- Ropa de trabajo.

Toda protección personal deberán cumplir los siguientes requisitos:

- 1) Marcado CE. Dispondrán del certificado y del sello de forma visible.
- 2) Se regirán por la normativa (RD 773/1997), cumpliendo así lo establecido en la normativa europea (Directiva 89/656/CE).

3.6 FORMACIÓN DEL PERSONAL

La finalidad de la prevención de Riesgos Laborales en su aplicación en trabajos de riesgo especial es la acción de informar y formar a los trabajadores de los riesgos propios de los trabajos que van a realizar y asimismo, darles a conocer de las técnicas preventivas y mantener la seguridad de todo el personal. Prueba de ello es lo establecido en el Convenio Colectivo del sector de la Construcción del 2007, con la novedad de impartir clases magistrales de prevención de riesgos laborales.

Por lo tanto, cada operario que participe en la obra aquí descrita deberá estar formado e informado de los riesgos que trae consigo la ejecución de sus trabajos y de las medidas o técnicas preventivas a aplicar para evitarlos, o en su defecto, disminuir sus consecuencias.

Asimismo cada uno de ellos deberá probar que posee dicha cualificación en virtud de la siguiente documentación:

- Certificado de información de los riesgos del trabajo a ejecutar.
- Certificación de los riesgos de los trabajos que se vayan a ejecutar en la misma obra y al mismo tiempo.
- Certificado de la asistencia al curso de formación de Prevención de Riesgos Laborales, de carácter general, y del riesgo específico que deriven el trabajo a ejecutar (constarán las horas del mismo, el temario y el diploma).

4 OBLIGACIONES DEL PROMOTOR

El promotor, antes del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de seguridad y salud, lo cual no le excluirá de sus responsabilidades.

Antes del comienzo de las obras deberá avisar a la autoridad laboral de la misma.

4.1 COORDINADORES

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad:
 - Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.



Memoria y Anexos

- Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra y, en particular, en las tareas o actividades a que se refiere el artículo 10 del Real Decreto 1627.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

4.2 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

En aplicación del Estudio de Seguridad y Salud o, en su caso, del Estudio básico, cada contratista elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollos y complementen las previsiones contenidas en el Estudio o Estudio Básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra, conociendo cómo va a ejecutarse la obra (medios materiales y humanos, sistemas de ejecución, etc.).

En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico (incluirán la valoración económica de las mismas, que no podrá implicar disminución del importe total).

El Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo incluirá una memoria descriptiva de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que hayan de utilizarse o cuya utilización pueda preverse; identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando a tal efecto las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas.

Asimismo, se incluirá la descripción de los servicios sanitarios y comunes de que deberá estar dotado el centro de trabajo de la obra, en función del número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

El estudio de seguridad y salud deberá tener en cuenta, en su caso, cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la obra, debiendo estar localizadas e identificadas las zonas en las que se presten trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del anexo II del RD 1627/97, así como sus correspondientes medidas específicas.



En todo caso, en el estudio de seguridad y salud se contemplarán también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

5 OBLIGACIONES DE CONTRATISTA Y SUBCONTRATISTAS

El contratista y los subcontratistas están obligados a aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el Art. 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades siguientes:

- Mantener el orden y la limpieza en la obra.
- Elegir adecuadamente el emplazamiento de puestos y áreas de trabajo, y las vías o zonas de circulación.
- La manipulación de materiales y utilización de medios auxiliares.
- El control y mantenimiento de dispositivos usados en la obra.
- La delimitación de zonas de almacenamiento.
- La recogida de materiales peligrosos, así como residuos y escombros.
- La delimitación en el tiempo de las distintas tareas y fases de la obra.
- Cumplir y hacer cumplir lo especificado en el Plan de Seguridad y Salud.
- Aplicar el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales en lo que se refiere a disposiciones de seguridad y salud en la obra, así como las disposiciones del anexo IV del RD 1627/97.
- Informar adecuadamente a los trabajadores autónomos de las medidas pertinentes.
- Atender las indicaciones del coordinador de seguridad y salud o, en su caso, de la dirección facultativa de la obra.

Los contratistas y subcontratistas serán responsables de aplicar las medidas del Estudio de Seguridad y Salud que les afecten directamente a ellos, y de encargarse de que los autónomos contratados por ellos apliquen las que les afecten a ellos.

6 OBLIGACIONES DE TRABAJADORES AUTÓNOMOS

Al igual que ocurría con los contratistas y los subcontratistas, los autónomos deben observar el cumplimiento del artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades siguientes:

- Todas aquellas tareas descritas en el apartado anterior que les sean encargadas por la empresa contratista.
- Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el RD 1215/97, por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Elegir y utilizar equipos de protección individual de acuerdo con el RD 773/97.



7 LIBRO DE INCIDENCIAS

En la obra estará presente un libro de incidencias del que se ocupará el coordinador en materia de seguridad y salud (o la dirección facultativa, en su caso). Éste presentará hojas por duplicado y será facilitado por el colegio profesional que hay avisado el Estudio de Seguridad y Salud. En él se harán anotaciones relativas al control y seguimiento del citado estudio.

Tendrán acceso a este libro las siguientes personas o entidades:

- Dirección facultativa de la obra.
- Contratistas.
- Subcontratistas.
- Trabajadores autónomos.
- Personas y órganos con responsabilidad en materia de prevención en las empresas participantes en la obra.
- Representantes de los trabajadores.
- Técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las administraciones públicas competentes.

En caso de que se realizase una anotación en el libro de incidencias, ésta sería remitida en un plazo de menos de 24 horas a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realice la obra. Por otro lado, se notificará al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste.

8 PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Cuando el coordinador durante la ejecución de las obras, observase el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de los trabajos, o en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados por la paralización a los representantes de los trabajadores.

9 DERECHO DE LOS TRABAJADORES

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud en la obra.



Memoria y Anexos

El contratista facilitará una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

10 PRIMEROS AUXILIOS

- Botiquines:

Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Esto supone, como mínimo:

- Botella de alcohol (500 cc).
- Botella de agua oxigenada (500 cc).
- Frasco de antiséptico (Betadine o similar).
- Gasas estériles (10 sobres de 5 gasas cada uno).
- Rollo de esparadrapo.
- Caja de tiritas (30 unidades).
- Vendas de tamaño grande (6 rollos).
- Vendas de tamaño pequeño (6 rollos).
- Vendas elásticas de tamaño grande (2 rollos).
- Caja de comprimidos de Paracetamol de 500 mg.
- Fármaco espasmolítico.
- Tubo de crema antiinflamatoria.
- Tubo de crema para quemaduras.
- Tijeras.

El botiquín será revisado y repuesto si fuera necesario semanalmente.

- Asistencia a accidentados:

Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (servicios propios, mutuas patronales, mutualidades laborales, ambulatorios, etc.) donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Es muy conveniente disponer en la obra y en sitio bien visible, de una lista de los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los Centros de Asistencia.

- Reconocimiento médico:

Todo personal que empieza a trabajar en obra deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo, y que será repetido en el período de un año. A pesar de ello, se velará por el respeto a la intimidad y la dignidad del trabajador, así como por la confidencialidad de toda la información médica.



11 PLAN DE EMERGENCIA

11.1 ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE

Cuando ocurra algún accidente que precise de asistencia facultativa el jefe de obra de la contrata principal llevará a cabo una investigación del mismo y realizará un informe del mismo que entregará a la dirección facultativa de la obra al día siguiente del accidente como tarde. En él se incluirán al menos los siguientes datos:

- Nombre y categoría laboral del accidentado.
- Fecha, hora y lugar del accidente.
- Descripción del mismo.
- Causas.
- Medidas preventivas para evitar su repetición.
- Fechas topes para la realización de dichas medidas.

11.2 LUCHA CONTRA INCENDIOS

Se dispondrá de extintores en cada vehículo así como en otras zonas de libre acceso para los trabajadores. Estos serán adecuados para los tipos de fuegos que previsiblemente puedan darse en la obra y estarán cargados y revisados convenientemente.

11.3 EVACUACIÓN DE TRABAJADORES

El encargado de obra o el vigilante de seguridad facilitarán en cada momento una relación de servicios próximos al lugar de trabajo en la que se incluyan los datos de los centros asistenciales más próximos así como los teléfonos de interés en caso de emergencia (bomberos, ambulancias, taxis, etc.)

12 NORMATIVA

Básica:

- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de **Prevención de Riesgos Laborales**, con las modificaciones previstas en la Ley 54/2003 y, en general, aquellas disposiciones de carácter normativo que la desarrollan.
- Real Decreto 1627/1997, que regula **las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción**.
- Real Decreto 171/2004, regulador de la **organización de la coordinación de las actividades preventivas**.
- Ley 32/2006, reguladora de la subcontratación **en el sector de la construcción** y asimismo el Reglamento 1109/2007 que desarrolla dicha disposición normativa.
- **Convenio colectivo nacional del sector de la construcción** del 2007 (en materia de Información y Formación en materia preventiva según el tipo de trabajo a realizar).



Memoria y Anexos

- Real Decreto 1971/2007, que regula el **Código Técnico de Edificación**, en todo aquello que afecte al Plan de Autoprotección del Edificio en relación con el uso que se da a la instalación.

General:

- Reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. Ley 54/2003.
- Reglamento de los Servicios de Prevención. RD 39/97.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud laboral. RD 485/97.
- Modelo de libro de incidencias. Orden del 20-09-86.
- Modelo de notificación de accidentes de trabajo. Orden 16-12-87.
- Reglamento Seguridad e Higiene en el Trabajo de la Construcción. Orden 20-05-52.
- Cuadro de enfermedades profesionales. RD 1995/78.
- Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo. Orden 09-03-71.
- Señalización y otras medidas en obras fijas en vías fuera de poblaciones. Orden 31-08-87.
- Protección de riesgos derivados de exposición a ruidos. RD 1316/89.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud sobre manipulación manual de cargas. RD 487/97.
- Estatuto de los trabajadores. Ley 8/80.
- Regulación de la jornada laboral. RD 2001/83.
- Formación de comités de seguridad. RD 423/71.
- Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos. RD 374/2001.
- Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. RD 614/2001.
- Disposiciones de aplicación de la directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas. RD 1435/92.
- Ley de la edificación 38/99.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura. RD 2177/2004.

Equipos de protección individual (EPI):

- Condiciones y libre circulación de EPI (Directiva 89/686/CEE). RD 1407/92.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud de equipos de protección individual. RD 773/97.
- EPI contra caída de altura. UNE-EN-341.
- Requisitos y métodos de ensayo: calzado seguridad/protección/trabajo. UNE-EN-344/A1.
- Especificaciones calzado seguridad uso profesional. UNE-EN-345/A1.
- Especificaciones calzado protección uso profesional. UNE-EN-346/A1.
- Especificaciones calzado trabajo uso profesional. UNE-EN-347/A1

Instalaciones y equipos de obra:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para utilización de los equipos de trabajo. RD 1215/97.
- MIE-BT-028 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Orden 31-10-73



ANEXOS II

INSTALACIÓN TÉRMICA

1 TABLA 8 ANEXO A

Tabla 8. Temperatura media del agua de la red general, en °C.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Alava	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	9	5	9,3
Albacete	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	9	5	9,3
Alicante	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Almería	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Asturias	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	10	6	10,3
Ávila	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
Badajoz	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
Barcelona	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Burgos	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
Cáceres	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
Cádiz	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Canarias	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Castellón	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Ceuta	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Ciudad Real	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	9	5	9,3
Córdoba	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
La Coruña	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Cuenca	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
Gerona	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
Granada	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
Guanajuato	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
Güipuzcoa	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Huelva	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Huesca	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	9	5	9,3
Jaén	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	7	10,3
León	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
Lleida	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	9	5	9,3
Lugo	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
Madrid	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
Málaga	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Melilla	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Murcia	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Navarra	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	9	5	9,3
Orense	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	9	5	10,3
Palencia	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	9	5	9,3
Las Palmas	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Pontevedra	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
La Rioja	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
Salamanca	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	9	5	9,3
S. C. Tenerife	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Segovia	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
Sevilla	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Soria	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
Tarragona	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
Teruel	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4	8,3
Toledo	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
Valencia	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	12	8	12,3
Valladolid	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	9	5	9,3
Vizcaya	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3
Zamora	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	9	5	9,3
Zaragoza	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	9	5	9,3

2 TABLA 5 ANEXO A

Tabla 5. Energía en megajulios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Álava	4.6	6.9	11.2	13	14.8	16.6	18.1	17.3	14.3	9.5	5.5	4.1	11.3
Albacete	6.7	10.5	15	19.2	21.2	25.1	26.7	23.2	18.8	12.4	8.4	6.4	16.1
Alicante	8.5	12	16.3	18.9	23.1	24.8	25.8	22.5	18.3	13.6	9.8	7.6	16.8
Almería	8.9	12.2	16.4	19.6	23.1	24.6	25.3	22.5	18.5	13.9	10	8	16.9
Asturias	5.3	7.7	10.6	12.2	15	15.2	16.8	14.8	12.4	9.8	5.9	4.6	10.9
Ávila	6	9.1	13.5	17.7	19.4	22.3	26.3	25.3	18.8	11.2	6.9	5.1	15.1
Bachijos	6.5	10	13.6	18.7	21.8	24.6	25.9	23.8	17.9	12.3	8.2	6.2	15.8
Barcelona	7.2	10.7	14.4	16.2	21	22.7	24.2	20.6	16.4	12.1	8.5	6.5	15
Burgos	5.1	7.9	12.4	16	18.7	21.5	23	20.7	16.7	10.1	6.5	4.5	13.6
Cáceres	6.8	10	14.7	19.6	22.1	25.1	28.1	25.1	19.7	12.7	8.9	6.6	16.6
Cádiz	8.1	11.5	15.7	18.5	22.2	23.8	25.9	23	18.1	14.2	10	7.4	16.5
Castilla	5	7.4	11	13	16.1	17	18.4	15.5	13	9.5	5.8	4.5	11.3
Castellón	8	12.2	15.5	17.4	20.6	21.4	23.9	19.5	16.6	13.1	8.6	7.3	15.3
Ceuta	8.9	13.1	18.6	21	24.3	26.7	26.8	24.3	19.1	14.2	11	8.6	18.1
Ciudad Real	7	10.1	15	18.7	21.4	23.7	25.3	23.2	18.8	12.5	8.7	6.5	15.9
Córdoba	7.2	10.1	15.1	18.5	21.8	25.9	28.5	25.1	19.9	12.6	8.6	6.9	16.7
La Coruña	5.4	8	11.4	13.4	15.4	16.2	17.4	15.3	13.9	10.9	6.4	5.1	11.5
Cuenca	5.9	8.8	12.9	17.4	18.7	22	25.6	22.3	17.5	11.2	7.2	5.5	14.6
Girona	7.1	10.5	14.2	15.9	18.7	19	22.3	18.5	14.9	11.7	7.8	6.6	13.9
Granada	7.8	10.8	15.2	18.5	21.9	24.8	26.7	23.6	18.8	12.9	9.6	7.1	16.5
Guadalajara	6.5	9.2	14	17.9	19.4	22.7	25	23.2	17.8	11.7	7.8	5.6	15.1
Guipúzcoa	5.5	7.7	11.3	11.7	14.6	16.2	16.1	13.6	12.7	10.3	6.2	5	10.9
Huelva	7.6	11.3	16	19.5	24.1	25.6	28.7	25.6	21.2	14.5	9.2	7.5	17.6
Huesca	6.1	9.6	14.3	18.7	20.3	22.1	23.1	20.9	16.9	11.3	7.2	5.1	14.6
Jaén	6.7	10.1	14.4	18	20.3	24.4	26.7	24.1	19.2	11.9	8.1	6.5	15.9
León	5.8	8.7	13.8	17.2	19.5	22.1	24.2	20.9	17.2	10.4	7	4.8	14.3
Lerida	6	9.9	18	18.8	20.9	22.6	23.8	21.3	16.8	12.1	7.2	4.8	15.2
Lugo	5.1	7.6	11.7	15.2	17.1	19.5	20.2	18.1	15	9.9	6.2	4.5	12.5
Madrid	6.7	10.6	13.6	18.8	20.9	23.5	26	23.1	16.9	11.4	7.5	5.9	15.4
Málaga	8.3	12	15.5	18.5	23.2	24.5	26.5	23.2	19	13.6	9.3	8	16.8
Mejillón	9.4	12.6	17.2	20.3	23	24.8	24.8	22.6	18.3	14.2	10.9	8.7	17.2
Murcia	10.1	14.8	16.6	20.4	24.2	25.6	27.7	23.5	18.6	13.9	9.8	8.1	17.8
Navarra	5	7.4	12.3	14.5	17.1	18.9	20.5	18.2	16.2	10.2	6	4.5	12.6
Orzán	4.7	7.3	11.3	14	16.2	17.6	18.3	16.6	14.3	9.4	5.6	4.3	11.6
Palencia	5.3	9	13.2	13.5	19.3	21.8	24.1	21.6	17.1	10.9	6.6	4.6	14.3
Las Palmas	11.2	14.2	17.8	19.6	21.7	22.5	24.3	21.9	19.8	15.1	12.3	10.7	17.6
Pontedeira	5.5	8.2	13	15.7	17.5	19.4	21	18.9	15.1	11.3	8.8	5.5	13.3
La Rioja	5.6	8.8	13.7	16.6	19.2	21.4	23.3	20.8	16.2	10.7	6.8	4.8	14
Salamanca	6.1	9.5	13.5	17.1	19.7	22.8	24.6	22.6	17.5	11.3	7.1	5.1	14.8
S. C. Tenerife	10.7	13.3	18.1	21.5	25.7	26.5	29.3	26.6	21.2	16.2	10.8	9.3	18.1
Segovia	5.7	8.8	13.4	18.4	20.4	22.6	25.7	24.9	18.8	11.4	8.8	5.1	15.2
Sevilla	7.3	10.9	14.4	19.2	21.4	24.3	24.9	23	17.9	12.3	8.8	6.9	16
Soria	5.9	8.7	12.8	17.1	19.7	21.8	24.1	22.3	17.5	11.1	7.6	5.6	14.5
Tarragona	7.3	10.7	14.9	17.6	20.2	22.5	23.8	20.5	16.4	12.3	8.8	6.3	15.1
Tenrual	6.1	8.8	12.9	16.7	18.4	20.6	21.8	20.7	16.9	11	7.1	5.3	13.9
Toledo	6.2	9.5	14	19.3	21	24.4	27.2	24.5	18.1	11.9	7.6	5.6	15.8
Valencia	7.6	10.6	14.9	18.1	20.6	22.8	23.8	20.7	16.7	12	8.7	6.6	15.3
Valladolid	5.5	8.8	13.9	17.2	19.9	22.6	25.1	23	18.3	11.2	8.9	4.2	14.7
Vizcaya	5	7.1	10.8	12.7	15.5	16.7	17.9	15.7	13.1	9.3	6	4.6	11.2
Zamora	5.4	8.9	13.2	17.3	22.2	21.6	23.5	22	17.2	11.1	6.7	4.6	14.5
Zaragoza	6.3	9.8	15.2	18.3	21.8	24.2	25.1	23.4	18.3	12.1	7.4	5.7	15.6

3 TABLA 9 ANEXO A

Factor de corrección

Latitud = 42°

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.08	1.06	1.05	1.03	1.02	1.02	1.02	1.04	1.06	1.08	1.09	1.09
10	1.15	1.12	1.09	1.06	1.04	1.03	1.04	1.06	1.11	1.15	1.18	1.17
15	1.21	1.17	1.13	1.08	1.04	1.03	1.04	1.09	1.15	1.22	1.26	1.25
20	1.27	1.21	1.15	1.09	1.04	1.03	1.05	1.1	1.18	1.28	1.34	1.32
25	1.32	1.25	1.17	1.09	1.04	1.01	1.04	1.1	1.21	1.33	1.4	1.38
30	1.36	1.28	1.19	1.09	1.02	1	1.02	1.1	1.23	1.37	1.46	1.44
35	1.39	1.3	1.19	1.08	1	.97	1	1.09	1.23	1.4	1.51	1.48
40	1.42	1.31	1.19	1.06	.97	.94	.97	1.08	1.24	1.42	1.54	1.52
45	1.43	1.32	1.18	1.04	.94	.9	.94	1.05	1.23	1.43	1.57	1.54
50	1.44	1.31	1.16	1	.89	.86	.9	1.02	1.21	1.44	1.59	1.56
55	1.44	1.3	1.13	.97	.85	.8	.85	.98	1.19	1.43	1.59	1.57
60	1.43	1.28	1.1	.92	.79	.75	.8	.93	1.15	1.41	1.59	1.57
65	1.41	1.25	1.06	.87	.74	.69	.74	.88	1.11	1.39	1.57	1.55
70	1.38	1.21	1.01	.81	.67	.62	.67	.82	1.07	1.35	1.55	1.53
75	1.35	1.17	.96	.75	.6	.55	.6	.76	1.01	1.31	1.52	1.5
80	1.3	1.12	.9	.68	.53	.48	.53	.69	.95	1.25	1.47	1.46
85	1.25	1.06	.83	.61	.46	.4	.46	.62	.88	1.19	1.42	1.41
90	1.19	1	.76	.54	.38	.32	.38	.54	.81	1.12	1.36	1.35

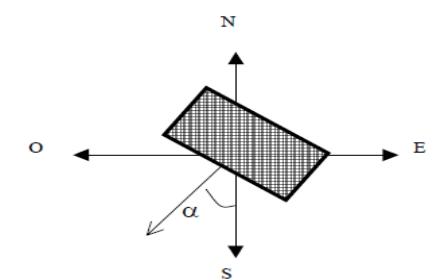
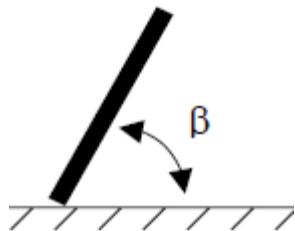
4 ANEXO C/SOMBRA

El objeto de este documento es determinar los límites en la orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas permisibles.

Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:

- Ángulo de inclinación β , definida como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90° para verticales.
- Ángulo de acimut, definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y $+90^\circ$ para módulos orientados al oeste.

Perfil del módulo



Memoria y Anexos

Habiendo determinado el ángulo de acimut del generador, se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima. Para ello se utilizará la figura 1, válida para una la latitud (ϕ) de 41° , de la siguiente forma:

- Conocido el acimut, determinamos en la figura 1 los límites para la inclinación en el caso $\phi = 41^\circ$. Para el caso general, las pérdidas máximas por este concepto son del 10%, para superposición del 20% y para integración arquitectónica del 40%. Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de acimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima.
- Si no hay intersección entre ambas, las pérdidas son superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites. Si ambas curvas se intersectan, se obtienen los valores para latitud $\phi = 41^\circ$ y se corrigen según lo indicado a continuación.
- Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de 41° , de acuerdo a las siguientes fórmulas:
 - ◆ Inclinación máxima = inclinación ($\phi = 41^\circ$) – (41° - latitud).
 - ◆ Inclinación mínima = inclinación ($\phi = 41^\circ$) – (41° - latitud); siendo 0° su valor mínimo.

En casos cerca del límite y como instrumento de verificación, se utilizará la siguiente fórmula:
 Pérdidas (%) = $100 \cdot [1,2 \cdot 10 - 4 * (\beta - \phi + 10)2 + 3,5 \cdot 10 - 5\alpha 2]$ para $15^\circ < \beta < 90^\circ$

Pérdidas (%) = $100 \cdot [1,2 \cdot 10 - 4 * (\beta - \phi + 10)2]$ para $\beta \leq 15^\circ$

[Nota: α , β , ϕ se expresan en grados, siendo ϕ la latitud del lugar]

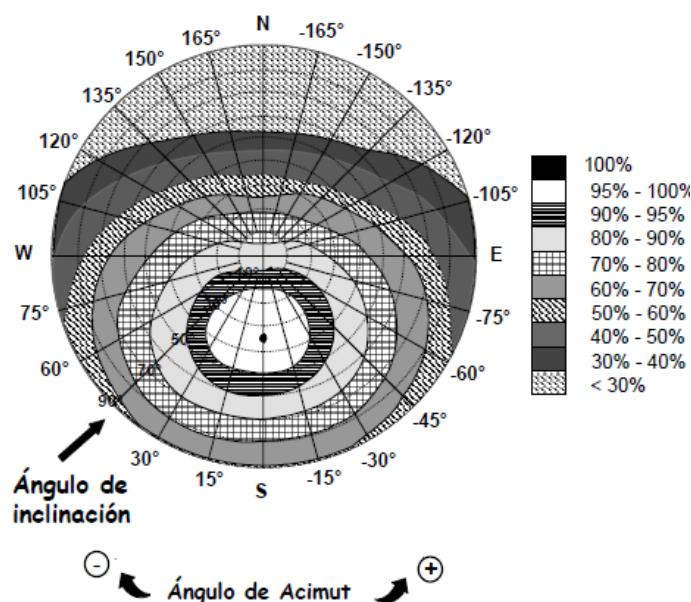


FIGURA 1

5 GRÁFICAS FLUIDO CALOPORTADOR

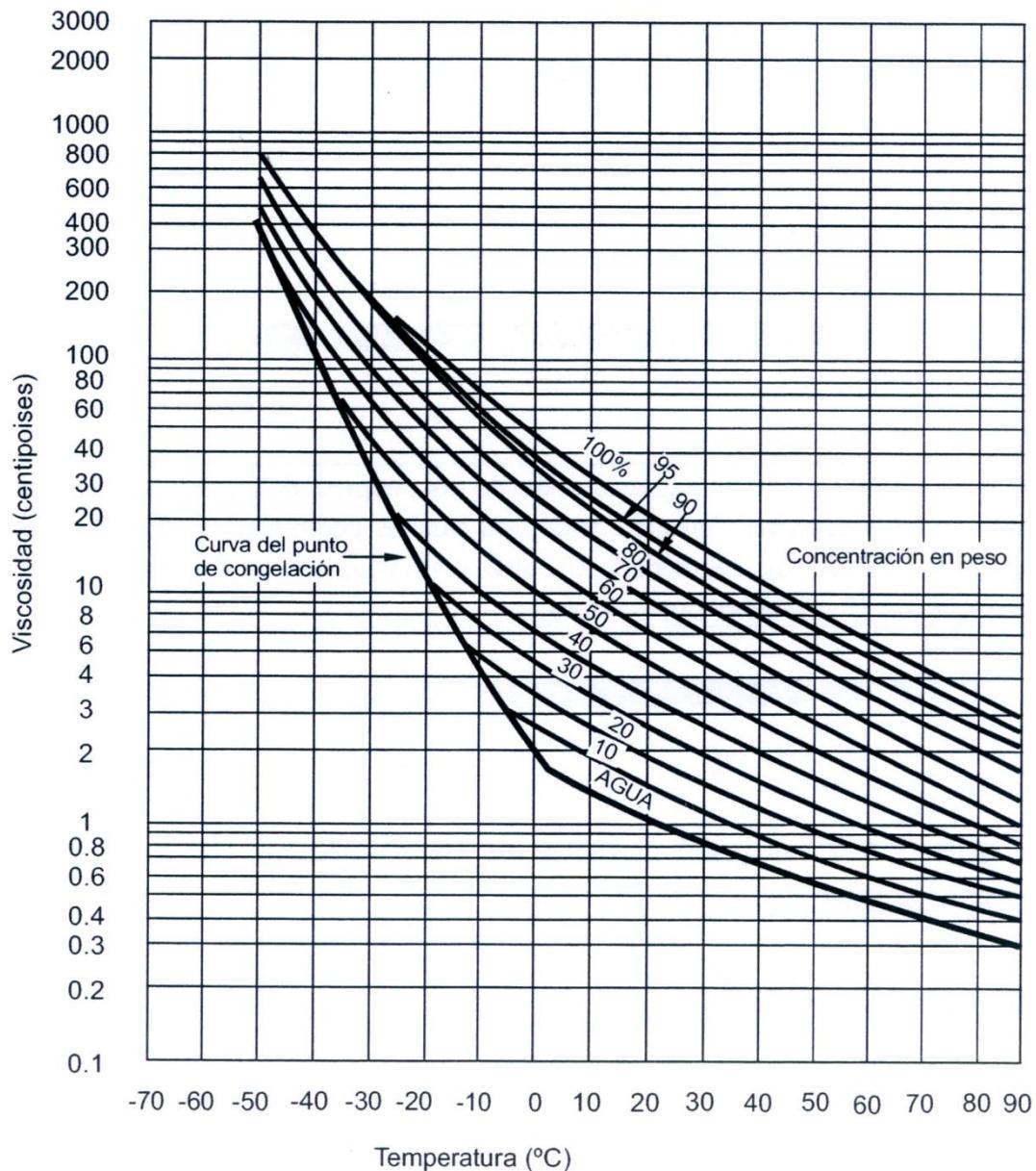


Figura 11. Viscosidad de una disolución de etilenglicol, en función de la temperatura

6 GRÁFICAS PÉRDIDAS POR ROZAMIENTO TUBERÍAS COBRE

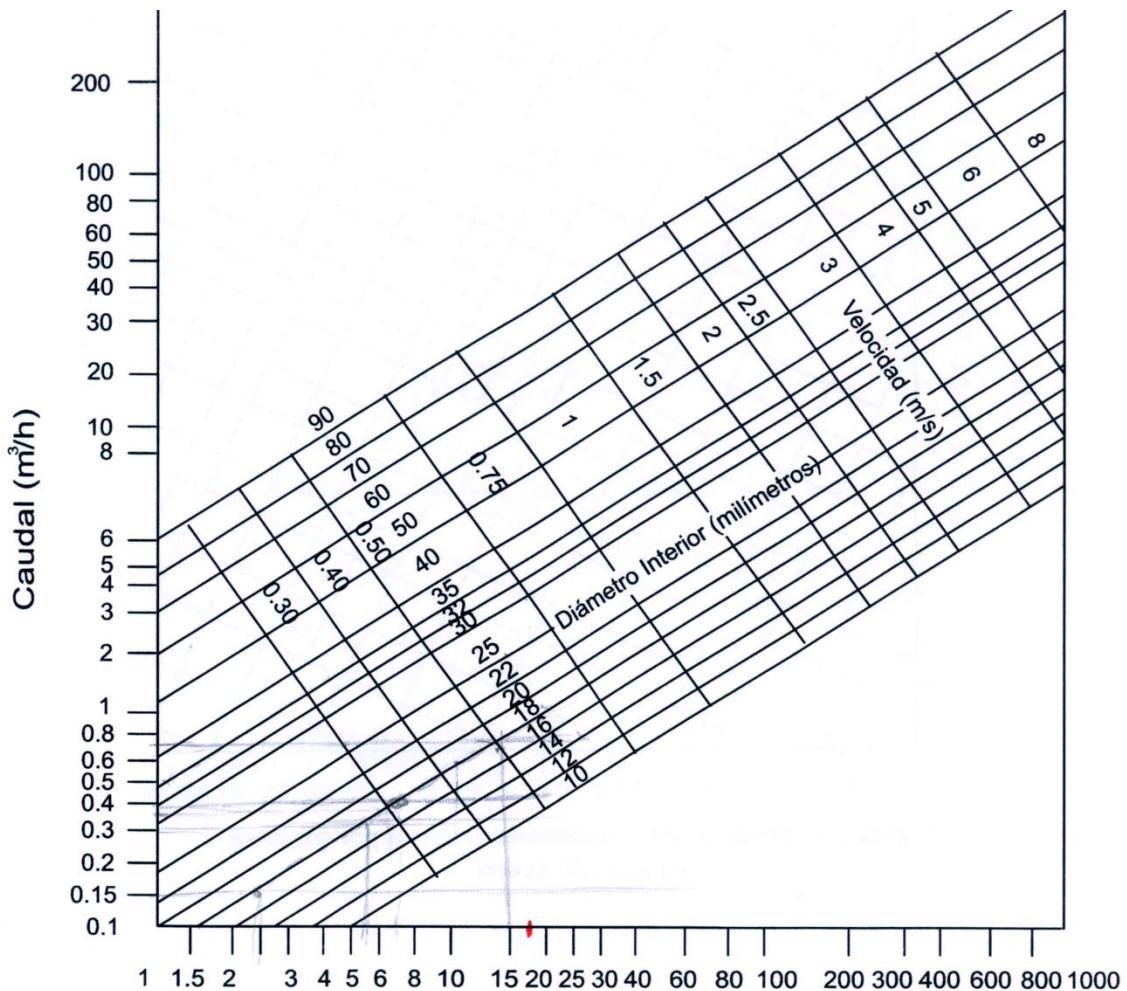


Figura 29. Pérdida por rozamiento (mm ca por m) para tubería de cobre (diámetro interior en milímetros)

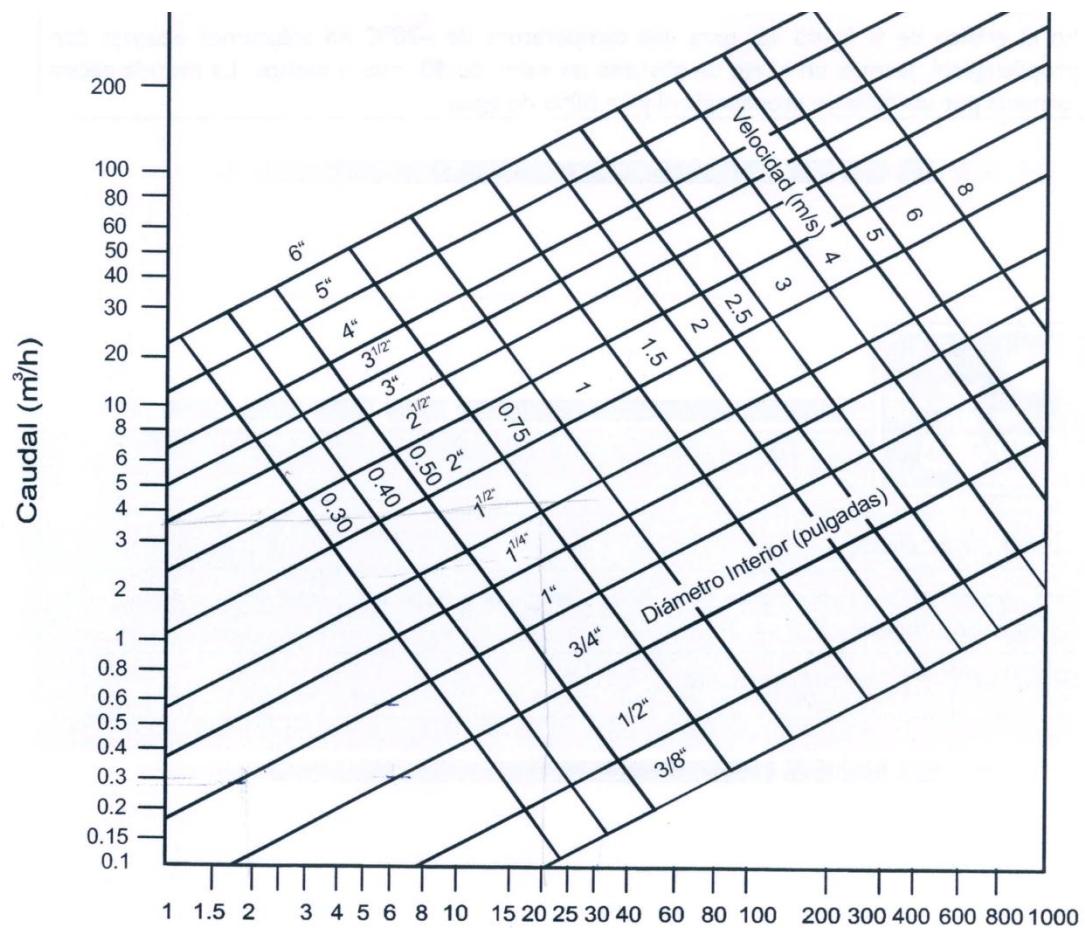
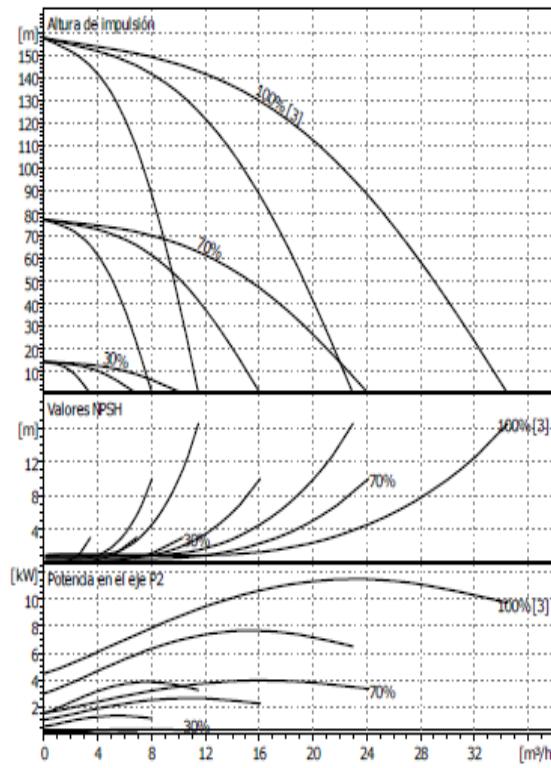


Figura 28. Pérdida por rozamiento (mm ca por m) para tubería de cobre (diámetro interior en pulgadas)

7 HOJA DE DATOS BOMBA CENTRÍFUGA



Datos de trabajo teóricos

Caudal	0	m^3/h
Altura de impulsión	0	m
Fluido		
Temperatura fluido	0	$^{\circ}C$
Densidad	0,9983	kg/dm^3
Viscosidad cinemática	1,005	mm^2/s
Presión de vapor	0	bar

Datos bomba

Marca	WILO
Tipo	COR-3 MVIE 410/ VR-EB
Diseño	Grupo de presión
Tipo inst.	Bomba simple
Presión nominal máx.	PN 16
Temp. mín. fluido	-20 $^{\circ}C$
Temp. máx. fluido	70 $^{\circ}C$

Datos hidráulicos (punto de trabajo)

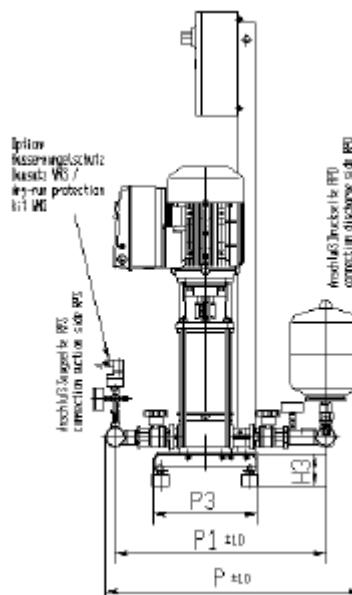
Caudal	3500	m^3/h
Altura de impulsión		m
Velocidad		1/min

Materiales	
Carcasa	AISI 304
Rodetes	AISI 304
Difusores	AISI 304
Camisa de presión	AISI 304
Eje	X35CrMo17
Tubería	AISI 316Ti

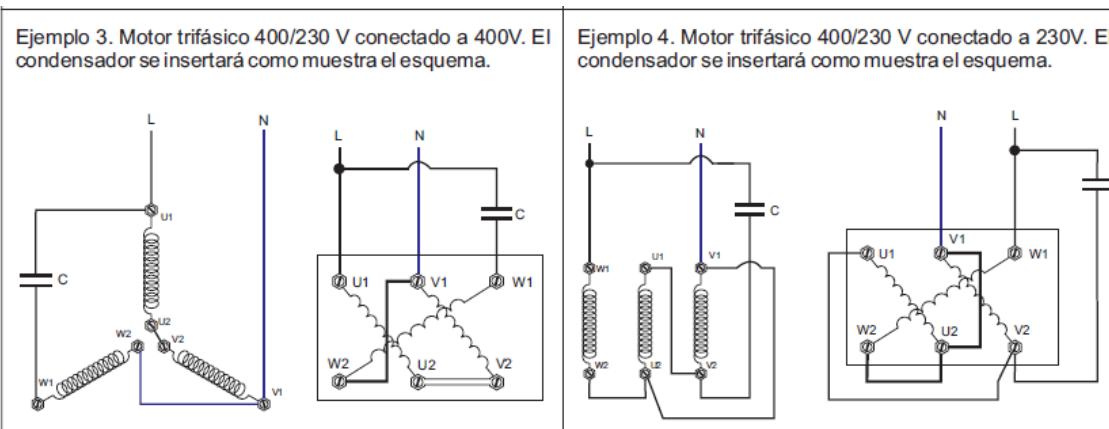
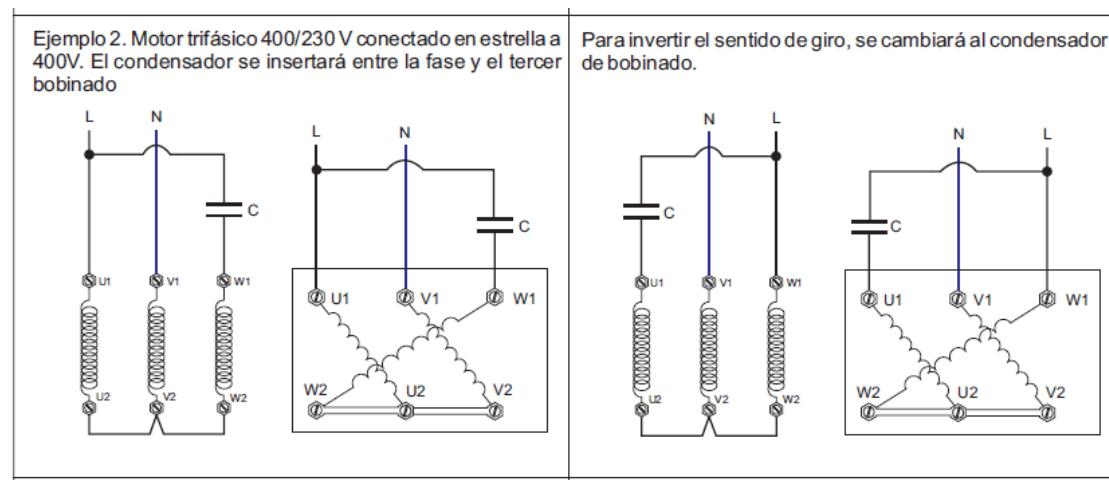
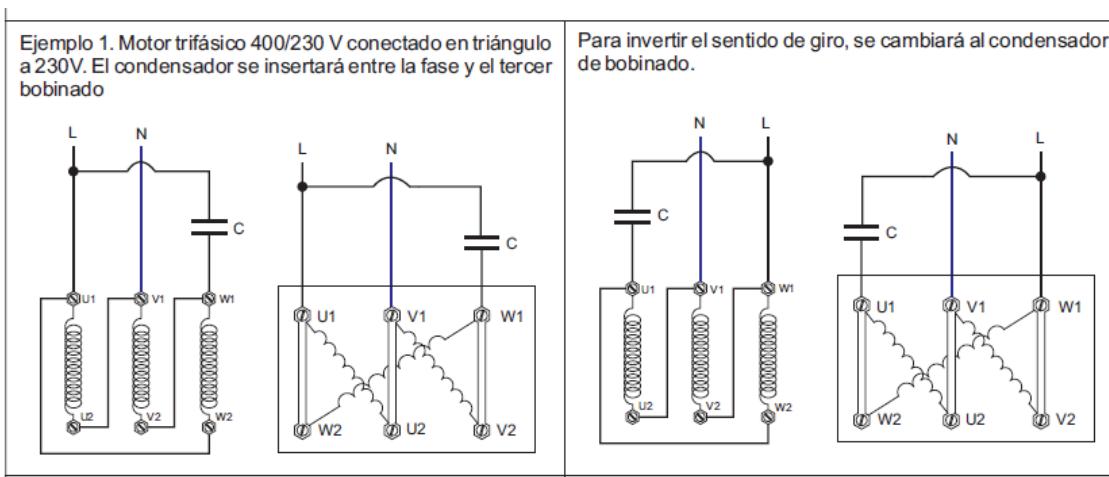
Medidas						
mm						
L	900	H1	140			
L1	300	H3	90			
P	750	X	900			
P1	613					
P3	300					
H	1375					

Lado aspiración	2	/ PN 16
Lado impulsión	2	/ PN 16
Peso	195	kg

Datos del motor	
Pot. nominal P2	4 kW
Velocidad nominal	2970 1/min
Tensión nominal	3~400 V, 50 Hz
Intensidad máx. absorbida	10 A
Tipo de protección	IP 55
Tolerancia tensión	



8 CONEXIÓN DE CARGAS TRIFÁSICAS A REDES MONOFÁSICAS



9 HOJA DE DATOS ELECTROVÁLVULA

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Motor:

Alimentación

230 V-50/60Hz

Potencia consumida

5W

Máxima temperatura ambiente

43°C

Tiempo de apertura

15 s

Tiempo de cierre

15 s (muelle de retorno)

Longitud del cable

60 cm

Grado de Protección

IP 40 según DIN 40050

Válvula:

Presión nominal

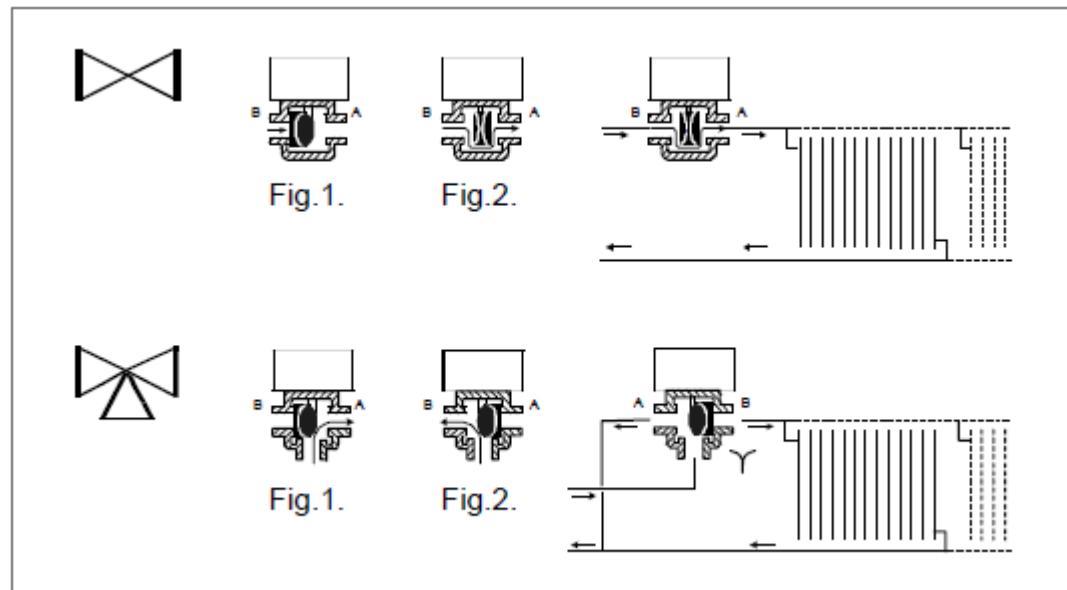
PN 16

Máxima temperatura del fluido

95°C

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS:

Vías	DN	Código	Referencia	Kvs (m³/h)	Δpvmax (Kpa)
2	½"	0338615	C 2VH-15	2,5	175
	¾"	0338620	C 2VH-20	2,5	175
	1"	0338625	C 2VH-25	6	80
3	½"	0338715	C 3VH-15	4,5	90
	¾"	0338720	C 3VH-20	4,5	90
	1"	0338725	C 3VH-25	6	70

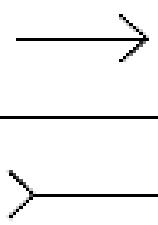
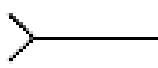
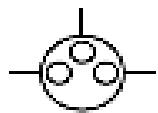
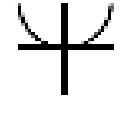
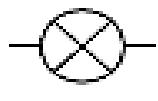
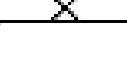


INSTALACIÓN SOLAR Y EÓLICA

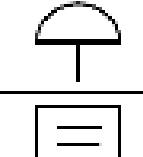
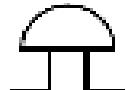
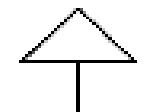
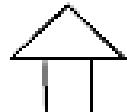
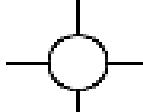
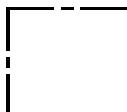
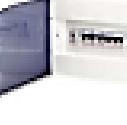
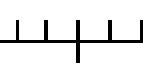
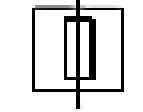
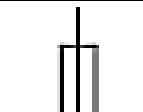
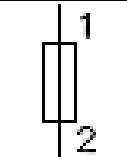
1 SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA NORMALIZADA

Mecanismo	Símbolo		Significado	Condiciones de instalación
	Unifilar	Mutifilar		
			Interruptor	
			Interruptor Bipolar	
			Interruptor tirador	
			Interruptor doble	Empotrado en caja de mecanismo a una altura de 110 cm de pavimento y 15 cm del marco de la puerta (a excepción de baños en dormitorios). A derecha o izquierda de ésta pero siempre en el mismo lado del mecanismo de apertura de la puerta.
			Commutador	Se prestará especial interés en la correcta fijación de la caja de mecanismo, debiendo estar nivelada y enrasada, de forma que permita que la placa de los mecanismos queden perfectamente adosadas al paramento.
			Commutador de cruzamiento	Los mecanismos deberán interrumpir la fase.
			Pulsador	
			Regulador	
			Interruptores de persianas	

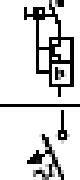
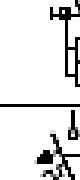
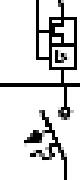
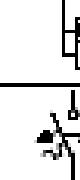
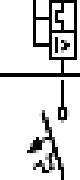
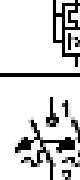
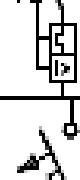
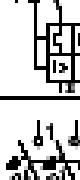
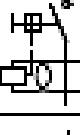
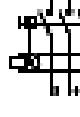
Memoria y Anexos

Mecanismo	Símbolo		Significado	Condiciones de instalación
	Unifilar	Multifilar		
			Clojija macho	Se admiten como dispositivos de conexión en carga hasta 16 A.
			Clojija hembra	
			Toma de corriente bipolar de 16 A con toma de tierra T	Se instalarán a 20 cm del pavimento, excepto en cocinas y baños, en donde la distancia será de 110 cm.
			Toma de corriente bipolar de 25 A con toma de tierra	La distancia al pavimento será de 70 cm.
			Toma de corriente trifásica con toma de tierra	Se instalará según necesidades de utilización.
			Punto de luz o lámpara	La sección mínima prevista para la alimentación de puntos de luz será de 1,5 mm ² . Todos los puntos de luz deberán disponer de conductor de protección, el cual será de la misma sección que el conductor de fase.
			Lámpara fluorescente	

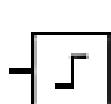
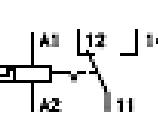
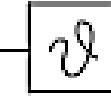
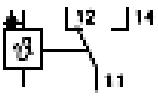
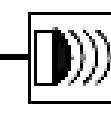
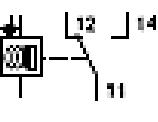
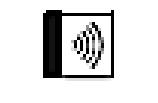
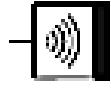
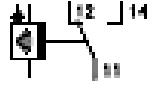
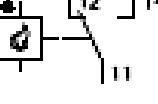
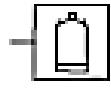
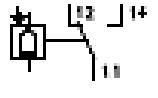
Memoria y Anexos

Mecanismo	Símbolo		Significado	Condiciones de instalación
	Unifilar	Multifilar		
			Punto de luz autónoma	En viviendas se instalará encima del C.G.M.P. Se alimentará de C ₁ .
			Timbre	Se instalarán a una altura del techo de 30 cm. Empotrado en caja de mecanismo.
			Sirena	Se utiliza para avisos de alarma técnica. (Incendio, gas, inundación.)
			Caja de registro	Su distancia al techo será de 20 cm. Las conexiones en su interior se realizarán mediante bornas.
			Quadro general de mando y protección	Se instalará lo más próximo a la puerta de entrada. Se fijará a una altura del suelo comprendida entre 1,4 y 2 m.
			Caja general de protección	Se instalarán preferentemente sobre las fachadas exteriores de los edificios.
			Fusible	Se instalarán en bases apropiadas diseñadas especialmente a este fin.

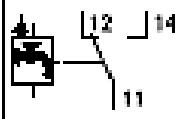
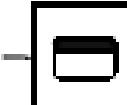
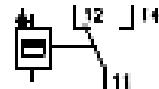
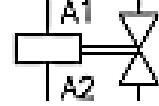
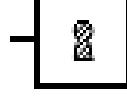
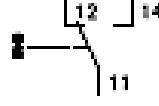
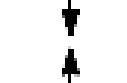
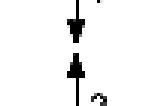
Memoria y Anexos

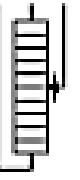
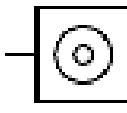
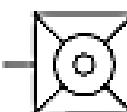
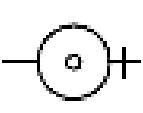
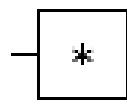
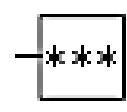
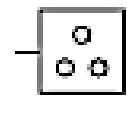
Mecanismo	Símbolo		Significado	Condiciones de instalación
	Unifilar	Multifilar		
			Interruptor de control de potencia (ICP)	Se instalará antes de los dispositivos de protección, en caja precintable. Altura entre 1,4 y 2 m.
			Interruptor automático bipolar PIA magnetotérmico	
			Interruptor automático bipolar PIA magnetotérmico	Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical, se instalarán en cuadros de distribución.
			Interruptor automático tripole PIA magnetotérmico	Su poder de corte será suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación. Este poder de corte será como mínimo de 4,5 kA.
			Interruptor automático tetrapolar PIA magnetotérmico	
			Interruptor diferencial bipolar	Se instalarán en cuadros de distribución. Cuando se prevean corrientes no sendiales se emplearán diferenciales del tipo A.
			Interruptor diferencial tetrapolar	

Memoria y Anexos

Mecanismo	Símbolo		Significado	Condiciones de instalación						
	Unifilar	Multifilar								
			Automático de escena	Se instalará en canal o en fondo de caja, según necesidad.						
			Telemotor	Se instalará en canal o en fondo de caja, según necesidad.						
			Termostato	Se instalará lejos de las fuentes de calor y de las corrientes de aire. Altura del suelo entre 1,5 y 1,7 m.						
			Detector de movimientos (PIR)	Se instalará lejos de las fuentes de calor y de las corrientes de aire. Prestar atención al ángulo de cobertura.						
			Emitor IR	Para el correcto funcionamiento, el emisor debe apuntar al receptor.						
			Receptor IR	Su instalación dependerá del tipo de receptor (de techo, empotrar, etc.)						
			Detector de incendios	En viviendas se instalarán preferentemente en cocina y pasillos distribuidores						
			Detector de gas	<table border="1"> <tr> <th>GÁS</th> <th>Altura</th> </tr> <tr> <td>Butano o propano</td> <td>0,30 m del suelo.</td> </tr> <tr> <td>Natural</td> <td>2,3 m del suelo</td> </tr> </table>	GÁS	Altura	Butano o propano	0,30 m del suelo.	Natural	2,3 m del suelo
GÁS	Altura									
Butano o propano	0,30 m del suelo.									
Natural	2,3 m del suelo									

Memoria y Anexos

Mecanismo	Símbolo		Significado	Condiciones de instalación
	Unifilar	Mutifilar		
			Detector de inundación	Se instalarán en baños, baños, lavaderos y en general en las zonas húmedas. La sonda se fijará a ras del suelo. Se recomienda asociar una electroválvula.
			Sonda de inundación	
			Relé accionado por tarjeta	Permite el control de acceso, y cargas (luces, motores, etc.)
			Electroválvula de agua	Se instalará a la entrada del suministro de agua.
			Electroválvula de gas (con rearme manual)	Se instalará a la entrada del suministro de gas.
			Relé horario	Se instalará en cuadros de distribución.
			Dispositivo de seguridad con llave	Se instalará en accesos (p. ej. diarios comerciales, etc.)
			Limitador de sobretensiones	Se instalará en cuadros de distribución y en función del nivel de protección.

Mecanismo	Símbolo		Significado	Condiciones de instalación
	Unifilar	Multifilar		
			Elemento calefactor	Cuando se trate de acumuladores eléctricos, deberán preverse las canalizaciones apropiadas, así como los sistemas de regulación y control.
			Lavadora	Se conectarán al circuito C ₄ , su sección será de 4 mm ² y se protegerá con un PIA de 20 A. C ₄ se puede subdividir en C ₄₁ , C ₄₂ , C ₄₃ . La sección de los circuitos, en este caso, será de 2,5 mm ² . Cada circuito estará protegido por un PIA de 16 A.
			Lavavajillas	
			Calentador eléctrico	
			Refrigeradora trifásico	Circuito: C ₃ . Sección: 2,5 mm ² . Protección: 16 A. Base: 2P+T 16 A.
			Congelador	Circuito: C ₃ . Sección: 2,5 mm ² . Protección: 16 A. Base: 2P+T 16 A.
			Cocina eléctrica horna	Circuito: C ₃ . Sección: 6 mm ² . Protección: 25 A. Base: 2P+T 25 A.



2 PUESTA A TIERRA

Puesta a tierra en edificios

Las instalaciones de puesta a tierra se harán según la instrucción ITC-BT-18 del REBT. Para el caso de edificios de viviendas, habrá que cumplir también la ITC-BT-26. En la *figura 1* se resume la instalación de puesta a tierra de un edificio. Todas las masas metálicas del edificio deben conectarse a tierra: masas de los receptores BT a través de los conductores de protección. Bañeras, duchas metálicas y canalizaciones de agua mediante conector equipotencial. Y por último, canalizaciones metálicas de agua, gas, depósitos de gasoil y antenas de radio y TV y toda masa metálica importante existente en la zona. Las canalizaciones de agua, gas, calefacción no deben ser usadas como toma de tierra. Las envolventes de plomo y de otro tipo que no sean corrosibles pueden utilizarse como toma de tierra, previa autorización del propietario.

Electrodos y anillo de puesta a tierra

Según la ITC-BT-26, en los edificios de nueva construcción, antes de comenzar la cimentación, en el fondo de las zanjas de cimentación se instalará un cable de cobre desnudo formando un anillo cerrado que cubra todo el perímetro del edificio.

A este anillo se le conectarán la estructura metálica del edificio. Las uniones se harán mediante soldadura aluminotérmica o autógena de forma que se asegure su fiabilidad. Las tomas de tierra estarán enterradas como mínimo 0.5 m para evitar que la pérdida de humedad o la presencia de hielo en las capas más superficiales del terreno les afecte, aunque se recomienda que el conductor esté enterrado al menos 0.8 m.

El anillo será de cobre desnudo y de sección mínima según la *tabla 2* (*tabla 1* de la ITC-BT-18) de 25 mm², aunque según la NTE de 1973 “Puestas a tierra” debe ser al menos de 35 mm², con lo que nos quedaremos con este último valor. Al anillo se conectarán electrodos verticalmente hincados en el terreno cuando se prevea la necesidad de disminuir la resistencia de tierra. Cuando las construcciones comprendan varios edificios próximos se procurará unir entre sí los anillos que forman la toma de tierra de cada uno de ellos.

Bornes o puntos de puesta a tierra

Habrá uno o varios bornes o puntos de puesta de tierra, donde se conectarán los conductores de protección procedentes de las masas metálicas de los receptores, los conductores de uniones equipotenciales de canalizaciones metálicas de agua, gas, depósitos de gasoil y antenas de radio y TV y toda masa metálica importante existente en la zona. Los puntos o bornes de puesta a tierra, para edificios nuevos de viviendas, serán los siguientes (ITC-BT-26):

- En el lugar o local de la centralización de contadores, si la hay (éste será el borne principal de tierra).
- En la base de las estructuras metálicas de los ascensores, si los hay.
- En el punto de ubicación de la CGP (la LGA debe llevar conductor de protección que constituirá la línea principal de tierra). También se podrá poner un punto de puesta a tierra en cualquier local donde se prevea la instalación de elementos destinados a servicios generales o especiales y que por sus condiciones deban ponerse a tierra.



Memoria y Anexos

El REBT en la ITC-BT-18 exige un dispositivo que permita medir la resistencia de tierra, que puede estar en el borne principal de tierra, y que debe ser desmontable mediante un útil, mecánicamente seguro y asegurar la continuidad eléctrica (*figura 2*).

El borne de puesta a tierra de la CGP se podrá usar además como puesta a tierra para mantenimiento y reparación de la red de distribución. En la *figura 1* se ven 5 puntos de puesta a tierra: CGP, Centralización de contadores (borne principal de tierra), antenas, ascensor y pararrayos. En edificios en rehabilitación o reforma se podrá hacer la puesta a tierra en los patios de luces.

Conductor de tierra o línea de enlace con tierra

Del borne principal de tierra saldrá el conductor de tierra o línea de enlace con tierra, que enlazará con el anillo o los electrodos de puesta a tierra (toma de tierra), y cuya sección se calcula según la *tabla 2*. Según el antiguo REBT debía ser al menos de 35mm² de Cu o 50 mm² de acero galvanizado, mientras que el nuevo REBT permite secciones menores (25 mm² de Cu desnudo, y menores todavía si el cable está protegido contra la corrosión con envolvente).

Línea principal de tierra y derivaciones

La línea principal de tierra, así como sus derivaciones (líneas secundarias) y los conductores de protección (circuitos interiores) cumplen la función de unir las masas con la puesta a tierra del edificio.

En edificios de viviendas, la línea principal de tierra irá por la misma canalización que la línea general de alimentación (LGA), y será de Cu sección mínima 16mm² si las fases son de sección menor de 35 mm², y para valores mayores de sección de fase, serán la mitad de dicho valor, según la *tabla 3* (*tabla 2* de la ITC-BT-18).

Serán barras planas o redondas, o conductores desnudos o aislados, debiendo colocar protección mecánica donde sean accesibles. Las derivaciones de las líneas principales de tierra (líneas secundarias de tierra) irán por las mismas canalizaciones que las derivaciones individuales y su sección se calculará según la *tabla 3*. Los conductores de protección irán por las mismas canalizaciones que los conductores activos de cada circuito de la vivienda, serán de Cu y del mismo aislamiento que los conductores activos, y se calculan según la *tabla 3*.

Cálculo de la toma de tierra

Los valores de resistencia de tierra exigibles según el REBT, para sistemas TT con protección diferencial (*tabla 1*), son muy elevados en general, y se consiguen fácilmente.

En la práctica las tomas de tierra suelen tener valores muy inferiores a los exigidos por el REBT. La *Guía Técnica de Aplicación del REBT*, basándose en la *Norma Tecnológica de la Edificación* (NTE), recomienda realizar la puesta a tierra según la *tabla 4*. En dicha tabla se entra con el tipo de terreno y la longitud en planta del anillo, L (en la *figura 1*, $L = 3 \cdot L_1 + 3 \cdot L_2 + 3 \cdot L_3 + 3 \cdot L_4$), y se obtiene el número de picas de 2 m que deberán clavarse verticalmente en el terreno y unirse al anillo. La tabla de la NTE no es más que la aplicación de las expresiones de la resistencia de tierra para electrodos formados por conductores enterrados horizontalmente y por picas verticales.

Memoria y Anexos

Esta tabla calcula la tierra para que en el caso más desfavorable de cada tipo de terreno (ρ máximo) se obtenga 37Ω en edificios sin pararrayos y 15Ω en edificios con pararrayos.

En la *tabla 5* se recogen las expresiones para el cálculo analítico de las puestas de tierra, en función del tipo de electrodo utilizado. Si hay N electrodos iguales en la puesta a tierra, la resistencia total a tierra es la de uno dividido por N.

Estas picas se repartirán a lo largo del anillo, y estarán separadas unas de otras al menos 4 m (2 veces su longitud) según NTE-IEP. Habrá que tener en cuenta que a esta distancia la resistencia del grupo de picas en paralelo aumenta un 20%, debido a que se influyen entre sí. Para que la resistencia del grupo sea la de cálculo, deberán separarse las picas al menos 4 veces su longitud (8 m), de esta forma la corriente que disipa cada pica a tierra no influye en las otras.

- Según la tabla de la NTE (*tabla 6*): Entrando en la tabla en la columna “Arena arcillosa, con pararrayos”, los 43 m de anillo nos obligan a colocar verticalmente en el terreno, unidas al anillo, 6 picas de 2 m. La tierra formada por las picas y el anillo daría una resistencia de 15Ω para resistividad $500 \Omega \cdot \text{m}$.

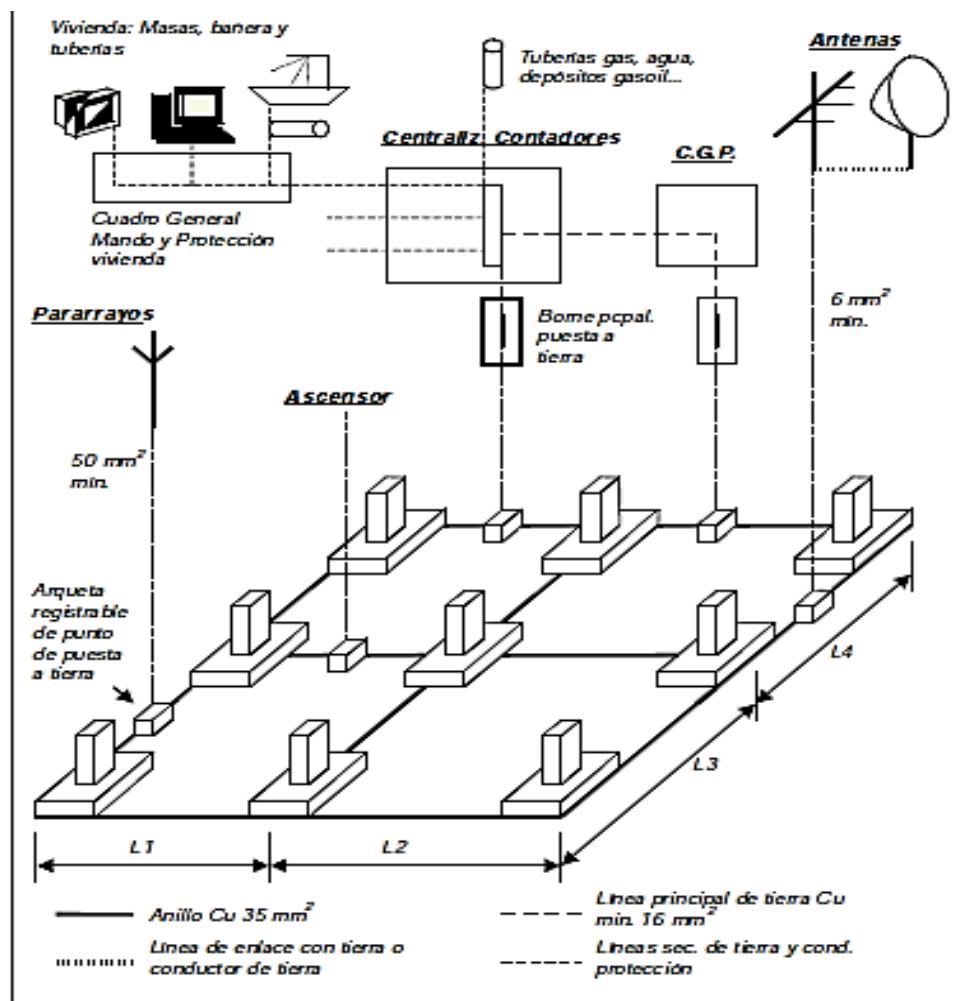


Figura 1. Puesta a tierra de un edificio de viviendas.

Memoria y Anexos

	10 mA	30 mA	300 mA	500 mA
Local seco	5000 Ω	1666.6 Ω	166.6 Ω	100 Ω
Local conductor	2400 Ω	800 Ω	80 Ω	48 Ω

Tabla 1. Máximos valores de la resistencia de tierra admisibles en esquema TT con ID.

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión (envolvente)	Según Tabla 3	16 mm ² Cu 16 mm ² Acero galvanizado
No protegido contra la corrosión (desnudo)		25 mm ² Cu 50 mm ² Hierro

Tabla 2. Secciones mínimas para los conductores de tierra o líneas de enlace con tierra.

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección Sp (mm ²)
S < 16	S _p = S
16 < S < 35	S _p = 16
S > 35	S _p = S/2

Tabla 3. Secciones mínimas para los conductores de protección.

Terrenos orgánicos, arcillas y margas		Arenas arcillosas y graveras, rocas sedimentarias y metamórficas		Calizas agrietadas y rocas eruptivas		Grava y arena silicea		Nº de picas de 2 m de longitud
sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	
25	34	28	67	54	134	162	400	0
^	30	25	63	50	130	158	396	1
26	^	59	46	126	154	392	2	
^		55	42	122	150	388	3	
		51	38	118	146	384	4	
		47	34	114	142	380	5	
		43	30	110	138	376	6	
		39	^	106	134	372	7	
		35		105	130	368	8	
		^		98	126	364	9	
				94	122	360	10	
				74	102	340	15	
				^	82	320	20	
						240	40	
						200	50	
						^		

Tabla 4. Cálculo de la toma de tierra según NTE.

Memoria y Anexos

Electrodo	Resistencia (Ω)
Placa enterrada profunda P: perímetro de la placa (m)	$R = 0.8\rho / P$
Placa superficial P: perímetro de la placa (m)	$R = 1.6\rho / P$
Pica vertical L: longitud de la pica (m)	$R = \rho / L$
Conductor enterrado horizontalmente L: longitud del conductor (m)	$R = 2\rho / L$
Malla de tierra r: radio del círculo con la misma superficie que el área cubierta por la malla (m) L: longitud total de conductor enterrado	$R = \rho / 4r + \rho / L$

Tabla 5. Resistencia de tierra para los electrodos más comunes.