



Escuela
Universitaria
Ingeniería
Técnica
Industrial
ZARAGOZA

PROYECTO:

INSTALACIÓN DE UN ALBERGUE
MEDIANTE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

MEMORIA

REALIZADO POR:

SERRAT SERRAT, SANTIAGO
MAYO 2010

INDICE GENERAL

1. Objeto	7
2. Localización y ubicación del albergue	7
3. Descripción del albergue	7
4. Normativa aplicada	9
5. Clasificación según el REBT	9
6. Introducción a la energía solar	10
6.1. Fuentes de energía no renovable	10
6.2. Fuentes de energía renovable.....	11
6.3. Energía solar	12
6.3.1. La constante solar	13
6.3.2. Efecto de la atmósfera	14
6.3.3. Irradiación sobre una superficie	15
6.3.4. Coordenadas solares.....	17
6.3.5. Procesos naturales	19
6.3.6. El clima.....	19
6.3.7. Procesos tecnológicos	19
7. Introducción a la energía eólica	21
7.1. Características del viento	21
7.1.1. Variación del viento con la altura.....	22
7.1.2. Clasificación de los vientos por su velocidad	23
7.2. Arquitectura de los aerogeneradores	23
7.2.1. Eje vertical	24
7.2.2. Eje horizontal	26
7.2.3. Características	32
7.3. Torres para aerogeneradores.....	32
8. Instalación solar de ACS	33
8.1. Principios básicos para el óptimo aprovechamiento	34

8.1.1. Primer principio: captar el máximo posible de energía solar.....	35
8.1.2. Segundo principio: consumir prioritariamente la energía solar	35
8.1.3. Tercer principio: asegurar la correcta complementariedad entre la energía solar y la convencional	35
8.1.4. Cuarto principio: no juntar la energía solar con la convencional.....	36
8.2. Elementos de la instalación	37
8.2.1. Colector solar	37
8.2.1.1. Colector de placa plana	39
8.2.2. Acumulador	44
8.2.2.1. Formas de acumulación	45
8.2.2.2. Acumuladores de A.C.S.	45
8.2.2.2. Criterios de dimensionado de acumuladores.....	46
8.2.3. Intercambiador	46
8.2.3.1. Tipos de intercambiador de calor	47
8.2.3.1.1. Intercambiador de calor de serpentín	48
8.2.3.1.2. Intercambiador de calor de doble envolvente.....	48
8.2.3.1.3. Intercambiador de calor exterior	49
8.2.4. Electrocirculadores	49
8.2.5. Depósito de expansión	51
8.2.6. Manómetro e hidrómetro.....	52
8.2.7. Válvula de seguridad	53
8.2.8. Purgador y desaireador	54
8.2.9. Válvulas de retención o antirretorno	55
8.2.10. Válvulas de paso	55
8.2.11. Termómetro y termostato.....	57
8.2.12. Termostato diferencial o regulador.....	60
8.2.13. Válvulas de 3 y 4 vías	60
8.2.14. Sistema auxiliar	61
8.2.15. Resistencia de apoyo	62
8.3. Ocupación del albergue	63
8.4. Elección de la configuración.....	64
8.5. Cálculo de la superficie colectora	65
8.5.1. Cálculo de la carga de consumo	65
8.5.2. Cálculo de la energía necesaria para A.C.S.	70
8.5.3. Cálculo de la energía aprovechable.....	71
8.5.4. Cálculo de la intensidad luminosa	74

8.5.5. Elección del colector	75
8.5.6. Cálculo del rendimiento del colector.....	76
8.5.7. Cálculo de energía neta y determinación de la superficie necesaria	78
8.5.8. Cálculo de pérdidas por orientación e inclinación	83
8.5.9. Conexionado de los colectores y ubicación.....	85
8.5.10. Soportes	88
8.6. Cálculo del volumen de acumulación	90
8.6.1. Elección del depósito de acumulación.....	93
8.7. Elección del fluido de trabajo.....	94
8.8. Cálculo del circuito hidráulico	97
8.9. Cálculo de la tubería.....	99
8.10. Dimensionado de la bomba	101
8.10.1. Pérdidas de carga	102
8.10.2. Elección de la bomba	108
8.11. Cálculo del depósito de expansión	110
8.11.1. Elección del depósito de expansión	111
8.12. Elección del purgador de aire.....	113
8.13. Aislamiento	114
8.14. Cálculo del sistema auxiliar	116
8.14.1. Elección del sistema auxiliar	117
8.15. Diseño del sistema eléctrico y de control.....	120
8.15.1. Elección del sistema eléctrico y de control	121
8.16. Depósito de gas	122
9. Instalación eléctrica	122
9.1. Alumbrado	123
9.1.1. Cálculo de los puntos de luz del albergue	125
9.1.2. Cálculo de la energía de los puntos de luz	156
9.2. Fuerza	157
9.2.1. Cálculo de la energía de los aparatos eléctricos.....	157
9.3. Consumo total diario de la instalación eléctrica	159
9.4. Esquema de la instalación eléctrica	159
9.5. Cálculo de secciones	160
9.6. Cuadro general de mando y protección	169
9.7. Puesta a tierra.....	172
10. Instalación eólica-fotovoltaica	174
10.1. Elementos de la instalación	174

10.1.1. Panel solar.....	174
10.1.2. Acumuladores	177
10.1.3. Regulador.....	180
10.1.4. Inversor	182
10.2. Cálculo de la capacidad y determinación del acumulador.....	183
10.2.1. Elección del acumulador	186
10.2.2. Conexionado y ubicación	189
10.3. Cálculo de los paneles fotovoltaicos.....	189
10.3.1. Elección de los paneles fotovoltaicos	191
10.3.2. Conexionado y ubicación	193
10.4. Elección del aerogenerador.....	193
10.5. Elección del regulador.....	197
10.6. Dimensionado del convertidor.....	198
10.7. Cálculo de secciones.....	202
11. Resumen del presupuesto	205
12. Bibliografía.....	206
13. Anexo 1	208

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Superficies correspondientes a los distintos cuartos del albergue	8
Tabla 2.- Clasificación de los vientos por su velocidad	23
Tabla 3.- Datos de ocupación del albergue a lo largo del año	63
Tabla 4.- Demanda de referencia a 60°C	66
Tabla 5.- Temperatura media del agua de la red general en Huesca.....	67
Tabla 6.- Temperatura media del agua de la red general en Trasmoz.....	68
Tabla 7.- Demanda de agua caliente sanitaria para cada mes a 45°C.....	69
Tabla 8.- Demanda de agua caliente sanitaria durante el período de apertura.....	69
Tabla 9.- Carga de consumo mensual	70
Tabla 10.- Necesidad energética para ACS.....	71
Tabla 11.- Datos de radiación horizontal media (MJ/m ²) en Trasmoz.....	73
Tabla 12.- Energía aprovechable para cada mes del año.....	74
Tabla 13.- Intensidad útil	75
Tabla 14.- Rendimiento del colector solar térmico.....	77
Tabla 15.- Aportación solar por m ²	78
Tabla 16.- Energía neta disponible al día y al mes por metro cuadrado....	79
Tabla 17.- Superficie colectora necesaria para cubrir las necesidades energéticas.....	79
Tabla 18.- Aporte solar total de los colectores, fracción de consumo energética satisfecha por la energía solar y déficit energético con tres colectores solares	81
Tabla 19.- Energía aportada cada mes en %.....	81
Tabla 20.- Aporte solar total de los colectores, fracción de consumo energética satisfecha por la energía solar y déficit energético con dos colectores solares.....	82
Tabla 21.- Caída de presión en el colector solar AS-20VC para ciertos valores de funcionamiento.....	97
Tabla 22.- Dimensiones de la tubería de cobre (en milímetros)	100
Tabla 23.- Valores de las longitudes equivalentes de las distintas singularidades.....	107
Tabla 24.- Espesor mínimo del aislamiento térmico (mm).....	115
Tabla 25.- Caudal instantáneo mínimo de agua	117
Tabla 26-Tabla 42.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.....	126
Tabla 43.- Consumo de energía de los puntos de luz de la planta primera.....	156

Tabla 44.- Consumo de energía de los puntos de luz de la planta baja	157
Tabla 45.- Ocupación del albergue a lo largo del período de apertura.....	159
Tabla 46.- Caídas de tensión en la instalación eléctrica	169
Tabla 47.- Días de autonomía recomendados para baterías en servicio todo el año	183
Tabla 48.- Factor de corrección k para superficies inclinadas.....	190
Tabla 49.- Energía en megajulios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes.....	190
Tabla 50.- Número de horas de sol pico	191
Tabla 51.- Velocidades del viento durante el período de apertura	193

1. Objeto

El objetivo del presente proyecto es el de exponer ante los Organismos Competentes que las instalaciones que nos ocupan reúnen las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa y la de Ejecución de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicho proyecto.

En este proyecto se realiza una instalación bioclimática en un albergue de montaña aislado cerca de la localidad de Trasmoz en la provincia de Zaragoza, de acuerdo con la normativa vigente actual. Esta instalación incluye el suministro de agua caliente sanitaria (A.C.S.) con colectores solares y la electrificación mediante paneles solares y un generador eólico.

2. Localización y ubicación del albergue

El albergue está situado junto a la Sierra del Moncayo (sector central de la Cordillera Ibérica) cerca de la localidad de Trasmoz en la provincia de Zaragoza, a una latitud de 41° 49' 31" y a una longitud de 1° 43' 15", con una altitud de 765 m. Éste se encuentra aproximadamente a 3 Km al sur de esta localidad. Para llegar a su ubicación, se ha de salir de Trasmoz en dirección sureste hacia el Monasterio de Veruela. Después de circular 2 Km, se toma la carretera que se cruza hacia la derecha, luego a 250 m se gira a la izquierda y a 100 m se coge la carretera que se desvía hacia la izquierda. Siguiendo por esta carretera a 500 m se sitúa el albergue.

3. Descripción del albergue

El albergue es un edificio de nueva construcción con una ocupación máxima de veinte personas, que consta de una planta baja y una planta primera, con cubiertas inclinadas de teja, una de las cuales presenta una orientación sur en la que se instalarán los colectores y los paneles solares. Además, no hay objetos que puedan proyectar sombra sobre la superficie donde se colocan las instalaciones solares.

El albergue tiene una longitud de 14,5 metros y una anchura de 10,5 metros, con una superficie útil aproximadamente de 140 m² por planta. Posee dos entradas/salidas, una por la parte posterior del albergue, donde hay un aparcamiento, y la otra por el lado derecho. A la izquierda del albergue hay una caseta donde se colocarán las baterías, los reguladores, el inversor, etc.

La planta baja es la que se utiliza como zona de convivencia y está dotada de la sala del acumulador, una sala de estar, una cocina, un comedor, una sala con televisión y un baño. En la planta primera se sitúa la zona de descanso y aseo personal, habiendo cinco habitaciones y seis baños.

Las superficies del albergue se distribuyen de la siguiente manera:

Zona	Ancho (m)	Largo (m)	Superficie (m²)
Entrada	3	6,5	19,5
Pasillo 1	1,5	6	9
Pasillo 2	1	2,5	2,5
Sala del acumulador	2	5	10
Sala de estar	3,5	5	17,5
Cocina	4,5	5	22,5
Comedor	5	6	30
Sala TV	3,5	5	17,5
Baño 0	2	3,5	7
Escalera planta baja	1	2	2
Escalera planta 1 ^a	1	2	2
Pasillo 3	3,5	8,5	29,75
Baño 1	2	3	6
Baño 2	2	3	6
Baño 3	1,75	2	3,5
Baño 4	1,75	2	3,5
Baño 5	1,5	3,5	5,25
Baño 6	1,5	3,5	5,25
Habitación 1	3	5	15
Habitación 2	3	5	15
Habitación 3	2,5	3,5	8,75
Habitación 4	3,5	4	14
Habitación 5	3,5	7	24,5

Tabla 1.- Superficies correspondientes a los distintos cuartos del albergue.

De las habitaciones, hay dos de ellas que son para dos personas, una tiene dos camas individuales y la otra una litera. Luego, hay dos habitaciones para cuatro personas con dos literas cada una. Y por último, hay una habitación para un grupo de ocho personas equipada con cuatro literas. Cada habitación tiene a su disposición un baño completo, excepto la habitación para ocho personas, que dispone de dos baños completos, uno de ellos posee un extractor de aire forzado que se pone en funcionamiento cuando la luz está encendida.

En la sala del acumulador estarán el acumulador y la caldera de gas; además, aquí se colocará la lavadora. Para tender la ropa, se dispondrá de un tendedor en la parte exterior trasera del albergue.

En la sala de estar se dispone de una estantería con mucha variedad de libros para el disfrute de los ocupantes. El albergue no tiene conexión a Internet.

En la cocina hay un frigorífico con congelador para conservar mejor los alimentos que traigan las personas. Cabe destacar que la cocina funciona a gas propano.

El albergue está en plena naturaleza, en una zona con mucha tranquilidad, hecho para la comodidad de aquellas personas que tengan que descansar. El sistema de calentamiento del agua es totalmente ecológico, no produce ningún tipo de emisión contaminante. Además, los sistemas encargados de proporcionar toda la electricidad que se va a consumir en el albergue, el aerogenerador y los paneles fotovoltaicos, son totalmente limpios.

El albergue tiene un período de apertura de 245 días, desde el día 1 de marzo hasta el día 31 de octubre. Durante este tiempo, el agua caliente sanitaria será suministrada por los colectores solares en mayor proporción que por gas y la electrificación mediante paneles solares y generador eólico en su totalidad.

4. Normativa aplicada

La normativa que se ha tenido en cuenta para la realización del presente proyecto ha sido:

- El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias del Ministerio de Industria y Energía.
- El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias del Ministerio de Industria y Energía.
- Documentos realizados por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

5. Clasificación según el REBT

El albergue es denominado de pública concurrencia, conforme a la Instrucción Técnica Complementaria de Baja Tensión número 28 (ITC BT 28), ya que es un lugar de reunión, independientemente de la ocupación que tenga.

6. Introducción a la energía solar

La disponibilidad de energía en el mundo se ha convertido en un problema esencial, dado que la gran mayoría de los países, tanto los que están en vías de desarrollo como los industrializados, se ven afectados por las crecientes demandas requeridas para satisfacer sus metas económicas y sociales.

A partir de los últimos años, se ha reconocido como inevitable que la oferta de energía debe sufrir una transición desde su actual dependencia de los hidrocarburos hacia aplicaciones energéticas más diversificadas, lo que implica el aprovechamiento de la variedad de fuentes de energía renovables que se disponen (Fernández, 2007).

Como solución a los problemas medioambientales y tecnológicos existen muchas alternativas energéticas.

6.1 Fuentes de energía no renovable

Es aquella que está almacenada en cantidades inicialmente fijas, comúnmente en el subsuelo. A medida que se consume un recurso no renovable, se va agotando. Se distinguen tres tipos:

- Las fuentes de energía fósil.
 - Las fuentes de energía geotérmica.
 - La energía nuclear.
- Fuentes de energía fósil: la energía fósil es la que se obtiene de la combustión de ciertas sustancias que se produjeron en el subsuelo a partir de la acumulación de grandes cantidades de residuos de seres vivos. Destacan:

Petróleo y sus derivados: el petróleo es una mezcla de una gran variedad de hidrocarburos (compuestos de carbono e hidrógeno) en fase líquida, mezclados con impurezas. Por destilación y otros procesos, se obtienen las diversas gasolinas, el diesel, etc. Ya no es un recurso abundante.

Gas Natural: está compuesto principalmente por metano y corresponde a la parte más ligera de los hidrocarburos, por lo que se encuentra en los yacimientos en forma gaseosa.

Carbón Mineral: está compuesto principalmente por carbono, también de origen fósil, que se encuentra en el subsuelo. Es un recurso abundante, pero ocasiona muchos problemas ecológicos, mayores que el petróleo y sus derivados.

- **Energía Geotérmica:** consiste en extraer calor del magma incandescente de la Tierra, por medio de vapor. Es posible generar electricidad a partir de plantas geotermoeléctricas. El magma se encuentra cerca de la superficie terrestre en las zonas con actividad volcánica. En ocasiones, el vapor o el agua brotan espontáneamente, otras veces es necesario inyectar agua en pozos y extraerla como vapor. En este proceso no hay combustión.

- **Energía nuclear:** se obtiene de la modificación de los núcleos de algunos átomos, muy pesados o muy ligeros. Cierta fracción de su masa se transforma en energía, por lo que tampoco implica ninguna combustión, pero produce otros subproductos agresivos al ambiente. Hay dos procesos:

Fisión nuclear: consiste en la desintegración de átomos pesados, como ciertos isótopos de uranio y el plutonio, para obtener átomos más pequeños. Ésta es la manera como operan los reactores nucleares comerciales.

Fusión nuclear: consiste en la obtención de átomos de mayor tamaño a partir de ciertos isótopos de átomos pequeños, como el tritio. Debido a que existe una fracción de tritio en el agua de los océanos, ésta sería una fuente de energía abundante.

6.2 Fuentes de energía renovable

Es aquella que, administrada de forma adecuada, puede explotarse ilimitadamente, o sea que su cantidad disponible no disminuye a medida que se aprovecha. La principal fuente de energía renovable es el Sol. La energía proveniente del Sol en la atmósfera se convierte en una variedad de efectos, que se usan como recurso energético, como la energía eólica, la energía de la biomasa, la diferencia de temperaturas oceánicas y la energía de las olas.

- **Energía Solar:** está constituida por la porción de la luz que emite el Sol y que es interceptada por la Tierra.

Directa: una aplicación es directamente como luz solar, para la iluminación de recintos o el secado de ropa.

Térmica: su aprovechamiento se logra por medio de calentamiento de algún medio (climatización, calefacción, secado, refrigeración, etc.).

Fotovoltaica: su aprovechamiento se logra por medio de celdas fotoeléctricas, capaces de convertir la luz en potencial eléctrico.

- **Energía Eólica:** es aquella que se extrae del viento. Las aplicaciones más comunes son el transporte (veleros), generación eléctrica y bombeo de agua. La energía eólica deriva de la energía solar porque parte de los movimientos del aire se debe

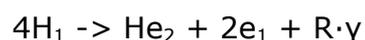
al calentamiento solar, aunque también le afecta la rotación de la Tierra y la atracción gravitacional de la Luna y el Sol).

- **Energía de la Biomasa:** es aquella que aprovechan las plantas mediante la fotosíntesis. Mediante este mecanismo las plantas elaboran su propio alimento. Además, se obtienen otros productos, como la madera y puede utilizarse la energía solar para producir sustancias con alto poder energético, como el alcohol y el metano.
- **Diferencia de Temperatura Oceánica:** es aquella que aprovecha la diferencia de temperaturas que existe entre la superficie del océano y otra superficie metros más abajo, para proporcionar los flujos de calor que impulsen un ciclo termodinámico y puedan producir otras formas de energía.
- **Energía de las Olas:** se aprovechan el vaivén de las olas del mar para generar energía eléctrica, como es el caso de un tipo de boyas.
- **Energía Hidráulica:** es la que se obtiene a partir de caídas de agua. Ésta también es una forma de energía derivada de la energía solar, porque el Sol provoca el ciclo hidrológico.
- **Energía de las mareas:** es la que se obtiene de colocar grandes represas costeras en zonas donde se dan mareas altas y bajas.

6.3 Energía solar

El Sol es una estrella de tipo medio, brilla desde hace más de 5000 millones de años y el tiempo que le resta de vida es todavía mayor. Está compuesto en un 90% de hidrógeno, un 7% de helio y un 3% del resto de elementos químicos.

El origen de la energía que el Sol produce e irradia está en las reacciones nucleares que se producen continuamente en su interior. En ellas, los átomos de hidrógeno se combinan entre sí para formar átomos de helio y al mismo tiempo, una pequeña parte de la masa de dichos átomos (el 0,73%) se convierte en energía (rayos gamma), la cual fluye desde el interior hasta la superficie solar interaccionando con la materia solar y transformándose en radiación ultravioleta (UV), visible (V) e infrarroja (IR), y desde allí es irradiada al espacio en todas las direcciones.



El Sol emite al espacio la energía en forma de radiación electromagnética (fotones) en una amplia gama de longitudes de onda diferentes, ésta es una forma de transporte que no requiere medio material para desplazarse, por lo que puede propagarse en el vacío (Ortega, 2002). Estos fotones se desplazan en el espacio

vacío a una velocidad de 300.000 km/s, tardando ocho minutos en recorrer la distancia entre el Sol y la Tierra.

La mayor parte de los fotones emitidos tienen una longitud de onda comprendida entre 0,3 μm y 3 μm , aunque solamente las que van desde 0,4 a 0,7 μm son las que pueden ser captadas por el ojo humano, formando lo que se conoce como luz visible.

Cada segundo el Sol irradia una energía de $4 \cdot 10^{26}$ julios, o sea, una potencia de $4 \cdot 10^{23}$ kilovatios.

Analizando la radiación emitida y aplicando las leyes físicas, se deduce que la temperatura de la superficie solar es de unos 5900K y en su interior es del orden de varios millones de grados.

6.3.1. La constante solar

Al extenderse por el espacio en todas las direcciones, la energía radiante procedente del Sol se reparte en una superficie esférica hipotética, cuyo centro es el foco emisor y cuyo radio crece a la misma velocidad que la propagación de la radiación. Entonces, la intensidad en un punto de dicha superficie esférica, al repartirse la energía sobre un área cada vez mayor, será más pequeña cuanto mayor sea el radio de la misma, por lo que la radiación se debilita.

El valor aproximado de la intensidad en la Tierra es:

$$I = P/S = 4 \cdot 10^{26} / 4\pi \cdot (1,5 \cdot 10^{11})^2 \approx 1400 \text{ W/m}^2 = 1,4 \text{ kW/m}^2$$

Donde:

P es la potencia que proporciona el Sol.

S es la superficie esférica hasta la Tierra ($4\pi R^2$).

En el límite entre la atmósfera y el espacio, la radiación solar media es de 1353 W/m^2 . Este valor se denomina Constante Solar. Aunque la Constante Solar sufre ligeras variaciones debido a que la distancia del Sol a la Tierra no es constante, debido a que la órbita terrestre es elíptica, en los meses de diciembre y enero es un poco mayor y en los meses de junio y julio es menor.

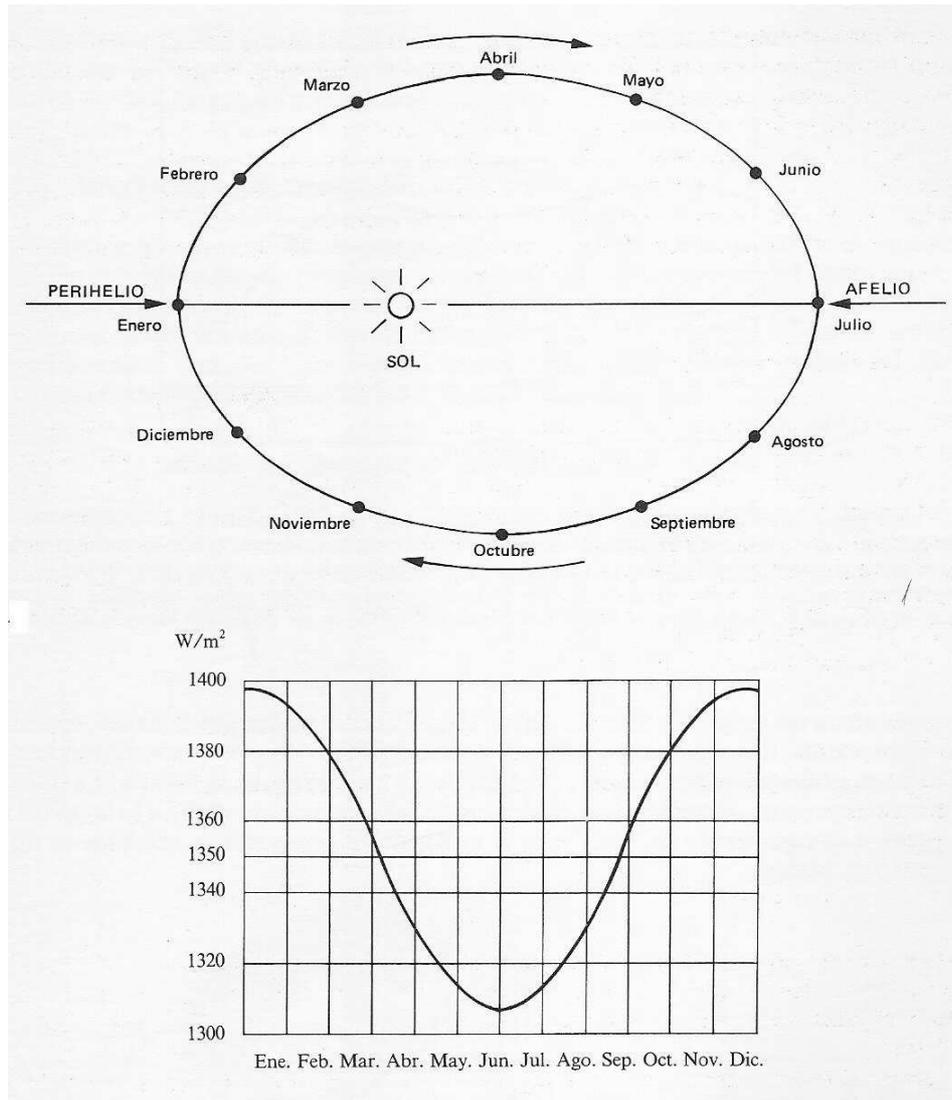


Figura 1.- Variación de la Constante Solar fuera de la atmósfera.

6.3.2. Efecto de la atmósfera

Sin embargo, la energía que llega a la superficie terrestre es menor debido a la interacción de los componentes atmosféricos con la radiación solar. La capa de ozono absorbe radiación UV funcionando como una pantalla de radiaciones perjudiciales para la vida terrestre. Parte de la radiación es reflejada de nuevo al espacio, y otra se atenúa en su choque con partículas y moléculas atmosféricas. Por término medio, en toda la superficie terrestre, la intensidad que llega es de unos 900 W/m^2 , de los que un 3% son UV, un 57% son V y un 40% IR. En días despejados y con atmósfera muy limpia, la intensidad máxima puede llegar a unos 1100 W/m^2 , aunque normalmente no se miden valores superiores a los 1000 W/m^2 .

La radiación global que llega a un punto sobre la superficie terrestre tiene tres componentes: la directa, la difusa y la reflejada. La radiación directa es la que llega sin interactuar con nada y sin cambios de dirección (muy importante en un día soleado). La radiación difusa es producto de los choques de la radiación directa con las partículas y los componentes atmosféricos (radiación típica en días nublados). La radiación reflejada, también llamada albedo, es la que llega procedente de la reflexión de la radiación directa en los elementos del entorno (importante cerca del mar o en zonas con nieve). El albedo de los cuerpos es mayor cuanto más claro sea el color de los mismos. La influencia de éste sobre la radiación incidente en un colector solar suele ser despreciable.

$$\text{Radiación Global} = \text{Directa} + \text{Difusa} + \text{Albedo}$$

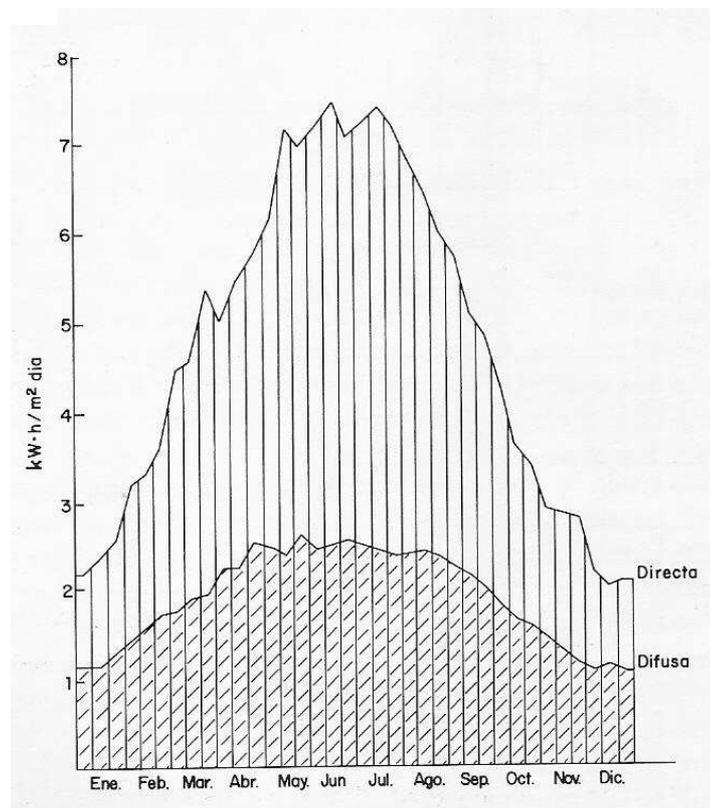


Figura 2.- Radiación directa y difusa en una ciudad española.

6.3.3. Irradiación sobre una superficie

La irradiación E es la cantidad de energía radiante que llega a una superficie determinada en un tiempo determinado (Censolar, 1991). No hay que confundirla con la irradiancia I que es la energía incidente por unidad de tiempo y de superficie.

La cantidad de energía debida a la radiación directa que una superficie puede interceptar dependerá del ángulo formado por los rayos y la superficie. Si la superficie es perpendicular a los rayos este valor es máximo, disminuyendo conforme lo hace dicho ángulo.

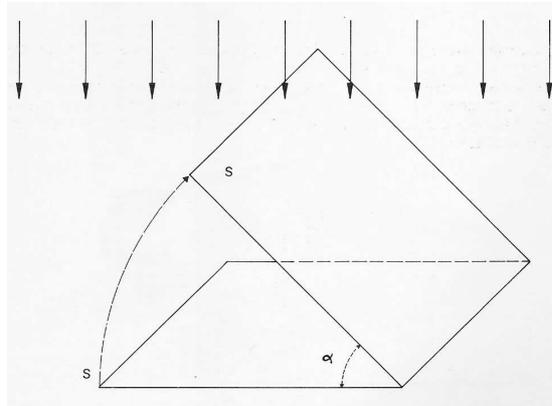


Figura 3.- Radiación solar sobre la superficie.

La intensidad sobre la superficie varía en la misma proporción que lo hace la energía E, de forma que la intensidad sobre la superficie inclinada es:

$$I' = I \cdot \cos\alpha$$

Este efecto de inclinación es la causa por la que los rayos solares calientan mucho más al mediodía que en las primeras horas de la mañana o en las últimas de la tarde.

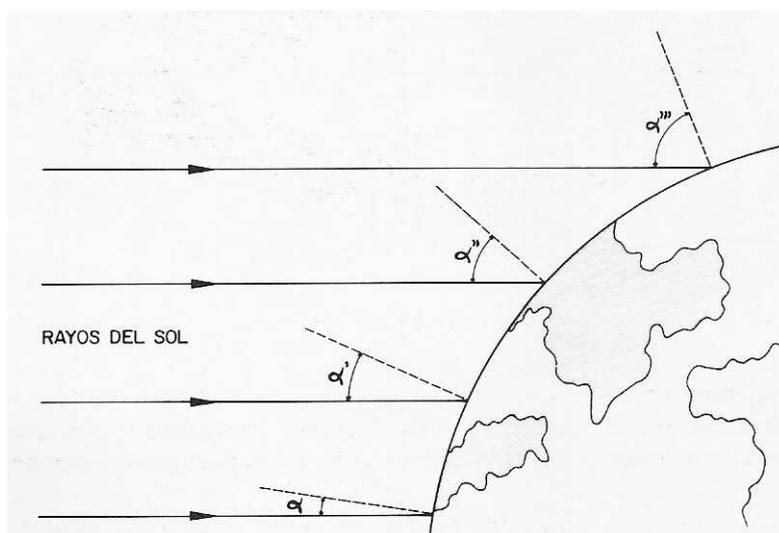


Figura 4.- Radiación solar sobre la Tierra.

La diferente inclinación de los rayos solares es la causa por la que las regiones de latitudes altas reciban mucha menos energía que las más cercanas al ecuador.

Para medir la irradiación total que una superficie recibe en un determinado número de días se emplean piranómetros, los cuales detectan la intensidad de la radiación en cada instante y acumulan los datos recibidos en un ordenador. Permite evaluar la energía disponible en la zona donde se ubica y así, poder hacer una estimación de la viabilidad de un sistema solar.

6.3.4. Coordenadas solares

El Sol sale por el Este, se eleva más o menos en el cielo (según la época del año) y finalmente se oculta por el Oeste. En realidad, no es el Sol el que se mueve, es la Tierra la que gira sobre sí misma, dando una vuelta cada 24 horas.

Para definir la posición exacta del Sol en cada instante con respecto a un punto inmóvil en un plano horizontal, se utilizan dos coordenadas, la altura solar h y azimut solar A . La altura h es el ángulo que forman los rayos solares sobre la superficie horizontal (Censolar, 1991). En ocasiones, también se utiliza el ángulo cenital que es el que forma el rayo con la vertical.

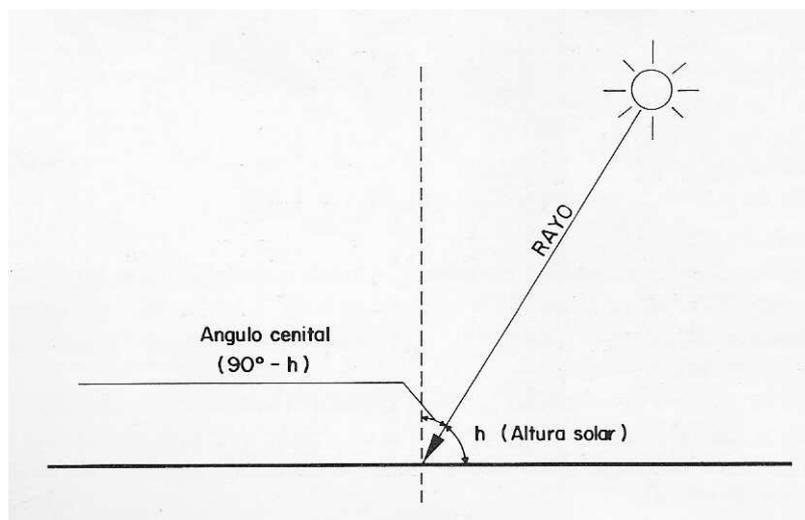


Figura 5.- Altura solar y ángulo cenital.

El azimut A es el ángulo de giro del Sol medido sobre el plano horizontal mediante la proyección del rayo sobre dicho plano y tomando como origen el Sur. La figura siguiente ilustra la representación gráfica de la altura y el azimut. Por convenio, este último se considera negativo cuando el Sol está en el cuadrante Este-Sur (la mañana) y positivo cuando se sitúa en el cuadrante Oeste-Sur (después del mediodía).

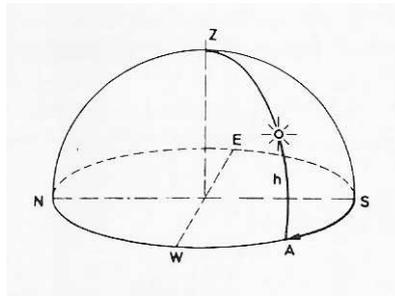


Figura 6.- Azimut y altura solar.

El número de horas de sol teóricas será el intervalo de tiempo transcurrido entre el amanecer y el ocaso, ambos instantes en los que la altura solar vale cero. Esta duración del día depende del punto geográfico considerado y de la época del año.

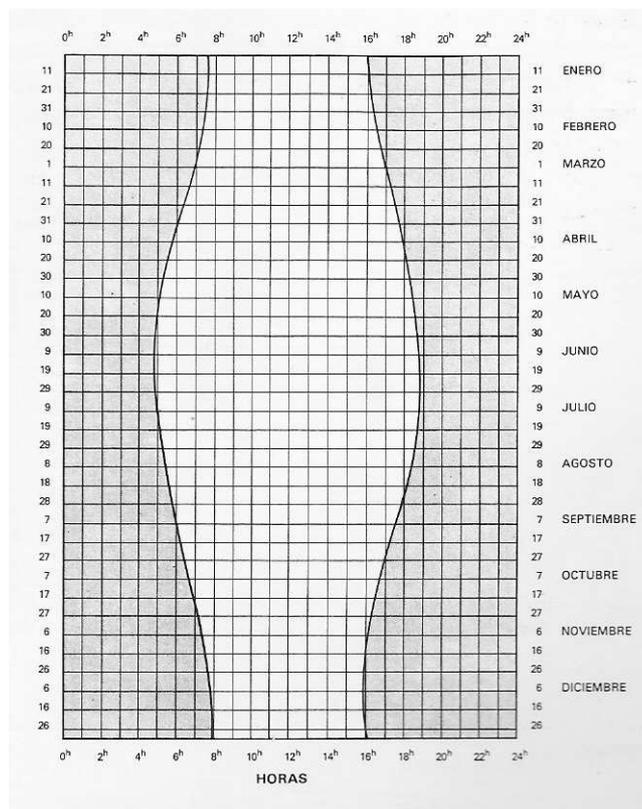


Figura 7.- Duración del día durante el año (latitud aproximada 40°).

6.3.5. Procesos naturales

El flujo de radiación solar que llega a la Tierra es la fuente primaria principal de las formas de energía conocidas. Casi el 30% de la radiación es devuelta al espacio por reflexión, un 47% se convierte en calor y un 23% se invierte en la evaporación del agua de los océanos, lagos, ríos, así como en el ciclo hidrológico completo. El 0,2% es responsable de los movimientos de circulación atmosférica y oceánica. Solamente el 0,02% de la energía radiante incidente se utiliza en la producción de materia viviente (plantas). Las plantas verdes son capaces de utilizar los fotones de luz gracias a la clorofila. La clorofila absorbe la luz y activa una reacción fotoquímica:



La energía solar queda almacenada en los hidratos de carbono formados, los cuales liberarán su energía al descomponerse, cuando la hoja se destruye. Se establece un equilibrio energético, mediante el cual la planta devuelve con el tiempo toda la energía que ha absorbido. En los últimos millones de años se ha ido acumulando bajo las capas de materiales térreos materia orgánica con energía, sufriendo procesos químicos y dando origen a los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural).

Debido al consumo creciente de estos recursos y al ritmo que se consumen, mucho más rápidos de lo que se producen, hay que buscar alternativas.

6.3.6. El clima

La energía solar es la responsable de las alteraciones de la atmósfera (cambios de presión, temperatura, humedad, etc.). La energía térmica, producida en mayor cantidad en las zonas ecuatoriales y templadas de la Tierra, mantiene la circulación atmosférica impulsando los vientos (energía eólica), creando tormentas y proyectando lluvias y nieves.

La esfericidad de la Tierra hace que haya grandes diferencias de temperaturas en las distintas latitudes. Pero el factor más importante que influye en la cantidad de energía solar incidente en una localidad es la proporción de días nublados que se dan al año.

6.3.7. Procesos tecnológicos

El objetivo es aprovechar al máximo los efectos físicos de la radiación, adecuando los dispositivos de captación para obtener la energía del modo que se precise. La conversión es directa cuando ésta se realiza en una sola etapa y la conversión indirecta cuando la forma final de energía proviene de la energía solar a través de dos o más procesos intermedios.

Por conversión directa la energía solar es capaz de transformarse en energía térmica o en energía eléctrica. Indirectamente, la energía solar puede producir energía útil a través de procesos intermedios, como la eólica. También entran en este grupo los procesos termoeléctricos y termodinámicos, por los que la energía solar se convierte en energía térmica y ésta a su vez en cinética, para producir finalmente energía eléctrica.

- Procesos térmicos directos:

La energía solar al incidir sobre cualquier objeto para a energía térmica, por lo que es la más fácil de producir. La cantidad energética que cede la radiación depende de la intensidad incidente y de la capacidad de absorción del cuerpo. Los cuerpos reflectantes no se calientan demasiado, en cambio los cuerpos no reflectantes aprovechan casi toda la energía.

Los cuerpos negros absorben casi todas las longitudes de onda del espectro de luz visible, sin embargo los cuerpo blancos reflejan la luz. Por lo que, el captador de energía solar más simple es un cuerpo pintado de negro mate y una conductividad térmica alta (metal), para que la energía térmica que se produzca se pueda transferir más fácilmente a donde nos interese. Normalmente, se usan tubos por donde circula un fluido que transporta el calor. Para mejorar la eficacia se usa el efecto invernadero, evitando que la energía térmica se escape del captador.

Algunos sistemas utilizan la concentración de los rayos solares mediante espejos curvos para elevar la intensidad de la radiación incidente sobre la superficie absorbidora. Estos sistemas de concentración implican mayor complejidad tecnológica.

- Procesos directos de conversión eléctrica:

La luz está formada por fotones, que son capaces de interactuar con los electrones de los cuerpos sobre los que inciden. Existen dos tipos de interacción: el efecto fotoeléctrico externo y el efecto fotovoltaico.

El efecto fotoeléctrico externo consiste en un desprendimiento de electrones de la superficie de los metales al chocar fotones de suficiente energía, dando lugar a la corriente eléctrica.

En el efecto fotovoltaico los materiales semiconductores (sustancias con resistividad entre 10^{-6} y $10^8 \Omega \cdot m$) son capaces de crear una fuerza electromotriz. Hay dos tipos de semiconductores: los de tipo N y los de tipo P. A los primeros se les puede forzar a tener un exceso de electrones y a los segundos un defecto de ellos. Al ponerse en contacto se crea una unión P-N, la cual tiene unas propiedades especiales. Se producirá una difusión de electrones y huecos a través de la superficie común de separación. Los semiconductores son eléctricamente neutros, pero esta difusión hará que se cargue el semiconductor N positivamente y el

semiconductor P negativamente, estableciéndose una diferencia de potencial pequeña, la cual dará lugar a un campo eléctrico que restablece el equilibrio.

Pero, si incide luz sobre la zona de unión, los fotones liberarán electrones adicionales y dejarán huecos. Los electrones bajo el campo eléctrico tendrán movimiento y pueden conducirse por un conductor, apareciendo una corriente eléctrica.

Los elementos más usados para las aplicaciones fotovoltaicas son el silicio, el selenio y el galio, aunque también se utilizan materiales monocristalinos, policristalinos y amorfos.

7. Introducción a la energía eólica

La energía eólica está basada en los desplazamientos de masas de aire como consecuencia de las diferencias de presión causadas por las alteraciones de temperatura. Su aprovechamiento para obtener energía requiere un proceso indirecto de conversión, a diferencia del directo que se produce en el de la energía fotovoltaica. Sus instalaciones de aprovechamiento de esta energía adoptan dos configuraciones muy diferentes: los denominados parques eólicos, destino a redes públicas de distribución, y las medianas y pequeñas instalaciones para bombeo de agua o suministro energético a viviendas, granjas o similares, como sistema generador único o complementando a la energía obtenida mediante paneles fotovoltaicos en las instalaciones denominadas híbridas.

España es una potencia mundial en obtención de energía por este medio y en desarrollo y fabricación de aerogeneradores. El 6% del consumo eléctrico tenía esa procedencia, el cual es generado por cerca de 10000 aerogeneradores distribuidos entre numerosos parques.

7.1. Características del viento

El viento se genera por el calentamiento desigual que sufre la tierra. El calentamiento es más intenso cerca del ecuador y durante el día, esto provoca que las zonas más calientes se muevan sobre la superficie de la tierra en su movimiento de rotación. Generalmente el aire caliente sube, para después circular por la parte superior de la atmósfera y caer en las zonas más frías. A nivel del suelo la circulación es en sentido inverso. El efecto combinado del desigual calentamiento de la tierra y de las fuerzas centrífugas y de Coriolis debidas a la rotación, da lugar a vientos a escala terráquea, con unas tendencias más o menos permanentes. En la figura 8 se indican los vientos alisios, polares y vientos del Oeste como ejemplos.

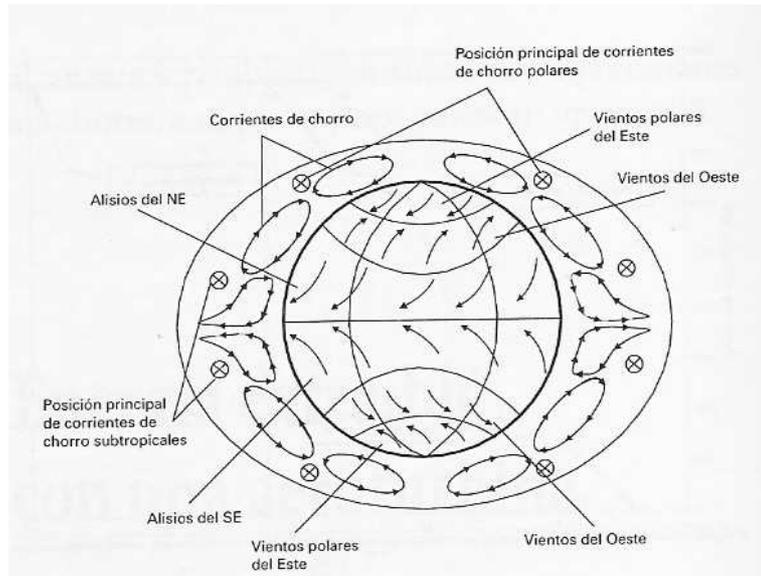


Figura 8.- Distribución de vientos a escala global.

7.1.1. Variación del viento con la altura

Aun en terreno llano el viento varía con la altura sobre el suelo. El estudio de dicha variación es de gran importancia por las siguientes razones:

- A mayor altura hay mayor velocidad del viento, y por tanto la potencia producida por las aeroturbinas también es mayor, aunque por otra parte, al ser más alta la torre mayor es el coste. Es por tanto necesario optimizar el sistema, teniendo en cuenta estos dos efectos. Ésta es una de las razones por las que modernamente se tiende a hacer máquinas más grandes y de más potencia, y consecuentemente más altas.
- Cada pala al girar se encuentra con viento variable, por lo que se generan cargas alternativas.
- Por la misma razón se generan pares alternativos que dan lugar a fluctuaciones de la energía eléctrica generada.

El viento por encima de una cierta altura está sujeto a un equilibrio entre las fuerzas de presión y las de Coriolis. Sin embargo, conforme se va acercando al suelo el viento es frenado por efecto del rozamiento con el mismo. Este proceso de frenado ocurre en la capa límite terrestre. El espesor de la misma varía según las condiciones climatológicas, y un valor típico medio puede ser de 2 Km, aunque en noches frías y claras de poco viento puede llegar a ser de unos 100 m, y bastante mayor en días soleados. La parte superior de la capa límite terrestre se puede identificar como una zona de menor visibilidad en la que hay una fuerte mezcla de

humo y polvo. La parte inferior de la misma, que alcanza hasta los 150 m, se conoce con el nombre de capa superficial. El resto se conoce con el nombre de capa de Ekman. A través de esta capa, el viento cambia de dirección, con una tendencia a moverse de mayor a menor presión, a medida que nos acercamos al suelo. Para estudiar la acción del viento sobre las aeroturbinas podría bastar con el conocimiento de la capa superficial.

7.1.2. Clasificación de los vientos por su velocidad

La velocidad de los vientos fue definida en 1805 por Sir Francis Beaufort, el cual estableció una tabla con doce niveles que es empleada internacionalmente.

Fuerza	Velocidad (m/s)	Situación
0	0-0,2	Calma
1	0,3-1,5	Aire ligero
2	1,6-3,3	Brisa ligera
3	3,4-5,4	Brisa apacible
4	5,5-7,9	Brisa moderada
5	8-10,7	Brisa fresca
6	10,8-13,8	Brisa fuerte
7	13,9-17,1	Brisa muy fuerte
8	17,2-20,7	Vendaval
9	20,8-24,4	Vendaval fuerte
10	24,5-28,4	Tormenta
11	28,5-32,6	Tormenta violenta
12	Más de 32,7	Huracán

Tabla 2.- Clasificación de los vientos por su velocidad.

7.2. Arquitectura de los aerogeneradores

Los aerogeneradores se pueden clasificar por la utilización para la que han sido construidos y por la posición del eje que sustenta las palas con respecto a la dirección del viento.

Por su utilización:

- Aerogeneradores destinados a la producción de energía eléctrica, en los que su dimensión determina la aplicación específica.

Dentro de este tipo de máquinas se distinguen los aerogeneradores por la potencia suministrada, existiendo los tipos micro y mini turbinas destinados a las instalaciones aisladas, y las grandes turbinas para los parques eólicos con conexión a las redes públicas de distribución de energía eléctrica.

- Aerogeneradores para el bombeo de agua, con acoplamiento mecánico directo con la bomba de extracción.

Por su eje:

- Aerogeneradores cuyo eje de rotación está en posición vertical con respecto de la dirección del viento.

- Aerogeneradores cuyo eje de rotación está en posición horizontal con respecto a la dirección del viento.

7.2.1. Eje vertical

En los aerogeneradores de eje vertical, el rotor gira en el mismo plano que el viento, condición que le da la ventaja de no necesitar elementos de orientación, lo que es imprescindible en los aerogeneradores de eje horizontal. Una ventaja adicional con la que cuentan estos aerogeneradores es que los equipos de control y de conversión pueden estar en la base de la máquina. Son máquinas sencillas y económicas, pero su rendimiento es más bajo que el de las de eje horizontal.

Estas máquinas están basadas en dos desarrollos de los años treinta del siglo XX; el del finlandés Savonius y el del francés Darrieux.

El aerogenerador Savonius está basado en la disposición sobre un eje vertical a la dirección del viento de dos semicilindros del mismo diámetro y ejes paralelos acoplados al de sustentación, con una determinada distancia entre ellos.

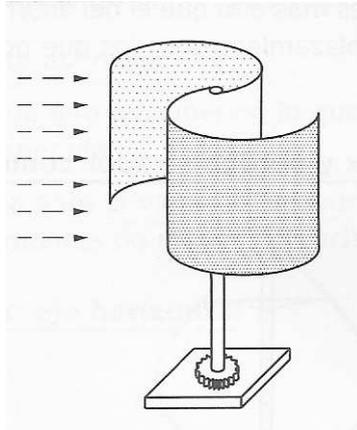


Figura 9.- Rotor Savonius.

Este aerogenerador funciona por la diferencia que se produce entre la fuerza de arrastre que el viento ejerce sobre el campo cóncavo y la del convexo de la misma sección transversal. Su forma de anemómetro con copas o forma similar le permite tal propiedad y la condición de trabajar con velocidades del viento muy bajas, que es su gran ventaja. Su coeficiente de potencia (C_p) está situado en torno al valor 0,3.

La versión de aerogenerador de eje vertical que Darrieux patentó está formada por dos o tres perfiles que giran alrededor de su eje.

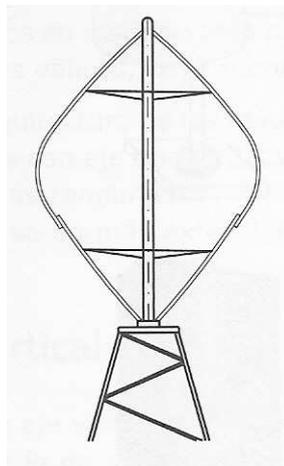


Figura 10.- Rotor Darrieux.

Este aerogenerador puede necesitar, dependiendo de su tamaño, un mecanismo de arranque inicial si los vientos tienen velocidad baja (4-6 m/s) y su coeficiente de potencia es más alto que el del anterior.

7.2.2. Eje horizontal

Es el tipo de aerogenerador más empleado, independientemente del tamaño de la instalación y de la aplicación a la que esté destinado. Los aerogeneradores de eje horizontal presentan algunas ventajas con respecto a los de eje vertical:

- Su rendimiento es mayor.
- Su velocidad de giro es superior, lo que repercute directamente en la potencia generada.
- El área barrida ante el viento es mayor y con ello se pueden fabricar aerogeneradores de mayor potencia.

Sin embargo, requieren, a diferencia de los de eje vertical, la incorporación de un sistema de orientación al viento, ya que no pueden funcionar con cualquier dirección, que es la gran ventaja de los de eje vertical. Sus palas pueden presentar dos posiciones al viento, que son:

- A barlovento: el viento entra de frente al aerogenerador y el sistema de orientación se sitúa en la parte posterior. Es el modo más empleado.
- A sotavento: el viento encuentra primero el sistema de orientación y, finalmente, las palas del rotor, que están en la parte posterior.



Figura 11.- Aerogenerador horizontal.

En función de la velocidad de rotación, los rotores de eje horizontal se clasifican en:

- Lento: posee un número de álabes comprendido entre 12 y 16, y un diámetro generalmente inferior a 8 m, lo que hace que se usen en aplicaciones de baja potencia.

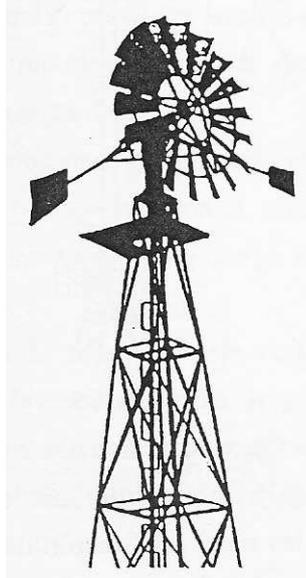


Figura 12.- Rotor de eje horizontal lento.

- Rápido: se construye habitualmente con 2 ó 3 álabes. Presentan la ventaja de que a igual potencia, son mucho más ligeros que los rotores lentos y su rendimiento aerodinámico es mejor. Por el contrario, necesitan unas velocidades del viento relativamente elevadas, del orden de los 5 m/s, para que comience a funcionar.

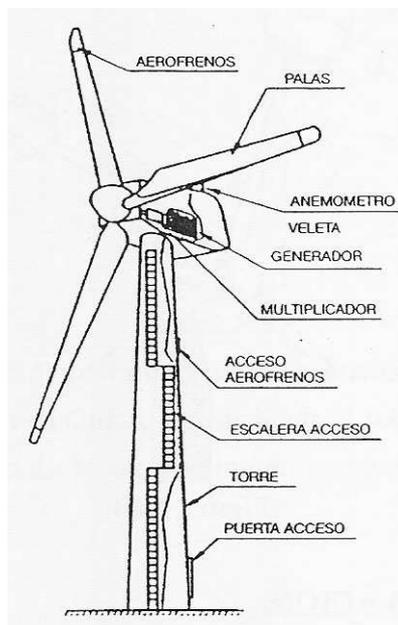


Figura 13.- Rotor de eje horizontal rápido.

Las partes principales de un aerogenerador horizontal son:

- Rotor:

Corresponde al eje al que está acoplada la hélice con un número determinado de palas, generalmente 2 ó 3, con la que se barre una superficie de:

$$A = \pi \cdot d^2 / 4$$

Con ésta y junto con la velocidad del viento se determina la potencia a obtener, a partir de la siguiente expresión:

$$P = K \cdot D^2 \cdot V^3$$

Donde:

K: coeficiente de rendimiento, situado para máquinas pequeñas en 0,2.

D: diámetro de la hélice en metros.

V: velocidad del viento, en m/s.

Sobre el rotor actúan dos cargas fundamentales:

- Fuerza centrífuga, que es perpendicular al eje de giro. Esta carga se considera estática.

Las palas tienen un determinado ángulo de inclinación para permitir que tal fuerza aporte una componente de tracción en toda la longitud de las palas y de flexión de sentido contrario al de las cargas aerodinámicas.

- Cargas dinámicas, como consecuencia del giro de las palas, de la variación del viento con la altura, del efecto estela sobre la torre de sustentación del aerogenerador y otras. Esta carga provoca vibración, cuyo valor debe ser tenido en cuenta durante sus fases constructivas y de instalación.

Las palas requieren tener forma aerodinámica para obtener el máximo rendimiento, pero, en su construcción, intervienen factores estructurales de peso y de resistencia al viento, el cual puede alcanzar velocidades altas que pueden alterar la forma ideal. La corrosión, erosión, dilataciones, contracciones por la vibración, son condiciones que determinan la forma y los materiales a emplear en su construcción. Las resinas sintéticas, como la fibra de vidrio y resina epoxi, fibra de carbono y elastómeros, son productos con los que se moldean.

En la disposición de las palas, se pueden diferenciar dos tipos de aerogeneradores:

- Aerogeneradores de paso fijo: se caracterizan porque sus palas presentan una inclinación constante e independiente de la velocidad del viento.
- Aerogeneradores de paso variable: la inclinación de las palas tiene un valor que depende de la velocidad del viento, adaptándose así a las condiciones atmosféricas reales.

Los aerogeneradores de baja potencia para instalaciones reducidas, emplean el modo de paso fijo por simplicidad constructiva y, por tanto, por su bajo coste, aunque tales condiciones suponen que sus palas vean reducidas sus propiedades aerodinámicas, lo que afecta al rendimiento. Otro inconveniente es que no disponen de autofreno ante vientos de velocidad excesiva.

Por el contrario, los aerogeneradores de paso variable incorporan un mecanismo de inclinación de las palas con la velocidad del viento para optimizar el rendimiento en toda la franja de velocidades del viento características de la máquina. Como complemento, permiten resolver de modo muy eficaz el frenado del rotor ante vientos de velocidad superior a la de funcionamiento nominal.

El rotor requiere la disposición de un mecanismo de regulación de la velocidad de giro como medio de control de la potencia a generar y para proteger la máquina ante velocidades elevadas del viento. Su eje de giro es denominado de baja velocidad, y está acoplado de modo directo o indirecto al generador eléctrico.

- Sistema de acoplamiento:

El generador eléctrico incorporado en el aerogenerador puede requerir una velocidad angular de giro diferente a la proporcionada por el rotor, lo que implica la incorporación de un multiplicador mecánico entre ambos ejes. Su relación de velocidad y arquitectura determinan sus características.

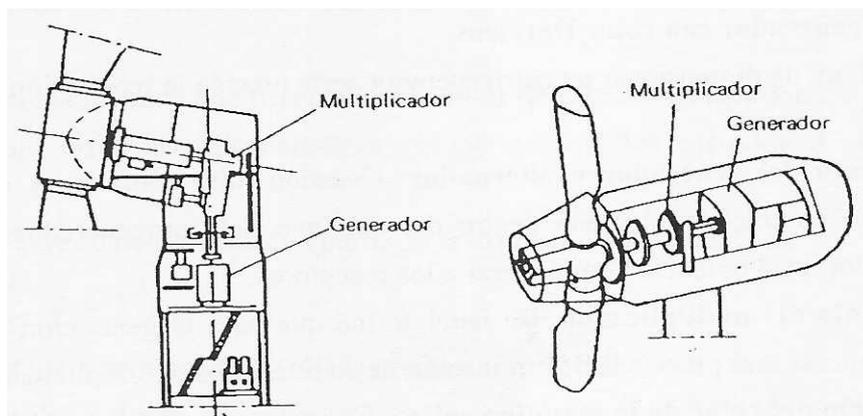


Figura 14.- Multiplicador.

- Generador eléctrico:

El generador de potencial eléctrico puede tener dos formas:

- Dinamo, para obtener tensión continua.
- Motor síncrono o asíncrono, para obtener corriente alterna monofásica o trifásica.

La tensión de salida, corriente, frecuencia, etc., determinan las características de este componente del aerogenerador.

- Regulación de la velocidad:

En la relación de las máquinas eólicas con el viento se consideran tres velocidades:

- Velocidades de arranque o mínima, que corresponde a la velocidad del viento con la que el rotor comienza a girar.
- Velocidad nominal, que corresponde con la que el aerogenerador proporciona la potencia nominal.
- Velocidad de parada, que corresponde con una alta velocidad del viento que hace peligrar la estabilidad de la máquina, lo que implica la acción automática de parada o frenado. Para esta velocidad, el aerogenerador incorpora mecanismos de control y regulación.

Existen diversos modos de efectuar el control de parada ante vientos de alta velocidad, pero suelen estar basados en dos procedimientos que son el freno aerodinámico adicional por la fuerza centrífuga y el cambio de orientación del rotor.

Para el primer procedimiento, se colocan perfiles aerodinámicos en los extremos de las palas, y para el segundo se modifica la orientación con respecto a la dirección del viento para que las palas ofrezcan la mínima superficie.

Los aerogeneradores de eje horizontal requieren disponer de un mecanismo de orientación a la dirección del viento, lo que se puede llevar a cabo mediante los siguientes procedimientos:

- Incorporación de una veleta, a modo de timón. Corresponde a una superficie plana sobre la que ejerce presión el viento hasta conseguir la orientación necesaria. Este procedimiento es el comúnmente empleado en las máquinas de pequeña potencia.

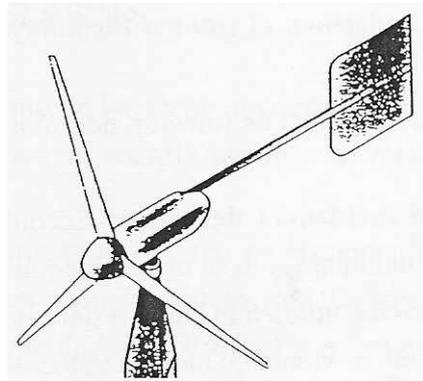


Figura 15.- Aleta estabilizadora.

- Incorporación de un servosistema, que corresponde a un sistema electrónico de detección de la dirección con una veleta o similar y el control con motores auxiliares acoplados a pequeños rotores dispuestos a los lados del aerogenerador para efectuar la orientación. Este procedimiento es empleado solo en las grandes máquinas.

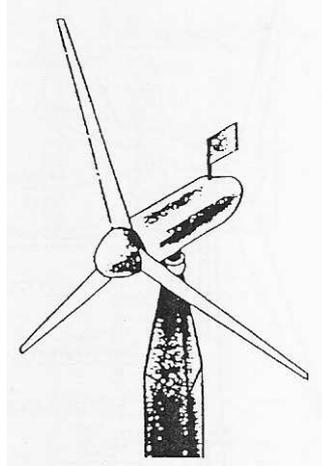


Figura 16.- Servomecanismo.

7.2.3. Características

Los aerogeneradores se definen mediante un conjunto de especificaciones técnicas en las que intervienen las correspondientes a la velocidad del viento, potencia eléctrica suministrada y sistemas de control y regulación. Las más importantes son:

- Diámetro del rotor.
- Área barrida.
- Número de palas.
- Material de las palas.
- Dirección del rotor.
- Sistema de orientación.
- Regulación de potencia.
- Freno aerodinámico.
- Perfil aerodinámico de las palas.
- Velocidad de arranque.
- Velocidad nominal.
- Velocidad de corte.
- Generador eléctrico.
- Tipo de multiplicador.

7.3. Torres para aerogeneradores

Atendiendo a razones de volumen y peso y de impacto medioambiental, las torres de sustentación de los aerogeneradores pueden tener forma cónica o en celosía, al modo de las empleadas en las redes de distribución eléctrica. Las

primeras pueden construirse con hormigón, aluminio o acero, dependiendo del tamaño del aerogenerador, y las últimas con tiras de acero soldadas o atornilladas. Su equilibrio puede asegurarse simplemente por la solidez de su estructura o bien requerir vientos autoportantes anclados al suelo. En tales condiciones, las especificaciones que definen las torres son:

- Tipo: que corresponde a la forma de la estructura.
- Altura: que define la longitud de la torre y por tanto la elevación del aerogenerador con respecto a la superficie de tierra.
- Diámetro: que indica el valor de los diámetros inferior y superior de la torre.
- Protección: que da indicación del medio de protección ante la corrosión aplicado a las torres de acero, independientemente de su forma.

La figura 17 muestra algunas torres o postes para aerogeneradores de gran tamaño, de los empleados en los parques eólicos, los cuales tienen estructura de hormigón de forma cónica, generalmente con valor de conicidad de 1,5%, y para aerogeneradores de pequeña potencia, en los que se emplea generalmente tubo de acero galvanizado, con vientos anclados a tierra para soportar las posibles altas velocidades del viento del lugar.

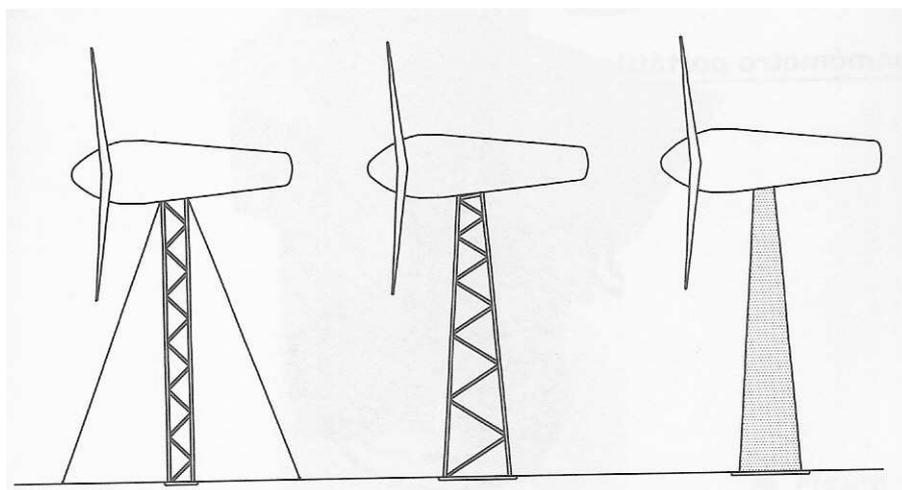


Figura 17.- Torres para aerogeneradores.

8. Instalación solar de A.C.S.

La producción de A.C.S. es la aplicación práctica de la energía solar que mejor se adapta a las características de la misma pues, por una parte, los niveles de temperaturas que son necesarios lograr (normalmente entre 40°C y 50°C) coinciden con los más apropiados para una buena eficacia del colector y, por otra, es una necesidad que debe ser satisfecha normalmente durante los doce meses del año, por lo que la inversión en el sistema solar se rentabilizará más rápidamente

que en el caso de aplicaciones estacionales, como pueden ser la calefacción en invierno, o el calentamiento de piscinas en verano.

Existe cierta tendencia a considerar que los sistemas de aprovechamiento de la energía solar han de ser siempre simples. Esto es debido a que la energía solar es natural y abundante, por lo que se adaptará de manera natural a un sistema sencillo, término que lleva a confusión porque en muchos casos se usa como sinónimo de rudimentario.

El principal objetivo de una instalación solar es conseguir el máximo ahorro de energía convencional y, por lo tanto, de dinero. Para definir el sistema hay que hacerlo de manera precisa y especificando claramente las partes de que va a constar, así como las funciones específicas que cada parte realiza. Dichas funciones son:

- La función de captación, que depende no sólo de los colectores, sino de una serie de componentes que, junto con estos, forman el subsistema de captación.
- La función de apoyo, casi siempre necesaria, y que ha de tener muy en cuenta no interferir ni perjudicar el propio rendimiento térmico solar.
- La función de utilización, que es el fin último del sistema y que debe asegurar el objetivo marcado, tanto en cantidad como en calidad, y corresponde a la red de distribución del A.C.S. con todos sus accesorios.

La eficacia global del sistema está condicionada por el propio diseño de cada uno de sus componentes pero también por la interrelación de éstos entre sí. Además, hay que tener siempre presente que tan importante es la calidad del diseño y de la ejecución de la instalación, como la calidad de sus componentes individuales de la misma.

8.1. Principios básicos para el óptimo aprovechamiento

Con el deseo de intentar prevenir buena parte de los síntomas patológicos que más frecuentemente se observan en los sistemas de A.C.S. por energía solar, existen cuatro principios o normas fundamentales que se deberán tener en cuenta para desarrollar diseños correctos.

Dichas normas, interdependientes entre sí, son evidentes, pero en ocasiones alguna es ignorada y pasa inadvertida, pero si se ignoran las cuatro, pueden haber consecuencias desastrosas para la instalación.

8.1.1. Primer principio: captar el máximo posible de energía solar

Es preciso disponer de un número suficiente de colectores (dentro de unas limitaciones por el coste) para poder captar la energía necesaria y, asimismo, deberemos elegir la inclinación idónea para desaprovechar la mínima cantidad de energía solar disponible en cada mes, pero además es preciso regular la captación de dicha energía para que realmente se convierta en energía útil.

Para ello, es necesario medir y comparar permanentemente los niveles de temperatura en los colectores y en el almacenamiento, y disponer de los mecanismos automáticos necesarios para que el circuito primario se establezca o no circulación de fluido, en función de que el momento sea o no favorable para conseguir un incremento neto de energía útil acumulada.

Por lo que la regulación diferencial es absolutamente indispensable, debiendo excluirse los sistemas que sólo disponen de un simple termostato que prefija una temperatura en el colector o en el almacenamiento.

8.1.2. Segundo principio: consumir prioritariamente la energía solar

Como la energía solar es gratuita y la auxiliar (convencional) no lo es, sería ideal que el consumo se nutriese exclusivamente con la primera, y únicamente en los casos en que ésta estuviera completamente agotada se recurriera a la energía de apoyo. Evidentemente, este planteamiento ideal no puede lograrse en la práctica, pues los períodos de consumo tendrían que estar sujetos a los de captación, lo cual es inviable.

De todas formas, el diseño del sistema de almacenamiento debe ser tal que favorezca el uso prioritario de la energía solar frente a la auxiliar y nunca al revés. Este dispositivo es más difícil de lograr en el caso de un único acumulador.

Cuando exista una resistencia eléctrica regulada por un termostato que le haga funcionar cuando la temperatura del agua acumulada desciende de un cierto valor, se deberá graduar a la temperatura más baja posible compatible con el consumo, a fin de asegurar que sólo entrará en acción la energía de apoyo cuando apenas quede energía solar acumulada.

8.1.3. Tercer principio: asegurar la correcta complementariedad entre la energía solar y la convencional

En el caso de la producción de A.C.S. el primer y segundo principio conducen a precalentar todo el agua que será posteriormente consumida. El nivel de temperatura conseguido es frecuentemente inferior al deseado. La complementariedad ideal consistiría en alcanzar dicho nivel y, añadiendo luego la cantidad de energía auxiliar estrictamente precisa, conseguir la temperatura mínima aceptable para el uso.

Se presentan dos casos:

- Producción instantánea de la energía de apoyo.

Por definición, en este sistema de producción el generador de energía de apoyo debe aportar la potencia necesaria, variable en función de la temperatura obtenida en el precalentamiento solar. En este caso, hay que situar el generador instantáneo de energía de apoyo a la salida del acumulador solar.

Este sistema resulta muy práctico y recomendable para viviendas si se usan calentadores instantáneos de gas pero a condición de que la llama de gas se regule automáticamente en función de la temperatura, ya que si se utiliza un calentador de gas corriente, de llama constante, y se da la situación de que la temperatura de entrada del agua precalentada por el equipo solar fuera ya bastante alta, puede originar una temperatura de salida excesiva, con peligro incluso de ebullición.

- Producción de energía de apoyo en un acumulador independiente.

Dicho acumulador, generalmente bastante más pequeño que el principal, se situará entre éste y los puntos de consumo y la temperatura de almacenamiento del agua será algo superior a la propia temperatura de uso, para poder, mezclándola con el agua procedente directamente del calentador solar (en general, más fría), obtener la temperatura final de uso deseada.

Se utiliza una válvula termostática, que se encarga de forma automática de mezclar el agua solar precalentada con la del acumulador auxiliar.

8.1.4. Cuarto principio: no juntar la energía solar con la convencional

Por no juntar ambas energías se quiere decir no mezclar, o hacerlo lo menos posible, el agua precalentada por los colectores con la que lo ha sido mediante la energía auxiliar.

Es evidente que un acumulador único que almacene la energía solar y la de apoyo en un mismo volumen tiene un alto riesgo de mezcla. Es conveniente, al menos, utilizar alguna forma de separación material entre las dos zonas de reserva (la solar y la auxiliar) para evitar o limitar la mezcla de energías.

Aparte de la coexistencia funcional entre los almacenamientos solar y convencional, existen otros factores capaces de destruir la separación térmica en un sistema, como son:

- Los efectos parásitos por termosifón, que pueden provocar la comunicación entre los acumuladores, solar y de apoyo, llevando el agua más caliente desde este

último hasta el primero. Este defecto es difícil de detectar. Para evitarlo se pueden disponer válvulas antirretorno, o bien colocar el acumulador de apoyo a un nivel superior que el solar.

- Los circuitos de recirculación.

La recirculación consiste en hacer circular constantemente mediante una tubería llamada de retorno, el A.C.S. desde el punto de servicio más alejado hasta el tanque de almacenamiento y viceversa, con objeto de mantener siempre el agua de la tubería de distribución caliente, de forma que al abrir un grifo se pueda obtener instantáneamente el agua de la temperatura adecuada, sin tener que esperar a que llegue desde el acumulador, desplazando el agua contenida en la tubería desde éste hasta el grifo.

8.2. Elementos de la instalación

Una instalación de Agua Caliente Sanitaria (A.C.S.) es un conjunto de equipos técnicos cuyos objetivos son:

- Aportar un máximo de comodidad a los usuarios.
- Intentar consumir un mínimo de energía.

A continuación, se van a describir los principales elementos de una instalación solar de A.C.S.

8.2.1. Colector solar

El colector solar es el encargado de captar la radiación solar y convertir su energía en energía calorífica.

Un cuerpo expuesto al Sol recibe un flujo energético E bajo el efecto del cual se calienta. Simultáneamente, se producen pérdidas térmicas por radiación, convección y conducción que crecen con la temperatura de dicho cuerpo. Llega un momento en que las pérdidas térmicas, E_p , igualan a las ganancias debidas al flujo energético incidente, alcanzándose la llamada temperatura del equilibrio.

La temperatura de equilibrio para los colectores normalmente no es demasiado alta, siendo casi siempre menor a los 100°C para valores de I del orden de 1000 W/m^2 . Si se logra extraer continuamente una parte del calor producido en el cuerpo por el flujo radiante incidente para aprovecharse como energía utilizable, se cambian las condiciones de equilibrio.

Por lo que ahora, las pérdidas térmicas son menores, ya que no toda la energía incidente se pierde, sino que una parte es aprovechada. Además, la temperatura

del cuerpo será menor que en el caso del equilibrio. Entonces el cuerpo es un colector de energía térmica.

Si se desea aumentar la energía utilizable, se tienen dos opciones, reducir las pérdidas o aumentar la energía incidente. Para reducir las pérdidas, habrá que mejorar el diseño y construcción del colector. Para aumentar la energía incidente, a la hora de recibir el flujo solar se hace sobre una superficie y mediante algún sistema óptico se concentra dicho flujo sobre una superficie más pequeña para que, al disminuir el área, la intensidad aumente. Este sistema se usa en los colectores de concentración.

En un colector solar la energía utilizable es extraída del mismo a través de un fluido, llamado fluido caloportador, que se hace pasar a través de él, recogiendo parte del calor producido y llevándolo a otro lugar donde será utilizado o acumulado.

Cuanto mayor sea la temperatura de utilización, mayores serán las pérdidas y menor la cantidad de energía útil que extraerá el fluido caloportador. Además, el rendimiento disminuye, ya que éste es el cociente entre la energía útil y la energía solar incidente.

Por lo tanto, cuanto más baja sea la temperatura de los colectores, mayores rendimientos habrá, pero siempre que dicha temperatura sea suficiente para la utilización específica en cada caso.

Hay varios factores que influyen en el rendimiento de los colectores: el aislamiento, las pérdidas por reflexión y la orientación de los propios colectores.

A la hora de clasificar los colectores se pueden diferenciar dos grandes grupos: los colectores con o sin concentración. De los segundos, el modelo más usual es el denominado colector de placa plana, en el que una de sus caras está constituida por una cubierta transparente de vidrio o plástico, aunque a veces no se coloca dicha cubierta.



Figura 18.- Colector plano.

8.2.1.1. Colector de placa plana

Es el sistema más adecuado para calentar el agua mediante la radiación solar. En éste la radiación electromagnética incide y una parte de ésta es absorbida, otra reflejada y otra atraviesa el colector. La energía absorbida hace que el colector se caliente y emita a su vez radiación, cuya longitud de onda dependerá de la temperatura.

En un colector plano cuya superficie sea de vidrio, el absorbedor (parte del colector metálica donde se efectúa la conversión de energía electromagnética en térmica) está situado bajo la cubierta y a poca distancia de ésta.

Después de atravesar el vidrio, la radiación llega a la superficie del absorbedor, el cual se calienta y emite radiación que en parte se reflejará por la parte interior del vidrio y se producirá el efecto invernadero.

- Cubiertas:

Los principales materiales utilizables para las cubiertas son el vidrio y el plástico transparente.

- De la gran variedad de vidrios se deben usar los vidrios recocidos o templados, ya que sus propiedades ópticas no se deterioran en los procesos y sus propiedades mecánicas mejoran notablemente. Los vidrios templados tienen mayor resistencia a la rotura, mayor resistencia a la flexión, una gran resistencia a las contracciones de origen térmico y fragmentación de seguridad.
- Ciertos materiales plásticos tienen propiedades ópticas análogas a las del vidrio, pudiendo servir para la construcción de cubiertas transparentes de los colectores. Algunas de sus características son: poca densidad (facilita el mantenimiento), poca fragilidad, mala conductividad térmica, coeficiente de dilatación lineal importante, mala resistencia a temperaturas elevadas, dureza poco elevada, inestabilidad química y deterioros físicos (en numerosos plásticos).

- Absorbedor:

El absorbedor, como se ha dicho anteriormente, tiene por misión recibir la radiación solar, transformarla en calor y transmitirla al fluido caloportador. De los diferentes modelos de absorbedores, los más usuales son:

- Dos placas metálicas separadas algunos milímetros entre las cuales circula el fluido caloportador.
- Placa metálica, que es el absorbedor propiamente dicho, sobre la cual están soldados o embutidos los tubos por los que circula el fluido caloportador. En lugar

de una placa metálica se puede dotar a los tubos de aletas, que son generalmente de aluminio, mientras que los tubos pueden ser de cobre.

Cabe destacar, que es conveniente que la cara del absorbedor expuesta al sol esté recubierta de un revestimiento especialmente elegido para absorber bien los rayos solares. Se utilizan dos procedimientos: las pinturas de color negro u oscuro y las superficies selectivas, que tengan un buen coeficiente de absorción.

Teniendo en cuenta la importancia primordial del absorbedor en la eficiencia del colector, es preciso prestar gran atención a sus características y a la calidad de los materiales que lo componen.

- Tratamiento de las superficies:

Las pinturas son más económicas que las superficies selectivas. Tienen mejor comportamiento térmico global a la radiación solar para temperaturas cercanas a las del ambiente. El mayor inconveniente es que las pinturas se estropean por la acción de los rayos ultravioletas y por las variaciones de temperaturas entre el día y la noche. Sólo deben usarse pinturas cuyo buen comportamiento bajo la acción de los rayos solares esté garantizado por el fabricante.

Las superficies selectivas tienen en general un mejor comportamiento, pero con el tiempo pierden una parte de sus propiedades de absorción o de selectividad, por lo que se deben inspeccionar periódicamente o usarse tratamientos selectivos cuyo precio es elevado.

- Pérdida de carga:

Si la instalación funciona con termosifón, es preciso que la pérdida de carga del colector no supere los 3 mm de columna de agua por cada m² de colector. En caso de circulación forzada la pérdida de carga del circuito del absorbedor no suele ser un factor crítico.

- Corrosión interna:

Para evitar la corrosión se desaconsejan los circuitos mixtos cobre-hierro. Además, hay que tener en cuenta que el fluido caloportador, aunque no sea corrosivo, puede sufrir degradaciones químicas debidas a las temperaturas que lo hagan corrosivo para el circuito.

- Capacidad del absorbedor:

La inercia térmica del absorbedor indica la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura del absorbedor y del fluido caloportador que contiene en un

tiempo determinado. La inercia térmica está conectada a la capacidad del absorbedor, por lo que interesa reducir ésta al mínimo.

- Homogeneidad de la circulación del fluido caloportador en el absorbedor:

Si por ciertas partes del absorbedor no hay una correcta circulación del fluido caloportador, el calor aportado a estas zonas por la energía solar estará mal utilizado, la temperatura se elevará anormalmente y las pérdidas térmicas serán mayores. Para una comprobación rigurosa será preciso controlar la temperatura en los diferentes puntos del absorbedor con termómetros o mediante una termografía. Habrá que prestar atención a este punto, ya que la irregularidad de circulación del fluido influye mucho en el rendimiento del absorbedor.

- Transmisión del calor de la placa absorbente al fluido caloportador:

La transmisión correcta del calor al líquido depende mucho de la conductividad y del espesor del metal de que está constituida la placa absorbente, de la separación de los tubos y de sus diámetros, del rendimiento del líquido, del régimen laminar o turbulento de éste en los tubos y de la buena ejecución de las soldaduras o de los acoplamientos a presión. Otro factor a tener en cuenta es la incrustación en el circuito de deposiciones del fluido, que dificultarán el correcto contacto térmico entre el metal y el fluido, con la consiguiente pérdida de rendimiento.

- Entradas y salidas de fluido en el absorbedor:

Hay que controlar que las pérdidas de carga provocadas por los orificios de entrada y salida no sean altas, así como no forzar las soldaduras en el momento de conectar diversos colectores entre sí o con la tubería exterior, para no provocar fugas por rotura de las soldaduras.

- Puentes térmicos:

Hay que asegurarse de que no existen puentes térmicos entre el absorbedor y los elementos no aislados del colector susceptibles a acarrear pérdidas importantes.

- Resistencia a la presión:

Si el colector está conectado directamente a la red, debe ser capaz de soportar la presión de dicha red. Por lo que habrá que dotar a la instalación de los elementos de seguridad que eviten sobrepresiones que perjudiquen a los absorbedores, que suelen ser los elementos menos resistentes a la presión y también los más costosos de la instalación.

- El aislamiento posterior:

El absorbedor está protegido en su parte posterior contra las pérdidas térmicas por un aislamiento que debe ser muy eficaz. Las pérdidas posteriores engloban todas las pérdidas que no tienen lugar a través de la cara delantera, es decir, aquellas que se producen también por los lados y que incluyen las pérdidas por puentes térmicos.

Los aislamientos para un colector deben poseer algunas características especiales:

- Buen comportamiento con la temperatura.
- Bajo desprendimiento de vapores.
- Bajo envejecimiento.
- Resistencia a la humedad.

- Carcasa:

La misión de la carcasa es doble: proteger y soportar los diversos elementos que constituyen el colector y actuar de enlace con el conjunto del edificio sobre el cual se sitúa el colector, a través de los bastidores y elementos de anclaje necesarios. La garantía de duración de la carcasa se basa en los siguientes parámetros:

- Rigidez de la carcasa.
- Resistencia de los elementos de fijación (mecánica del anclaje y química a la corrosión).
- Resistencia a las variaciones de temperatura.
- Resistencia a la corrosión y a la inestabilidad química.
- Aireación del interior de los colectores.
- Retención de agua, hielo y nieve en el exterior del colector.
- Desmontaje de la cubierta transparente o de la parte superior de la carcasa, para poder acceder al absorbedor.

- Funcionamiento:

El colector solar es una máquina térmica sometida a condiciones de trabajo muy diversas, ya que la radiación solar oscila a lo largo del día, de un día a otro y depende de la época del año. Se considera un colector inmóvil, recibiendo la radiación solar uniformemente repartida y de forma constante, por cuyo interior circula el fluido caloportador con un caudal determinado, que penetra por un orificio a una temperatura y sale por otro a otra temperatura superior a la de entrada, como consecuencia de haber absorbido algo de calor a su paso por los conductos en o bajo el absorbedor.

- Curva característica de un colector plano:

Los colectores se ensayan generalmente siguiendo un procedimiento que consiste en hacerlos funcionar en un banco de pruebas bajo unas condiciones estables de radiación solar, velocidad del viento, temperatura del fluido a la entrada y temperatura ambiente.

Los resultados obtenidos en los ensayos se ofrecen como índice de la eficacia del colector, η , definida por la relación entre la energía captada y la recibida en un instante dado.

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

La energía captada del colector en la unidad de tiempo es la diferencia entre la energía total absorbida y la pérdida.

$$Q = Q_A - Q_P$$

También expresado:

$$Q = S [I \cdot (\tau \cdot \alpha) - U \cdot (t_c - t_a)]$$

Donde:

S: superficie del colector (m^2).

I: radiación incidente total sobre el colector por unidad de superficie (W/m^2), o sea, intensidad radiante.

τ : transmitancia de la cubierta transparente.

α : absortancia de la placa absorbidora.

U: coeficiente global de pérdidas ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).

t_c : temperatura media de la placa absorbente ($^\circ C$).

t_a : temperatura ambiente ($^\circ C$).

Si se quiere sustituir la temperatura de la placa absorbidora t_c , en principio desconocida, por la temperatura del fluido t_m , fácilmente calculable, se habrá de introducir un factor correctivo, F_R , llamado factor de eficacia o coeficiente de transporte de calor, que siempre es menor que la unidad y que hace disminuir el valor de Q.

La ecuación se transforma en la ecuación de Bliss:

$$Q = F_R \cdot S [I \cdot (\tau \cdot \alpha) - U_L \cdot (t_m - t_a)]$$

Por lo que, sustituyendo Q en la ecuación de la eficacia del colector:

$$\eta = F_R \cdot S [I \cdot (\tau \cdot \alpha) - U_L \cdot (t_m - t_a)] / S \cdot I$$

$$\eta = F_R \cdot (\tau \cdot \alpha) - F_R \cdot U_L \cdot [(t_m - t_a) / I]$$

Para un caudal determinado, suponiendo $(\tau \cdot \alpha)$ y U_L constantes, la ecuación de esta curva característica del colector puede asimilarse con bastante exactitud a la de una recta en la que la variable en el eje abscisas es $(t_m - t_a) / I$ y cuya pendiente es $F_R \cdot U_L$, como se puede observar en la siguiente figura.

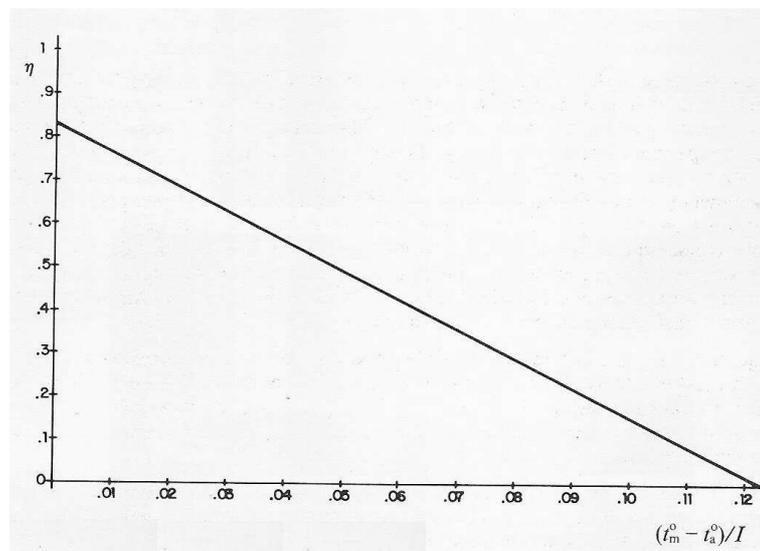


Figura 19.- Curva característica de un colector plano de tipo medio.

La ecuación de la recta representada en la figura 19 puede ser escrita, simplificando la notación, de la manera siguiente:

$$\eta = b - m \cdot x$$

Siendo:

m: $F_R \cdot U_L$ (pendiente).

b: $F_R \cdot (\tau \cdot \alpha)$ (ordenada en el origen).

x: $(t_m - t_a) / I$ (variable representada en el eje de abscisas).

8.2.2. Acumulador

Es obvio que la necesidad de energía no siempre coincide en el tiempo con la captación que obtenemos del Sol, por lo que es absolutamente imprescindible

disponer de un sistema de almacenamiento que haga frente a la demanda en momentos de poca o nula insolación.



Figura 20.- Acumulador.

8.2.2.1. Formas de acumulación

El tipo de almacenamiento dependerá de la aplicación a la que se destine el sistema. Se puede almacenar energía térmica elevando la temperatura de sustancias inertes (agua, roca) o bien como calor de fusión de sistemas químicos o en reacciones químicas reversibles.

Un sistema de almacenamiento debe tener alta capacidad calorífica, volumen reducido, temperatura de utilización acorde con la necesidad concreta, rápida respuesta a la demanda, buena integración en el edificio, bajo coste, seguridad y larga duración.

La capacidad calorífica es la cantidad de calor que es capaz de almacenar un material cuando la temperatura de éste incrementa un grado centígrado.

8.2.2.2. Acumuladores de A.C.S.

Almacenar energía mediante agua caliente tiene ventajas, ya que ésta es barata, fácil de manejar, tiene alta capacidad calorífica y además, es el elemento de consumo para el caso de A.C.S.

La elección del material para el depósito depende de varios factores, como el tipo de aplicación, coste, vida media calculada, lugar de instalación y facilidad de mantenimiento. Los materiales más usados son el acero, acero inoxidable, aluminio y fibra de vidrio reforzada.

El acero es el más utilizado debido a su bajo coste, pero necesita protección interior contra la corrosión, bien mediante pintura epoxi, vitrificado, ánodo

anticorrosión de magnesio o galvanizado en caliente (la temperatura no podrá pasar de los 65°C).

El acero inoxidable es el mejor material. Tiene todas las ventajas y ningún inconveniente, excepto el de ser bastante caro.

El aluminio es asequible de precio, pero presenta problemas de corrosión.

La fibra de vidrio reforzada y los plásticos parecen los materiales más adecuados, ya que su precio disminuye con la masificación. Son resistentes a la corrosión, pesan poco y son fáciles de mantener.

La forma del acumulador suele ser cilíndrica, por su facilidad de construcción. La altura deber ser mayor que el diámetro, ya que se favorece la estratificación. De la parte alta del depósito se extrae el agua de consumo, mientras que el calentamiento solar se aplica en la parte baja, con lo que se hace funcionar los colectores a la mínima temperatura posible, aumentando su rendimiento.

8.2.2.3. Criterios de dimensionado de acumuladores

El objetivo es conseguir que el agua acumulada tenga energía calorífica suficiente para satisfacer las necesidades del usuario durante breves períodos de ausencia o escasez de radiación solar. Pasado este período, se tendrá que hacer uso de otra energía de apoyo o sustitutoria de la energía solar.

El dimensionado del acumulador constituye un factor decisivo en el diseño de un equipo solar y depende de tres factores:

- Superficie de colectores instalada
- Temperatura de utilización.
- Desfase entre captación-almacenamiento y consumo.

8.2.3. Intercambiador

Se introduce un intercambiador de calor en una instalación solar cuando se quieren tener dos circuitos independientes. Se usa en instalaciones de Agua Caliente Sanitaria en las cuales no se desea que el agua sanitaria pase por los colectores para evitar riesgos de helada, incrustaciones en los colectores, corrosión del circuito, sobrepresión, etc.

Los intercambiadores líquido-líquido son los más empleados para obtención de A.C.S. El uso de éstos presenta tres inconvenientes:

- Suponen una pérdida de rendimiento del sistema.

- Suponen una elevación del coste de la instalación.
- Están sometidos a una reglamentación si el líquido primario no es agua potable.

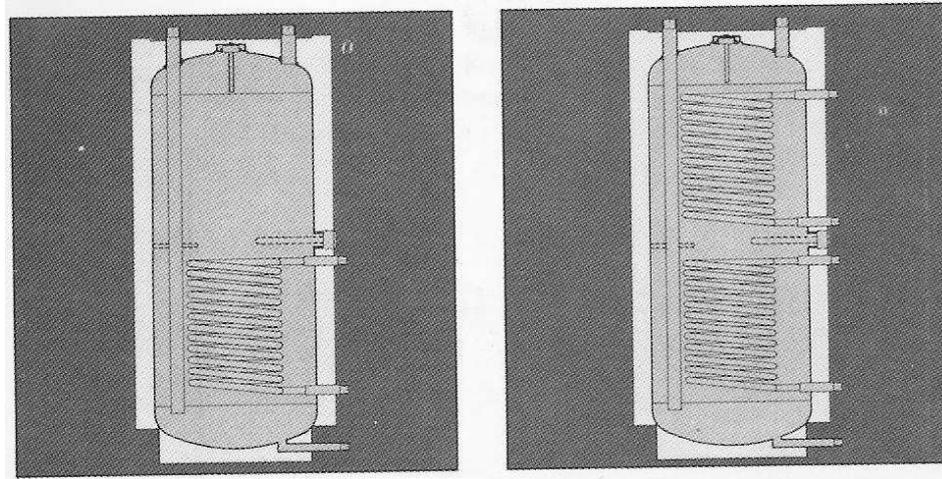


Figura 21.- Acumuladores con intercambiadores de simple y doble serpentín helicoidal.

8.2.3.1. Tipos de intercambiadores de calor

Un intercambiador demasiado grande o pequeño es una fuente de pérdidas, además, funciona en condiciones muy variables, por lo que nunca puede estar perfectamente adaptado a las condiciones a las que trabaja.

Los intercambiadores pueden ser exteriores o interiores. Por su construcción pueden ser de serpentín helicoidal, de haz tubular, de doble envolvente o de placas. Por su régimen de funcionamiento, pueden trabajar por termosifón o forzados mediante electrocirculador.

El funcionamiento depende de las condiciones de circulación de los dos líquidos, ya sea circulación forzada o circulación natural por convección. La circulación forzada, que se hace con la ayuda de una bomba, mejora notablemente el intercambio y permite reducir las dimensiones del intercambiador, asegurando la circulación del líquido en el interior del mismo.

El líquido del circuito secundario estará en circulación natural si el intercambiador está sumergido en el depósito de almacenamiento o envolviendo este depósito, bajo doble envolvente.

Los dos parámetros que mejor caracterizan a un intercambiador son el rendimiento y la eficacia de intercambio.

Los rendimientos de los intercambiadores suelen ser como mínimo del 95%. Conviene destacar que las pérdidas en el proceso de intercambio se producen en las tuberías que van desde los colectores al intercambiador o en zonas descubiertas. Los intercambiadores que están dentro de del depósito acumulador no pueden tener pérdidas en sí mismos, pues todo el calor que pudieran perder iría a incrementar la energía calorífica del agua acumulada.

La eficacia, ϵ , se define como la relación entre la energía calorífica intercambiada en la unidad de tiempo y la máxima que teóricamente podría intercambiarse. Para un determinado caudal, la eficacia es una constante cuyo valor está comprendido entre cero y uno, y dependerá del área de la superficie de intercambio, de la forma y geometría de la misma y del material. Un diseño correcto del sistema exige una eficiencia nunca menor a 0,7.

El material a emplear se elegirá por la resistencia que tenga a la corrosión, más que por su conductividad térmica. Si existe menor conductividad, se puede hacer de mayor tamaño, pero la calidad del material frente a la corrosión y la menor capacidad a la adherencia de las deposiciones calcáreas son cualidades importantes para garantizar un uso eficaz y duradero.

Los mejores materiales por orden de calidad son: acero inoxidable, cobre y acero galvanizado.

8.2.3.1.1. Intercambiador de calor de serpentín

Este intercambiador puede ser de dos tipos: helicoidal, constituido por un tubo arrollado en espiral situado en la parte inferior del acumulador, o de haz tubular, que son los comúnmente utilizados para preparación de A.C.S. en instalaciones convencionales.

En el interior del serpentín el fluido está en circulación forzada, mientras que en el exterior, la renovación del fluido en contacto con el serpentín se hace por convección natural, lo que provoca en el acumulador un movimiento del líquido.

8.2.3.1.2. Intercambiador de calor de doble envolvente

En estos intercambiadores, el circuito primario envuelve al secundario, produciéndose el intercambio a través de la superficie en contacto con el fluido acumulado. Este tipo de intercambiadores dan un excelente resultado para uso solar, siendo su uso muy recomendado.

Una precaución muy conveniente a tener en cuenta consiste en dotar al interior del doble envolvente de un deflector helicoidal para conseguir que el fluido caloportador no pase directamente de la entrada a la salida sin circular por todo el envolvente. Si ésto no fuera posible, habrá que situar la entrada y la salida del fluido del primario diametralmente opuestas.

8.2.3.1.3. Intercambiador de calor exterior

Para instalaciones con acumulaciones a partir de 3000 litros empieza a ser más económico y práctico el uso de intercambiadores exteriores, con respecto a los interiores. Además, debido a su mejor rendimiento por actuar doblemente forzados, pueden ser mucho más pequeños, llegando a compensar los costes adicionales de otra bomba, tubería adicional y demás accesorios.

Los dos tipos que existen son de haz tubular, que puede ser de acero o de cobre, o de placas de acero inoxidable, que son con diferencia los más utilizados por sus múltiples ventajas, entre las que destacan:

- Alta calidad el material, que garantiza la duración y por tanto la rentabilidad.
- Son modulables sin más que añadir o quitar placas, lo que permite una fácil corrección en caso de error en el dimensionado previo o ampliación de la instalación.
- Poseen gran facilidad de mantenimiento, al ser desmontables y de fácil limpieza.
- Tiene una excelente eficacia, debido a su funcionamiento a contracorriente, lo que permite una gran potencia de intercambio con un pequeño tamaño.
- Están disponibles en distintas calidades de acero inoxidable, en función del uso a que se destinan.

8.2.4. Electrocirculadores

Los electrocirculadores o bombas son aparatos accionados por un motor eléctrico capaces de suministrar al fluido una cantidad de energía con el fin de transportarlo por un circuito abierto o cerrado, a una determinada presión. En el sistema A.C.S. se encargan del transporte del fluido caloportador desde los colectores hasta el almacenamiento y posteriormente hasta los puntos de consumo.

La energía producida por el electrocirculador debe vencer la resistencia que opone el fluido a su paso por la tubería y mantener la presión deseada en cualquier punto de la instalación. Existen tres tipos de bombas:

- Bombas alternativas.
- Bombas rotativas.
- Bombas centrífugas.

Los electrocirculadores empleados en los sistemas de energía solar son los centrífugos, por lo que van a ser descritos sólo éstos.

La resistencia que debe vencer es la que opone el fluido a su paso por la tubería, nunca la presión hidrostática, pues la columna de agua, aunque esté sobre

el electrocirculador, ejerce fuerza tanto en el sentido de impulsión como en el de aspiración, anulándose los efectos.

El electrocirculador centrífugo está compuesto por los elementos siguientes:

- Orificio de aspiración: lugar por donde entra el líquido a la bomba.
- Rodete impulsor: es el elemento rotativo.
- Cámara de impulsión: es el elemento que recoge el líquido y lo conduce a la descarga del electrocirculador.
- Orificio de impulsión: lugar por donde se expulsa el líquido de la bomba.
- Aspiración: boca de contacto entre el electrocirculador y la tubería.
- Difusor: conducto de salida del líquido dentro del electrocirculador.
- Álabes: palas del rodete impulsor. Pueden ser cerradas o abiertas.

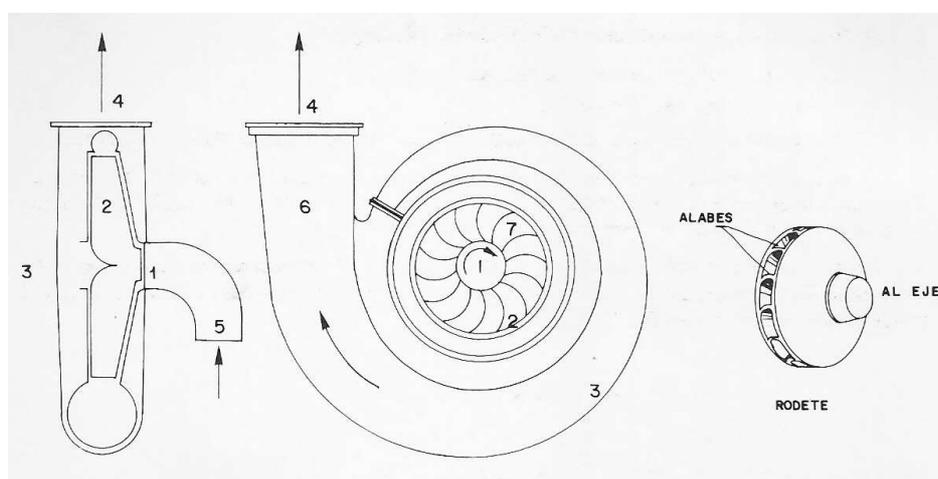


Figura 22.- Esquema de un electrocirculador. 1 Orificio central de aspiración del rodete. 2 Rodete impulsor. 3 Cámara de impulsión. 4 Salida (impulsión). 5 Aspiración. 6 Difusor. 7 Álabes.

El líquido entra en el electrocirculador por el orificio de aspiración que se encuentra en el centro del rodete, siendo aspirado y llevado hasta los álabes. El fluido caloportador gana energía cinética en el rodete debido al movimiento de rotación producido por el eje de un motor eléctrico.

El rodete al girar, crea un vacío (presión de aspiración), y también proporciona al fluido una presión de impulsión. La suma de ambas presiones es la presión total que se comunica a dicho fluido. Si la aspiración fuese tan fuerte que situase la presión por debajo del valor de la presión de vapor del fluido, se produciría la vaporización de éste (cavitación). Este fenómeno produce un ruido característico y provoca la corrosión del rodete, debido a las microburbujas de oxígeno presentes en el vapor de agua.

Los álabes desprenden tangencialmente el fluido mediante su fuerza centrífuga y lo conducen hacia la cámara de presión. El fluido presurizado es conducido desde la cámara de presión hacia el orificio de impulsión y, a través del difusor, hasta el exterior.

Se distinguen tres tipos de electrocirculadores centrífugos:

- Electrocirculadores de rotor sumergido

Están formados por un conjunto monobloc que une el cuerpo de la bomba con el motor mediante tornillos. Existe un único eje que une el rodete de la bomba con el rotor del motor.

Los materiales de construcción son diferentes para los distintos elementos. El eje suele ser de acero inoxidable, los cojinetes de grafito metalizado, y el cuerpo de latón cobreado o de fundición. Suele ser muy silencioso y de bajo mantenimiento.

- Electrocirculadores monobloc

Son aquellos en los que el rodete y el eje del motor forman un mismo conjunto, que puede desmontarse del resto del cuerpo de la bomba. Este tipo de bombas pueden montarse con el eje en cualquier posición.

- Electrocirculadores con acoplamiento motor-electrocirculador de ejes distintos

Pueden trabajar durante cierto tiempo con la impulsión cerrada. El rodete bate el agua en el interior de la cámara de impulsión, que terminará calentándose y averiando el cierre, sin ningún otro peligro.

La principal características de este tipo de electrocirculadores es que el motor y el cuerpo forman un conjunto independiente, uniendo el eje del motor con el rodete a través de un acoplamiento elástico. Suelen ser ruidosos.

8.2.5. Depósito de expansión

El depósito de expansión se utiliza con el propósito de absorber las dilataciones del fluido caloportador en las instalaciones de agua caliente sanitaria.

La capacidad del depósito debe ser suficiente para admitir la expansión de la mezcla anticongelante-agua. En caso contrario, el rellenado periódico con mezcla va depositando incrustaciones calcáreas en el interior de la instalación que pueden llegar a originar una avería con alto coste económico (Censolar, 1991).

No debe haber ningún dispositivo de cierre (válvula) en los tubos de seguridad que comunican los colectores con el depósito de expansión.

La instalación de energía solar térmica tiene el circuito cerrado, por lo que se utilizará un depósito de expansión cerrado, que presentan ciertas ventajas respecto a los depósitos abiertos. Dichas ventajas son:

- Fácil montaje, debido a que pueden ubicarse en cualquier sitio de la instalación.
- No es necesario aislarlos.
- Al instalarse en circuitos cerrados, no absorben oxígeno del aire.
- Eliminan las pérdidas del fluido caloportador por evaporación, evitando la corrosión e incrustación provocada por la mezcla de reposición.

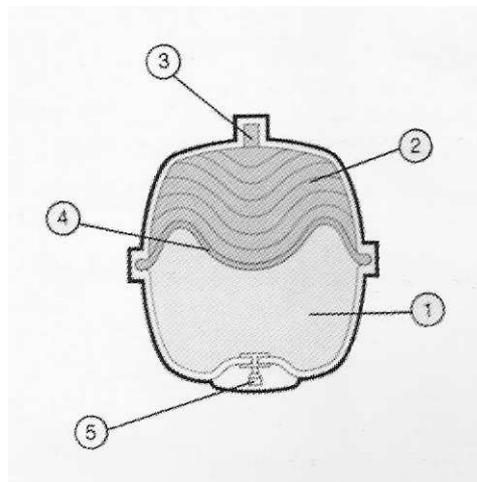


Figura 23.- Esquema de un vaso de expansión cerrado. 1 Cámara de nitrógeno. 2 Cámara de expansión del fluido. 3 Orificio de conexión a la instalación. 4 Membrana especial. 5 Válvula de llenado de gas precintada.

8.2.6. Manómetro e hidrómetro

Son aparatos que sirven para conocer el valor de la presión en el interior de una tubería o depósito. La única diferencia entre ambos es la escala en la que trabajan, el manómetro mide la presión general en Kg/cm^2 y el hidrómetro la mide en m.c.a., normalmente mediante una escala de 0 a 10.

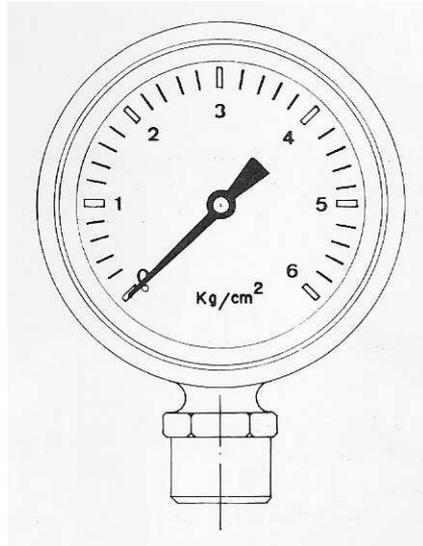


Figura 24.- Manómetro con escala para pequeñas presiones.

Los hidrómetros se usan hasta alturas de 40 m, cuando el circuito no está presurizado, es decir, cuando la instalación dispone de depósito de expansión abierto. Para presiones mayores, o para circuitos sometidos a una cierta presurización, es decir, provistos de depósito de expansión cerrado, se suelen usar los manómetros, con escalas casi nunca superiores a los 6 Kg/cm² de presión.

8.2.7. Válvula de seguridad

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

La presión a la cual la válvula actúa, dejando escapar el fluido, debe ser inferior a la presión que pueda soportar el elemento más delicado de la instalación, que en este caso suele ser el depósito de expansión cerrado o el propio colector.

Constan básicamente de un muelle, que es vencido por la sobrepresión del circuito.

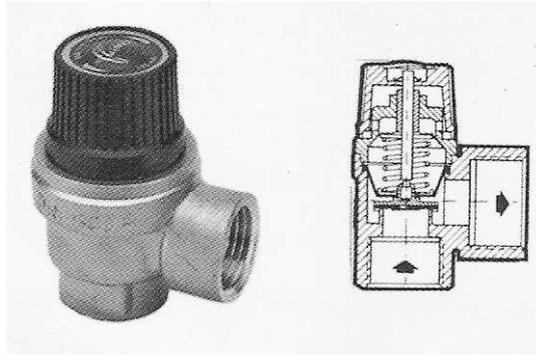


Figura 25.- Válvula de seguridad tarada.

8.2.8. Purgador y desaireador

El purgador es el elemento encargado de evacuar los gases, generalmente aire, contenidos en el fluido caloportador. La presencia de gases en el circuito puede dar lugar a la formación de bolsas que impidan la correcta circulación del fluido caloportador, y provocar corrosiones en la tubería o los colectores.

El purgador debe colocarse en el punto más alto de la instalación, que es donde se acumulan los gases al separarse del fluido.

Para asegurarse de que los gases disueltos en el líquido son evacuados hacia el exterior por el purgador es conveniente colocar un elemento llamado desaireador. Se coloca en el punto más alto de la instalación, a la salida de los colectores.

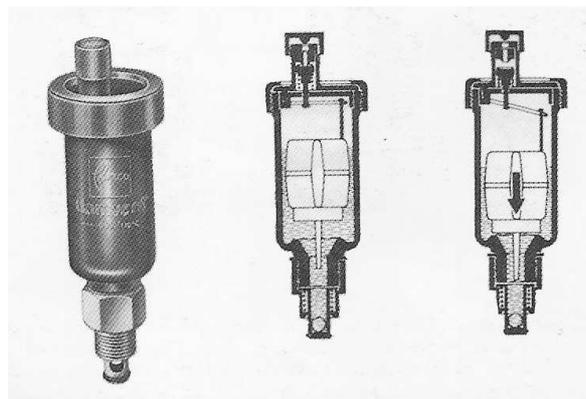


Figura 26.- Purgador de aire y principio de funcionamiento.

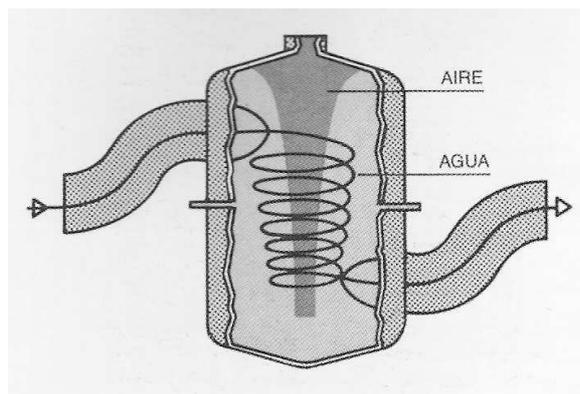


Figura 27.- Desaireador.

8.2.9. Válvulas de retención o antirretorno

Una válvula antirretorno es aquella que sólo permite el paso del fluido en un sentido.

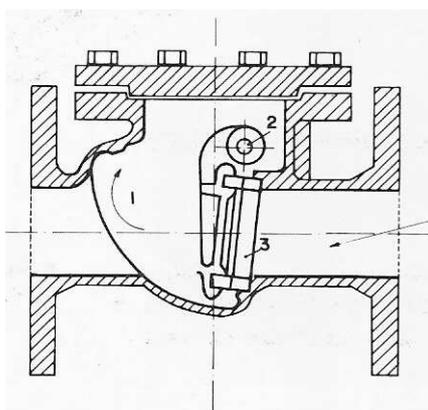


Figura 28.- Corte de una válvula antirretorno de clapeta.

Este tipo de válvulas producen poca pérdida de carga, por lo que son las adecuadas para usarlas en circuitos primarios.

8.2.10. Válvulas de paso

Son elementos encargados de interrumpir total o parcialmente el paso del fluido por las tuberías.

Las válvulas de cierre total se utilizan para separar una parte de la instalación o aislarla del servicio, mientras que las de cierre parcial sirven para

producir una pérdida de carga adicional en el circuito, con objeto de regular el caudal o de equilibrar la instalación.

La entrada y salida de la válvula se denominan vías y el elemento que se interpone al paso del fluido, obturador.

Las válvulas constan de las siguientes partes:

- **Volante:** es la parte de la válvula que mueve el eje para que se abra o cierre ésta. Suelen ser de rueda, palanca, trinquete, etc.
- **Eje o husillo:** es un vástago que hace descender o ascender el obturador mediante un mecanismo de tornillo o rosca.
- **Cuerpo de la válvula:** es la parte exterior de la válvula y sirve como elemento de conexión con la tubería. Las conexiones pueden ser roscadas, embridadas o soldadas. Para diámetros no superiores a 2½" suelen ser roscadas y para superiores, embridadas.
- **Tapa:** es la parte de la válvula que cierra el cuerpo con el exterior, dejando pasar el vástago.
- **Estopeño:** es el espacio que aloja la empaquetadura. Su misión es hacer un cierre perfecto alrededor del vástago y del eje, para evitar fugas de líquido.

Cada función específica dentro de la instalación exige un tipo de válvula determinado, entre los que destacan:

- **Válvulas de asiento:** en este tipo de válvulas el elemento obturador es un disco que puede adoptar diferentes formas, cerrándose sobre un asiento.
- **Válvulas de compuerta:** este tipo de válvula se utiliza como órgano de cierre y nunca como elemento de regulación del fluido caloportador, ya que podría producir vibraciones en la cuña.
- **Válvula de mariposa:** en este tipo de válvula el disco o mariposa que hace de obturador gira con el eje. Provocan poca pérdida de carga.
- **Válvula de bola:** consta del mismo mecanismo de cierre que las válvulas de grifo, con la diferencia de que el asiento del cuerpo es una junta de plástico, generalmente de teflón. Su elemento obturador es una bola de acero inoxidable. El orificio de la bola tiene el mismo diámetro que la tubería en la que se coloca, con lo que su pérdida de carga es mínima cuando están abiertas.

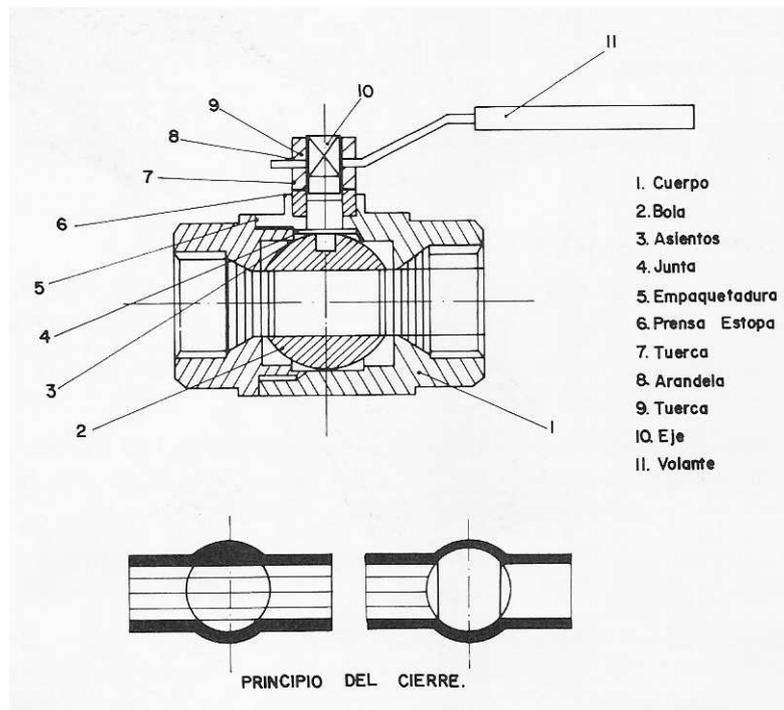


Figura 29.- Esquema de una válvula de bola.

8.2.11. Termómetro y termostato

El termómetro es un instrumento que mide la temperatura de un objeto. En este caso, el objeto a medir es el agua. Para ello, hay que disponer el punto más sensible del termómetro de forma que esté lo más en contacto posible con el fluido, pero sin estar bañado en éste. Los tipos más usuales son de contacto y de inmersión.

Los de abrazadera se colocan sujetándolos sobre las tuberías mediante una abrazadera generalmente metálica. Los de inmersión, van provistos de un bulbo de diferentes longitudes, se introducen dentro de la tubería, de los acumuladores o de los intercambiadores, dentro de una vaina. La fiabilidad de la medida aumenta en éstos, al ser mucho más directo su contacto con el fluido cuya temperatura se desea medir.

La correcta regulación de la temperatura de los fluidos, la puesta en marcha de elementos de la instalación e incluso la seguridad de la instalación, hace necesaria la colocación de termostatos. Estos aparatos pueden ser de contacto o de inmersión, analógicos o digitales, y son los encargados de transformar una lectura de temperatura previamente determinada en su escala en una señal eléctrica que pone en marcha o detiene un determinado mecanismo.



Figura 30.- Termostato de inmersión simple.

El termostato es el componente del sistema de control que activa o desactiva la bomba que hace que circule el fluido caloportador.

La activación de la bomba de circulación del circuito primario se produce cuando la diferencia de temperaturas entre el captador y la parte inferior del acumulador sobrepasa un valor determinado. La bomba se vuelve a desconectar cuando dicha diferencia alcanza un valor inferior a un valor especificado. Se recomienda el ajuste de un tiempo de operación mínimo de la bomba, para que el circuito primario se estabilice.

Valores típicos de conexión son:

- Diferencia de temperaturas de conexión: 6°C-10°C
- Diferencia de temperaturas de desconexión: 3°C-4°C
- Tiempo mínimo de funcionamiento de la bomba: 3-5 min.

En esta ocasión, se tomará la diferencia de temperaturas de conexión de 6°C y la diferencia de temperaturas de desconexión de 3°C.

Si la temperatura en el depósito es inferior a un valor determinado (este caso 40°C), también se pondrá en funcionamiento la bomba.

Sensores:

Las temperaturas que recibe el termostato son captadas por los sensores de temperatura. Existen varios tipos de sensores:

- Sensores KTY: son aquellos que constan de elementos semiconductores cuya resistencia eléctrica aumenta de manera directamente proporcional a la temperatura. Son capaces de soportar temperaturas de trabajo de hasta 150°C. Pueden emplearse para limitar la temperatura (comportamiento PTC).

- Sensores de resistencia de platino Pt100, Pt500 y Pt1000: se basan en la variación que experimenta la resistencia eléctrica de un alambre metálico (comportamiento PTC). Son adecuados para temperaturas entre -200°C y 850°C, El número que se pone después de la abreviatura indica la resistencia en ohmios a 0°C.

La calidad A se aplica a mediciones muy precisas. El tipo de calidad B se usa en instalaciones solares, cuyo valor de precisión se sitúa en $\pm (0,3 + 0,005T)$ K. Estos sensores pueden usarse en captadores con temperaturas de estancamiento muy elevados. Se suelen conectar con un cable de dos hilos.

Vaina del sensor y cables de conexión:

La vaina da protección al elemento sensor contra posibles daños y los efectos de la intemperie, deben ser resistentes a altas temperaturas, a la corrosión y al agua. Los materiales adecuados son el latón revestido de estaño y el acero inoxidable. Las vainas se suelen impermeabilizar mediante plásticos y se sellan bajo presión.

Como cables de conexión de los sensores se emplean de PVC o de silicona o PTFE (teflón). Los de PVC no son adecuados para los sensores de temperaturas en el campo de captadores. La opción más segura y más duradera son los cables de silicona con recubrimiento de teflón, que resiste hasta 230°C.

Para aplicaciones en el exterior se usan tubos protectores de plástico o de metal resistente. El coste de sensores de alta calidad es bajo en comparación con el coste de reparación.

Selección de sensor y su instalación:

Si se coloca el sensor inmerso, el tiempo de reacción suele ser más corto. En cambio, un sensor defectuoso puede reemplazarse más fácilmente si está en una vaina de contacto. Se aconseja aplicar una pasta conductora de calor para facilitar una buena transferencia térmica entre la vaina y el sensor. Normalmente se usan sensores inmersos, pero también se suelen emplear sensores de contacto, pero bien aislados del ambiente.

El sensor de temperaturas para el campo de captadores ha de estar siempre en contacto térmico con la parte más caliente del campo solar, la cual se halla en la salida del último captador de una fila. Siempre que sea posible, el sensor de temperaturas del captador ha de colocarse en el medio de la tubería de impulsión, ya que esta posición es representativa.

Los sensores de temperaturas en forma de cilindro colocados en las superficies de las tuberías o de los absorbedores planos tienen siempre un área de contacto muy pequeña y las señales resultantes son poco fiables y no muy útiles.

Los sensores, introducidos en la salida del captador a través de una unión en T, miden correctamente una temperatura representativa si se prolongan hasta el interior del captador y si el aislamiento térmico de la unión en T se llevó a cabo como es debido.

8.2.12. Termostato diferencial o regulador

El electrocirculador solamente debe actuar cuando los colectores puedan aportar al acumulador una ganancia útil y detenerse cuando no haya captación, o ésta sea tan débil que no produzca ganancia neta o se vaya a producir una pérdida.

El termostato diferencial y las sondas de temperatura se encargan de activar o desactivar el electrocirculador.

El mecanismo de control consiste en:

Una de las sondas (termistor), que envía una señal eléctrica que varía con la temperatura, se coloca en la salida de los colectores de placa plana, en la parte alta y se conecta al termostato diferencial. La otra sonda o termistor, que también se conecta al termostato diferencial, se coloca en la parte inferior del acumulador. Una última conexión se establece entre el termostato diferencial y la bomba de circulación.

Los cables que unen los diferentes elementos no deben tener empalmes, las conexiones hay que hacerlas con soldadura de estaño para que el contacto eléctrico sea perfecto.

La misión del termostato diferencial es comparar las temperaturas en la salida de los colectores de placa plana y del acumulador, de manera que cuando exista una diferencia entre ellos, favorable a los colectores, el electrocirculador se ponga en marcha, iniciándose el proceso de acumulación de energía.

8.2.13. Válvula de 3 y 4 vías

En ocasiones puede ser necesaria para una instalación la circulación de fluidos por vías alternativas.

En las instalaciones A.C.S., este tipo de válvulas se colocan automatizadas, de manera que una señal eléctrica, procedente de un termostato, activa el servomotor, abriendo y cerrando las vías correspondientes.

8.2.14. Sistema auxiliar

- Subconjunto de energía de apoyo-almacenamiento

Si la energía de apoyo se aplicase directamente al acumulador del A.C.S. se tendría un subsistema único apoyo-almacenamiento.

Si el intercambiador solar es interior, deberá estar situado en la parte inferior del acumulador, mientras que la aplicación de la energía auxiliar se hará en la superior, lo cual tiene la ventaja de proporcionar el agua caliente inicial a la temperatura fijada más rápidamente. Sin embargo, tiene dos inconvenientes:

- Si los deflectores interiores para la entrada y la salida del agua están mal diseñados, el agua del acumulador se agita y se mezcla cada vez que se usa el A.C.S., destruyéndose la estratificación y juntándose la energía solar y auxiliar, mezclándose el agua calentada por ambos.

Así, la energía solar estará mal utilizada, siendo la auxiliar la realmente encargada de calentar el agua por encima del punto de consigna fijado por el termostato.

- Si la estratificación está bien lograda ocurre que, cuando la insolación es insuficiente, solamente la parte superior del acumulador tiene agua caliente, por lo que a menos que dicho acumulador haya sido previsto con una capacidad muy superior, se correrá el riesgo de no disponer de agua caliente suficiente para las necesidades de consumo diario en período de prolongada nubosidad.

- Energía de apoyo situada en un segundo acumulador

Este diseño permite aprovechar al máximo la energía de origen solar aplicándola sobre el agua fría, mientras que la convencional de apoyo lo hace solamente sobre el agua precalentada por la solar, respetando de esta forma el principio de separación de ambas.

Sin una adecuada regulación puede haber en este tipo de diseños un cierto desperdicio de energía.

-Calentamiento de apoyo instantáneo situado después del acumulador

Los sistemas de apoyo instantáneo tienen dos características generales:

- Requieren alta potencia instalada, ya que deben ser capaces de calentar de forma instantánea la totalidad del agua consumida.

- Su regulación es más complicada, ya que la potencia debe variar en función de la temperatura de entrada.

Existen dos tipos de calderas que son técnica y económicamente viables para aportar energía auxiliar:

- Caldera a gas:

Las calderas individuales de gas butano, propano o ciudad, tienen un conjunto de características que las hace ser el sistema de aporte en línea más adecuado para instalaciones solares:

- Permiten controlar fácilmente la temperatura de salida del agua caliente, mediante la regulación del paso de gas.
- Sólo consumen el combustible necesario, al regular la potencia aportada.
- El coste de la caldera y la instalación es bajo.
- El coste del butano y propano es inferior a la tarifa eléctrica normal. El gas ciudad es inferior a todos los demás combustibles.
- No afecta al sistema solar.
- Cuando se aplica en instalaciones por termosifón forma un conjunto autónomo, que no requiere energía eléctrica.

- Caldera de gasóleo

Las calderas de gasóleo requieren un circuito auxiliar formado por un cambiador de calor cuyo primario es el circuito de suministro de agua caliente y el secundario el de la caldera.

Presentan inconvenientes frente a las calderas de gas:

- Requieren períodos de funcionamiento prolongados para que el sistema funcione con un rendimiento adecuado.
- El sistema de control presenta mayores dificultades, lo que se traduce en que los rendimientos son inferiores y se regula peor la temperatura de salida.
- Los costes del quemador y la instalación son bastante más elevados.

8.2.15. Resistencia de apoyo

La resistencia eléctrica de inmersión es un elemento muy empleado como sistema auxiliar en los equipos de producción de A.C.S. por energía solar. Son resistencias perfectamente blindadas e impermeabilizadas que se introducen en los acumuladores mediante rosca.

8.3. Ocupación del albergue

La ocupación del albergue representa el número de personas que han pernoctado en éste. Para representar mejor a estas personas que pasan el día en el albergue, se calcula la ocupación en %, ya que a simple vista se puede observar, tanto las personas que hay en el albergue como la capacidad que queda para poder arrendar.

Para calcular la ocupación de cada mes se multiplican los días que tienen cada uno de éstos por las personas que pueden pasar la noche en el albergue (ocupación máxima por día), que son 20 personas.

Los datos de ocupación del albergue, como éste es ficticio, no han sido factibles, pero se ha tomado el nivel de ocupación de un albergue situado en Biel, una localidad al norte de la provincia de Zaragoza, que tiene características parecidas a las de Trasmoz. Su ocupación es de 26 personas, tiene sus servicios e instalaciones muy similares y además, es un pueblo de montaña con una altura parecida a la de Trasmoz. Por lo que se han considerado adecuados estos datos como partida para realizar los cálculos, siempre tomando el período en el que el albergue permanece abierto, que son los datos que se van a utilizar para realizar las operaciones.

Mes	Capacidad	Ocupación	Ocupación (%)
Enero	620	106	18
Febrero	560	61	11
Marzo	620	70	12
Abril	600	234	39
Mayo	620	130	21
Junio	600	74	13
Julio	620	84	14
Agosto	620	83	14
Septiembre	600	66	11
Octubre	620	144	24
Noviembre	600	115	20
Diciembre	620	67	11
Anual	7300	1234	17
Período	4280	815	19

Tabla 3.- Datos de ocupación en el albergue a lo largo del año.

8.4. Elección de la configuración

La configuración que se va a utilizar va a ser sencilla. Para comenzar se dispondrá de unos colectores solares, por medio de los cuales se captará la energía solar, la cual se aprovechará térmicamente. Luego se dispondrá de un acumulador para almacenar la energía, ya que el momento de consumo de agua caliente no tiene porqué coincidir con el momento de captación de energía.

El circuito primario será cerrado, por lo que el fluido que recorre éste tendrá menos posibilidades de deteriorarse.

En cuanto a la circulación, ésta será forzada, el fluido circulará impulsado por un electrocirculador o bomba, lo que garantizará una buena eficiencia del sistema.

Este electrocirculador será accionado por un sistema de regulación, que lo hará funcionar o no, en función de las temperaturas que se captarán mediante unas sondas en la salida de los colectores y en la parte baja del acumulador. Dependiendo de las temperaturas que se registren, se enviarán unas señales hasta el regulador y este actuará como corresponda.

Conforme se vaya captando la energía solar, ésta se irá almacenando en el acumulador mediante un intercambiador, que en este caso será interno al acumulador y estará colocado en la parte inferior de éste, por lo que habrá menos pérdidas térmicas. Además, se dispondrá de un sistema de apoyo auxiliar que consiste en un calentador de agua que funciona con gas. Éste sistema auxiliar se pondrá en funcionamiento cuando la energía solar no sea la suficiente como para calentar todo el agua que se consuma. El sistema de apoyo cederá el calor a través de un intercambiador que también está en el interior del acumulador, pero en este caso en la parte superior.

Luego, para la máxima seguridad del circuito primario, se dispondrá de un vaso de expansión a la salida del acumulador en la parte de retorno a los colectores, con el propósito de absorber las dilataciones del fluido caloportador.

A la entrada de los captadores se colocará una válvula de seguridad y un embudo de desagüe, para liberar fluido cuando la presión interna supera el umbral establecido. A la salida de los colectores se instalará un purgador de aire, que evacuará los gases (aire) contenidos en el fluido caloportador.

Se colocará entre la tubería de aspiración y la de impulsión de la bomba, un manómetro en bypass, para poder medir la pérdida de carga de la instalación, y con la ayuda de la curva característica facilitada por el fabricante, se puede obtener de forma aproximada el caudal que circula por el circuito.

Por último, se colocarán tantas válvulas de cierre como sean necesarias para poder aislar cada elemento del circuito primario sin necesidad de vaciar todo el fluido de éste.

El esquema utilizado se puede observar en el plano "Esquema Instalación A.C.S."

8.5. Cálculo de la superficie colectora

El criterio que se usará para dimensionar la superficie colectora es que el área de la misma sea tal que haga la aportación solar total en el período considerado sea igual al consumo, o sea, que la aportación en un mes medio sea igual al consumo en dicho mes medio.

8.5.1. Cálculo de la carga de consumo

La carga de consumo específica es el volumen de agua en litros que se ha de calentar en la instalación solar por día y por metro cuadrado de área de captación (Peuser, 2005).

$$\text{Volumen} = (\text{volumen/persona} \cdot \text{día}) \cdot \text{personas} \cdot \% \text{ ocupación} \cdot \text{N}^{\circ} \text{ días}$$

$$\text{m}^3 = (\text{litros/persona} \cdot \text{día}) \cdot (1\text{m}^3/1000 \text{ litros}) \cdot \text{personas} \cdot \% \text{ ocup.} \cdot \text{N}^{\circ} \text{ días}$$

Para poder calcular la carga de consumo específica, se deberá mirar el criterio de la demanda, como es un albergue, se considera como un Hostal/Pensión cuyo consumo a 60°C es de 35 litros de ACS/día y persona.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60°C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Tabla 4.- Demanda de referencia a 60°C (Código Técnico de la Edificación).

- Datos meteorológicos:

Los datos meteorológicos que se usan como base son los de la temperatura media del agua de la red general registrados en la ciudad de Huesca y durante el período en el que el albergue está abierto.

Mes	T^a media red (°C)
Enero	5
Febrero	6
Marzo	8
Abril	10
Mayo	11
Junio	12
Julio	13
Agosto	12
Septiembre	11
Octubre	10
Noviembre	8
Diciembre	5
Anual	9,3
Período	11,3

Tabla 5.- Temperatura media del agua de la red general en Huesca (Censolar, 1991).

Para conseguir los datos en Trasmoz se ha disminuido esta temperatura en un grado, dado que las zonas son de clima parecido y las dos localidades pertenecen al Somontano. Tiene mayor humedad que la depresión del Ebro, debido a la altitud que le aleja de las fuertes ráfagas de cierzo.

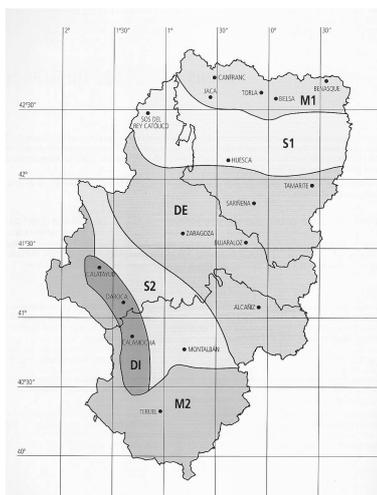


Figura 31.- Mapa de zonas climáticas de Aragón (Departamento de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno de Aragón, 2008).

Mes	Tª media red Trasmoz (°C)
Enero	4
Febrero	5
Marzo	7
Abril	9
Mayo	10
Junio	11
Julio	12
Agosto	11
Septiembre	10
Octubre	9
Noviembre	7
Diciembre	4
Anual	8,3
Período	10,3

Tabla 6.- Temperatura media del agua de la red general en Trasmoz.

El acumulador que se ha escogido tiene una temperatura final de 45°C. Como es diferente a 60°C, debería llegar a la contribución solar mínima

correspondiente a la demanda obtenida con las demandas de referencia a 60°C. La demanda a considerar para los cálculos, según la temperatura elegida, se determina a partir de las siguientes fórmulas (Código Técnico de la Edificación).

$$D(T) = \sum D_i(T)$$

$$D_i(T) = D_i(60^\circ\text{C}) \cdot (60 - T_i) / (T - T_i)$$

- D(T): demanda de agua caliente sanitaria anual a la temperatura T elegida (en litros).

- D_i(T): demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura T elegida (en litros).

- D_i(60°C): demanda de agua caliente sanitaria para el mes i a la temperatura de 60°C (en litros).

- T: temperatura del acumulador final (en °C).

- T_i: temperatura media de agua fría en el mes i (en °C).

Mes	T_i (°C)	D_i(T) (l)
Marzo	7	48,8
Abril	9	49,6
Mayo	10	50
Junio	11	50,4
Julio	12	50,9
Agosto	11	50,4
Septiembre	10	50
Octubre	9	49,6

Tabla 7.- Demanda de agua caliente sanitaria para cada mes a 45°C.

Tiempo	T_i (°C)	D(T) (l)
Período	9,9	399,7

Tabla 8.- Demanda de agua caliente sanitaria durante el período de apertura.

Mes	Carga de consumo (m³)
Marzo	3,631
Abril	11,606
Mayo	6,510
Junio	3,931
Julio	4,418
Agosto	4,374
Septiembre	3,300
Octubre	7,380
Período	45,150

Tabla 9.- Carga de consumo mensual.

8.5.2. Cálculo de la energía necesaria para A.C.S.

Partiendo de las temperaturas medias de la red general de agua, se calcula, mes a mes, la energía necesaria para conseguir la cantidad de agua caliente que se requiere para el consumo de ACS a la temperatura de 45°C, mediante la fórmula (Censolar, 1991):

$$Q = m \cdot c_e \cdot \Delta t$$

- Q: calor absorbido por el agua para el consumo (Termias).
- m: toneladas o m³ de agua calentada.
- c_e: calor específico del agua (1 termia/tonelada · °C).
- Δt: salto térmico del agua (°C).

Mes	Consumo mensual (m ³)	T ^a de red	Salto	Necesidad energética mensual (termias)	Necesidad energética mensual (MJ)	Necesidad energética diaria (MJ)
Marzo	3,631	7	38	138,0	577,3	18,6
Abril	11,606	9	36	417,8	1748,1	58,3
Mayo	6,51	10	35	227,9	953,3	30,8
Junio	3,931	11	34	133,7	559,2	18,6
Julio	4,418	12	33	145,8	610,0	19,7
Agosto	4,374	11	34	148,7	622,2	20,1
Septiembre	3,3	10	35	115,5	483,3	16,1
Octubre	7,38	9	36	265,7	1111,6	35,9
Período				1593,0	6665,1	218,0

Tabla 10.- Necesidad energética para ACS.

Para pasar de termias a megajulios se han aplicado las siguientes equivalencias:

1 termia = 1.000 kcal

1 kcal = 4,184 kJ

1 MJ = 1.000 kJ

8.5.3. Cálculo de la energía aprovechable

La energía aprovechable E es igual al producto de la irradiación horizontal media H por el factor de corrección k para superficies inclinadas. Este factor representa el cociente entre la energía total incidente en un día sobre una superficie inclinada un determinado ángulo y otra horizontal (Censolar, 1991).

A cada latitud le corresponde un factor k distinto para cada uno de los meses del año. La latitud de Trasmoz es de 41° 49' 31'', por lo que se cogen las tablas de latitud de 42° que es la latitud más cercana al valor correspondiente a la localidad.

En el cálculo de la energía aprovechable influyen muchos factores: la irradiación horizontal media H, la ubicación del albergue, la atmósfera, los obstáculos que proyectan sus sombras sobre los colectores, etc.

Lo que se pretende siempre es que la energía consumida y la aportada por los colectores solares térmicos durante los meses sean iguales o, por lo menos, lo más parecidas posibles.

Para conseguir esta igualdad, se deben orientar e inclinar correctamente las placas solares térmicas, ya que con una buena orientación e inclinación se podrá aprovechar mejor la energía solar y conseguir mayor aporte energético solar para el ACS.

La orientación de los captadores solares térmicos es hacia el Sur Geográfico, ya que la instalación está en Trasmoz, una localidad situada en el hemisferio norte del planeta.

Se considera la dirección Sur como orientación óptima y la mejor inclinación, según la ITE 10.1.3.1 "Disposición de los colectores", dependiendo del período de utilización, uno de los valores siguientes:

- Consumo constante anual: la latitud geográfica
- Consumo preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°
- Consumo preferente en verano: la latitud geográfica - 10°

En cuanto a la inclinación, los captadores se dispondrán de manera que su uso normal sea en verano, ya que el período de apertura del albergue es desde la primavera hasta el otoño y durante los meses de invierno permanece cerrado. Por lo que su inclinación es igual al valor de la latitud del albergue menos 10 grados:

$$\text{Inclinación} = 41,8254^\circ - 10^\circ = 31,8254^\circ \approx 30^\circ$$

La inclinación óptima está cerca de este valor y para averiguarla, se consideran variaciones de $\pm 10^\circ$ porque no afectan prácticamente al rendimiento y a la energía térmica útil aportada por el equipo solar.

Por ello, para determinar el ángulo óptimo de inclinación se van a hacer cálculos tomando 30°, 35° y 40°.

Para el cálculo de la energía aprovechable E, que incide en un metro cuadrado de la superficie inclinada de los colectores en un día medio de cada mes, se parte de los datos obtenidos de las tablas de irradiación horizontal media H para cada mes del libro "Instalaciones de energía solar (Tomo II)". Se usan los datos de la ciudad de Huesca, ya que es la que más se asemeja a Trasmoz, como se ha mencionado anteriormente.

Antes de calcular la energía aprovechable, se procede a la corrección de la irradiación horizontal media H, debido a los factores anteriormente mencionados.

Si la ubicación del albergue es en una zona de montaña o con la atmósfera muy limpia, se multiplica por 1,05. Si, por el contrario, se ubica en zonas polucionadas o grandes urbes, H se multiplica por 0,95. En este caso, el albergue se sitúa en zona de montaña a 765 metros, por lo que se multiplica por 1,05.

Mes	H (tablas)	H (corregida)
Enero	6,1	6,4
Febrero	9,6	10,1
Marzo	14,3	15
Abril	18,7	19,6
Mayo	20,3	21,3
Junio	22,1	23,2
Julio	23,1	24,3
Agosto	20,9	22
Septiembre	16,9	17,8
Octubre	11,3	11,9
Noviembre	7,2	7,6
Diciembre	5,1	5,4

Tabla 11.- Datos de irradiación horizontal media (MJ/m^2) en Trasmoz (tomo II de Instalaciones de Energía Solar de Censolar, "Sistemas de aprovechamiento térmico").

Después de aplicar esta corrección, mediante la fórmula $E = k \cdot H$, se haya la energía total teórica que se puede esperar que incida en un día medio del mes por cada metro cuadrado de colector solar. Pero, se sabe que hay energía que no se aprovecha, ya que incide en momentos en que la intensidad es menor que el valor umbral para que funcione la bomba de circulación, es aproximadamente un 6% de la energía total diaria E a lo largo del año, debido a que no varía prácticamente. Por lo que es preciso multiplicar la cantidad E por el factor 0,94 para obtener el valor efectivo de la energía útil.

Mes	k			E _{teórica} (MJ/m ²)			E _{útil} (MJ/m ²)		
	30°	35°	40°	30°	35°	40°	30°	35°	40°
Marzo	1,19	1,19	1,19	17,85	17,85	17,85	16,78	16,78	16,78
Abril	1,09	1,08	1,06	21,36	21,17	20,78	20,08	19,90	19,53
Mayo	1,02	1	0,97	21,73	21,30	20,66	20,42	20,02	19,42
Junio	1	0,97	0,94	23,20	22,50	21,81	21,81	21,15	20,50
Julio	1,02	1	0,97	24,79	24,30	23,57	23,30	22,84	22,16
Agosto	1,1	1,09	1,08	24,20	23,98	23,76	22,75	22,54	22,33
Septiembre	1,23	1,23	1,24	21,89	21,89	22,07	20,58	20,58	20,75
Octubre	1,37	1,4	1,42	16,30	16,66	16,90	15,32	15,66	15,88

Tabla 12.- Energía aprovechable para cada mes del año (Censolar, 1991).

8.5.4. Cálculo de la intensidad útil

La intensidad incidente sobre la superficie de los colectores solares varía a lo largo del día. Por lo que se usan unos valores de intensidad media igual al cociente entre la energía útil $E_{\text{útil}}$ incidente durante el día y el tiempo útil del día (tomo II de Instalaciones de Energía Solar de Censolar, "Sistemas de aprovechamiento térmico"), que es el tiempo en el que el sol está en una posición de forma que la intensidad se sitúa por encima del umbral.

Para introducir la intensidad posteriormente en la ecuación del rendimiento del colector solar, la calculo en unidades del sistema internacional (W/m^2). Por lo que los MJ se pasan a J y las horas a segundos.

Mes	E _{útil} (MJ/m ²)			Nº de horas de sol útiles	I (W/m ²)		
	30°	35°	40°		30°	35°	40°
Marzo	16,78	16,78	16,78	9	518	518	518
Abril	20,08	19,90	19,53	9,5	587	582	571
Mayo	20,42	20,02	19,42	9,5	597	585	568
Junio	21,81	21,15	20,50	9,5	638	618	599
Julio	23,30	22,84	22,16	9,5	681	668	648
Agosto	22,75	22,54	22,33	9,5	665	659	653
Septiembre	20,58	20,58	20,75	9	635	635	640
Octubre	15,32	15,66	15,88	9	473	483	490

Tabla 13.- Intensidad útil.

8.5.5. Elección del colector

Los colectores solares térmicos que se han seleccionado son del modelo AS-20VC de Avant Solar s.a. Sus características son:

- Dimensiones:
 - Largo: 2070 mm.
 - Ancho: 1055 mm.
 - Alto: 90 mm.

- Superficies de referencia:
 - Área absorbedor: 2,01 m².
 - Área apertura: 2,00 m².
 - Área total: 2,18 m².

- Especificaciones generales:
 - Tipo: plano.
 - Peso en vacío: 39,4 Kg.
 - Contenido de fluido: 1,73 l.
 - Fluido calor-portante: agua + anticongelante.
 - Material de la cubierta: vidrio templado extraclaro y de bajo contenido en hierro.
 - Espesor de cubierta: 4 mm.
 - Nº de tubos y diámetro: Verticales -> 8 de Ø 10 mm.
Horizontales -> 2 de Ø 22 mm.
 - Presión máxima de trabajo: 6 bar.

- Absorbedor:
 - Material: cobre.
 - Recubrimiento: cromo negro.
 - Construcción: parrilla de tubos.

- Carcasa y aislamiento térmico:
 - Material de carcasa: aluminio anodizado.
 - Material de aislamiento: lana de roca.
 - Material de cortina sobre aislamiento: aluminio.
 - Espesor de aislamiento: Inferior -> 40 mm.
Lateral -> 25 mm.
 - Material de junta de sellado: silicona de alta elasticidad.

- Ensayo de rendimiento (Cener): Certificación NPS – 18307
 - Factor de ganancia (área apertura): $\eta = 0,786$.
 - Pérdidas térmicas: $a_1 = 3,881 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.
 $a_2 = 0,019 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^2$.



Figura 32.- Colector AS-20VC.

8.5.6. Cálculo del rendimiento del colector

El rendimiento del colector η se calcula mes a mes, a partir de la curva de rendimiento teórico suministrada por el fabricante, cuya ecuación es (Censolar, 1991):

$$\eta = F \cdot (T \cdot \alpha) - F \cdot U_L (t_m - t_a)/I$$

- $F \cdot (T \cdot \alpha)$: rendimiento óptico del colector o factor de ganancia (%).
- $F \cdot U_L$: factor de pérdidas del colector ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).
- t_m : temperatura media de la placa absorbadora ($^\circ C$).
- t_a : temperatura ambiente diurna ($^\circ C$).
- I : intensidad útil (W/m^2).

La temperatura media de la placa absorbadora se podría medir experimentalmente, pero para efectuar los cálculos es suficiente con tomar este valor como el valor de temperatura media del acumulador, que es de $45^\circ C$. La temperatura ambiente que se ha considerado para Trasmoz es dos grados menos que la temperatura ambiente de Huesca, cuyos datos han sido tomados del tomo II de Instalaciones de Energía Solar de Censolar, "Sistemas de aprovechamiento térmico".

Mes	t_a	I (W/m^2)			η (%)		
		30°	35°	40°	30°	35°	40°
Marzo	10	518	518	518	52,9	52,9	52,9
Abril	13	587	582	571	57,8	57,6	57,2
Mayo	16	597	585	568	60,1	59,7	59,1
Junio	20	638	618	599	63,7	63,2	62,7
Julio	23	681	668	648	66,3	66,0	65,7
Agosto	23	665	659	653	66,0	65,9	65,8
Septiembre	19	635	635	640	63,0	63,0	63,1
Octubre	14	473	483	490	53,6	54,1	54,5

Tabla 14.- Rendimiento del colector solar térmico.

El rendimiento resultante, en general, es alto, sobre todo en verano, que es el período para el que hemos orientado las placas solares térmicas. Los rendimientos más altos que se consiguen pueden llegar al 70%, por lo que un 66% es un buen resultado.

8.5.7 Cálculo de energía neta y determinación de la superficie necesaria

La energía aportada por cada metro cuadrado de colector para cada mes es igual al producto de la energía útil incidente E y el rendimiento del colector η .

Mes	η (%)			$E_{\text{útil}}$ (MJ/m ²)			Aportación solar por m ²		
	30°	35°	40°	30°	35°	40°	30°	35°	40°
Marzo	52,9	52,9	52,9	16,78	16,78	16,78	8,88	8,88	8,88
Abril	57,8	57,6	57,2	20,08	19,9	19,53	11,61	11,46	11,17
Mayo	60,1	59,7	59,1	20,42	20,02	19,42	12,27	11,95	11,48
Junio	63,7	63,2	62,7	21,81	21,15	20,5	13,89	13,37	12,85
Julio	66,3	66	65,7	23,3	22,84	22,16	15,45	15,07	14,56
Agosto	66	65,9	65,8	22,75	22,54	22,33	15,02	14,85	14,69
Septiembre	63	63	63,1	20,58	20,58	20,75	12,97	12,97	13,09
Octubre	53,6	54,1	54,5	15,32	15,66	15,88	8,21	8,47	8,65

Tabla 15.- Aportación solar por m².

La energía que aporta diariamente el sistema colector no es la misma que la disponible para el consumo, ya que se producen pérdidas a lo largo de toda la instalación. El consumo, en general, es más o menos uniforme a lo largo del día y de la semana, y una parte importante del consumo se produce a últimas horas del día. Por lo que, las pérdidas se consideran un 10% del total de la energía útil y la energía neta disponible al día por metro cuadrado vale: $0,9 \eta \cdot E_{\text{útil}}$. Luego, para calcular la energía neta disponible al mes, sólo hay que multiplicar por el número de días de cada mes.

Mes	Energía neta disponible (MJ) al día por m ²			Energía neta disponible (MJ) al mes por m ²		
	30°	35°	40°	30°	35°	40°
Marzo	7,99	7,99	7,99	247,75	247,75	247,75
Abril	10,45	10,31	10,05	313,47	309,42	301,59
Mayo	11,04	10,76	10,33	342,33	333,41	320,29
Junio	12,50	12,03	11,57	375,03	360,99	346,95
Julio	13,91	13,56	13,10	431,06	420,45	406,22
Agosto	13,52	13,37	13,22	419,06	414,32	409,85
Septiembre	11,67	11,67	11,78	350,19	350,19	353,43
Octubre	7,39	7,62	7,79	229,06	236,31	241,34
Período				2708	2673	2627

Tabla 16.- Energía neta disponible al día y al mes por metro cuadrado.

Posteriormente, se calcula la superficie colectora necesaria dividiendo la suma de todas las necesidades energéticas mensuales del período de apertura del albergue (Tabla 10) entre la suma de la energía neta disponible cada mes por metro cuadrado en dicho período también.

Tiempo	Necesidad energética mensual (MJ)	Energía neta (MJ) disponible al mes por m ²			Superficie colectora necesaria (m ²)		
		30°	35°	40°	30°	35°	40°
Período	6665,1	2708	2673	2627	2,5	2,5	2,5

Tabla 17.- Superficie colectora necesaria para cubrir las necesidades energéticas.

Las superficies colectoras obtenidas son teóricas. Para hallar el número de colectores se divide esta superficie teórica entre la superficie útil del colector seleccionado (modelo AS-20VC).

$$\text{n}^{\circ} \text{ de colectores a } 30^{\circ} = A_{\text{teórica}} / A_{\text{útil colector}} = 2,5\text{m}^2 / 2\text{m}^2 = 1,25$$

$$\text{n}^{\circ} \text{ de colectores a } 35^{\circ} = A_{\text{teórica}} / A_{\text{útil colector}} = 2,5\text{m}^2 / 2\text{m}^2 = 1,25$$

$$n^{\circ} \text{ de colectores a } 40^{\circ} = A_{\text{teórica}} / A_{\text{útil colector}} = 2,5\text{m}^2 / 2\text{m}^2 = 1,25$$

Redondeando el número de colectores al alza, se colocarían dos colectores solares, pero antes se mirará el mes que tiene más necesidad energética, que corresponde al mes de abril con 1748,1 MJ. Para poder aportar la energía necesaria para el consumo de A.C.S. en el mes de abril se necesitarán, como se comprueba en los siguientes cálculos, tres colectores solares.

$$\text{Superficie necesaria} = \text{Necesidad energética} / \text{Energía neta disponible}$$

$$\text{Superficie necesaria en abril (30}^{\circ}\text{)} = 1748,1\text{MJ} / 313,47\text{MJ/m}^2 = 5,6 \approx 6 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie necesaria en abril (35}^{\circ}\text{)} = 1748,1\text{MJ} / 309,42\text{MJ/m}^2 = 5,7 \approx 6 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie necesaria en abril (40}^{\circ}\text{)} = 1748,1\text{MJ} / 301,59\text{MJ/m}^2 = 5,8 \approx 6 \text{ m}^2$$

$$n^{\circ} \text{ de colectores necesarios} = 6\text{m}^2 / (2\text{m}^2/\text{colector}) = 3 \text{ colectores}$$

En el caso de que se colocaran tres colectores solares, se cubrirían todas las demandas energéticas con energía solar durante el período de apertura del albergue. Pero se deben observar todos los resultados antes de decidirse por esta opción.

La superficie efectiva de los colectores solares será de seis metros cuadrados. Esta superficie no será la superficie total que ocuparán los colectores encima del tejado, la superficie total será igual al producto del número de colectores por el número de metros cuadrados totales de cada colector.

$$A_{\text{real}} = n^{\circ} \text{ colectores} \cdot A_{\text{total colector}} = 3 \cdot 2,18 \text{ m}^2 = 6,54 \text{ m}^2$$

Para saber la energía solar total que aportan el número de metros cuadrados efectivos de superficie colectora, se debe multiplicar dicho valor por la energía neta disponible para el consumo que suministra cada metro cuadrado (Tabla 16). Luego, se pasa a calcular la fracción de consumo energético que es satisfecha por la energía solar, que se calcula dividiendo porcentualmente la energía solar total entre la necesidad energética mensual (Tabla 10). Y por último, el déficit energético, que representa la energía auxiliar que hay que aportar en los meses en que la energía solar no es suficiente para aportar el 100% de las necesidades energéticas y es igual a la diferencia entre la necesidad energética mensual y la energía solar total.

Mes	Energía solar total (MJ)			% sustitución			Déficit energético		
	30°	35°	40°	30°	35°	40°	30°	35°	40°
Marzo	1486,5	1486,5	1486,5	100	100	100	0	0	0
Abril	1880,82	1856,52	1809,54	100	100	100	0	0	0
Mayo	2053,98	2000,46	1921,74	100	100	100	0	0	0
Junio	2250,18	2165,94	2081,7	100	100	100	0	0	0
Julio	2586,36	2522,7	2437,32	100	100	100	0	0	0
Agosto	2514,36	2485,92	2459,1	100	100	100	0	0	0
Septiembre	2101,14	2101,14	2120,58	100	100	100	0	0	0
Octubre	1374,36	1417,86	1448,04	100	100	100	0	0	0
Período							0	0	0

Tabla 18.- Aporte solar total de los colectores, fracción de consumo energético satisfecha por la energía solar y déficit energético con tres colectores solares.

Como se puede observar, se cubren todas las necesidades durante los meses que nos interesan. Sabiendo que el nivel de ocupación, más o menos, es parecido durante todos los años, se calcula la energía solar sobrante en cada mes para comprobar que no se sobredimensiona el sistema.

Mes	% energía aportada		
	30°	35°	40°
Marzo	257	257	257
Abril	108	106	104
Mayo	215	210	202
Junio	402	387	372
Julio	424	414	400
Agosto	404	400	395
Septiembre	435	435	439
Octubre	124	128	130

Tabla 19.- Energía aportada cada mes en %.

En la tabla anterior se puede observar como en los meses de verano (junio, julio, agosto y septiembre) el sistema de colectores aporta alrededor de cuatro veces la energía necesaria para el consumo de A.C.S., por lo que se necesitaría una ocupación cuatro veces mayor para consumirla y como la ocupación de la tabla 3 es la que suele haber todos los años, con pequeñas variaciones, no resulta rentable colocar tres colectores solares. Además, se pueden producir altas temperaturas que acortan la vida de los elementos de la instalación.

Por lo tanto, se vuelve a calcular la energía solar total, la fracción de consumo energético satisfecha por la energía solar y el déficit energético, pero esta vez para dos colectores solares.

Mes	Energía solar total (MJ)			% sustitución			Déficit energético		
	30°	35°	40°	30°	35°	40°	30°	35°	40°
Marzo	991	991	991	100	100	100	0	0	0
Abril	1253,88	1237,68	1206,36	72	71	69	494	511	542
Mayo	1369,32	1333,64	1281,16	100	100	100	0	0	0
Junio	1500,12	1443,96	1387,8	100	100	100	0	0	0
Julio	1724,24	1681,8	1624,88	100	100	100	0	0	0
Agosto	1676,24	1657,28	1639,4	100	100	100	0	0	0
Septiembre	1400,76	1400,76	1413,72	100	100	100	0	0	0
Octubre	916,24	945,24	965,36	82	85	87	195	167	147
Período							690	677	688

Tabla 20.- Aporte solar total de los colectores, fracción de consumo energético satisfecha por la energía solar y déficit energético con dos colectores solares.

La suma del déficit energético de todos los meses del período de apertura será la energía auxiliar necesaria durante este tiempo. Para saber que % de la energía total para el ACS representa, dividimos este valor por la necesidad energética del período (Tabla 10).

$$\% \text{ energía auxiliar} = 100 \cdot (677 / 6665,1) = 10,2 \%$$

Por lo tanto, el ahorro global de energía gracias a la aportación de energía solar será:

$$\% \text{ de ahorro} = 100 - 10,2 = 89,8 \%$$

Finalmente, se van a utilizar dos colectores, cuya superficie total efectiva es de 4 m^2 y la superficie total real es de $4,36 \text{ m}^2$.

- Conclusiones:

Las superficies necesarias para los distintos ángulos salen prácticamente iguales, además, los rendimientos son muy parecidos, no se producen cambios muy significativos, por lo que se elegirá la inclinación que mejor convenga. En este caso, como el tejado del albergue tiene una inclinación de 35° , esa es la inclinación que se toma para los captadores solares térmicos, ya que se podrán colocar éstos sobre el tejado. Además, con esta inclinación, la energía auxiliar que se necesita es menor, por consiguiente, ahorramos costes.

Uno de los factores más importantes es la temperatura media de acumulación. Cuanto más baja es esta temperatura, más rentable es la instalación. Por esto, he seleccionado un acumulador que pueda trabajar a una temperatura de 45°C .

El porcentaje de aporte solar a la instalación es alto, ya que se consiguen porcentajes mayores al 80% y suelen estar entre el 70 y el 80 %.

8.5.8. Cálculo de pérdidas por orientación e inclinación

Este cálculo consiste en determinar los límites en la orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas máximas admisibles. Las pérdidas se calculan en función del ángulo de inclinación β y del ángulo de acimut α .

Sabiendo el ángulo de acimut del captador, que es 0° , los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecidas por la figura 32, válida para una inclinación de 41° , son:

- Las pérdidas máximas son del 40% en la integración arquitectónica (este caso). Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de acimut proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima (90° y 5°).

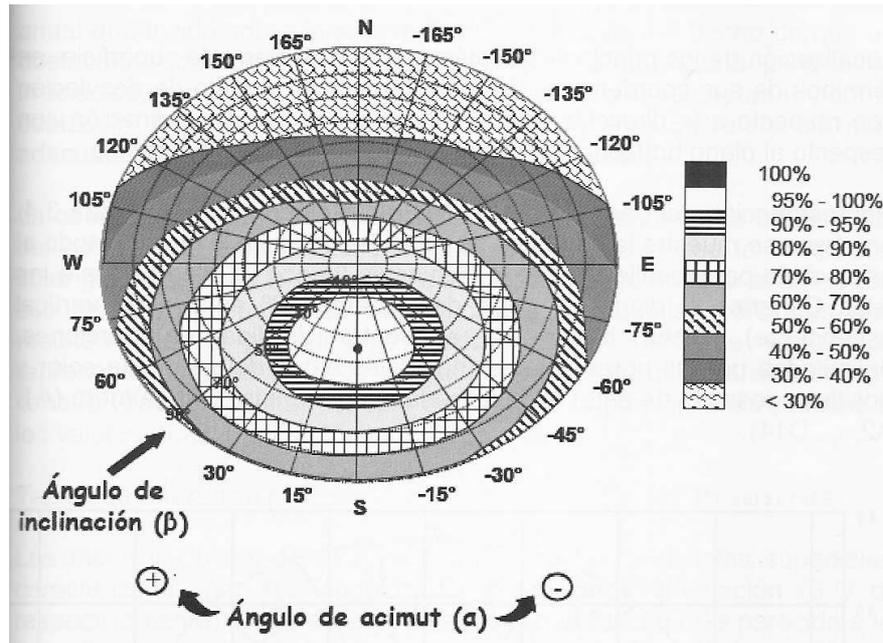


Figura 33.- Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de las pérdidas por orientación e inclinación.

Los límites de inclinación aceptables se corrigen en función de la diferencia entre la latitud del lugar que se calcula y la de 41° , mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Inclinación máxima} = \text{inclinación} (\varphi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud})$$

$$\text{Inclinación máxima} = 90^\circ - (41^\circ - 41,8254^\circ) = 90,8254^\circ$$

$$\text{Inclinación mínima} = 5^\circ (\text{mínimo}) - (41^\circ - 41,8254^\circ) = 5,8254^\circ$$

La inclinación que se ha impuesto, 35° , está dentro del intervalo de los ángulos por lo que las pérdidas serán menor que el 40%. Se pueden calcular aplicando la fórmula que ofrece el CTE:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{\text{opt}})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2] \text{ para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \cdot [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (35 - 31,8254)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot 0^2] = 0,12\%$$

Como se puede observar las pérdidas son mínimas.

8.5.9. Conexión de los colectores y ubicación

Una vez fijado el tipo de colector a emplear, se deberán elegirse todos del mismo modelo, atendiendo a sus cualidades y relación calidad/precio, siendo preciso diseñar su acoplamiento según la disposición óptima adoptada.

La mayoría de las instalaciones están compuestas por un número de colectores comprendido entre tres y treinta, conectados entre sí de diversas formas.

El acoplamiento en serie de dos colectores, o de dos filas de colectores, conduce a un aumento de la temperatura del agua producida, pero disminuye el rendimiento de la instalación, por lo que pocas veces se adopta esta solución.

Lo normal es disponer los colectores acoplados entre sí en paralelo, formando filas que a su vez se interconectan entre sí también en paralelo. Los colectores se disponen en filas con igual número de unidades, debiendo ser éstas paralelas, horizontales y bien alineadas. No es recomendable conectar en serie más de cuatro colectores o más de cuatro filas de colectores.

Los colectores que dispongan de cuatro manguitos de conexión se conectarán directamente entre sí, efectuándose la entrada del fluido caloportador por extremo inferior del primer colector de la fila y la salida por el extremo superior del último.

Los colectores que dispongan de dos manguitos de conexión diagonalmente opuestos se conectarán a sendas tuberías exteriores a los colectores, una inferior y otra superior. Estas tuberías se dispondrán horizontalmente con una ligera pendiente ascendente del 1%.

En la canalización de entrada y en la de salida del campo de colectores se instalarán sendas válvulas de cierre, para que éstos puedan aislarse durante las operaciones de mantenimiento.

Para la distribución uniforme del caudal es preciso que todas las filas cuenten con el mismo número de colectores y disponer las conexiones en forma que se realice el retorno invertido, para que el circuito resulte hidráulicamente equilibrado.

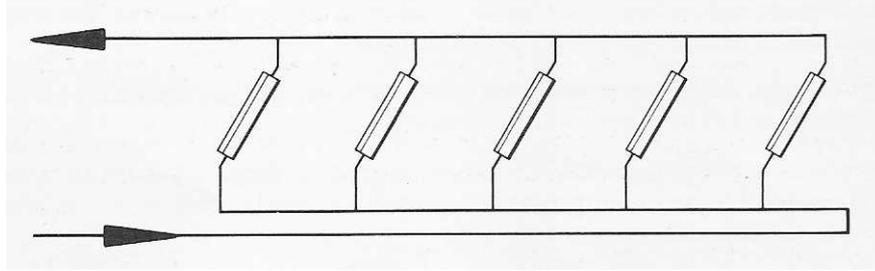


Figura 34.- Esquema de la disposición conocida como retorno invertido.

Asimismo, el trazado de las tuberías generales de circulación del fluido será realizado siguiendo este diseño para asegurar la distribución uniforme del caudal en cada línea de colectores. El trazado se hará de modo que la tubería general de retorno, por la que circula el fluido calentado por los colectores, tenga el recorrido más corto posible.

Factores a tener en cuenta para el diseño de la batería de colectores:

- La instalación de los colectores debe asegurar que el recorrido hidráulico sea el mismo para todos.
- El caudal de los colectores no debe bajar de $0,6 \text{ l/m}^2 \cdot \text{min}$.
- La longitud de las conducciones debe ser lo más reducida posible.
- Las pérdidas de calor en tuberías y accesorios deben reducirse al mínimo.
- El diseño de la batería debe evitar la formación de bolsas de vapor o de aire atrapado.
- El diseño debe permitir montar y desmontar los colectores.

Los grupos de colectores pueden conectarse en serie, en paralelo y en conexión mixto.

El conexionado en paralelo proporciona funcionamientos térmicos similares en todos ellos, un mayor rendimiento, pero incrementa la longitud, el diámetro de las tuberías y el número de accesorios, incrementando el coste de la instalación y las pérdidas térmicas.

Si disponen de salidas laterales y conductos internos horizontales de sección suficiente, pueden conectarse de la forma indicada en la figura 34, lo cual reduce la longitud y complejidad de la batería.

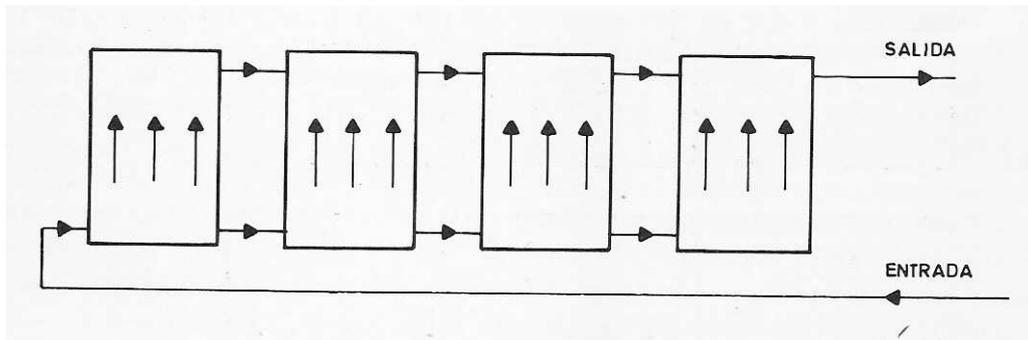


Figura 35.- Conexión de colectores en paralelo.

La conexión en serie permite menores caudales, secciones de tuberías más pequeñas y recorridos más cortos. Lo cual reduce costes de instalación.

El mayor inconveniente de la conexión en serie es que al ir pasando el fluido de un colector a otro, la temperatura de entrada en cada uno va aumentando y por tanto, disminuyendo la eficacia del sistema. Sin embargo, si no se sobrepasa un número de tres o cuatro colectores en serie, las ventajas superan a los inconvenientes.

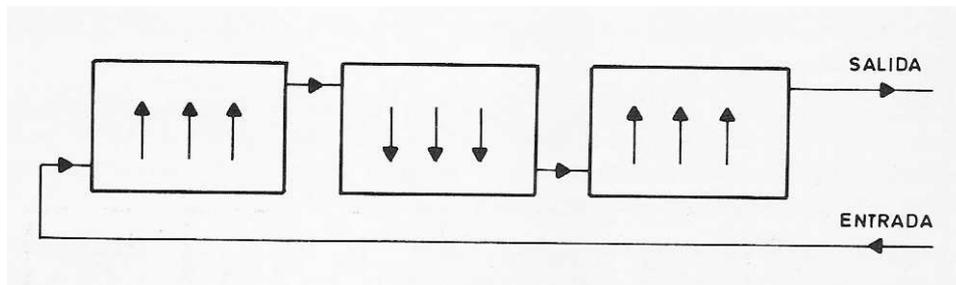


Figura 36.- Conexión de colectores en serie.

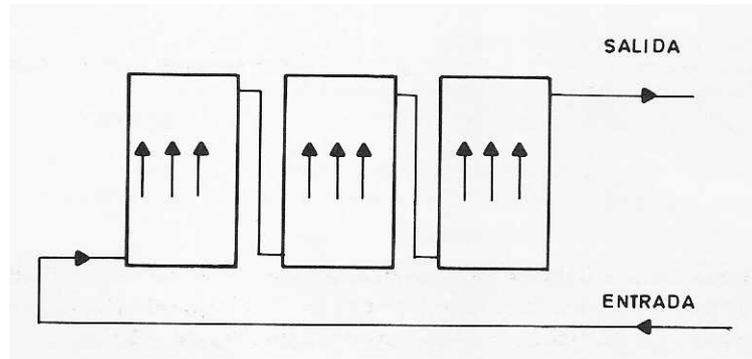


Figura 37.- Otro conexionado en serie.

Las interconexiones entre colectores es un punto crítico de la instalación, pueden crear problemas de dilataciones y alineamiento. Las conexiones metálicas flexibles no presentan estos problemas, pero su coste es elevado. Las mangueras flexibles solucionan los problemas.

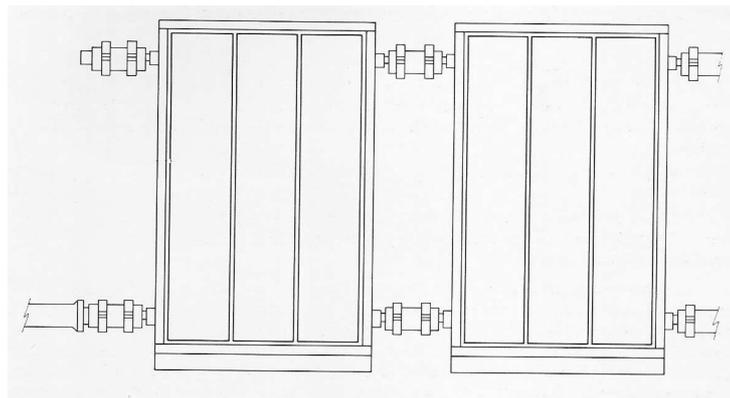


Figura 38.- Conexionado de los colectores entre sí.

Por lo tanto el conexionado se realizará en paralelo y la ubicación será en el tejado del albergue.

8.5.10. Soportes

El montaje de los colectores es una de las operaciones más importantes en una instalación de energía solar. Hay que hacerlo mediante un sistema de anclaje y soporte adecuado.

Además, debe ser rápido de montar, tener un costo lo más bajo posible y seguridad en el anclaje y sujeción.

El tipo de anclaje dependerá de la ubicación de los colectores en cubierta o terraza y de las fuerzas que actúan sobre él como consecuencia de la presión del viento.

Si se desea calcular la fuerza que puede actuar sobre cada uno de los colectores, se hará a través de la siguiente expresión:

$$F = p \cdot S \cdot \text{sen} \alpha$$

Siendo:

S: superficie del colector.

α : ángulo de inclinación del colector con la horizontal.

p: presión frontal del viento.

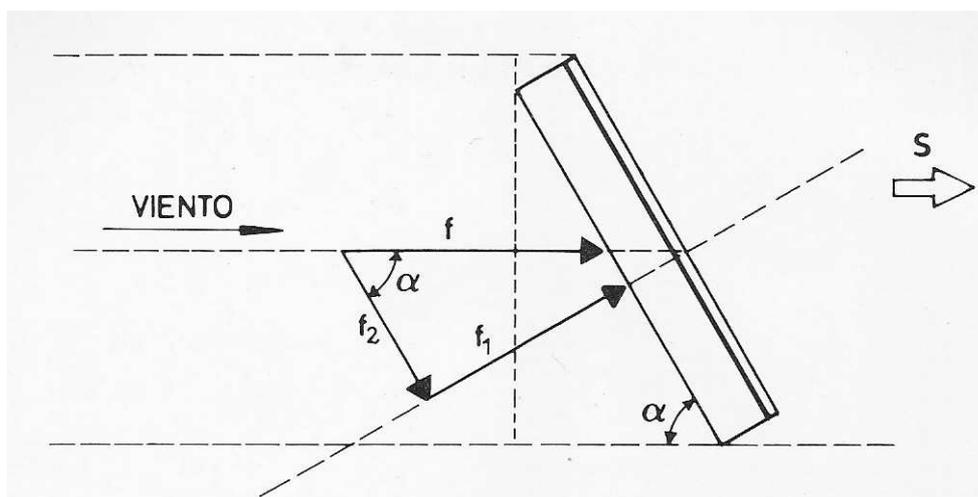


Figura 39.- Fuerza del viento.

Recomendaciones para la colocación de la estructura:

- No es aconsejable traspasar con el anclaje la cubierta del edificio porque puede dar lugar a infiltraciones de agua. Lo ideal es construir muretes de hormigón armado que garanticen la sujeción.

- La dimensión mínima del murete de hormigón, que debe estar armado con varilla metálica, debe ser de 20 x 20 cm. Los últimos anclajes se situarán como mínimo a 25 cm del extremo del muro.

La separación entre líneas de colectores se establece de tal forma que al mediodía solar del más desfavorable (altura solar mínima) del período de utilización, la sobra de la arista superior de una fila ha de proyectarse, como máximo, sobre la arista inferior de la fila siguiente.

En equipos que se utilizan todo el año o en invierno, la fórmula de la distancia mínima entre hileras de colectores es:

$$d = l \cdot (\text{sen } \alpha / \text{tanh}_0 + \text{cos} \alpha)$$

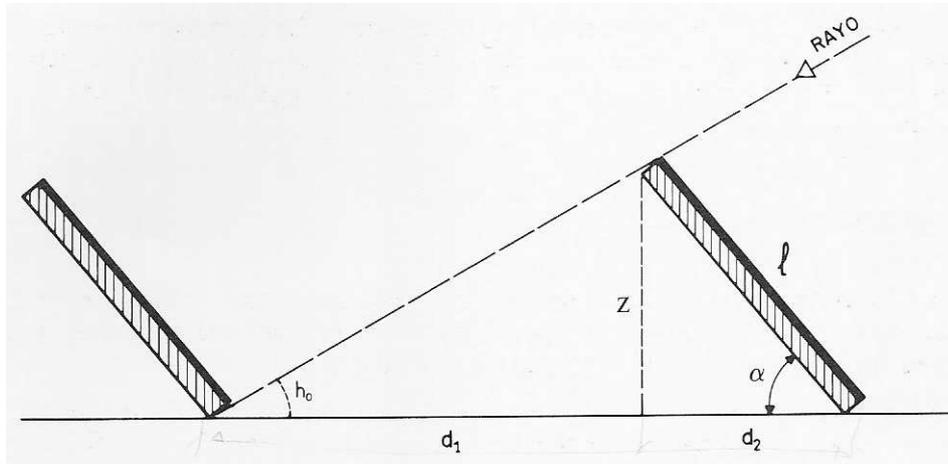


Figura 40.- Distancia entre colectores.

Los colectores se pueden colocar sobre tejado o sobre estructuras metálicas. En este caso, se utilizará un soporte que suministra Avant Solar S.A. para colocar los colectores sobre tejado. El soporte para los captadores es el modelo AS-SP2V, que es un soporte para dos colectores, por lo que se colocarán los dos colectores sobre éste.

- Características:

- Material ángulo: aluminio anodizado.
- Dimensiones ángulo: 40 x 40 x 4 mm.
- Material tornillería: acero inoxidable.
- Instalación: cubierta plana.
- Inclinación variable: tejado / 40° / 45° / 50°.
- Normativa: ENV 12977-1:2001, ENV 1991-1-2-3 y ENV 1991-1-2-4.

8.6. Cálculo del volumen de acumulación

La necesidad energética no coincide siempre con la captación que se obtiene del sol, por lo que será necesario disponer de un sistema de almacenamiento para en esos momentos, en los que la insolación es poca o nula, poder suministrar agua caliente. Éste es el objetivo.

El dimensionado del acumulador constituye un factor muy importante en el diseño de la instalación solar. Su volumen dependerá del desfase entre el período de captación y almacenamiento con el período de consumo, de la superficie colectora y de la temperatura de utilización.

- Superficie colectora:

Según los estudios realizados, corroborados por la experiencia, el volumen óptimo de acumulación está en torno a los 70 litros por cada metro cuadrado de colector. Si la acumulación es menor se consiguen mayores temperaturas, pero el rendimiento disminuye, y si es mayor, el rendimiento incrementa, pero la temperatura puede no llegar a alcanzar la temperatura de uso.

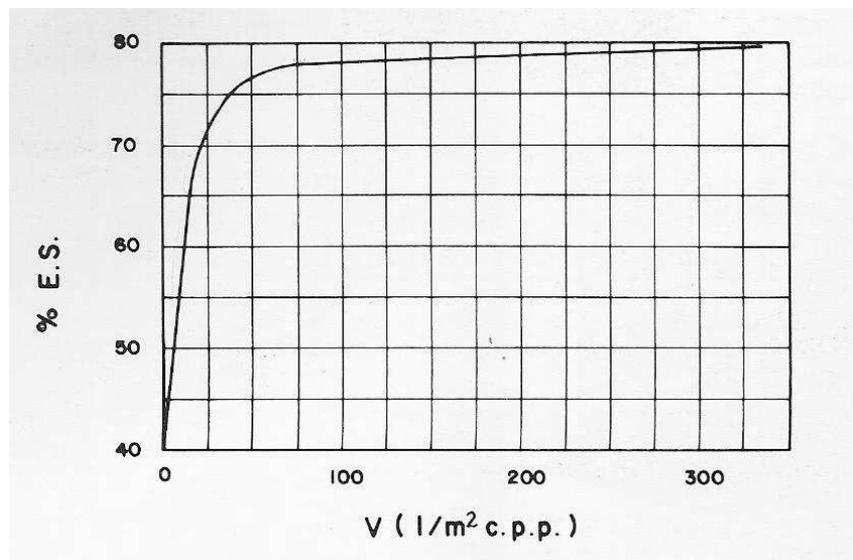


Figura 41.- Porcentaje de energía solar incidente aprovechada en función del volumen de acumulación (Censolar, 1991).

- Temperatura de utilización:

Para A.C.S. el volumen de acumulación más normal es de aproximadamente 75 litros por metro cuadrado de colector solar.

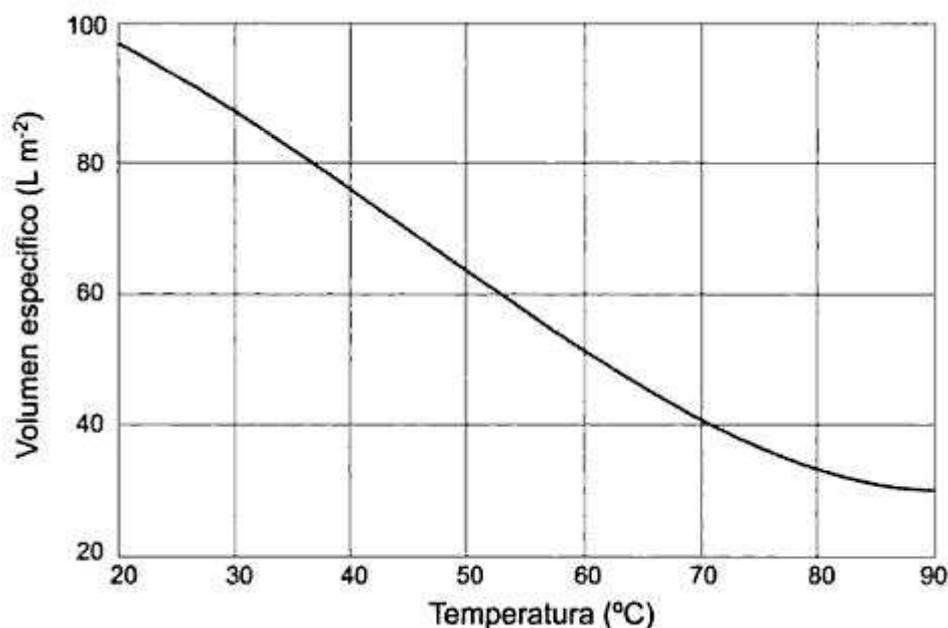


Figura 42.- Volumen de acumulación óptimo en función de la temperatura de utilización requerida (Censolar, 1991).

- Desfase entre captación-almacenamiento y consumo:

Existe una propuesta de volúmenes de los acumuladores considerando este factor:

- El volumen específico cuando coincide el período de captación y consumo será de 35 a 50 litros por cada metro cuadrado de captador.
- El volumen específico cuando existe un desfase entre el período de captación y consumo no superior a las 24 horas será de 50 a 75 litros por cada metro cuadrado de captador.
- El volumen específico cuando hay un desfase entre el período de captación y consumo superior a las 24 horas e inferior a las 72 horas será de 75 a 150 litros por cada metro cuadrado de captador.
- El volumen específico cuando hay un desfase entre el período de captación y consumo superior a las 72 horas habrá de determinarse por medio de un balance de pérdidas y ganancias energéticas mediando la optimización del aislamiento del mismo.

En este caso, el desfase entre la captación y el consumo no será superior a las 24 horas, por lo que el volumen específico que se selecciona será de 75 litros por metro cuadrado de captador, que es el máximo que se puede seleccionar.

El volumen del depósito será el producto del volumen específico y la superficie colectora:

$$\text{Volumen depósito} = 75 \text{ l/m}^2 \cdot 4 \text{ m}^2 = 300 \text{ litros}$$

Para este volumen se cumple la condición del punto 3.3.3.1 del HE4 del Código Técnico de la Edificación:

$$50 < V/A < 180$$

- V: volumen del depósito acumulador (l).

- A: área total de los captadores solares (m²).

8.6.1. Elección del depósito de acumulación

Por lo calculado anteriormente, el depósito acumulador tendrá 300 litros de capacidad. El modelo seleccionado es el AS 300-2 E de la marca Baxiroca, acumulador vertical que ayuda a la estratificación, con doble serpentín del tipo helicoidal, el inferior conectado al circuito de los colectores solares y el superior se utiliza para el calentamiento de apoyo auxiliar.

Tanto los acumuladores como serpentines de intercambio son de acero esmaltado y están protegidos con ánodo de magnesio. Se puede colocar una resistencia eléctrica, pero en este caso no se colocará.

Las características principales son:

- Volumen útil: 300 l.
- Peso: Vacío -> 120 Kg.
Lleno -> 399 Kg.
- Superficie de intercambio: Superior -> 0,66 m².
Inferior -> 1,76 m².
- Capacidad: Superior -> 5 l.
Inferior -> 13 l.
- Altura acumulador: 1,73 m.
- Anchura acumulador: 0,62 m.

Para saber si un intercambiador es adecuado, la superficie de intercambio mínima debe estar comprendida entre 1/4 y 1/3 de la superficie útil de los colectores.

$$4 / 4 = 1 \text{ m}^2$$
$$4 / 3 = 1,33 \text{ m}^2$$

La superficie de intercambio del serpentín conectado al circuito de los colectores solares es de 1,76 m² y supera estos valores ligeramente, pero consideraré que el intercambiador es adecuado.



Figura 43.- Acumulador AS 300-2 E.

8.7. Elección del fluido de trabajo

El fluido de trabajo es el que se encarga de transferir parte de la energía captada con los colectores en el circuito primario al circuito secundario para aprovecharla en agua caliente sanitaria (nuestro caso). El fluido de trabajo pasa a través de los colectores, donde capta la energía solar y luego, cede esa energía al fluido de consumo que está situado en el intercambiador.

Los fluidos más comunes son:

- Agua natural.
- Agua con adición de anticongelante.
- Líquidos orgánicos sintéticos o derivados del petróleo.

- Aceites de silicona.

Los fluidos más utilizados son el agua y la mezcla de anticongelante y agua, debido a que son de mayor accesibilidad y más económicos.

En este caso, se utilizará agua con adición de anticongelante, ya que en los meses de marzo y octubre podría darse el caso de que las temperaturas mínimas fueran iguales o inferiores a los 0°C y además, así lo indica en las especificaciones generales de la tabla de propiedades que da el fabricante de los colectores solares seleccionados. Por lo que se cumple la ITE 10.1.4. "Fluido portador" del reglamento de instalaciones térmicas de edificios, que dice que para circuitos cerrados el fluido portador se seleccionará de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Hay que tener en cuenta que los anticongelantes son en general tóxicos, por lo que hay que evitar que se produzca la mezcla entre estos y el agua de consumo. La forma más sencilla para conseguir este objetivo es que la presión del circuito secundario sea mayor que la presión del circuito primario, de manera que si hubiera una rotura en el punto de intercambio, el agua de consumo pasara del circuito secundario al circuito primario, evitando que pase la mezcla de agua y anticongelante del circuito primario al circuito de consumo. En caso de que se produjese esta avería, la válvula de seguridad del circuito primario, que está tarada a una presión inferior a la del agua de red, se pondrá en funcionamiento, parando la circulación del fluido captador hasta la reparación de dicha avería.

Otras características importantes de los anticongelantes son:

- La viscosidad, que aumenta al añadir anticongelante, se debe de tener en cuenta en los cálculos de pérdidas de carga de la instalación y en las condiciones de funcionamiento de la bomba.

- Su dilatación es mayor que la del agua y se tendrá en cuenta al calcular el vaso de expansión.

- El calor específico de la mezcla agua y anticongelante es inferior a la del agua, por lo que se tendrá en cuenta en el cálculo del caudal, afectando directamente al dimensionado de la tubería y de la bomba.

Al utilizar la mezcla agua con anticongelante se evitará la congelación del propio fluido que se podría dar en algún caso en los meses de marzo y octubre. Además, otro método que se usará para proteger la instalación será el paro total y vaciado de esta durante los meses en los que no se utiliza el albergue (noviembre, diciembre, enero y febrero). Pero, habrá mayor riesgo de corrosión al estar los circuitos vacíos.

Éste último método es muy usado en instalaciones cuyo uso es en verano, como en este albergue.

En cuanto a los riesgos de ebullición o de sobrepresión del circuito, se tendrán en cuenta principalmente en los captadores y en el acumulador. El riesgo de ebullición en el almacenamiento no supone peligro, con los colectores planos cuando el volumen del acumulador es superior a 50 litros por cada m² de superficie colectora.

Como el circuito es cerrado, en caso de que se produjera un aumento de temperatura en los colectores, la presión subiría y la válvula de seguridad se abriría al llegar a un valor fijado por debajo de la presión que puede soportar el punto más débil del circuito, que suele ser la membrana del vaso de expansión cerrado.

La concentración del fluido anticongelante en la mezcla se calculará a partir del siguiente gráfico:

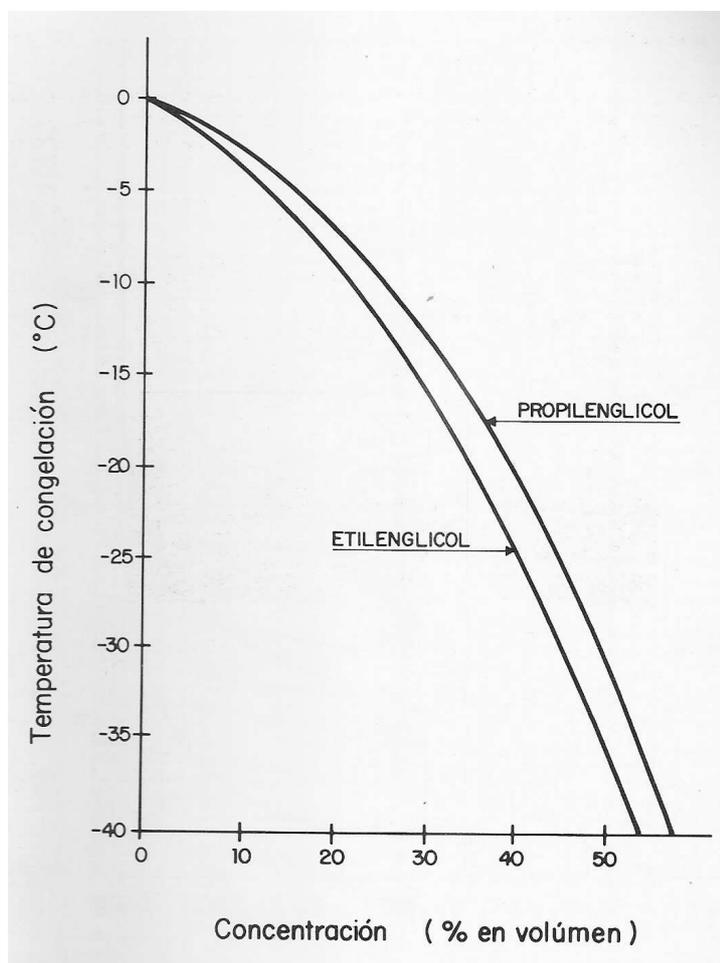


Figura 44.- Puntos de congelación de las disoluciones de etilenglicol y propilenglicol, en función de la concentración (Censolar, 1991).

El fluido caloportador debe soportar una temperatura cinco grados menor de la temperatura mínima histórica, que en el caso de Trasmoz es de -14°C. Por lo tanto, el fluido debería soportar -19°C, pero como en este caso, el albergue se usa desde marzo a octubre, voy a considerar que la mezcla anticongelante soporte aproximadamente la temperatura mínima histórica del lugar.

Como el anticongelante que se va a usar es etilenglicol, la concentración en % de volumen que se debe usar de este es un 30%.

Para saber con exactitud la concentración de anticongelante se puede usar un densímetro.

8.8. Cálculo del circuito hidráulico

El caudal que tendrá que circular por los colectores solares suele ser proporcionado por el fabricante. Para el tipo de captador utilizado "AS-20VC" el caudal recomendado es entre 50 y 60 l/h·m², este dato ha sido facilitado por el fabricante de los colectores solares "Avant Solar S.A.".

A la hora de seleccionar el caudal, habrá que tener en cuenta las pérdidas de carga. Los valores de pérdida de carga para unos valores concretos de funcionamiento han sido suministrados por el fabricante a través de la siguiente tabla, que pertenece al informe del ensayo Cener que se realizó en el laboratorio de captadores solares:

T° fluido (°C)	20 °C ± 2 °C		T° max: 21,50 °C		T° min: 19,21 °C	
Caudal (kg/min)	4,9	4	3	2	1,3	0
Caída de Presión (mbar)	2,7	1,8	1,1	0,6	0,3	0,0

Tabla 21.- Caída de presión en el colector solar AS-20VC para ciertos valores de funcionamiento.

Se toma un valor bajo de caudal para tener menos pérdidas de carga en el colector solar. Por lo que se selecciona un caudal de 60 l/h·m², que corresponde al valor del caudal de la tabla anterior de 4 kg/min.

$$(60 \text{ l/h}\cdot\text{m}^2) \cdot (4 \text{ m}^2) \cdot (1 \text{ h}/60\text{min}) \cdot (1,06 \text{ kg}/\text{l}) \approx 4 \text{ kg}/\text{min}$$

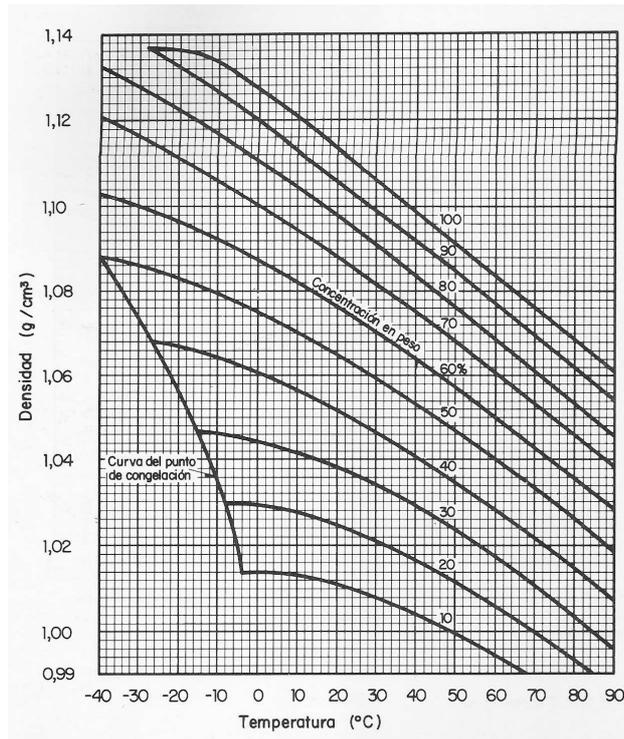


Figura 45.- Densidad de una disolución de etilenglicol, en función de la temperatura.

Además, se cumplirá que el valor del caudal del fluido portador está comprendido entre 1,2 l/s y 1,6 l/s por cada 100 m² de área de colectores, enunciado en la ITE 10.1.3.2 "Área de los colectores y volumen de acumulación" del RITE.

$$\text{Caudal} = (60 \text{ l/h} \cdot \text{m}^2) \cdot (4 \text{ m}^2) \cdot (1 \text{ h}/3600\text{s}) = 0,0667 \text{ l/s}$$

$$100 \text{ m}^2 \rightarrow 1,2 \text{ l/s} < \text{caudal} < 1,6 \text{ l/s}$$

$$4 \text{ m}^2 \rightarrow 0,0523 \text{ l/s} < \text{caudal} < 0,0698 \text{ l/s}$$

El caudal total que circulará por el circuito primario será el producto del número de m² de superficie de los colectores solares por el caudal que circula por cada colector.

$$\text{Caudal total} = (60 \text{ l/h} \cdot \text{m}^2) \cdot 4 \text{ m}^2 = 240 \text{ l/h}$$

Después de obtener este valor, habrá que dimensionar la bomba teniéndolo en cuenta.

8.9. Cálculo de la tubería

Las tuberías son una parte muy importante del circuito. A través de ellas discurre el fluido caloportador en el circuito primario y el agua de consumo en el circuito secundario. Por lo tanto, el material que se escoja para la tubería tendrá que resistir a los fluidos.

Los materiales más usados son el cobre, el hierro galvanizado, el hierro negro y plásticos (Censolar, 1991).

El cobre es muy utilizado en todo tipo de instalaciones y es muy buen material para instalaciones de energía solar. La tubería y los accesorios de cobre son fáciles de soldar, la mano de obra necesaria es menos que para otros materiales y tiene excelentes características (maleabilidad, ductilidad y resistencia a la corrosión). Además, cuando está en contacto con el agua, se recubre de una capa de óxido, que lo protege; si se producen heladas puede resistir sin reventar.

El acero galvanizado es muy usado en sistemas de A.C.S., pero no debe usarse en el circuito primario, debido a que existe mucho deterioro del zinc como consecuencia de las temperaturas superiores a los 65°C.

El acero negro se utiliza en instalaciones que requieren grandes caudales y sólo en el circuito primario, ya que al entrar en contacto con el agua sufre oxidaciones y ésto afecta a la potabilidad del agua. Es difícil de trabajar y los costes de la mano de obra y del aislamiento para recubrirlo son mayores que para el cobre; además, hay que pintarlos exteriormente para evitar la corrosión.

El plástico tiene cualidades similares a las del cobre, las tuberías de plástico son muy fáciles de trabajar y tan económicas como las de cobre para diámetros pequeños. El inconveniente de la tubería de plástico es que existe gran variedad de materiales que en ocasiones no se conocen sus límites de aplicación.

El material que se selecciona para las tuberías es el cobre, tanto para el circuito primario como para el secundario, porque presenta muchas ventajas con respecto al resto de materiales. Además, a igualdad de diámetro la pérdida de carga es más baja que la de los otros materiales, por lo que se puede transportar la misma cantidad de fluido con diámetros menores.

La tubería de cobre se nombra comercialmente según su diámetro exterior (Censolar, 1991). La manera de determinar el diámetro que se ha de usar para la tubería es observar que diámetro tiene la rosca del colector solar y será ese mismo diámetro. En este caso, como el panel AS-20VC posee una rosca de 22 mm de diámetro, la tubería de cobre tendrá ese diámetro. Y el diámetro interior lo escojo de 20 mm de la siguiente tabla de la norma UNE-EN 1057.

TUBERIAS NORMALIZADAS DE COBRE SEGUN UNE-EN 1.057												
D. EXT. (mm)	ESPESOR DE PARED NOMINAL (mm)											
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
6	5	4,8		4,4		4						
8	7	6,8		6,4		6						
10	9	8,8	8,6	8,4		8						
12	11	10,8	10,6	10,4		10						
14			12,6	12,4		12						
15	14		13,6	13,4		13		12,6	12			
16				14,4		14		13,6				
18		16,8		16,4		16		15,6	15			
22		20,8		20,4	20,2	20	19,8	19,6	19			
25						23		22,6	22			
28		26,8		26,4	26,2	26		25,6	25			
35			33,6	33,4		33	32,8	32,6	32	31		
40						38	37,8					
42				40,4		40		39,6	39	38		
54				52,4	52,2	52		51,6	51	50		
64									61	60	59	
66,7						64,7		64,3	63,7	62,7	61,7	
70										66	65	
76,1								73,7	73,1	72,1	71,1	
80						78				76		
88,9										84,9	83,9	82,9
108								105,6	105	104	103	102
133									130	129		127
159									156	155		153
219												213
267												261

EN NEGRILLA: DIMENSIONES EUROPEAS RECOMENDADAS.
NORMAL: OTRAS DIMENSIONES EUROPEAS.

Tabla 22.- Dimensiones de la tubería de cobre (en milímetros).

La velocidad del fluido para el cálculo en cada tramo para tuberías metálicas, como en este caso, que es de cobre, debe estar comprendida entre 0,5 y 2 m/s. Posteriormente, se calcularán las pérdidas de carga, por lo que se necesitará seleccionar una velocidad.

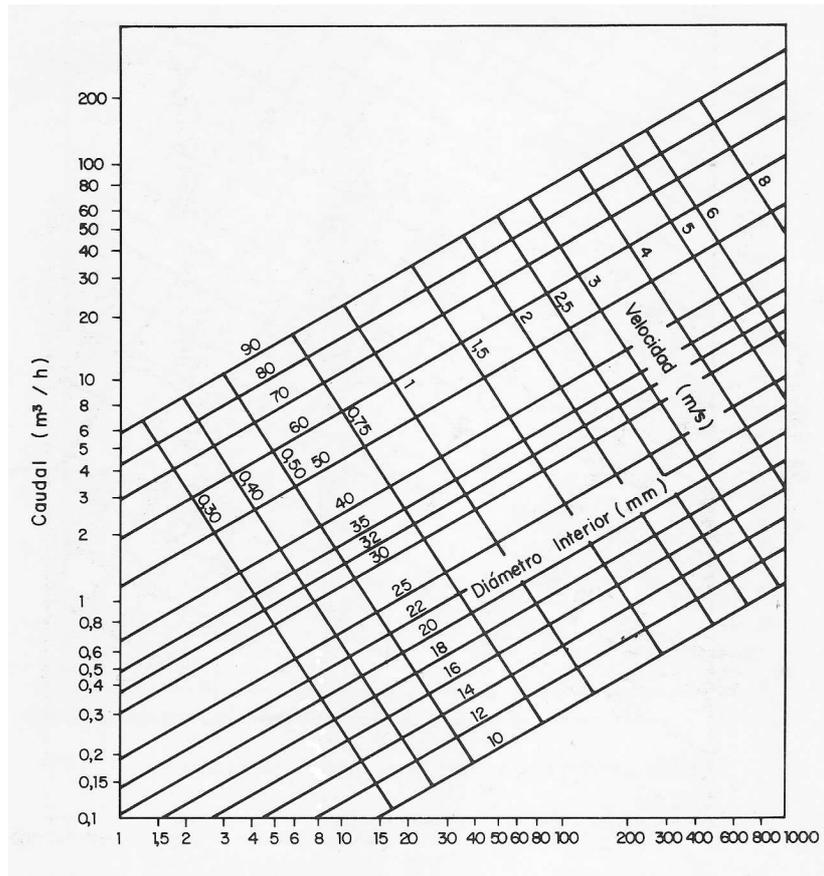


Figura 46.- Pérdida por rozamiento (mm c.a. por m) para tubería de cobre.

Teniendo un caudal de 240 l/h, equivalente a 0,24 m³/h y un diámetro interior de 20 mm, se obtiene una pérdida por rozamiento en las tuberías de cobre de 4,2 mm c.a./m y la velocidad del fluido de 0,15 m/s, por lo que no supera el valor máximo recomendado de 1,5 m/s para el circuito primario.

8.10. Dimensionado de la bomba

La bomba tiene la misión de impulsar el fluido caloportador. La velocidad a la que impulsa el fluido es un dato importante, ya que si la velocidad de circulación es lenta, el calor del colector no se evacuará al ritmo necesario, produciendo un aumento de temperatura en este, provocando más pérdidas y disminuyendo el rendimiento.

El caudal mínimo que debe circular para que las pérdidas de rendimiento no aumenten es de aproximadamente 50 l/h·m², por lo que el caudal seleccionado de 60 l/h·m² es correcto.

Para elegir la bomba de circulación habrá que calcular previamente y de manera aproximada las pérdidas de carga singulares. Estas pérdidas serán la suma de las pérdidas que se producen en los colectores, en las tuberías, en el intercambiador que está en el acumulador y en las piezas individuales, que se obtienen directamente de los datos suministrados por los fabricantes.

8.10.1. Pérdidas de carga:

La pérdida de carga es la caída de presión Δp cuando un líquido circula por el interior de un tubo recto, aunque esté en posición horizontal. Esta pérdida depende de la longitud L de tubo considerada, del diámetro D del tubo, de la velocidad v y el peso específico p_e del fluido y de un coeficiente de rozamiento λ .

$$\Delta p = \lambda \cdot [(p_e \cdot L/D) \cdot (v^2/2g)]$$

Si se usa "altura de columna de agua", ΔH , en vez de utilizar unidades de presión, la expresión anterior se transformará en:

$$\Delta H = \Delta p/p_{e,a} = \lambda \cdot [d_R \cdot (L/D) \cdot (v^2/2g)]$$

Donde $p_{e,a}$ es el peso específico del agua y d_R es la densidad relativa del líquido con respecto al agua.

En toda tubería, si la corriente es lenta, su régimen es ordenado en cuanto a las trayectorias de las partículas del fluido. Sin embargo, si la velocidad de la corriente es rápida, su régimen es desordenado. El régimen de circulación ordenado también se llama laminar y el desordenado, turbulento.

El paso de un régimen a otro se denomina estado crítico y se produce de manera más o menos brusca. El estado de la corriente puede describirse mediante el número de Reynolds, R_e , una magnitud sin dimensiones.

$$R_e = d \cdot v \cdot D / \mu$$

Siendo d la densidad del líquido y μ el coeficiente de viscosidad.

La transición de régimen de corriente laminar a turbulento se alcanza para $R_e = 2400$. En tubos de sección circular, y rectos, por debajo de este valor el régimen es siempre laminar. Cuando $R_e > 3000$, la corriente siempre es turbulenta (Censolar, 1991).

En un régimen laminar el coeficiente de rozamiento λ es:

$$\lambda = 64 / R_e$$

En caso de tuberías lisas y cuando el régimen es turbulento (casos en energía solar), el coeficiente de rozamiento λ es:

$$\lambda = 0,32 / Re^{0,25}$$

Cuando la corriente pierde su uniformidad y se ve alterada a causa de obstáculos en la conducción, como válvulas, estrechamientos, codos, cambios de dirección, derivaciones de flujo, etc., se ocasionan pérdidas de carga singulares como consecuencia de la disipación de energía que en estos obstáculos se produce. Estas pérdidas también habrá que tenerlas en cuenta a la hora de dimensionar las tuberías y la bomba de circulación, por lo que se sumarán para hallar la pérdida de carga total.

Las pérdidas de carga singulares en altura de columna de agua son:

$$\Delta H' = K \cdot (d_R \cdot v'^2 / 2g)$$

Donde K es un coeficiente que depende del tipo de obstáculo, v' la velocidad del líquido al pasar por el obstáculo.

Para calcular todas las pérdidas de carga de las singularidades se puede prescindir de los cálculos anteriores reduciendo las singularidades a longitud equivalente de tubería.

La pérdida de carga unitaria, H, es:

$$H = \Delta H / L = \lambda \cdot [d_R \cdot (1/D) \cdot (v^2 / 2g)]$$

Si en la tubería existe una singularidad y la pérdida de carga en la misma es $\Delta H' = K (d_R v'^2 / 2g)$, podemos suponer que dicha pérdida sea igual a la que produciría un tramo recto de tubería cuya longitud L_E es:

$$\Delta H' = \Delta H = H \cdot L_E$$

$$L_E = \Delta H' / H = [K \cdot (v'^2 / 2g)] / [\lambda \cdot (1/D) \cdot (v^2 / 2g)] = (k \cdot D / \lambda) (v' / v)^2$$

A este valor de L_E se le denomina longitud equivalente de la singularidad considerada.

En el caso de que $v = v'$, se tendrá:

$$L_E = K \cdot D / \lambda$$

Existen tablas que expresan el valor de K, e incluso, tablas con el valor de L_E .

Una fórmula aproximada (para cálculos en pequeñas instalaciones) válida para líquidos similares al agua y en las condiciones medias de una instalación solar es $L_E = 45 \cdot K \cdot D$. En este caso, D es el diámetro medio interior.

La longitud virtual de una conducción es la suma de su longitud real más la longitud equivalente de sus singularidades.

- Caída de presión en los colectores:

La caída de presión en un colector será de 1,8 mbar, que equivale a 18,355 mm c.a.

$$1 \text{ mbar} = 10,197 \text{ mm c.a.}$$

Las pérdidas de carga de los colectores puestos en serie han de sumarse para obtener la pérdida de carga total. En este caso, como los colectores se han conectado en paralelo se usará la siguiente fórmula para hallar las pérdidas.

$$\Delta p_T = \Delta p \cdot N \cdot (N+1)/4$$

• Δp_T es la pérdida de carga del grupo de N colectores conectados en paralelo con caudal total NC, teniendo cada uno de ellos una pérdida de carga de Δp y un caudal C.

$$\Delta p_T = 18,355 \cdot 2 \cdot (2+1)/4 = 27,532 \text{ mm c.a.}$$

Ésta es la pérdida de carga cuando se usa como fluido agua, pero en esta ocasión se usa agua con anticongelante al 30%, por lo tanto habrá que multiplicar estas pérdidas por un factor corrector igual a la raíz cuarta del cociente entre la viscosidad de la disolución y la del agua a la temperatura considerada, en este caso 45°C.

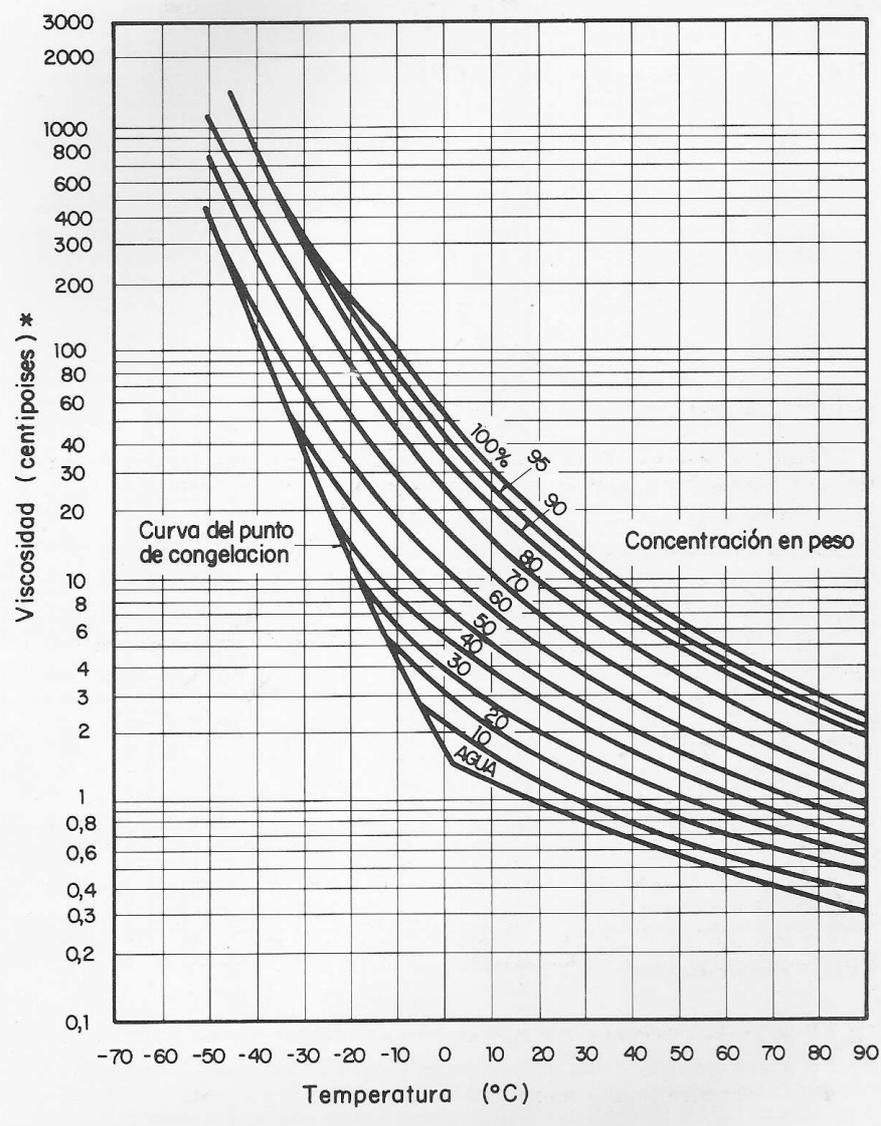


Figura 47.- Viscosidad del etilenglicol en función de la temperatura de operación.

$$F_c = \sqrt[4]{1,25/0,6} = 1,2$$

$$\Delta p_{T-M} = 1,2 \cdot 27,532 = 33,039 \text{ mm c.a.}$$

- Caída de presión en las tuberías:

La caída de presión por metro de tubería para el agua es de 4,2 mm c.a., como se utiliza agua con etilenglicol al 30% habrá que multiplicarla por el factor de corrección F_c calculado anteriormente.

$$\Delta p = 1,2 \cdot 4,2 = 5,04 \text{ mm c.a.}$$

Por lo que se cumple que la pérdida de carga no supera los 40 mm c.a./m de límite para un tubo. La caída de presión total de las tuberías será:

$$\Delta p_{T-M} = 45 \text{ m} \cdot 5,04 \text{ mm c.a./m} = 226,8 \text{ mm c.a.}$$

- Caída de presión en el intercambiador:

Para hallar la caída de presión en el intercambiador, primero hay que calcular la longitud de tubería que tiene.

$$S = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h = 1,76 \text{ m}^2$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h = 13 \text{ l} = 0,013 \text{ m}^3$$

$$S/V = 2/r = 1,76 \text{ m}^2/0,013 \text{ m}^3 = 135,385 \text{ m}^{-1}$$

$$r = 2/135,385 = 0,0148 \text{ m}$$

$$h = S/2\pi r = 18,93 \text{ m} \approx 19 \text{ m}$$

La caída de presión por metro de tubería es de 5,04 mm c.a. y la longitud del intercambiador es aproximadamente de 19 m, por lo que la caída de presión total en el intercambiador será:

$$\Delta p_{T-M} = 19 \text{ m} \cdot 5,04 \text{ mm c.a./m} = 95,76 \text{ mm c.a.}$$

- Caída de presión en piezas individuales:

Para hallar las pérdidas de las piezas individuales se usa el método de la longitud equivalente, por lo que cada singularidad tiene una longitud equivalente a un tramo recto de tubería. En la siguiente tabla se pueden ver los valores usados para unos diámetros medios de 20 a 40 mm a una temperatura de 45°C, para las pequeñas instalaciones:

Singularidad	Cantidad	Longitud equivalente	L_E total
Válvula de retención	1	10	10
Derivación en T	6	2,2	13,2
Válvula de bola	6	1	6
Curva de 90°	8	0,4	3,2
Entrada depósito	1	1,5	1,5
Salida depósito	1	1,1	1,1
Uniones diversas	6	0,8	4,8

Tabla 23.- Valores de las longitudes equivalentes de las distintas singularidades (Censolar, 1991).

La longitud equivalente total de todas las singularidades es 39,8 m, por lo que la caída de presión total en estas será:

$$\Delta p_{T-M} = 39,8 \text{ m} \cdot 5,04 \text{ mm c.a./m} = 200,6 \text{ mm c.a.}$$

- Pérdida total de carga de la instalación de energía solar:

La pérdida total de carga que se produce en la instalación de energía solar se calcula sumando todas las pérdidas calculadas anteriormente.

$$\Delta p_{TOTAL} = 33,039 + 226,8 + 95,76 + 200,6 = 556,2 \text{ mm c.a.}$$

La potencia aproximada de la bomba viene dada por la siguiente expresión:

$$P = C \Delta p_{TOTAL}$$

Donde,

C es el caudal del fluido

Δp_{TOTAL} es la pérdida de carga total en la instalación de energía solar

$$C = 240 \text{ l/h} = 0,24 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0000667 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta p_{TOTAL} = 0,557 \text{ m c.a.} \cdot (9800 \text{ N/m}^2)/1 \text{ m c.a.} = 5458,6 \text{ N/m}^2$$

$$P = 0,0000667 \cdot 5458,6 = 0,37 \text{ W}$$

Este valor simboliza la potencia teórica. Como se trata de una bomba de pequeña potencia, conviene estimar su rendimiento en torno al 25%. La potencia real será:

$$P_n = P/0,25 = 0,37/0,25 = 1,5 \text{ W}$$

Teniendo este valor, no hay más que elegir una bomba que se adapte con un margen superior de al menos el 20%, para prevenir futuras pérdidas de rendimiento de dicha bomba.

$$P_{\text{mín}} = 1,2 \cdot 1,5 = 1,8 \text{ W}$$

La potencia de la bomba es pequeña, por tanto cualquier bomba comercial serviría, ya que están diseñadas para más de lo que es necesario en sistemas pequeños o medianos.

8.10.2. Elección de la bomba:

El modelo escogido es el circulador SB-10 YA de la marca Baxi-roca. Este modelo se usa para instalaciones de Agua Caliente Sanitaria hasta 10 bares y 110°C.



Figura 48.- Bomba SB-10 YA.

Sus características principales son:

- Motor de rotor sumergido.
- Piezas móviles en contacto con el agua, en material resistente a la corrosión. Incluso para aguas agresivas de pH inferior a 7.
- Cuerpo hidráulico y soporte motor de bronce inalterable a la corrosión.
- Árbol del rotor, perforado imbloqueable de material cerámico.

- Cojinetes de grafito autolubricado por el agua de la instalación.
- Selector de velocidades que permite elegir el punto de trabajo adecuado a las características de cada instalación.
- Alto par de arranque.
- Motor autoprotegido contra sobrecargas. No precisa guardamotor.
- Conexión directa a la tubería mediante racores.
- Control de giro y posibilidad de purga.
- Condensador incorporado.
- Tope de retención cerámico para un perfecto equilibrio hidráulico.
- Membrana de etileno-propileno para proteger de manera integral el motor contra depósitos calcáreos.
- Funcionamiento silencioso.
- No precisa mantenimiento.
- Protección eléctrica: IP 43.

Sus características técnicas y dimensiones son:

- Tensión monofásica: 230 V.
- Velocidad posición: 1, 2 y 3.
- Intensidad nominal: 0,12, 0,18 y 0,24 A.
- Potencia absorbida máxima: 27, 39 y 56 W.
- Velocidad: 1700, 2200, 2500 r.p.m.
- Capacidad condensador: 2x400 μ F.
- Conexión tubería: 20/22 mm.
- Peso: 2Kg.
- Medidas: Largo -> 130 mm.
Ancho -> 96 mm.
Alto -> 130 mm.

Como se puede observar en la siguiente gráfica, los valores de caudal y pérdidas están dentro del funcionamiento de la bomba seleccionada.

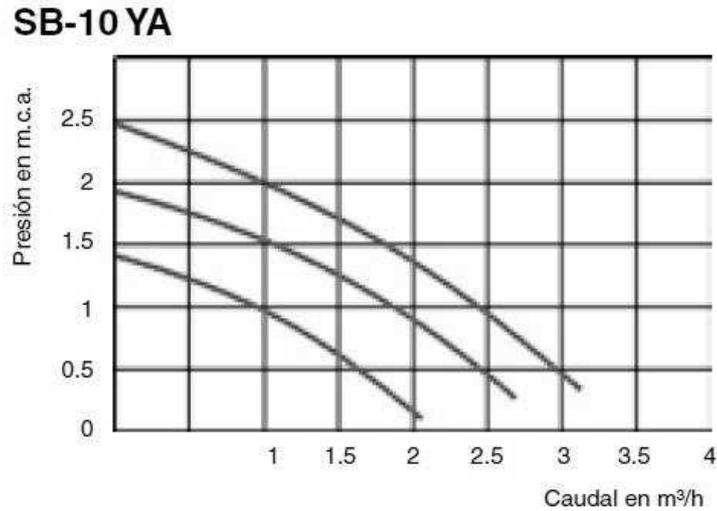


Figura 49.- Curva característica de la bomba SB-10 YA.

8.11. Cálculo del depósito de expansión

En la instalación se va a usar un vaso de expansión cerrado. La capacidad o volumen útil del depósito, debe ser igual, como mínimo, al aumento total de volumen por la dilatación del fluido caloportador de la instalación, a la temperatura que se considere.

Para dimensionar el depósito de expansión se usa la siguiente fórmula:

$$V = V_T \cdot (0,2 + 0,01h)$$

V_T es la capacidad total del circuito primario.

h es la diferencia de alturas en metros entre el punto más alto del campo de colectores y el depósito de expansión.

Para hallar el volumen total del circuito primario se sumarán los volúmenes de los colectores, de las tuberías y del intercambiador.

- Volumen de los colectores:

El fabricante indica en el catálogo que el volumen de cada colector es de 1,73 l. Como se utilizan dos colectores, el volumen total será:

$$V_c = 1,73 \cdot 2 = 3,46 \text{ l}$$

- Volumen del intercambiador:

Según las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante el volumen del intercambiador es de 13 l.

- Volumen de las tuberías:

Con una tubería de 20 mm de diámetro interior y una longitud de 45 m, se puede calcular el volumen que tienen las tuberías mediante las siguientes expresiones:

$$S = \pi \cdot r^2$$

$$V = S \cdot h$$

$$S = 3,14 \cdot 0,0001 = 0,000314 \text{ m}^2$$
$$V = 0,000314 \cdot 45 = 0,01413 \text{ m}^3 = 14,13 \text{ l}$$

Por lo tanto, el volumen total será:

$$V_T = 3,46 + 13 + 14,13 = 30,59 \text{ l}$$

Sabiendo que el valor de h es igual a 8,4 m, el volumen del depósito de expansión será:

$$V = 30,59 \cdot (0,2 + 0,01 \cdot 8,4) = 8,69 \text{ l} \approx 9 \text{ l}$$

8.11.1. Elección del depósito de expansión

Se elegirá el depósito de expansión que más se aproxime a este valor, según esta regla el volumen escogido sería de 12 litros, pero en el catálogo del fabricante se recomienda un volumen de 18 litros para un acumulador de 300 litros. Por lo que, el modelo seleccionado es el depósito de expansión cerrado VASOFLEX/S (para circuitos de agua caliente sanitaria hasta 70°C) de 18 litros de marca Baxiroca.



Figura 50.- Depósitos de expansión.

Sus características principales son:

- Depósito cerrado de acero de alta calidad, pintado exteriormente y provisto de membrana elástica especial.
- Recubrimiento interior sintético anticorrosión.
- Cámara de gas conteniendo nitrógeno a presión.
- En una instalación en circuito cerrado, evita la entrada de aire en el interior de las tuberías y en consecuencia la corrosión de las mismas.
- Sustituye el depósito de expansión abierto, evitando la colocación de los conductos de seguridad hasta el punto más alto de la instalación.
- Membrana especial para el contacto con el agua potable evitando que afecte al sabor de la misma.
- Facilidad de montaje.
- No precisa ningún servicio de mantenimiento.

- Características técnicas:

- Altura: 333 mm.
- Diámetro: 328 mm.
- Ø orificio conexión: 3/4".
- Peso: 6,4 Kg.
- Presión máxima de trabajo: 10 bar.
- Presión de llenado: 4 bar.

Hay que evitar radiaciones cerca del depósito de expansión para proteger la membrana de posibles excesos de temperatura. No deben colocarse en el conducto de enlace con el depósito, llaves de paso o accesorios que puedan interrumpirlo. Debe preverse el enlace del depósito de forma que no puedan crearse en éste bolsas de aire.

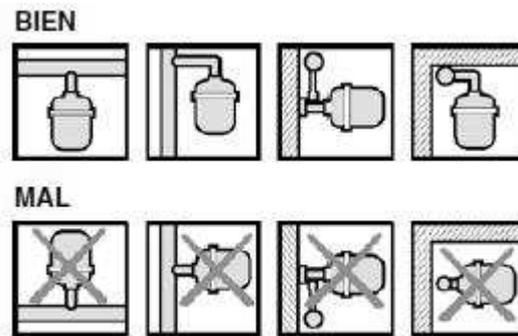


Figura 51.- Conexiones del depósito de expansión.

8.12. Elección del purgador de aire

El purgador de aire seleccionado es el modelo FLEXVENT de la marca Baxiroca. Este tipo de purgador es automático y garantiza la expulsión del aire en determinados puntos de la instalación (punto alto, cambio de nivel de la tubería, sifón, etc.), mediante un mecanismo compuesto de flotador y válvula actuando automáticamente al descender el nivel del agua cuando ésta arrastra aire, expulsándolo a través de la apertura de la válvula.



Figura 52.- Purgador de aire FLEXVENT.

Sus características principales son:

- Accionamiento de purga por flotador.
- Fabricado en latón.
- Presión máxima de trabajo: 10 bar.
- Temperatura máxima de trabajo: 110°C.

- Instalación vertical.
- Incorpora válvula de cierre.
- Puede ser desmontado para mantenimiento del purgador sin vaciar la instalación.
- Rosca: 3/8".
- Conexión vertical.

Mecanismo:

En la siguiente figura, en la imagen de la izquierda no existe aire en la instalación, el flotador está elevado por el empuje del agua, cerrando el orificio de purga. En la imagen de la derecha existe aire en la instalación, baja el nivel del agua descendiendo el flotador. El aire es evacuado por el orificio superior.

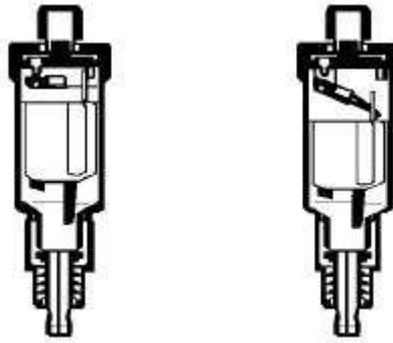


Figura 53.- Mecanismo del purgador de aire.

8.13. Aislamiento

Otra parte importante en una instalación de energía solar es el aislamiento de los elementos que puedan tener pérdidas caloríficas. Estos elementos son la parte posterior del colector, las tuberías y el depósito de almacenamiento de agua caliente.

La elección del aislamiento depende de unos factores:

- Bajo coeficiente de conductividad.
- Precio bajo.
- Colocación relativamente sencilla.
- Gama de temperatura adecuada.
- Ser ignífugo.
- No ser corrosivo para las superficies con las que estará en contacto.
- Ser estable y no enmohecerse.

- Resistencia mecánica buena.
- Peso específico reducido.

Se realizará el aislamiento de las tuberías y de otros elementos del circuito primario con espuma elastomérica, un aislante celular. Las características generales de este tipo de material son (Censolar, 1991):

- Presentación: coquillas, planchas, cintas.
- Temperatura límite: 105°C.
- Corrosión: no.
- Ignífugo: auto extingüibles.
- Resistencia mecánica: media.
- Resistencia al agua: muy buena.
- Peso específico: 60 kg/m³.
- Coeficiente de conductividad a 20°C: 0,035 W/m·K.

El espesor del aislamiento en tuberías que discurren por locales no calefactados será como mínimo el que se indica en la siguiente tabla, sacada del ITE 04.1 "Generalidades" en el ITE 04 "Equipos y Materiales", en función del diámetro de la tubería y de la temperatura del fluido caloportador.

Diámetro exterior (1) mm	Temperatura del fluido (2) °C			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
D ≤ 35	20	20	30	40
35 < D ≤ 60	20	30	40	40
60 < D ≤ 90	30	30	40	50
90 < D ≤ 140	30	40	50	50
140 < D	30	40	50	60

Tabla 24.- Espesor mínimo del aislamiento térmico (mm) (1) Diámetro exterior de la tubería sin aislar. (2) Temperatura máxima en la red.

Como el diámetro exterior de la tubería es de 22 mm y la temperatura más alta es de 45°C, el espesor del aislamiento será de 20 mm para cuando la tubería está en el interior de la vivienda y cuando la tubería está en el exterior será de 30 mm, 10 mm más que en el interior (IT.IC.19 "Aislamiento térmico de instalaciones").

El aislamiento escogido es el modelo ARMAFLEX IT, producto de Isover. Es un aislamiento térmico de espuma elastomérica a base de caucho sintético flexible, de

estructura celular cerrada y con un elevado factor de resistencia a la difusión de vapor de agua, $\mu = 7000$.

Dimensiones:

Coquillas de 2 m de largo para diámetros desde 6 a 168 mm con espesores de 6, 9, 13, 19, 20, 30 y 40 mm.

Planchas: en rollos de ancho 1 metro, en espesores de 9, 13, 19, 25 y 32 mm con longitud variable según espesor.

El campo de aplicación es de -40°C a $+105^{\circ}\text{C}$ ($+85^{\circ}\text{C}$ para la plancha). La conductividad térmica a una temperatura media de 0°C es $\leq 0,038 \text{ W/m}\cdot\text{k}$. Además, es un material no inflamable.

Los acumuladores solares ya están aislados con espuma de poliuretano de 50 a 100 mm, según el modelo.

Las planchas escogidas son de 3x1 m y las coquillas de 32 m/cartón.

8.14. Cálculo del sistema auxiliar

En los días en los que los colectores solares no aportan la energía necesaria para el consumo de ACS, bien, debido a los días sin radiación solar o cuando los consumos son más altos a los previstos, se necesitará algún tipo de apoyo energético para cubrir esas demandas de ACS.

El sistema auxiliar va a ser un calentador instantáneo termostático, que producirá agua caliente sanitaria para el apoyo al sistema de captación solar. El calentador va a consumir gas porque un calentador eléctrico supone un alto consumo. Además, el suministro de gas se usará también para la cocina.

Para saber las dimensiones del calentador instantáneo, primero hay que calcular la demanda de agua caliente, para ello se usa la siguiente tabla, cuyos datos se han sacado del apartado 2 "Caracterización y cuantificación de las exigencias" de la sección HS 4 "Suministro de agua" del documento básico de salubridad del Código Técnico de la Edificación:

Aparato	Puntos de consumo	Caudal mínimo de ACS (l/s)	Caudal mínimo de ACS (l/min)	Período de uso (min)	Caudal total (l)
Lavamanos	2	0,03	1,8	5	18
Lavabo	10	0,065	3,9	8	312
Ducha	6	0,1	6	10	360
Fregadero	2	0,1	6	20	240
Lavadora	1	0,15	9	86	774

Tabla 25.- Caudal instantáneo mínimo de agua.

El consumo total de agua caliente sanitaria será la suma de todos los consumos individuales:

$$\text{Caudal total} = 18 + 312 + 360 + 240 + 774 = 1704 \text{ l/día}$$

A este volumen habrá que aplicarle un factor k_i , que depende del confort que se quiere en el albergue:

- Confort reducido: $k_i = 0,5$.
- Confort medio: $k_i = 0,75$.
- Confort elevado: $k_i = 0,9$.

Los litros que se deberán suministrar al día de agua caliente sanitaria en un día en el que no hay casi radiación solar, considerando que el confort será reducido, serán:

$$\text{Consumo total} = 1704 \cdot 0,5 = 852 \text{ l/día}$$

8.14.1. Elección del sistema auxiliar

El calentador instantáneo termostático escogido es el modelo ACQUATECH 11T de la marca Baxiroca cuyo gas de consumo es propano. La producción máxima de agua caliente a una temperatura de 40°C es de 6,9 l/min., por lo que aportará 9.936 l de agua caliente al día como máximo, teniendo suficiente para el consumo diario.

$$\text{Volumen máximo de agua caliente al día} = 6,9 \cdot 60 \cdot 24 = 9936 \text{ l}$$

El tiempo que tardaría en suministrar los 852 l/día sería de:

$$T = 852/6,9 = 123,5 \text{ min.} \approx 125 \text{ min.}$$

Las características principales del calentador ACQUATECH 11T son:

- Panel de control digital multifunción, de fácil programación y rápido diagnóstico del funcionamiento. Con indicación numérica de posibles anomalías.
- Máxima estabilidad de la temperatura del agua caliente y altas prestaciones de servicio.
- Sensores de caudal y de temperaturas de entrada y salida del agua.
- Función ahorro de energía. La pantalla se apaga a los 10 minutos de no usarse el calentador.
- Dimensiones compactas y fácil de instalar.
- Encastrable entre muebles de cocina.
- Intercambiador de calor monotérmico de cobre reforzado y con revestimiento externo.
- Encendido electrónico y seguridad de llama por sonda de ionización.
- Modulación electrónica continua.
- Función Flow Set: posibilidad de seleccionar un volumen previo de producción de agua caliente, con aviso acústico de predisposición.
- Grifos de vaciado con filtros, en la entrada y salida del agua.
- Preparado para trabajar como apoyo para sistemas solares de agua caliente sanitaria.
- Válvula de gas modulante.
- Seguridad frente a la inversión de humos mediante presostato.
- Información permanente de la temperatura instantánea de servicio.
- Acceso frontal a todos los componentes internos.
- Ventilador modulante.
- Se suministra en gas natural, gas propano o gas butano.

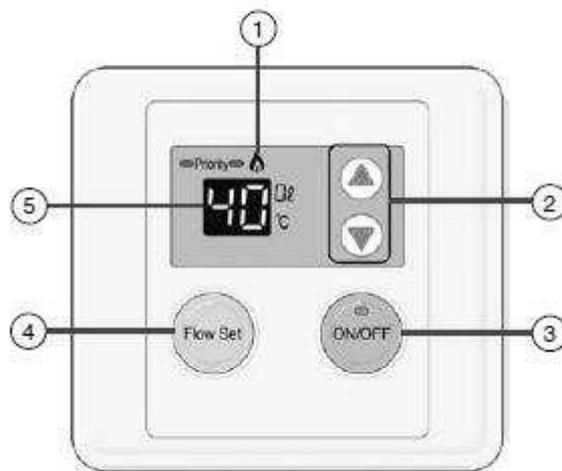


Figura 54.- Cuadro de regulación y control del calentador. 1 Señalización de funcionamiento del quemador. 2 Pulsadores de selección de temperatura. 3 Pulsador de encendido y apagado. 4 Pulsador de selección de volumen previo. 5 Display indicador de temperatura o volumen de agua.

Características técnicas:

- Tipo de gas: propano.
- Categoría del gas: I3P.
- Consumo eléctrico: 48 W.
- Presión de alimentación del gas: G31 37 mbar.
- Presión máxima circuito de agua: 10 bar.
- Caudal mínimo para el encendido: 2,5 l/min.
- Potencia térmica máxima: 18,5 kW.
- Potencia térmica mínima: 4,3 kW.
- Consumo de gas (GLP): 2 Kg/h.
- Producción máxima de agua caliente (40°C): 6,9 l/min.



Figura 55.- Calentador ACQUATECH.

8.15. Diseño del sistema eléctrico y de control

Este sistema asume la función de regular los flujos de energía entre el campo de captadores, el acumulador y el consumo. Los componentes de un sistema de control son:

- El control del proceso de carga, tiene la misión de regular la conversión de la radiación solar en calor y de transferirla al acumulador de manera eficaz.
- El control del proceso de descarga, que garantiza la mejor transferencia de energía posible del acumulador hacia el consumo.

El uso del control de descarga se hace innecesario en las instalaciones pequeñas provistas de acumuladores de agua sanitaria bivalentes, que disponen de una parte solar y una convencional, unidas en un solo recipiente.

Requisitos:

- Las temperaturas del circuito primario se deben mantener en un valor lo más bajo posible, para lograr un alto rendimiento de los captadores.
- El control de la instalación solar no debe repercutir de manera negativa en la operación del sistema de calentamiento convencional.
- El control debe ser capaz de tener en cuenta rasgos característicos del sistema.
- Evitar el uso innecesario de controles complejos para las configuraciones sencillas.
- Los costes de inversión, mantenimiento, así como el consumo de energía eléctrica auxiliar al control, de las bombas y de las válvulas reguladas, han de mantenerse dentro de unos límites razonables.

- Los valores umbrales de conexión y desconexión, además de la histéresis respectiva y los tiempos de retardo deben ser adaptables sin dificultad.
- Los sensores se han de integrar en el sistema de modo que puedan ofrecer valores exactos de medida.
- La precisión de los componentes de control (sensores y electrónica) debe ser alta, a fin de evitar errores de conexión y desconexión.

Además, con frecuencia, los controles vienen provistos de una serie de funciones adicionales (regulación del calentamiento convencional, conexión de la bomba de recirculación del A.C.S., protección contra la congelación o el sobrecalentamiento).

8.15.1. Elección del sistema eléctrico y de control

El sistema eléctrico y de control seleccionado es la central solar CS-10 de regulación electrónica de la marca Baxiroca. Regula la producción de Agua Caliente Sanitaria de la instalación solar. Con una programación correcta, esta central garantiza el mínimo aprovechamiento de la energía solar recibida, pudiendo además controlar la caldera de apoyo que se le asigne.



Figura 56.- Central solar CS-10 de regulación.

Características principales:

- Información instantánea del estado de los componentes de la instalación.
- Control de la temperatura del colector solar.
- Control y regulación de la temperatura del acumulador de A.C.S.
- Control y regulación del funcionamiento del circulador de la instalación solar en función de la temperatura del colector y la del acumulador.
- Función recirculación nocturna para evacuar excedentes energéticos.
- Protección antilegionela (con caldera de apoyo).
- Posibilidad de conectar un contador de impulsos.
- Posibilidad de conectarse vía Bus.

Forma de suministro

En una caja incluyendo 4 sondas PT 1000 de 1 K Ω .

Características técnicas

- Tensión de alimentación: 230V AC \pm 10%. 50Hz
- Potencia absorbida: 5VA
- Potencia de ruptura de los relés: 250 V, 2 (2) A
- Intensidad máx. borne L1 de alimentación L': 6,3 A
- Tipo de protección según DIN EN 60529: IP 40
- Clase de protección según DIN 60730: II
- Reserva cuerda del reloj (solo CS 10): 10 horas
- Temperatura ambiente admisible: 0° hasta 50°C
- Resistencias de las sondas: PT 1000, 1K Ω +/- 0,2% a 0°C
- Zócalo de sujeción mural a través de tacos y tirafondos o aprovechando las guías que están solidarias a la tapa para la sujeción vertical.
- Dimensiones de encumbramiento: 143 mm largo; 96 mm alto y 59 mm profundidad.

8.16. Depósito de gas

La caldera auxiliar y la cocina consumirán gas propano, por lo que necesitarán ser suministrados unas cantidades de gas, este gas se sacará de un depósito.

Se sabe que el consumo del calentador es de 2 kg de propano GLP cada hora. GLP es la abreviatura de "gases licuados del petróleo", que son mezclas de propano y butano que alcanzan el estado gaseoso a temperatura y presión atmosférica. Además, tienen la propiedad de pasar a estado líquido a presiones relativamente bajas, propiedad que se aprovecha para su almacenamiento y transporte en recipientes a presión.

El modelo del depósito de gas seleccionado será el LP 8334E enterrado de la marca Lapesa, cuya capacidad nominal de almacenaje es de 8334 l, donde caben 3500 kg de propano y será suficiente para los consumos de gas necesarios.

9. Instalación eléctrica

El suministro de la electricidad al albergue va a ser a través de los paneles fotovoltaicos y el generador eólico. Por lo que se procurará que el alumbrado y los aparatos eléctricos sean de bajo consumo y alta eficiencia, para conseguir una instalación

con un consumo total bajo, debido a que los paneles, baterías y aerogenerador son elementos caros. Se debe tratar siempre de optimizar su dimensionado tratando de utilizar elementos de consumo que desaprovechen la menor cantidad posible de energía, o sea, que funcionen con un rendimiento elevado.

9.1. Alumbrado

El alumbrado que se va a utilizar en el albergue es de alto rendimiento, por lo que se descartan las bombillas de incandescencia, cuya eficiencia luminosa es muy baja. Aunque resulten más caras, son siempre más rentables, al exigir menor potencia eléctrica.

Normalmente se utiliza el alumbrado fluorescente, ya que existen una amplia gama de productos con tonalidades y potencias diversas, en forma de tubo o de lámparas de reducido tamaño.



Figura 57.- Lámpara fluorescente compacta de bajo consumo.

A la hora de seleccionar el tipo de lámparas que se instalarán, habrá que tener en cuenta unos conceptos de fotometría.

Al igual que se define la potencia e intensidad de la energía radiante, pueden definirse una potencia e intensidad luminosas, en las que únicamente interviene la parte de la energía radiante que está comprendida entre los límites de percepción del ojo humano.

La luz normalmente emitida por los diversos tipos de lámparas es una mezcla de muchas longitudes de onda diferentes, produciendo un efecto total blanquecino, con ligeros tonos amarillentos, azulados o anaranjados, según los casos.

El flujo luminoso es una evaluación de la radiación que, por unidad de tiempo, actúa sobre el ojo humano. Si se considera el flujo total que pasa a través de una superficie cerrada, en cuyo interior se encuentra la fuente luminosa, queda determinada la llamada potencia luminosa de la fuente de luz, que es una magnitud característica de dicha fuente. Si ésta es puntual y emite luz en todas las direcciones, el flujo luminoso total se reparte en un ángulo sólido de 4π estereorradianes, que es el valor del ángulo sólido que corresponde a una superficie esférica en cuyo centro se supone la fuente.

La intensidad luminosa de una fuente es el flujo luminoso emitido por la misma por cada unidad de ángulo sólido. En el sistema internacional la unidad de intensidad luminosa es la candela (cd), es una unidad fundamental, definida de forma experimental como la intensidad luminosa de una pequeña superficie de cuerpo negro radiando bajo unas ciertas condiciones estándares. La intensidad puede variar dependiendo de la dirección en que sea medida, ya que el flujo puede no ser igual en todas las posibles direcciones.

La unidad de flujo luminoso es el lumen (lm) que será el producto de una candela por un estereorradián.

$$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot 1 \text{ sr}$$

Si la radiación fuese monocromática con $\lambda = 5500 \text{ \AA}$, una potencia luminosa total de radiación de 1 W generaría un flujo luminoso de aproximadamente 683 lúmenes. Sin embargo, como normalmente la radiación está formada por ondas de longitudes diferentes, el rendimiento luminoso siempre es menor que el límite teórico de 683 lm/W.

La iluminancia o iluminación es la relación entre el flujo luminoso y el área de la superficie que lo recibe. Esta es la magnitud que realmente mide la luminosidad que existe en una determinada zona.

La unidad en el sistema internacional de iluminación es el lux (lx), que corresponde a un flujo luminoso de 1 lumen repartido en 1 m^2 de superficie.

El flujo luminoso que un tubo fluorescente es capaz de emitir, depende del tipo de tubo y del color de la luz, y es otro dato fundamental que debe conocerse antes de elegir una determinada marca y modelo.

Otro factor importante es utilizar pintura para interior de colores claros, pues la reflectancia será mejor y se obtendrá un nivel de iluminación más alto con el mismo número de lámparas.

Hay que tener en cuenta que las lámparas, conforme envejecen, producen menos luz, por lo que se deberá sobredimensionar ligeramente la potencia luminosa de las mismas.

El índice de rendimiento en color es una medida relativa del parecido de la luz que produce la lámpara con la luz natural. Un índice de 100 significaría una lámpara que imitaría perfectamente la luz solar.

La temperatura de color de una lámpara es la que correspondería a la de un cuerpo negro que radiase luz de características lo más parecidas posible a la de la lámpara. La temperatura de color de la luz solar es igual a la de la superficie del Sol (cerca de $6000 \text{ }^\circ\text{C}$). Cuanto más alta sea la temperatura de color de una fuente de luz, mayor porcentaje de radiación de longitud de onda correspondiente al color azul se emite y cuanto más baja sea, más proporción de luz roja contiene.

Los fluorescentes de luz cálida, con menos temperatura de color, son más adecuados para iluminación de ambientes interiores de viviendas.

Cuanto mayor sea la temperatura de color, mayor es el nivel de iluminación. Para niveles bajos es aconsejable utilizar lámparas de colores cálidos y para niveles altos, lámparas de colores más fríos.

La eficacia luminosa de una lámpara es la relación entre el número de lúmenes que produce y el número de vatios que consume, siendo ésta la característica que más hay que valorar a la hora de elegir un modelo determinado.

9.1.1. Cálculo de los puntos de luz del albergue

Características del albergue:

- Alto: 2,5 m
- Altura sobre plano de trabajo: $h = H - 0,85 = 1,65$ m
- Color techo: blanco
- Color paredes: blanco
- Color suelo: marrón oscuro
- Coeficiente de reflexión: - techo 0,8
- paredes 0,5
- suelo 0,1

Planta baja

- Entrada:

- Ancho: 3 m
- Largo: 6,5 m
- Iluminancia media: 50 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a + b) = (3 \cdot 6,5) / 1,65(3 + 6,5) = 1,25$$

- Características de las lámparas:

Lámpara compacta de descarga de mercurio a baja presión

Modelo MASTER PL-C 18W/840/4P 1CT (Philips)

Potencia: 18 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Fugato Metálico para iluminación general

Modelo FCS296 1xPL-C/4P18W/830 HFP M PI ALU-WH (Philips)

Rendimiento luminoso: 59%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,46

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80 0.80		0.70 0.70 0.70 0.70				0.50 0.50		0.30 0.30		0.00	
	0.50 0.50	0.50 0.50	0.50 0.50	0.50 0.30	0.30 0.10	0.30 0.10	0.10 0.10	0.30 0.10	0.10 0.10	0.00	0.00	
0.60	0.34	0.33	0.34	0.33	0.32	0.29	0.28	0.26	0.28	0.26	0.25	
0.80	0.41	0.38	0.40	0.39	0.38	0.34	0.34	0.31	0.33	0.31	0.30	
1.00	0.46	0.42	0.45	0.43	0.42	0.39	0.38	0.36	0.38	0.36	0.34	
1.25	0.51	0.46	0.50	0.48	0.46	0.43	0.42	0.40	0.42	0.40	0.38	
1.50	0.54	0.49	0.53	0.51	0.49	0.46	0.45	0.43	0.44	0.43	0.41	
2.00	0.59	0.53	0.58	0.55	0.53	0.50	0.49	0.48	0.49	0.47	0.46	
2.50	0.63	0.55	0.61	0.58	0.55	0.53	0.52	0.51	0.51	0.50	0.49	
3.00	0.65	0.57	0.63	0.60	0.56	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52	0.51	
4.00	0.68	0.59	0.66	0.62	0.58	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54	0.53	
5.00	0.70	0.60	0.68	0.63	0.59	0.58	0.57	0.56	0.56	0.55	0.54	

Tabla 26.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (50 \cdot 3 \cdot 6,5) / (1 \cdot 0,46) = 2119,6 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{lamp} = \Phi_T / \Phi_{lamp} = 2119,6 / 1200 = 1,76$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{lum} = N_{lamp} / \eta \cdot N_{lamp/lum} = 1,76 / 0,59 \cdot 1 = 3$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

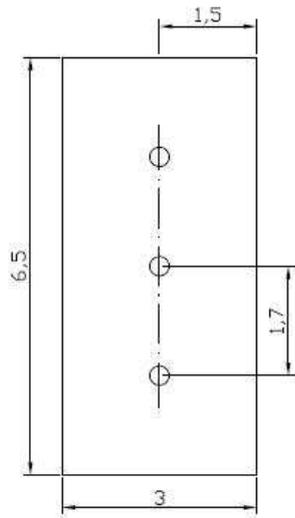


Figura 58.- Distribución en planta de las luminarias de la entrada.

- Pasillo 1:

- Ancho: 1,5 m
- Largo: 6 m
- Iluminancia media: 50 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a + b) = (6 \cdot 1,5) / 1,65(6 + 1,5) = 0,73 \approx 0,8$$

- Características de las lámparas:

Lámpara compacta de descarga de mercurio a baja presión

Modelo MASTER PL-C 18W/840/4P 1CT (Philips)

Potencia: 18 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Fugato Metálico para iluminación general

Modelo FCS296 1xPL-C/4P18W/830 HFP M PI ALU-WH (Philips)

Rendimiento luminoso: 59%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,38

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.30	0.10	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.34	0.33	0.34	0.33	0.32	0.29	0.28	0.26	0.28	0.26	0.25
0.80	0.41	0.38	0.40	0.39	0.38	0.34	0.34	0.31	0.33	0.31	0.30
1.00	0.46	0.42	0.45	0.43	0.42	0.39	0.38	0.36	0.38	0.36	0.34
1.25	0.51	0.46	0.50	0.48	0.46	0.43	0.42	0.40	0.42	0.40	0.38
1.50	0.54	0.49	0.53	0.51	0.49	0.46	0.45	0.43	0.44	0.43	0.41
2.00	0.59	0.53	0.58	0.55	0.53	0.50	0.49	0.48	0.49	0.47	0.46
2.50	0.63	0.55	0.61	0.58	0.55	0.53	0.52	0.51	0.51	0.50	0.49
3.00	0.65	0.57	0.63	0.60	0.56	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52	0.51
4.00	0.68	0.59	0.66	0.62	0.58	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54	0.53
5.00	0.70	0.60	0.68	0.63	0.59	0.58	0.57	0.56	0.56	0.55	0.54

Tabla 27.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 1
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (50 \cdot 6 \cdot 1,5) / (1 \cdot 0,38) = 1184,3 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{lamp} = \Phi_T / \Phi_{lamp} = 1184,3 / 1200 = 0,99$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{lum} = N_{lamp} / \eta \cdot N_{lamp/lum} = 0,99 / 0,59 \cdot 1 = 1,68 \approx 2$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

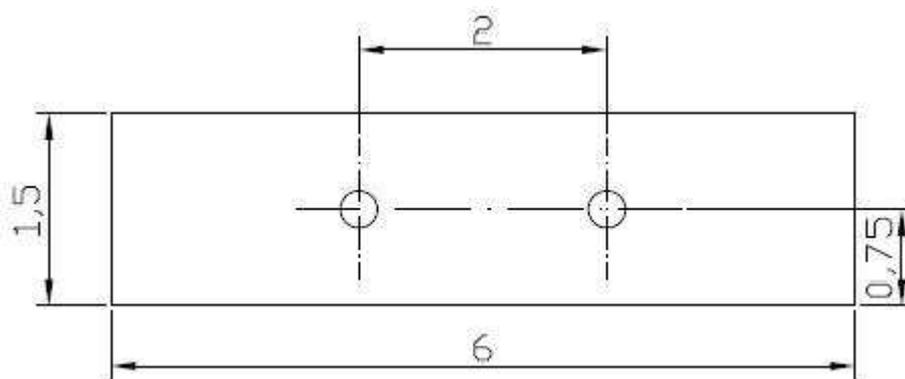


Figura 59.- Distribución en planta de las luminarias del pasillo 1.

- Pasillo 2:

- Ancho: 1 m
- Largo: 2,5 m
- Iluminancia media: 50 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a+b) = (1 \cdot 2,5) / 1,65(1+2,5) = 0,44 \approx 0,6$$

- Características de las lámparas:

Lámpara compacta de descarga de mercurio a baja presión

Modelo MASTER PL-C 18W/840/4P 1CT (Philips)

Potencia: 18 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Fugato Metálico para iluminación general

Modelo FCS296 1xPL-C/4P18W/830 HFP M PI ALU-WH (Philips)

Rendimiento luminoso: 59%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,33

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00	
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	
0.60	0.34	0.33	0.34	0.33	0.32	0.29	0.28	0.26	0.28	0.26	0.25	
0.80	0.41	0.38	0.40	0.39	0.38	0.34	0.34	0.31	0.33	0.31	0.30	
1.00	0.46	0.42	0.45	0.43	0.42	0.39	0.38	0.36	0.38	0.36	0.34	
1.25	0.51	0.46	0.50	0.48	0.46	0.43	0.42	0.40	0.42	0.40	0.38	
1.50	0.54	0.49	0.53	0.51	0.49	0.46	0.45	0.43	0.44	0.43	0.41	
2.00	0.59	0.53	0.58	0.55	0.53	0.50	0.49	0.48	0.49	0.47	0.46	
2.50	0.63	0.55	0.61	0.58	0.55	0.53	0.52	0.51	0.51	0.50	0.49	
3.00	0.65	0.57	0.63	0.60	0.56	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52	0.51	
4.00	0.68	0.59	0.66	0.62	0.58	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54	0.53	
5.00	0.70	0.60	0.68	0.63	0.59	0.58	0.57	0.56	0.56	0.55	0.54	

Tabla 28.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 1
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (50 \cdot 1 \cdot 2,5) / (1 \cdot 0,33) = 378,8 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{\text{lamp}} = \Phi_T / \Phi_{\text{lamp}} = 378,8 / 1200 = 0,32$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{\text{lum}} = N_{\text{lamp}} / \eta \cdot N_{\text{lamp/lum}} = 0,32 / 0,59 \cdot 1 = 0,55 \approx 1$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

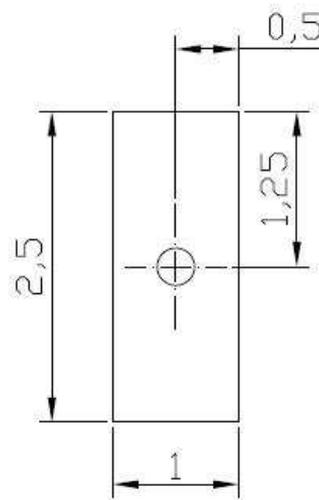


Figura 60.- Distribución en planta de las luminarias del pasillo 2.

- Sala del acumulador:

- Ancho: 2 m
- Largo: 5 m
- Iluminancia media: 50 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a+b) = (2 \cdot 5) / 1,65(2+5) = 0,87 \approx 1$$

- Características de las lámparas:

Lámpara compacta de descarga de mercurio a baja presión
Modelo MASTER PL-C 18W/840/4P 1CT (Philips)

Potencia: 18 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Fugato Metálico para iluminación general

Modelo FCS296 1xPL-C/4P18W/830 HFP M PI ALU-WH (Philips)

Rendimiento luminoso: 59%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,42

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80		0.70				0.50		0.30		0.00	
	0.80	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00	
0.60	0.34	0.33	0.34	0.33	0.32	0.29	0.28	0.26	0.28	0.26	0.25	
0.80	0.41	0.38	0.40	0.39	0.38	0.34	0.34	0.31	0.33	0.31	0.30	
1.00	0.46	0.42	0.45	0.43	0.42	0.39	0.38	0.36	0.38	0.36	0.34	
1.25	0.51	0.46	0.50	0.48	0.46	0.43	0.42	0.40	0.42	0.40	0.38	
1.50	0.54	0.49	0.53	0.51	0.49	0.46	0.45	0.43	0.44	0.43	0.41	
2.00	0.59	0.53	0.58	0.55	0.53	0.50	0.49	0.48	0.49	0.47	0.46	
2.50	0.63	0.55	0.61	0.58	0.55	0.53	0.52	0.51	0.51	0.50	0.49	
3.00	0.65	0.57	0.63	0.60	0.56	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52	0.51	
4.00	0.68	0.59	0.66	0.62	0.58	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54	0.53	
5.00	0.70	0.60	0.68	0.63	0.59	0.58	0.57	0.56	0.56	0.55	0.54	

Tabla 29.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 1
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (50 \cdot 2 \cdot 5) / (1 \cdot 0,42) = 1190,5 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{lamp} = \Phi_T / \Phi_{lamp} = 1190,5 / 1200 = 0,99$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{lum} = N_{lamp} / \eta \cdot N_{lamp/lum} = 0,99 / 0,59 \cdot 1 = 1,68 \approx 2$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

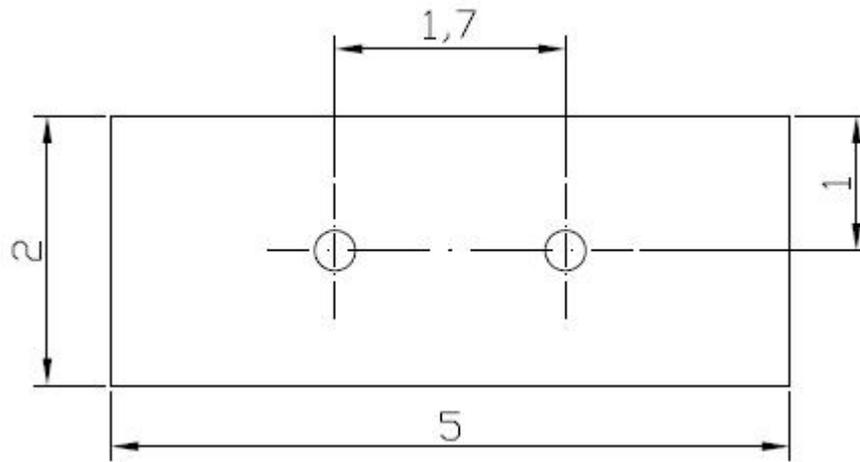


Figura 61.- Distribución en planta de las luminarias de la sala del acumulador.

- Sala de estar:

- Ancho: 3,5 m
- Largo: 5 m
- Iluminancia media: 200 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a + b) = (3,5 \cdot 5) / 1,65(3,5 + 5) = 1,25$$

- Características de las lámparas:

Lámpara de descarga de vapor de mercurio a baja presión

MASTER TL5 HE Secura 14W/830 UNP (Philips)

Potencia: 14 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Indolight, TBS315 TL5

TBS315 1xTL5-14W/830 HFP A W (Philips)

Rendimiento luminoso: 85%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,6

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.41	0.39	0.40	0.39	0.38	0.32	0.32	0.27	0.31	0.27	0.26
0.80	0.50	0.47	0.49	0.48	0.46	0.40	0.40	0.35	0.39	0.35	0.33
1.00	0.58	0.54	0.57	0.55	0.53	0.47	0.46	0.42	0.45	0.42	0.40
1.25	0.65	0.60	0.64	0.61	0.59	0.53	0.52	0.48	0.52	0.48	0.46
1.50	0.71	0.64	0.69	0.66	0.64	0.58	0.57	0.53	0.56	0.53	0.51
2.00	0.80	0.71	0.78	0.74	0.70	0.66	0.65	0.61	0.63	0.61	0.58
2.50	0.85	0.75	0.83	0.78	0.74	0.71	0.69	0.66	0.68	0.66	0.63
3.00	0.89	0.78	0.87	0.82	0.77	0.74	0.73	0.70	0.71	0.69	0.67
4.00	0.95	0.82	0.92	0.86	0.81	0.78	0.77	0.75	0.75	0.74	0.71
5.00	0.98	0.84	0.95	0.88	0.83	0.81	0.79	0.77	0.78	0.76	0.74

Tabla 30.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 0,8
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (200 \cdot 3,5 \cdot 5) / (0,8 \cdot 0,6) = 7291,7 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{lamp} = \Phi_T / \Phi_{lamp} = 7291,7 / 1200 = 6,08$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{lum} = N_{lamp} / \eta \cdot N_{lamp/lum} = 6,08 / 0,85 \cdot 1 = 7,16 \approx 8$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

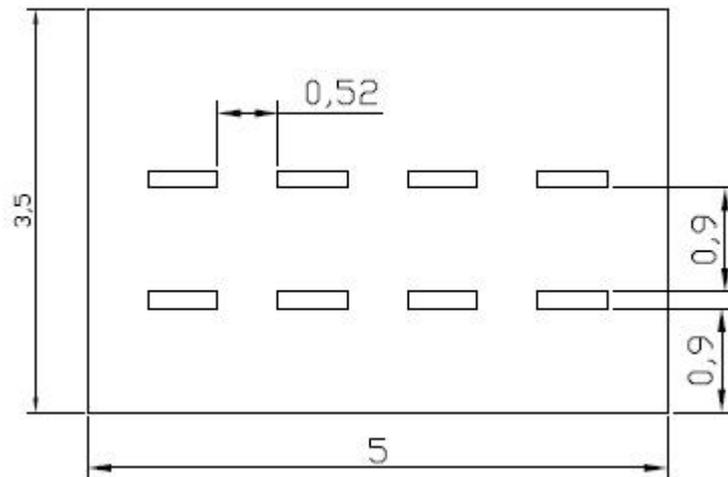


Figura 62.- Distribución en planta de las luminarias de la sala de estar.

- Cocina:

- Ancho: 4,5 m
- Largo: 5 m
- Iluminancia media: 200 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a + b) = (4,5 \cdot 5) / 1,65(4,5 + 5) = 1,44 \approx 1,5$$

- Características de las lámparas:

Lámpara de descarga de vapor de mercurio a baja presión
 MASTER TL5 HE Secura 14W/830 UNP (Philips)

Potencia: 14 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Indolight, TBS315 TL5

TBS315 1xTL5-14W/830 HFP A W (Philips)

Rendimiento luminoso: 85%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,64

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.41	0.39	0.40	0.39	0.38	0.32	0.32	0.27	0.31	0.27	0.26
0.80	0.50	0.47	0.49	0.48	0.46	0.40	0.40	0.35	0.39	0.35	0.33
1.00	0.58	0.54	0.57	0.55	0.53	0.47	0.46	0.42	0.45	0.42	0.40
1.25	0.65	0.60	0.64	0.61	0.59	0.53	0.52	0.48	0.52	0.48	0.46
1.50	0.71	0.64	0.69	0.66	0.64	0.58	0.57	0.53	0.56	0.53	0.51
2.00	0.80	0.71	0.78	0.74	0.70	0.66	0.65	0.61	0.63	0.61	0.58
2.50	0.85	0.75	0.83	0.78	0.74	0.71	0.69	0.66	0.68	0.66	0.63
3.00	0.89	0.78	0.87	0.82	0.77	0.74	0.73	0.70	0.71	0.69	0.67
4.00	0.95	0.82	0.92	0.86	0.81	0.78	0.77	0.75	0.75	0.74	0.71
5.00	0.98	0.84	0.95	0.88	0.83	0.81	0.79	0.77	0.78	0.76	0.74

Tabla 31.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 0,8
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (200 \cdot 4,5 \cdot 5) / (0,8 \cdot 0,64) = 8789,1 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{\text{lamp}} = \Phi_T / \Phi_{\text{lamp}} = 8789,1 / 1200 = 7,33$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{\text{lum}} = N_{\text{lamp}} / \eta \cdot N_{\text{lamp/lum}} = 7,33 / 0,85 \cdot 1 = 8,63 \approx 9$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

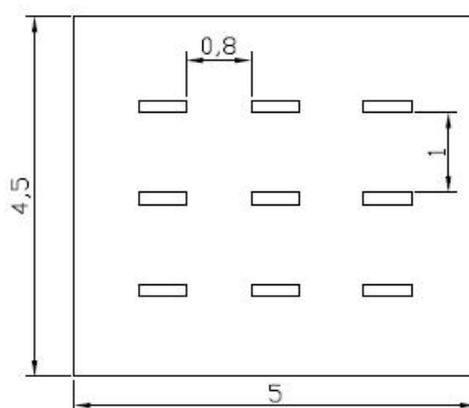


Figura 63.- Distribución en planta de las luminarias de la cocina.

- Comedor:

- Ancho: 5 m
- Largo: 6 m
- Iluminancia media: 100 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a+b) = (5 \cdot 6) / 1,65(5+6) = 1,66 \approx 2$$

- Características de las lámparas:

Lámpara de descarga de vapor de mercurio a baja presión
MASTER TL5 HE Secura 14W/830 UNP (Philips)

Potencia: 14 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Indolight, TBS315 TL5

TBS315 1xTL5-14W/830 HFP A W (Philips)

Rendimiento luminoso: 85%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,71

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80 0.80		0.70 0.70 0.70 0.70				0.50 0.50		0.30 0.30		0.00
	0.50 0.50	0.50 0.50	0.50 0.50	0.50 0.30	0.30 0.10	0.30 0.10	0.10 0.10	0.10 0.10	0.10 0.10	0.00	
0.60	0.41	0.39	0.40	0.39	0.38	0.32	0.32	0.27	0.31	0.27	0.26
0.80	0.50	0.47	0.49	0.48	0.46	0.40	0.40	0.35	0.39	0.35	0.33
1.00	0.58	0.54	0.57	0.55	0.53	0.47	0.46	0.42	0.45	0.42	0.40
1.25	0.65	0.60	0.64	0.61	0.59	0.53	0.52	0.48	0.52	0.48	0.46
1.50	0.71	0.64	0.69	0.66	0.64	0.58	0.57	0.53	0.56	0.53	0.51
2.00	0.80	0.71	0.78	0.74	0.70	0.66	0.65	0.61	0.63	0.61	0.58
2.50	0.85	0.75	0.83	0.78	0.74	0.71	0.69	0.66	0.68	0.66	0.63
3.00	0.89	0.78	0.87	0.82	0.77	0.74	0.73	0.70	0.71	0.69	0.67
4.00	0.95	0.82	0.92	0.86	0.81	0.78	0.77	0.75	0.75	0.74	0.71
5.00	0.98	0.84	0.95	0.88	0.83	0.81	0.79	0.77	0.78	0.76	0.74

Tabla 32.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 0,8
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (100 \cdot 5 \cdot 6) / (0,8 \cdot 0,71) = 5281,7 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{lamp} = \Phi_T / \Phi_{lamp} = 5281,7 / 1200 = 4,41$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{lum} = N_{lamp} / \eta \cdot N_{lamp/lum} = 4,41 / 0,85 \cdot 1 = 5,19 \approx 6$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

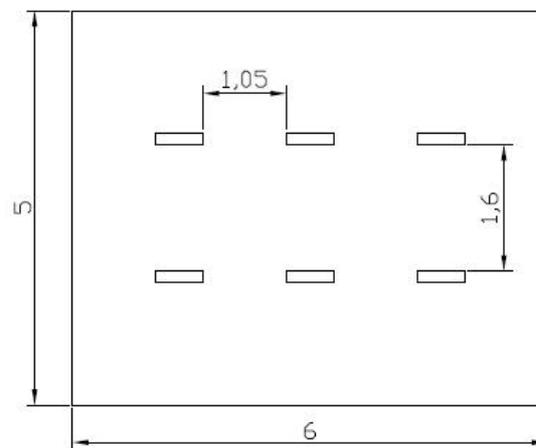


Figura 64.- Distribución en planta de las luminarias del comedor.

- Sala TV:

- Ancho: 3,5 m
- Largo: 5 m
- Iluminancia media: 200 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a+b) = (3,5 \cdot 5) / 1,65(3,5+5) = 1,25$$

- Características de las lámparas:

Lámpara de descarga de vapor de mercurio a baja presión

MASTER TL5 HE Secura 14W/830 UNP (Philips)

Potencia: 14 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Indolight, TBS315 TL5

TBS315 1xTL5-14W/830 HFP A W (Philips)

Rendimiento luminoso: 85%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,6

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80 0.80			0.70 0.70 0.70 0.70				0.50 0.50		0.30 0.30		0.00
	0.50 0.50			0.50 0.50 0.50 0.30				0.30 0.10		0.30 0.10		0.00
	0.30 0.10			0.30 0.20 0.10 0.10				0.10 0.10		0.10 0.10		0.00
0.60	0.41	0.39		0.40	0.39	0.38	0.32	0.32	0.27	0.31	0.27	0.26
0.80	0.50	0.47		0.49	0.48	0.46	0.40	0.40	0.35	0.39	0.35	0.33
1.00	0.58	0.54		0.57	0.55	0.53	0.47	0.46	0.42	0.45	0.42	0.40
1.25	0.65	0.60		0.64	0.61	0.59	0.53	0.52	0.48	0.52	0.48	0.46
1.50	0.71	0.64		0.69	0.66	0.64	0.58	0.57	0.53	0.56	0.53	0.51
2.00	0.80	0.71		0.78	0.74	0.70	0.66	0.65	0.61	0.63	0.61	0.58
2.50	0.85	0.75		0.83	0.78	0.74	0.71	0.69	0.66	0.68	0.66	0.63
3.00	0.89	0.78		0.87	0.82	0.77	0.74	0.73	0.70	0.71	0.69	0.67
4.00	0.95	0.82		0.92	0.86	0.81	0.78	0.77	0.75	0.75	0.74	0.71
5.00	0.98	0.84		0.95	0.88	0.83	0.81	0.79	0.77	0.78	0.76	0.74

Tabla 33.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 0,8
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (200 \cdot 3,5 \cdot 5) / (0,8 \cdot 0,6) = 7291,7 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{\text{lamp}} = \Phi_T / \Phi_{\text{lamp}} = 7291,7 / 1200 = 6,08$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{\text{lum}} = N_{\text{lamp}} / \eta \cdot N_{\text{lamp/lum}} = 6,08 / 0,85 \cdot 1 = 7,15 \approx 8$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

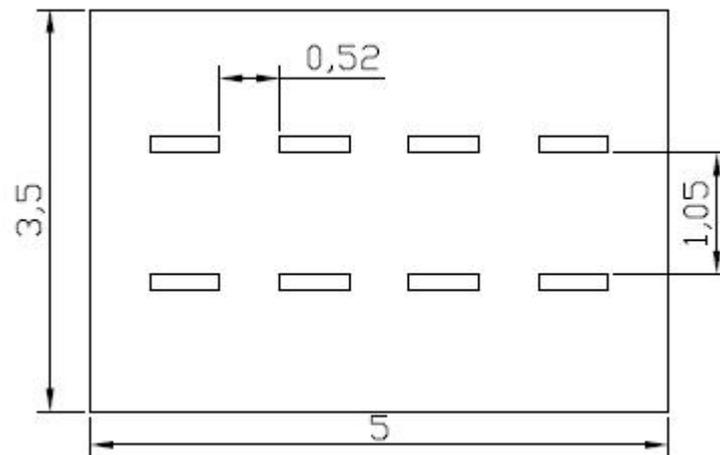


Figura 65.- Distribución en planta de las luminarias de la sala TV.

- Baño 0:

- Ancho: 2 m
- Largo: 3,5 m
- Iluminancia media: 100 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a + b) = (2 \cdot 3,5) / 1,65(2 + 3,5) = 0,77 \approx 0,8$$

- Características de las lámparas:

Lámpara compacta de descarga de mercurio a baja presión

Modelo MASTER PL-C 18W/840/4P 1CT (Philips)

Potencia: 18 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Fugato Metálico para iluminación general

Modelo FCS296 1xPL-C/4P18W/830 HFP M PI ALU-WH (Philips)

Rendimiento luminoso: 59%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,38

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.34	0.33	0.34	0.33	0.32	0.29	0.28	0.26	0.28	0.26	0.25	0.25
0.80	0.41	0.38	0.40	0.39	0.38	0.34	0.34	0.31	0.33	0.31	0.30	0.30
1.00	0.46	0.42	0.45	0.43	0.42	0.39	0.38	0.36	0.38	0.36	0.34	0.34
1.25	0.51	0.46	0.50	0.48	0.46	0.43	0.42	0.40	0.42	0.40	0.38	0.38
1.50	0.54	0.49	0.53	0.51	0.49	0.46	0.45	0.43	0.44	0.43	0.41	0.41
2.00	0.59	0.53	0.58	0.55	0.53	0.50	0.49	0.48	0.49	0.47	0.46	0.46
2.50	0.63	0.55	0.61	0.58	0.55	0.53	0.52	0.51	0.51	0.50	0.49	0.49
3.00	0.65	0.57	0.63	0.60	0.56	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52	0.51	0.51
4.00	0.68	0.59	0.66	0.62	0.58	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54	0.53	0.53
5.00	0.70	0.60	0.68	0.63	0.59	0.58	0.57	0.56	0.56	0.55	0.54	0.54

Tabla 34.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 1
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (100 \cdot 2 \cdot 3,5) / (1 \cdot 0,38) = 1842,1 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{lamp} = \Phi_T / \Phi_{lamp} = 1842,1 / 1200 = 1,54$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{lum} = N_{lamp} / \eta \cdot N_{lamp/lum} = 1,54 / 0,59 \cdot 1 = 2,61 \approx 3$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

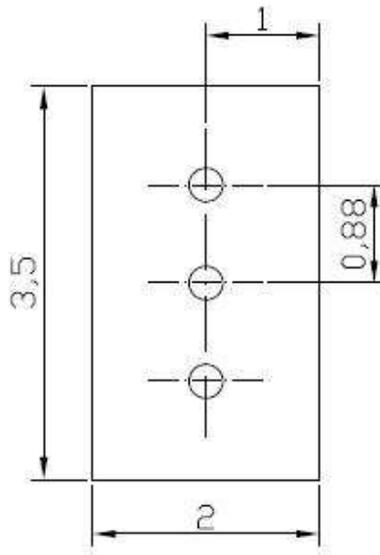


Figura 66.- Distribución en planta de las luminarias del baño 0.

- Escalera:

- Ancho: 1 m
- Largo: 2 m
- Iluminancia media: 100 lux

- Características de las lámparas:

Lámpara fluorescente compacta de mercurio a baja presión
 MASTER PL-C 18W/830/2P 1CT (Philips)
 Potencia: 18W
 Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Odyssey 300
 FBR600 1xPL-C/2P18W I 230V C L310 ANT (Philips)

- Factor de mantenimiento (f_m): 1

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{lamp} = 1$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{lum} = 1$$

- Colocación luminaria: pared

Planta primera:

- Escalera:

- Ancho: 1 m
- Largo: 2 m
- Iluminancia media: 100 lux

- Características de las lámparas:

Lámpara fluorescente compacta de mercurio a baja presión

MASTER PL-C 18W/830/2P 1CT (Philips)

Potencia: 18W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Odyssey 300

FBR600 1xPL-C/2P18W I 230V C L310 ANT (Philips)

- Factor de mantenimiento (f_m): 1

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{lamp} = 1$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{lum} = 1$$

- Colocación luminaria: pared

- Pasillo 3:

- Ancho: 3,5 m
- Largo: 8,5 m
- Iluminancia media: 50 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a+b) = (3,5 \cdot 8,5) / 1,65(3,5+8,5) = 1,51 \approx 2$$

- Características de las lámparas:

Lámpara compacta de descarga de mercurio a baja presión

Modelo MASTER PL-C 18W/840/4P 1CT (Philips)

Potencia: 18 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Fugato Metálico para iluminación general

Modelo FCS296 1xPL-C/4P18W/830 HFP M PI ALU-WH (Philips)

Rendimiento luminoso: 59%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,53

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00	
0.60	0.34	0.33	0.34	0.33	0.32	0.29	0.28	0.26	0.28	0.26	0.25	
0.80	0.41	0.38	0.40	0.39	0.38	0.34	0.34	0.31	0.33	0.31	0.30	
1.00	0.46	0.42	0.45	0.43	0.42	0.39	0.38	0.36	0.38	0.36	0.34	
1.25	0.51	0.46	0.50	0.48	0.46	0.43	0.42	0.40	0.42	0.40	0.38	
1.50	0.54	0.49	0.53	0.51	0.49	0.46	0.45	0.43	0.44	0.43	0.41	
2.00	0.59	0.53	0.58	0.55	0.53	0.50	0.49	0.48	0.49	0.47	0.46	
2.50	0.63	0.55	0.61	0.58	0.55	0.53	0.52	0.51	0.51	0.50	0.49	
3.00	0.65	0.57	0.63	0.60	0.56	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52	0.51	
4.00	0.68	0.59	0.66	0.62	0.58	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54	0.53	
5.00	0.70	0.60	0.68	0.63	0.59	0.58	0.57	0.56	0.56	0.55	0.54	

Tabla 35.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 1
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (50 \cdot 3,5 \cdot 8,5) / (1 \cdot 0,53) = 2806,6 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{lamp} = \Phi_T / \Phi_{lamp} = 2806,6 / 1200 = 2,34$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{lum} = N_{lamp} / \eta \cdot N_{lamp/lum} = 2,34 / 0,59 \cdot 1 = 3,97 \approx 4$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

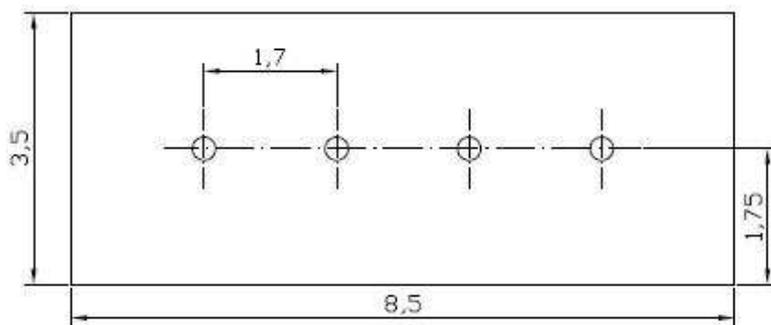


Figura 67.- Distribución en planta de las luminarias del pasillo 3.

- Baños 1 y 2:

- Ancho: 2 m
- Largo: 3 m
- Iluminancia media: 100 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a+b) = (2 \cdot 3) / 1,65(2+3) = 0,73 \approx 0,8$$

- Características de las lámparas:

Lámpara compacta de descarga de mercurio a baja presión

Modelo MASTER PL-C 18W/840/4P 1CT (Philips)

Potencia: 18 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Fugato Metálico para iluminación general

Modelo FCS296 1xPL-C/4P18W/830 HFP M PI ALU-WH (Philips)

Rendimiento luminoso: 59%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,38

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)													
	0.80 0.80			0.70 0.70 0.70 0.70				0.50 0.50		0.30 0.30		0.00		
	0.50 0.50			0.50 0.50 0.50 0.30				0.30 0.10		0.30 0.10		0.00		
	0.30 0.10			0.30 0.20 0.10 0.10				0.10 0.10		0.10 0.10		0.00		
0.60	0.34	0.33		0.34	0.33	0.32	0.29	0.28	0.26			0.28	0.26	0.25
0.80	0.41	0.38		0.40	0.39	0.38	0.34	0.34	0.31			0.33	0.31	0.30
1.00	0.46	0.42		0.45	0.43	0.42	0.39	0.38	0.36			0.38	0.36	0.34
1.25	0.51	0.46		0.50	0.48	0.46	0.43	0.42	0.40			0.42	0.40	0.38
1.50	0.54	0.49		0.53	0.51	0.49	0.46	0.45	0.43			0.44	0.43	0.41
2.00	0.59	0.53		0.58	0.55	0.53	0.50	0.49	0.48			0.49	0.47	0.46
2.50	0.63	0.55		0.61	0.58	0.55	0.53	0.52	0.51			0.51	0.50	0.49
3.00	0.65	0.57		0.63	0.60	0.56	0.55	0.54	0.53			0.53	0.52	0.51
4.00	0.68	0.59		0.66	0.62	0.58	0.57	0.56	0.55			0.55	0.54	0.53
5.00	0.70	0.60		0.68	0.63	0.59	0.58	0.57	0.56			0.56	0.55	0.54

Tabla 36.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 1
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (100 \cdot 2 \cdot 3) / (1 \cdot 0,38) = 1579 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{lamp} = \Phi_T / \Phi_{lamp} = 1579 / 1200 = 1,32$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{lum} = N_{lamp} / \eta \cdot N_{lamp/lum} = 1,32 / 0,59 \cdot 1 = 2,24 \approx 3$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

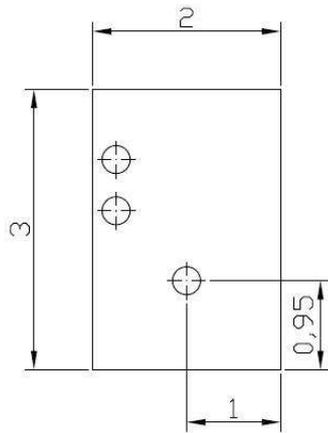


Figura 68.- Distribución en planta de las luminarias de los baños 1 y 2.

- Baños 3 y 4:

- Ancho: 1,75 m
- Largo: 2 m
- Iluminancia media: 100 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a + b) = (1,75 \cdot 2) / 1,65(1,75 + 2) = 0,57 \approx 0,6$$

- Características de las lámparas:

Lámpara compacta de descarga de mercurio a baja presión

Modelo MASTER PL-C 18W/840/4P 1CT (Philips)

Potencia: 18 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Fugato Metálico para iluminación general

Modelo FCS296 1xPL-C/4P18W/830 HFP M PI ALU-WH (Philips)

Rendimiento luminoso: 59%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,33

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00	
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	
0.60	0.34	0.33	0.34	0.33	0.32	0.29	0.28	0.26	0.28	0.26	0.25
0.80	0.41	0.38	0.40	0.39	0.38	0.34	0.34	0.31	0.33	0.31	0.30
1.00	0.46	0.42	0.45	0.43	0.42	0.39	0.38	0.36	0.38	0.36	0.34
1.25	0.51	0.46	0.50	0.48	0.46	0.43	0.42	0.40	0.42	0.40	0.38
1.50	0.54	0.49	0.53	0.51	0.49	0.46	0.45	0.43	0.44	0.43	0.41
2.00	0.59	0.53	0.58	0.55	0.53	0.50	0.49	0.48	0.49	0.47	0.46
2.50	0.63	0.55	0.61	0.58	0.55	0.53	0.52	0.51	0.51	0.50	0.49
3.00	0.65	0.57	0.63	0.60	0.56	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52	0.51
4.00	0.68	0.59	0.66	0.62	0.58	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54	0.53
5.00	0.70	0.60	0.68	0.63	0.59	0.58	0.57	0.56	0.56	0.55	0.54

Tabla 37.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 1
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (100 \cdot 1,75 \cdot 2) / (1 \cdot 0,33) = 1060,6 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{lamp} = \Phi_T / \Phi_{lamp} = 1060,6 / 1200 = 0,89$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{lum} = N_{lamp} / \eta \cdot N_{lamp/lum} = 0,89 / 0,59 \cdot 1 = 1,50 \approx 2$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

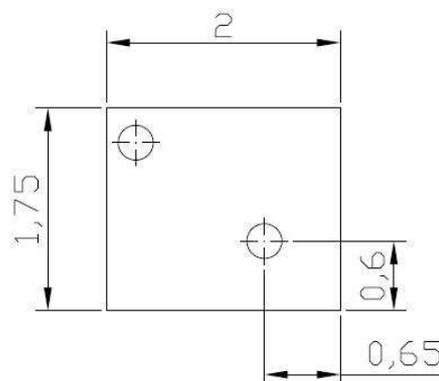


Figura 69.- Distribución en planta de las luminarias de los baños 3 y 4.

- Baños 5 y 6:

- Ancho: 1,5 m
- Largo: 3,5 m
- Iluminancia media: 100 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a+b) = (1,5 \cdot 3,5) / 1,65(1,5+3,5) = 0,64 \approx 0,8$$

- Características de las lámparas:

Lámpara compacta de descarga de mercurio a baja presión

Modelo MASTER PL-C 18W/840/4P 1CT (Philips)

Potencia: 18 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Fugato Metálico para iluminación general

Modelo FCS296 1xPL-C/4P18W/830 HFP M PI ALU-WH (Philips)

Rendimiento luminoso: 59%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,38

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00	
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	
0.60	0.34	0.33	0.34	0.33	0.32	0.29	0.28	0.26	0.28	0.26	0.25	
0.80	0.41	0.38	0.40	0.39	0.38	0.34	0.34	0.31	0.33	0.31	0.30	
1.00	0.46	0.42	0.45	0.43	0.42	0.39	0.38	0.36	0.38	0.36	0.34	
1.25	0.51	0.46	0.50	0.48	0.46	0.43	0.42	0.40	0.42	0.40	0.38	
1.50	0.54	0.49	0.53	0.51	0.49	0.46	0.45	0.43	0.44	0.43	0.41	
2.00	0.59	0.53	0.58	0.55	0.53	0.50	0.49	0.48	0.49	0.47	0.46	
2.50	0.63	0.55	0.61	0.58	0.55	0.53	0.52	0.51	0.51	0.50	0.49	
3.00	0.65	0.57	0.63	0.60	0.56	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52	0.51	
4.00	0.68	0.59	0.66	0.62	0.58	0.57	0.56	0.55	0.55	0.54	0.53	
5.00	0.70	0.60	0.68	0.63	0.59	0.58	0.57	0.56	0.56	0.55	0.54	

Tabla 38.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 1
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (100 \cdot 1,5 \cdot 3,5) / (1 \cdot 0,38) = 1381,6 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{\text{lamp}} = \Phi_T / \Phi_{\text{lamp}} = 1381,6 / 1200 = 1,16$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{\text{lum}} = N_{\text{lamp}} / \eta \cdot N_{\text{lamp/lum}} = 1,16 / 0,59 \cdot 1 = 1,97 \approx 2$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

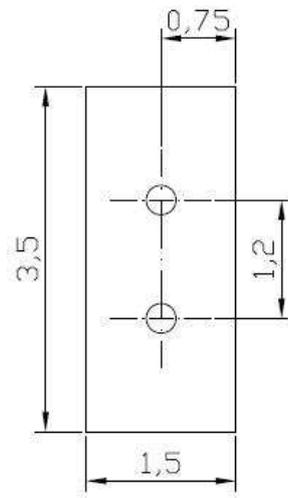


Figura 70.- Distribución en planta de las luminarias de los baños 5 y 6.

- Habitaciones 1 y 2:

- Ancho: 3 m
- Largo: 5 m
- Iluminancia media: 100 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a+b) = (3 \cdot 5) / 1,65(3+5) = 1,14 \approx 1,25$$

- Características de las lámparas:

Lámpara de descarga de vapor de mercurio a baja presión
MASTER TL5 HE Secura 14W/830 UNP (Philips)

Potencia: 14 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Indolight, TBS315 TL5

TBS315 1xTL5-14W/830 HFP A W (Philips)

Rendimiento luminoso: 85%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,6

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.41	0.39	0.40	0.39	0.38	0.32	0.32	0.27	0.31	0.27	0.26
0.80	0.50	0.47	0.49	0.48	0.46	0.40	0.40	0.35	0.39	0.35	0.33
1.00	0.58	0.54	0.57	0.55	0.53	0.47	0.46	0.42	0.45	0.42	0.40
1.25	0.65	0.60	0.64	0.61	0.59	0.53	0.52	0.48	0.52	0.48	0.46
1.50	0.71	0.64	0.69	0.66	0.64	0.58	0.57	0.53	0.56	0.53	0.51
2.00	0.80	0.71	0.78	0.74	0.70	0.66	0.65	0.61	0.63	0.61	0.58
2.50	0.85	0.75	0.83	0.78	0.74	0.71	0.69	0.66	0.68	0.66	0.63
3.00	0.89	0.78	0.87	0.82	0.77	0.74	0.73	0.70	0.71	0.69	0.67
4.00	0.95	0.82	0.92	0.86	0.81	0.78	0.77	0.75	0.75	0.74	0.71
5.00	0.98	0.84	0.95	0.88	0.83	0.81	0.79	0.77	0.78	0.76	0.74

Tabla 39.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 0,8
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (100 \cdot 3 \cdot 5) / (0,8 \cdot 0,6) = 3125 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{lamp} = \Phi_T / \Phi_{lamp} = 3125 / 1200 = 2,61$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{lum} = N_{lamp} / \eta \cdot N_{lamp/lum} = 2,61 / 0,85 \cdot 1 = 3,07 \approx 4$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

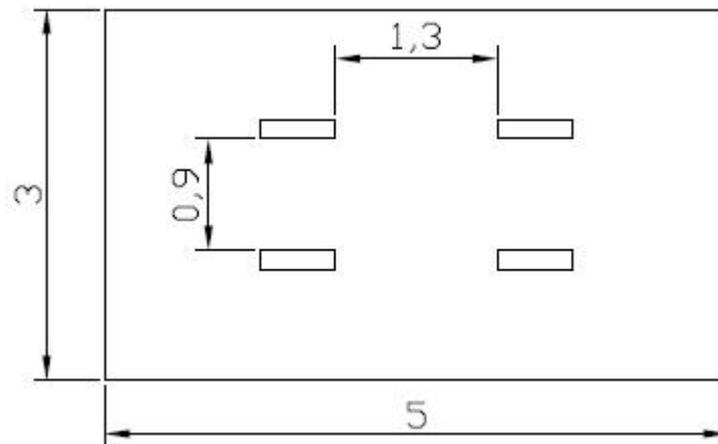


Figura 71.- Distribución en planta de las luminarias de las habitaciones 1 y 2.

- Habitación 3:

- Ancho: 2,5 m
- Largo: 3,5 m
- Iluminancia media: 100 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a + b) = (2,5 \cdot 3,5) / 1,65(2,5 + 3,5) = 0,89 \approx 1$$

- Características de las lámparas:

Lámpara de descarga de vapor de mercurio a baja presión

MASTER TL5 HE Secura 14W/830 UNP (Philips)

Potencia: 14 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Indolight, TBS315 TL5

TBS315 1xTL5-14W/830 HFP A W (Philips)

Rendimiento luminoso: 85%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,54

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.41	0.39	0.40	0.39	0.38	0.32	0.32	0.27	0.31	0.27	0.26
0.80	0.50	0.47	0.49	0.48	0.46	0.40	0.40	0.35	0.39	0.35	0.33
1.00	0.58	0.54	0.57	0.55	0.53	0.47	0.46	0.42	0.45	0.42	0.40
1.25	0.65	0.60	0.64	0.61	0.59	0.53	0.52	0.48	0.52	0.48	0.46
1.50	0.71	0.64	0.69	0.66	0.64	0.58	0.57	0.53	0.56	0.53	0.51
2.00	0.80	0.71	0.78	0.74	0.70	0.66	0.65	0.61	0.63	0.61	0.58
2.50	0.85	0.75	0.83	0.78	0.74	0.71	0.69	0.66	0.68	0.66	0.63
3.00	0.89	0.78	0.87	0.82	0.77	0.74	0.73	0.70	0.71	0.69	0.67
4.00	0.95	0.82	0.92	0.86	0.81	0.78	0.77	0.75	0.75	0.74	0.71
5.00	0.98	0.84	0.95	0.88	0.83	0.81	0.79	0.77	0.78	0.76	0.74

Tabla 40.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 0,8
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (100 \cdot 2,5 \cdot 3,5) / (0,8 \cdot 0,54) = 2025,5 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{lamp} = \Phi_T / \Phi_{lamp} = 2025,5 / 1200 = 1,69$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{lum} = N_{lamp} / \eta \cdot N_{lamp/lum} = 1,69 / 0,85 \cdot 1 = 1,99 \approx 2$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

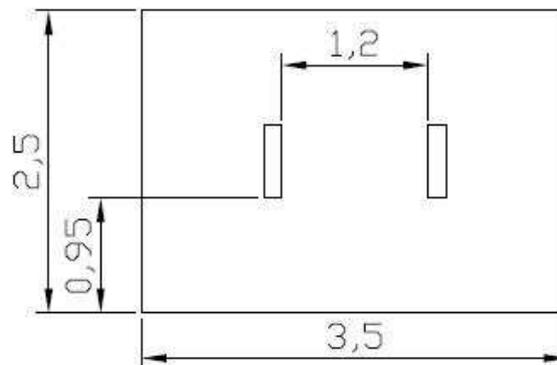


Figura 72.- Distribución en planta de las luminarias de la habitación 3.

- Habitación 4:

- Ancho: 3,5 m
- Largo: 4 m
- Iluminancia media: 100 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a+b) = (3,5 \cdot 4) / 1,65(3,5+4) = 1,14 \approx 1,25$$

- Características de las lámparas:

Lámpara de descarga de vapor de mercurio a baja presión
MASTER TL5 HE Secura 14W/830 UNP (Philips)

Potencia: 14 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Indolight, TBS315 TL5

TBS315 1xTL5-14W/830 HFP A W (Philips)

Rendimiento luminoso: 85%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,6

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.41	0.39	0.40	0.39	0.38	0.32	0.32	0.27	0.31	0.27	0.26
0.80	0.50	0.47	0.49	0.48	0.46	0.40	0.40	0.35	0.39	0.35	0.33
1.00	0.58	0.54	0.57	0.55	0.53	0.47	0.46	0.42	0.45	0.42	0.40
1.25	0.65	0.60	0.64	0.61	0.59	0.53	0.52	0.48	0.52	0.48	0.46
1.50	0.71	0.64	0.69	0.66	0.64	0.58	0.57	0.53	0.56	0.53	0.51
2.00	0.80	0.71	0.78	0.74	0.70	0.66	0.65	0.61	0.63	0.61	0.58
2.50	0.85	0.75	0.83	0.78	0.74	0.71	0.69	0.66	0.68	0.66	0.63
3.00	0.89	0.78	0.87	0.82	0.77	0.74	0.73	0.70	0.71	0.69	0.67
4.00	0.95	0.82	0.92	0.86	0.81	0.78	0.77	0.75	0.75	0.74	0.71
5.00	0.98	0.84	0.95	0.88	0.83	0.81	0.79	0.77	0.78	0.76	0.74

Tabla 41.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 0,8
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (100 \cdot 3,5 \cdot 4) / (0,8 \cdot 0,6) = 2916,7 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{\text{lamp}} = \Phi_T / \Phi_{\text{lamp}} = 2916,7 / 1200 = 2,43$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{\text{lum}} = N_{\text{lamp}} / \eta \cdot N_{\text{lamp/lum}} = 2,43 / 0,85 \cdot 1 = 2,86 \approx 3$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

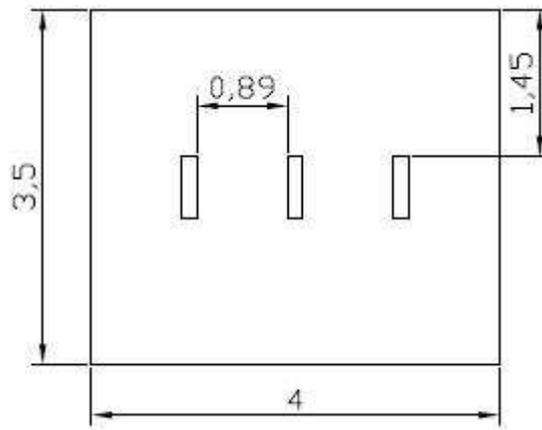


Figura 73.- Distribución en planta de las luminarias de la habitación 4.

- Habitación 5:

- Ancho: 3,5 m
- Largo: 7 m
- Iluminancia media: 100 lux
- Índice del local:

$$K = (a \cdot b) / h(a+b) = (3,5 \cdot 7) / 1,65(3,5+7) = 1,42 \approx 1,5$$

- Características de las lámparas:

Lámpara de descarga de vapor de mercurio a baja presión

MASTER TL5 HE Secura 14W/830 UNP (Philips)

Potencia: 14 W

Flujo luminoso (Φ_{lamp}): 1200 lm

- Características de las luminarias:

Indolight, TBS315 TL5

TBS315 1xTL5-14W/830 HFP A W (Philips)

Rendimiento luminoso: 85%

Coefficiente de utilización (C_u): 0,64

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.41	0.39	0.40	0.39	0.38	0.32	0.32	0.27	0.31	0.27	0.26
0.80	0.50	0.47	0.49	0.48	0.46	0.40	0.40	0.35	0.39	0.35	0.33
1.00	0.58	0.54	0.57	0.55	0.53	0.47	0.46	0.42	0.45	0.42	0.40
1.25	0.65	0.60	0.64	0.61	0.59	0.53	0.52	0.48	0.52	0.48	0.46
1.50	0.71	0.64	0.69	0.66	0.64	0.58	0.57	0.53	0.56	0.53	0.51
2.00	0.80	0.71	0.78	0.74	0.70	0.66	0.65	0.61	0.63	0.61	0.58
2.50	0.85	0.75	0.83	0.78	0.74	0.71	0.69	0.66	0.68	0.66	0.63
3.00	0.89	0.78	0.87	0.82	0.77	0.74	0.73	0.70	0.71	0.69	0.67
4.00	0.95	0.82	0.92	0.86	0.81	0.78	0.77	0.75	0.75	0.74	0.71
5.00	0.98	0.84	0.95	0.88	0.83	0.81	0.79	0.77	0.78	0.76	0.74

Tabla 42.- Coeficiente de utilización en función de los coeficientes de reflexión y del índice del local.

- Factor de mantenimiento (f_m): 0,8
- Flujo luminoso total (Φ_T):

$$\Phi_T = (E_m \cdot S) / (f_m \cdot C_u) = (100 \cdot 3,5 \cdot 7) / (0,8 \cdot 0,64) = 4785,2 \text{ lm}$$

- Número de lámparas (N_{lamp}):

$$N_{lamp} = \Phi_T / \Phi_{lamp} = 4785,2 / 1200 = 3,99$$

- Número de luminarias (N_{lum}):

$$N_{lum} = N_{lamp} / \eta \cdot N_{lamp/lum} = 3,99 / 0,85 \cdot 1 = 4,7 \approx 5$$

- Distribución en planta de las luminarias (cotas en metros):

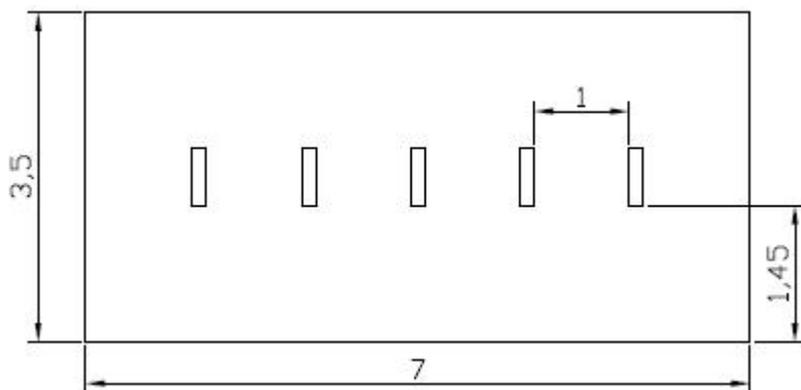


Figura 74.- Distribución en planta de las luminarias de la habitación 5.

9.1.2. Cálculo de la energía de los puntos de luz

Planta baja:

Planta baja	Potencia (W)	Lámparas	Tiempo de uso (h)	Energía (Wh)
Entrada	18	3	1	54
Pasillo 1	18	2	0,5	18
Pasillo 2	18	1	0,2	3,6
Sala acumulador	18	2	0,25	9
Sala de estar	14	8	3	336
Cocina	14	9	2	252
Comedor	14	6	3	252
Sala TV	14	8	4	448
Baño 0	18	3	1	54
Escalera	18	1	0,15	2,7
Emergencia	4	2	1	8
Total				1437,3

Tabla 43.- Consumo de energía de los puntos de luz de la planta baja.

Planta primera:

Planta primera	Potencia (W)	Lámparas	Tiempo de uso (h)	Energía (Wh)
Escalera	18	1	0,15	2,7
Pasillo	18	4	0,5	36
Baño 1	18	3	1	54
Baño 2	18	3	1	54
Baño 3	18	2	1	36
Baño 4	18	2	1	36
Baño 5	18	2	1	36
Baño 6	18	2	2	72
Habitación 1	14	4	1	56
Habitación 2	14	4	1	56
Habitación 3	14	2	1	28
Habitación 4	14	3	1	42
Habitación 5	14	5	1	70
Emergencia	4	2	1	8
Total				586,7

Tabla 44.- Consumo de energía de los puntos de luz de la planta primera.

El consumo total de la iluminación en el día medio del mes más desfavorable del año será:

$$E_A = 1437,3 + 586,7 = 2024 \text{ Wh/día}$$

9.2. Fuerza

Como ya se ha mencionado, los aparatos eléctricos van a ser de bajo consumo, consiguiendo un ahorro energético.

9.2.1. Cálculo de la energía de los aparatos eléctricos

A continuación, se calcula la energía consumida diaria por los aparatos eléctricos:

- Lavadora: $P = 850 \text{ W}$
 Tiempo de uso = 1.4 h
 Energía consumida = $850 \cdot 1,45 = 1190 \text{ Wh}$

- Bomba ACS: $P = 56 \text{ W}$
 Tiempo de uso = 7 h
 Energía consumida = $56 \cdot 7 = 392 \text{ Wh}$

- Calentador ACQUATECH 11T: $P = 48 \text{ W}$
 Tiempo de uso = 2 h
 Energía consumida = 96 Wh

- Extractor de aire del baño 5: $P = 13 \text{ W}$
 Tiempo de uso = 2 h
 Energía consumida = $13 \cdot 2 = 26 \text{ Wh}$

- Extractor de humo de la cocina: $P = 195 \text{ W}$
 Tiempo de uso = 0.5 h
 Energía consumida = $195 \cdot 0,5 = 97,5 \text{ Wh}$

- Frigorífico con congelador: Energía anual = 200 kWh
 Energía consumida = $200/365 \approx 548 \text{ Wh}$
 Tiempo de uso = 10 h
 $P = 550/10 = 55 \text{ W}$

- Microondas: $P = 350 \text{ W}$
 Tiempo de uso = 1 h
 Energía consumida = $350 \cdot 1 = 350 \text{ Wh}$

- Televisor: $P = 40 \text{ W}$
 Tiempo de uso = 3 h
 Energía consumida = $40 \cdot 3 = 120 \text{ Wh}$

El consumo total de los aparatos eléctricos en el día medio del mes más desfavorable del año será:

$$E_B = 1190 + 392 + 96 + 26 + 97,5 + 548 + 350 + 120 = 2820 \text{ Wh/día}$$

9.3. Consumo total diario de la instalación eléctrica

El consumo total diario de la instalación eléctrica será:

$$E_T = E_A \cdot \%(ocupación) + E_B = 2024 \cdot 0,39 + 2820 = 3609,36 \text{ Wh/día}$$

Siendo:

%(ocupación): el % de ocupación del mes más desfavorable del período de apertura del albergue.

El mes que se ha considerado el más desfavorable es el de abril, debido a que la ocupación es mayor y el período de horas de sol es menor que en la mayoría de los meses restantes.

Mes	Capacidad	Ocupación	Ocupación (%)
Marzo	620	70	12
Abril	600	234	39
Mayo	620	130	21
Junio	600	74	13
Julio	620	84	14
Agosto	620	83	14
Septiembre	600	66	11
Octubre	620	144	24

Tabla 45.- Ocupación del albergue a lo largo del período de apertura.

La potencia máxima de consumo simultáneo es la suma de todas las potencias de la iluminación y aparatos eléctricos, y tendrá un valor de:

$$P_{MÁX} = 2867 \text{ W} \approx 2900 \text{ W}$$

9.4. Esquema de la instalación eléctrica

El esquema correspondiente a la instalación eléctrica se puede observar en el plano denominado "Esquema unifilar" en el documento de planos.

9.5. Cálculo de secciones

Los conductores y cables que se emplearán en la instalación eléctrica serán de cobre y serán siempre aislados.

Cálculo de la DERIVACION INDIVIDUAL

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra
- Longitud: 0,3 m; Cosφ: 1; Xu (mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 2900 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
4000 W (Coef. de Simult.: 1)

$$I = P/V \cdot \text{Cos}\varphi$$

$$I = 4000/230 \cdot 1 = 17,39 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x10+TTx10mm² de Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS) - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida.

I.ad. a 40°C (Fc=1): 68 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 40mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable: 58,18°C.

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S$$

$$e \text{ (parcial)} = 2 \cdot 0,3 \cdot 4000 / 48,32 \cdot 230 \cdot 10 = 0,021 \text{ V} = 0,01\%$$

$$e \text{ (total)} = 0,02\% \text{ ADMIS (4,5\% MAX.)}$$

Protección Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: ALUMBRADO

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: E-Mult. Aire Dist. Pared $\geq 0,3D$
- Longitud: 0,3 m; Cosφ: 1; Xu (mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 1260 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
2268 W (Coef. de Simult.: 1)

$$I = P/V \cdot \text{Cos}\varphi$$

$$I = 2268/230 \cdot 1 = 9,86 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x1,5+TTx1,5mm² de Cu
Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS), XLPE 0,6/1 kV.

I.ad. a 40°C (Fc = 1): 18 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable: 49°C.

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S$$

$$e \text{ (parcial)} = 2 \cdot 0,3 \cdot 2268 / 49,88 \cdot 230 \cdot 1,5 = 0,08 \text{ V} = 0,03\%$$

$$e \text{ (total)} = 0,04\% \text{ ADMIS (4,5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

Cálculo de la Línea: Alumbrado Planta B

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra

- Longitud: 18,5 m; Cos φ: 0,9; Xu (mW/m): 0;

- Potencia a instalar: 658 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):

$$658 \cdot 1,8 = 1184,4 \text{ W.}$$

$$I = P / V \cdot \text{Cos}\phi$$

$$I = 1184,4 / 230 \cdot 0,9 = 5,72 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1,5+TTx1,5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS) - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida.

I.ad. a 40°C (Fc = 1): 15 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 16mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable: 44,37°C

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S$$

$$e \text{ (parcial)} = 2 \cdot 18,5 \cdot 1184,4 / 50,71 \cdot 230 \cdot 1,5 = 2,5 \text{ V} = 1,09\%$$

$$e \text{ (total)} = 1,13\% \text{ ADMIS (4,5\% MAX.)}$$

Protección Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: Alumbrado Planta 1

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra
- Longitud: 23 m; $\text{Cos}\phi$: 0,9; X_u (mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 602 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):
 $602 \times 1,8 = 1083,6$ W.

$$I = P/V \cdot \text{Cos}\phi$$

$$I = 1083,6/230 \times 0,9 = 5,23 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 1,5 + \text{TT} \times 1,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS) - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida.

I.ad. a 40°C ($F_c = 1$): 15 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 16mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable: $43,65^\circ\text{C}$.

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S$$

$$e \text{ (parcial)} = 2 \cdot 23 \cdot 1083,6 / 50,84 \cdot 230 \cdot 1,5 = 2,84 \text{ V} = 1,24\%$$

$$e \text{ (total)} = 1,28\% \text{ ADMIS (4,5\% MAX.)}$$

Protección Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: LÍNEA 1

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: E-Mult. Aire Dist. Pared $\geq 0,3D$
- Longitud: 0,3 m; $\text{Cos}\phi$: 1; X_u (mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 3195 W.
- Potencia de cálculo:
3195 W (Coef. de Simult.: 1)

$$I = P/V \cdot \text{Cos}\phi$$

$$I = 3195/230 \cdot 1 = 13,89 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares $2 \times 2,5 + \text{TT} \times 2,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS), XLPE 0,6/1 kV.

I.ad. a 40°C ($F_c = 1$): 25 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable: 49,26°C.

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S$$

$$e \text{ (parcial)} = 2 \cdot 0,3 \cdot 3195 / 49,84 \cdot 230 \cdot 2,5 = 0,07 \text{ V} = 0,03\%$$

$$e \text{ (total)} = 0,04\% \text{ ADMIS (4,5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

Cálculo de la Línea: Extractor de humo

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra
- Longitud: 15 m; Cosφ: 1; Xu (mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 195 W.
- Potencia de cálculo: 195 W.

$$I = P / V \cdot \text{Cos}\phi$$

$$I = 195 / 230 \cdot 1 = 0,85 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2,5+TTx2,5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS) - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida.

I.ad. a 40°C (Fc = 1): 21 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 20mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable: 40,05°C.

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S$$

$$e \text{ (parcial)} = 2 \cdot 15 \cdot 195 / 51,51 \cdot 230 \cdot 2,5 = 0,2 \text{ V} = 0,09\%$$

$$e \text{ (total)} = 0,13\% \text{ ADMIS (6,5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: TC1

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra
- Longitud: 18,5 m; Cosφ: 1; Xu(mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I = P/V \cdot \cos\phi$$

$$I = 3000/230 \cdot 1 = 13,04 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2,5+TTx2,5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS) - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida.

I.ad. a 40°C (Fc = 1): 21 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 20mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable: 51,57°C

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S$$

$$e \text{ (parcial)} = 2 \cdot 18,5 \cdot 3000 / 49,44 \cdot 230 \cdot 2,5 = 3,9 \text{ V} = 1,7\%$$

$$e \text{ (total)} = 1,74\% \text{ ADMIS (6,5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: LÍNEA 2

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: E-Mult. Aire Dist. Pared $\geq 0,3D$

- Longitud: 0,3 m; $\cos\phi$: 1; X_u (mW/m): 0;

- Potencia a instalar: 3850 W.

- Potencia de cálculo:

3850 W (Coef. de Simult.: 1)

$$I = P/V \cdot \cos\phi$$

$$I = 3850/230 \cdot 1 = 16,74 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x4+TTx4mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS), XLPE 0,6/1 kV.

I.ad. a 40°C (Fc = 1): 34 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable: 47,27°C.

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S$$

$$e \text{ (parcial)} = 2 \cdot 0,3 \cdot 3850 / 50,19 \cdot 230 \cdot 4 = 0,05 \text{ V} = 0,02\%$$

$$e \text{ (total)} = 0,03\% \text{ ADMIS (4,5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

Cálculo de la Línea: Lavadora

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra
- Longitud: 3,5 m; $\text{Cos}\varphi$: 1; X_u (mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 850 W.
- Potencia de cálculo: 850 W.

$$I = P/V \cdot \text{Cos}\varphi$$

$$I = 850/230 \cdot 1 = 3,7 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2,5+TTx2,5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS) - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida.

I.ad. a 40°C ($F_c = 1$): 21 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 20mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable: 40,93°C.

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S$$

$$e \text{ (parcial)} = 2 \cdot 3,5 \cdot 850 / 51,34 \cdot 230 \cdot 2,5 = 0,2 \text{ V} = 0,09 \%$$

$$e \text{ (total)} = 0,12\% \text{ ADMIS (6,5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: TC2

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra
- Longitud: 24 m; $\text{Cos}\varphi$: 1; X_u (mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I = P/V \cdot \text{Cos}\varphi$$

$$I = 3000/230 \cdot 1 = 13,04 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2,5+TTx2,5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS) - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida.

I.ad. a 40°C ($F_c = 1$): 21 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 20mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable: 51,57°C

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S$$

$$e \text{ (parcial)} = 2 \cdot 24 \cdot 3000 / 49,44 \cdot 230 \cdot 2,5 = 5,07 \text{ V} = 2,2\%$$

$$e \text{ (total)} = 2,23\% \text{ ADMIS (6,5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

Cálculo de la Línea: LÍNEA 3

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: E-Mult. Aire Dist. Pared $\geq 0,3D$
- Longitud: 0,3 m; $\text{Cos}\phi$: 1; X_u (mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 117 W.
- Potencia de cálculo:
117 W (Coef. de Simult.: 1)

$$I = P / V \cdot \text{Cos}\phi$$

$$I = 117 / 230 \cdot 1 = 0,51 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Bipolares 2x2,5+TTx2,5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS), XLPE 0,6/1 kV.

I.ad. a 40°C ($F_c = 1$): 25 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable: 40,01°C.

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S$$

$$e \text{ (parcial)} = 2 \cdot 0,3 \cdot 117 / 51,51 \cdot 230 \cdot 2,5 = 0 \text{ V} = 0 \%$$

$$e \text{ (total)} = 0,01\% \text{ ADMIS (4,5\% MAX.)}$$

Protección diferencial:

Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

Cálculo de la Línea: Extractor de baño

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra
- Longitud: 17 m; $\text{Cos}\phi$: 1; X_u (mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 13 W.
- Potencia de cálculo: 13 W.

$$I = P/V \cdot \cos\varphi$$

$$I = 13/230 \cdot 1 = 0,06 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2,5+TTx2,5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS) - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida.

I.ad. a 40°C (Fc = 1): 21 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 20mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable: 40°C.

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S$$

$$e \text{ (parcial)} = 2 \cdot 17 \cdot 13 / 51,52 \cdot 230 \cdot 2,5 = 0,01 \text{ V} = 0,01\%$$

$$e \text{ (total)} = 0,02\% \text{ ADMIS (6,5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: Bomba

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: B-Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra

- Longitud: 7 m; Cosφ: 1; Xu (mW/m): 0;

- Potencia a instalar: 56 W.

- Potencia de cálculo: 56 W.

$$I = P/V \cdot \cos\varphi$$

$$I = 56/230 \cdot 1 = 0,24 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2,5+TTx2,5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS) - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida.

I.ad. a 40°C (Fc = 1): 21 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 20mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable: 40°C.

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S$$

$$e \text{ (parcial)} = 2 \cdot 7 \cdot 56 / 51,52 \cdot 230 \cdot 2,5 = 0,03 \text{ V} = 0,01\%$$

$$e \text{ (total)} = 0,02\% \text{ ADMIS (6,5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Cálculo de la Línea: Calentador

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip. Tubos Superf. o Emp. Obra
- Longitud: 6 m; Cosφ: 1; Xu (mW/m): 0;
- Potencia a instalar: 48 W.
- Potencia de cálculo: 48 W.

$$I = P/V \cdot \text{Cos}\varphi$$

$$I = 48/230 \cdot 1 = 0,21 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2,5+TTx2,5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS) - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida.

I.ad. a 40°C (Fc = 1): 21 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 20mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable: 40°C.

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S$$

$$e \text{ (parcial)} = 2 \cdot 6 \cdot 48 / 51,52 \cdot 230 \cdot 2,5 = 0,02 \text{ V} = 0,01\%$$

$$e \text{ (total)} = 0,02\% \text{ ADMIS (6,5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

Los resultados obtenidos se reflejan en la siguiente tabla:

Denominación	P.Cálc. (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálc. (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)
DERIVACION IND.	4000	0,3	2x10+TTx10Cu	17,39	68	0,01	0,01
ALUMBRADO	2268	0,3	2x1.5+TTx1,5Cu	9,86	18	0,03	0,04
Alumbrado Planta B	1184,4	18,5	2x1.5+TTx1,5Cu	5,72	15	1,09	1,13
Alumbrado Planta 1	1083,6	23	2x1.5+TTx1,5Cu	5,23	15	1,24	1,28
LÍNEA 1	3195	0,3	2x2.5+TTx2,5Cu	13,89	25	0,03	0,04
Extractor de humo	195	15	2x2.5+TTx2,5Cu	0,85	21	0,09	0,13
TC1	3000	18,5	2x2.5+TTx2,5Cu	13,04	21	1,7	1,74
LÍNEA 2	3850	0,3	2x4+TTx4Cu	16,74	34	0,02	0,03
Lavadora	850	3,5	2x2.5+TTx2,5Cu	3,7	21	0,09	0,12
TC2	3000	24	2x2.5+TTx2,5Cu	13,04	21	2,2	2,23
LÍNEA 3	117	0,3	2x2.5+TTx2,5Cu	0,51	25	0	0,01
Extractor de baño	13	17	2x2.5+TTx2,5Cu	0,06	21	0,01	0,02
Bomba	56	7	2x2.5+TTx2,5Cu	0,24	21	0,01	0,02
Calentador	48	6	2x2.5+TTx2,5Cu	0,21	21	0,01	0,02

Tabla 46.- Caídas de tensión en la instalación eléctrica.

9.6. Cuadro general de mando y protección

El cuadro general de mando y protección es el lugar donde se alojan los dispositivos de control y protección de la instalación eléctrica. Los dispositivos generales de mando y protección se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en el albergue.

En viviendas, deberá preverse la situación de los dispositivos generales de mando y protección junto a la puerta de entrada y no podrá colocarse en dormitorios, baños, aseos, etc.

En locales de uso común o de pública concurrencia, deberán tomarse las precauciones necesarias para que los dispositivos de mando y protección no sean accesibles al público en general.

La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1,4 y 2 m, para viviendas.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio sea vertical, se ubicarán en el interior de un cuadro de distribución de donde partirán los circuitos interiores.

El armario que se va a instalar es el modelo PLM-64 de los armarios monobloc de poliéster con puerta normal. Las dimensiones de éste son 647 x 436 x 250 mm. Este armario dispone de una cerradura, para que no se pueda manipular libremente. El bloqueo de cierre del armario es por llave tipo 405.

El cuadro constará de los siguientes aparatos:

- IGA: interruptor general automático.
- ID: interruptores diferenciales.
- PIA: pequeños interruptores automáticos.

- IGA:

El interruptor general automático (IGA) tiene como finalidad interrumpir el suministro de energía eléctrica a la instalación en el momento en que se supera la capacidad de los cables. Además, sirve como control para la totalidad de la instalación de la vivienda, de tal manera que actuando sobre él y llevándolo a la posición de abierto (generalmente con las palancas hacia abajo) dejaremos sin servicio a toda la instalación eléctrica del albergue.

Como la línea general de alimentación tiene 10 mm², la intensidad máxima que soportará será de 47 A, por lo que se colocará un IGA de 16 A de la marca Delixi. Sus características son:

- Código: AHC216.
- Referencia: CDB7H/2/16C.
- Interruptor automático de dos polos.
- Curva: C.
- Intensidad máxima: 16 A.
- Poder de corte: 10 kA.

- ID:

El interruptor automático diferencial es un dispositivo que corta el suministro de energía eléctrica al resto de la instalación cuando en la misma existe un fallo capaz de poner en peligro a las personas, animales o cosas. Este peligro puede ser ocasionado por electrocución o por incendio de origen eléctrico.

En apariencia se distingue del resto de los automáticos en que el interruptor diferencial dispone de un pulsador de test. Este pulsador sirve para comprobar la

eficacia del interruptor diferencial. Si pulsándolo, el diferencial dispara y deja sin tensión al resto de la instalación este diferencial presumiblemente funciona correctamente. Si por el contrario al pulsarlo, el diferencial no dispara y sigue con tensión el resto de la instalación, ese diferencial hay que sustituirlo cuanto antes porque está defectuoso y no cambiarlo podría desencadenar serios daños.

Si bien es cierto que los fabricantes recomiendan comprobar el funcionamiento del interruptor automático diferencial cada mes, esto puede resultar algo incómodo por parte del usuario, pues deberá, posteriormente, poner en hora todos los aparatos y receptores eléctricos que tengan reloj interno. En este caso, para comprobar el funcionamiento del diferencial, se puede hacer cuando se haya producido un corte de energía eléctrica y se haya restablecido ésta. Es de suma importancia conocer que la toma de tierra de la instalación va ligada al buen funcionamiento del automático diferencial, con lo que es obligado mantener la toma de tierra de la instalación en buenas condiciones. Para ello hay que revisar la instalación de la toma de tierra del edificio anualmente.

Es vital para el funcionamiento correcto de sus elementos de protección no manipular el diferencial ni sus conexiones.

Se van a utilizar cuatro interruptores diferenciales de la marca Delixi de las mismas características, como se puede observar en el plano del esquema unifilar:

- Código: AM2012.
- Referencia: CDL7/2/40/30AC.
- Interruptor diferencial de dos polos.
- Intensidad máxima: 40 A.
- Intensidad de fuga: 30 mA.
- Curva: tipo AC.

- PIA:

Tiene el mismo aspecto que el Interruptor General Automático. El Pequeño Interruptor Automático, tiene como finalidad interrumpir la energía eléctrica cuando en alguno de los circuitos interiores de la vivienda los cables no soportan la cantidad de energía eléctrica que transportan. De esta manera se previene el deterioro de los cables que componen la instalación interior de la vivienda. El aumento de la energía eléctrica superior a la admitida por los cables se puede deber a dos causas: un cortocircuito o un aumento de potencia eléctrica superior a lo que puede soportar el circuito.

En el cuadro de la instalación eléctrica de la vivienda, coexisten varios de estos pias puesto que cada uno de ellos está destinado para uno o un grupo de receptores. Así por ejemplo, en el albergue se puede observar que tenemos un PIA para el circuito de alumbrado de la planta baja, si se bajaran las palancas de este

automático, a los puntos de luz no les llegaría tensión y permanecerían apagados; sin embargo, si hay alguna lámpara conectada a una toma de corriente, ésta sí funcionaría, puesto que para las tomas de corriente hay otro automático distinto.

En la instalación del albergue se necesitarán siete PIAs de 10 A y dos de 16 A. La marca elegida es Delixi.

Características PIA 10 A:

- Código: AHC210.
- Referencia: CDB7H/2/10C.
- Interruptor automático de dos polos.
- Intensidad máxima: 10 A.
- Poder de corte: 10 kA.
- Curva: C.

Características PIA 16 A:

- Código: AHC216.
- Referencia: CDB7H/2/16C.
- Interruptor automático de dos polos.
- Intensidad máxima: 16 A.
- Poder de corte: 10 kA.
- Curva: C.

9.7. Puesta a tierra

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

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

La puesta a tierra se establece principalmente con el objetivo de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

Según el Reglamento de Baja Tensión, una masa cualquiera no debe estar a una tensión eficaz superior, con respecto a tierra, de 50 V en emplazamientos secos. Por lo tanto, como se colocan diferenciales de 30 mA, la resistencia de tierra máxima será:

$$R = V/I_f = 50/0,03 = 1665 \Omega$$

Este valor es teórico, ya que en la práctica para las tomas de tierra se exige que tengan una resistencia notablemente inferior.

Los tipos de electrodos más comúnmente utilizados son:

- Placas enterradas: las placas de cobre tendrán un espesor mínimo de 2 mm y las de hierro galvanizado de 2,5 mm. En ningún caso la superficie útil de la placa será inferior a 0,5 m². Se colocarán en el terreno en posición vertical y en el caso de tener que colocar varias placas en paralelo se separarán unos 3 metros unas de otras.

- Picas verticales:

- Tubos de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior, como mínimo.
- Perfiles de acero dulce galvanizado de 60 mm de largo, como mínimo.
- Barras de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

Las longitudes mínimas de estos electrodos no serán inferiores a 2 m. Si se necesitan conectar dos picas conectadas en paralelo, la separación entre ellas debe ser igual, por lo menos, a la longitud enterradas de las mismas, si son necesarias varias picas conectadas en paralelo, la separación entre ellas deberá ser mayor que en el caso anterior.

- Conductores enterrados horizontalmente:

- Conductores o cables de cobre desnudo de 35 mm² de sección, como mínimo.
- Pletinas de cobre de, como mínimo, 35 mm² de sección y 2 mm de espesor.
- Pletinas de acero dulce galvanizado de, como mínimo, 100 mm² de sección y 3 mm de espesor.
- Cables de acero galvanizado de 95 mm² de sección, como mínimo.
- Alambres de acero, como mínimo, 20 mm² de sección, cubiertos con una capa de cobre de 6 mm² como mínimo.

Como toma de tierra se colocará un conductor enterrado horizontalmente. Se usará un cable de cobre desnudo de 35 mm² de sección cuya resistencia eléctrica a 20°C es de 0,511 Ω/Km.

10. Instalación eólica-fotovoltaica

En este apartado, se van a calcular los dispositivos eólicos y fotovoltaicos.

10.1. Elementos de la instalación

A continuación, se van a describir los principales elementos de una instalación mixta (fotovoltaica y eólica).

10.1.1. Panel solar

Una célula fotovoltaica es una unidad formada por materiales semiconductores capaces de producir, mediante una unión P-N, una barrera de potencial que haga posible el efecto fotovoltaico. El tamaño de cada célula varía normalmente desde unos pocos centímetros cuadrados hasta 100 cm² o más, y su forma es circular, cuadrada o derivada de estas dos geometrías. Una célula suelta solamente es capaz de proporcionar una tensión de algunas décimas de voltio y una potencia máxima de uno o dos vatios. Las células se conexionan en serie para producir las tensiones de 6, 12 ó 24 V aceptadas en la mayor parte de las aplicaciones. Al conjunto formado, convenientemente ensamblado y protegido contra los agentes externos, se le denomina panel o módulo fotovoltaico.

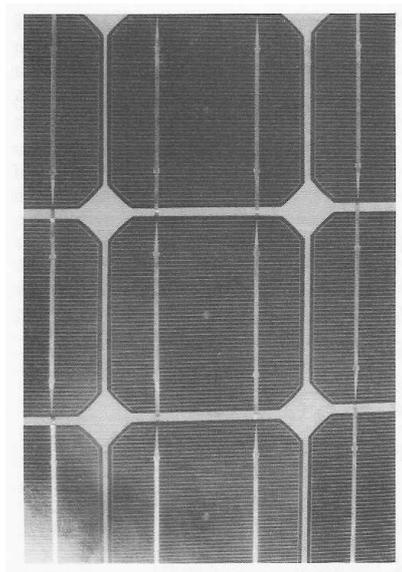


Figura 75.- Células fotovoltaicas de silicio monocristalino.

El proceso de conexión de las células es automático, efectuándose mediante soldaduras especiales que unen el dorso de una célula con la cara frontal de la adyacente. Una vez terminadas las interconexiones eléctricas, las células son encapsuladas en una estructura tipo sándwich, consistente en una lámina de vidrio templado, otra de un material orgánico adecuado, luego las propias células, otra capa de sustrato orgánico y por último, una cubierta posterior formada por varias láminas de polímeros u otro vidrio.

Luego, se procede a un sellado al vacío, haciéndose estanco el conjunto. Por último, se rodea el perímetro del panel con neopreno o algún material que lo proteja de las partes metálicas que forman el marco-soporte, en caso de que lo lleve. Una vez montadas las conexiones positiva y negativa se efectúan los controles de calidad necesarios.

- Características físicas:

Los paneles adoptan siempre la forma cuadrada o rectangular, con áreas que van desde $0,1 \text{ m}^2$ hasta $0,5 \text{ m}^2$. El grueso total, sin incluir el marco protector, no suele superar los 3 cm. Son relativamente ligeros y son capaces de sufrir ligeras deformaciones para adaptarse a los esfuerzos mecánicos a que pudieran verse sometidos.

Los contactos eléctricos exteriores deberán asegurar una perfecta estanqueidad cuando se efectúe la unión con el conductor exterior o con otros paneles. Algunos paneles llevan preparada una toma de tierra, que se usará cuando la potencia total de los paneles vaya a ser considerable.

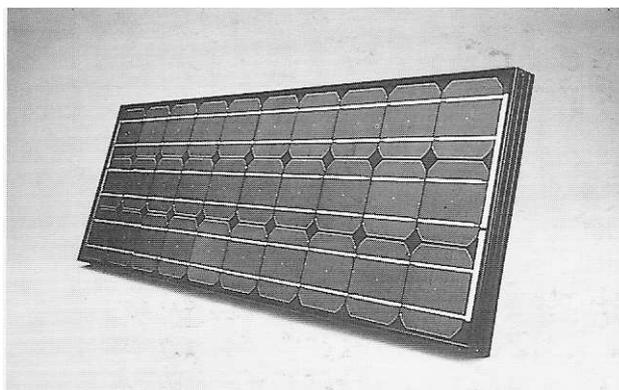


Figura 76.- Panel formado por células cuadradas.

- Características eléctricas:

Los paneles responderán a la radiación solar dependiendo de las células que lo forman, que pueden describirse mediante los siguientes parámetros:

- Corriente de cortocircuito (i_{sc}): es la intensidad máxima de la corriente que se puede obtener de un panel bajo unas determinadas condiciones.
- Voltaje a circuito abierto (V_{oc}): es el voltaje máximo que se podría medir con un voltímetro, sin permitir que pase corriente alguna entre los bornes de un panel.
- Corriente a un determinado voltaje (i).
- Potencia máxima (P_M).
- Eficiencia total del panel: es el cociente entre la potencia eléctrica producida por éste y la potencia de la radiación incidente sobre el mismo.
- Factor de forma (FF): es un concepto teórico útil para medir la forma de la curva definida por las variables i y V .

$$FF = P_M / (i_{sc} \cdot V_{oc}) = i_M \cdot V_M / (i_{sc} \cdot V_{oc})$$

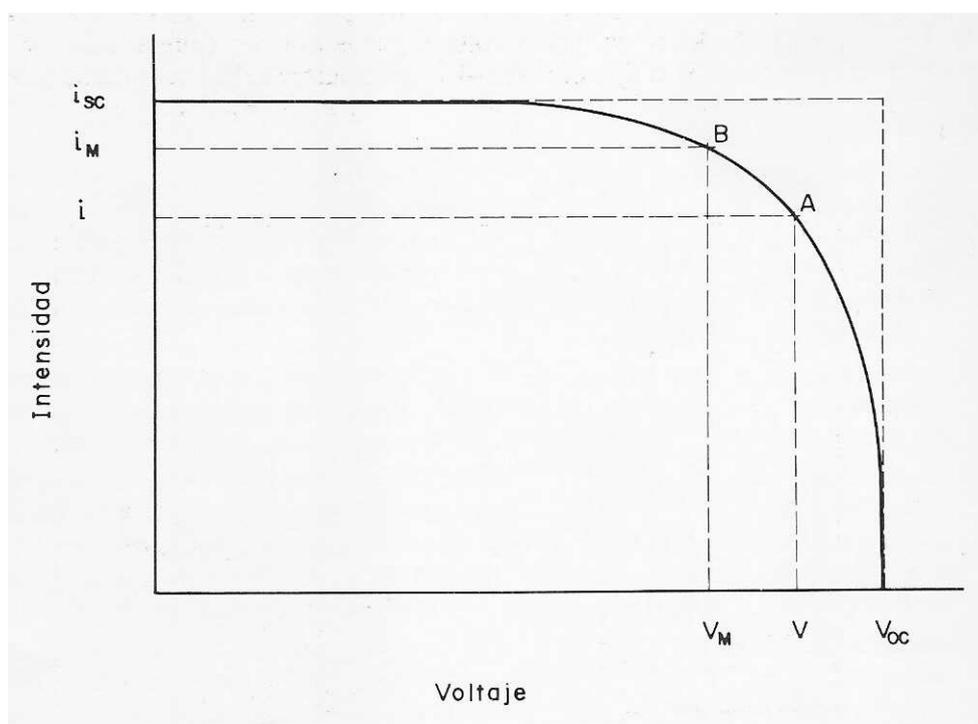


Figura 77.- Curva i-V de un panel fotovoltaico.

Si se modifican la intensidad radiante incidente sobre el panel o la temperatura ambiente, que son las dos variables que más influencia tienen en la respuesta eléctrica del mismo, la curva i-V se modificará. La potencia del panel disminuye aproximadamente un 0,5% por cada grado de aumento de la temperatura de la célula por encima de los 25°C.

Los paneles se pueden clasificar atendiendo al tipo de células que contiene: monocristalinos, policristalinos y amorfos. Otra posible clasificación tendría en cuenta la potencia nominal de cada panel.

La potencia nominal pico es la proporcionada al recibir el panel una irradiación de 1000 W/m^2 cuando la temperatura de las células es de 25°C . Normalmente, la intensidad radiante recibida por el panel es inferior a 1000 W/m^2 , por lo que la potencia real producida será inferior a la nominal pico. Las potencias más usuales son: 5, 10, 20, 35, 40 y 60 W.

10.1.2. Acumuladores

Son los dispositivos capaces de mantener una diferencia de potencial entre los puntos del circuito eléctrico mientras la corriente fluye por dicho circuito. Los acumuladores son sistemas electroquímicos que se basan en reacciones químicas reversibles.

Dos electrodos inmersos en una disolución electrolítica y compuestos por sustancias conductoras adquieren un potencial distinto, es decir, se establece entre ellos una diferencia de potencial capaz de generar una corriente eléctrica que puede fluir a través de un circuito externo que una ambos electrodos. A la unidad elemental formada por un par de electrodos inmersos en la disolución electrolítica se la denomina celda. Un acumulador contiene normalmente varias celdas en un mismo recipiente, unidas entre sí con objeto de conseguir una diferencia de potencial adecuada al objetivo que se persigue. Se designa como positivo al electrodo del cual sale la corriente y como negativo al que entra de nuevo en el acumulador.

El acumulador, mientras produce la corriente, se descarga, es decir, la diferencia de potencial entre sus bornes disminuye. Inversamente, si forzamos el paso de una corriente a través de un acumulador en sentido contrario a la que se produciría de forma natural, la reacción química se efectuará también en sentido opuesto, formándose de nuevo los productos químicos iniciales, que volverán a estar listos para reaccionar: el acumulador se carga.

Los acumuladores pueden combinarse para conseguir un mayor voltaje (en serie) o mayor capacidad de suministro de corriente (en paralelo). En las asociaciones los acumuladores deben ser idénticos entre sí.



Figura 78.- Batería monobloc.

- Descripción y tipos de acumuladores:

Existen varios tipos de acumuladores:

- Estacionarios: son acumuladores que normalmente están destinados a permanecer fijos, ubicados en un determinado lugar y destinados a producir una corriente, bien de forma permanente o de forma esporádica, pero sin que en ningún momento estén obligados a producir corrientes de alta intensidad en breves períodos de tiempo.
- De arranque: se encargan de suministrar energía eléctrica para diversos servicios y de proporcionar una gran intensidad durante unos pocos segundos cada vez que deseamos poner en marcha el motor (vehículos), deben estar contruidos de forma que sean capaces de soportar estas elevadas intensidades. Las placas que forman sus electrodos son más gruesas que las de los acumuladores estacionarios y la vida útil de los mismos es menor, debido a las duras condiciones de uso.
- De tracción: son las encargadas de suministrar corriente a los motores de los pequeños vehículos eléctricos. A estas baterías se les exige una intensidad alta durante períodos de algunas horas de forma casi ininterrumpida.

En cuanto a sus características y elementos constituyentes los acumuladores se pueden dividir en dos grandes grupos: los de electrolito ácido (plomo ácido) y los de electrolito alcalino.

Los acumuladores de plomo ácido son adecuados para soportar las condiciones de trabajo que se dan en una instalación solar fotovoltaica. Entre los acumuladores alcalinos destacan los de níquel-cadmio y los de níquel-hierro.

En un acumulador de plomo-ácido la reacción química principal es la siguiente:



La sobrecarga se evita regulando el proceso de carga mediante un regulador.

Las características de un acumulador son:

- La capacidad C: es la máxima cantidad de electricidad que puede contener. En la práctica para evitar daños irreversibles en el acumulador, únicamente es posible obtener una cantidad de electricidad sensiblemente inferior a la capacidad teórica o nominal, que llamaremos capacidad útil.

La capacidad útil representa una fracción de la capacidad nominal que puede oscilar entre un 30% para algunos acumuladores de bajo precio, y más de un 90% para los acumuladores alcalinos de alta calidad.

Normalmente, interesa conocer la cantidad de trabajo útil, medida en julios, que puede obtenerse, más que la cantidad de electricidad. La cantidad de electricidad que podemos obtener de un acumulador depende también del tiempo en que se efectúe el proceso de extracción, siendo mayor cuanto más lentamente se efectúa dicho proceso.

Si se fuerza al acumulador a descargarse en un tiempo corto, obligándole a producir una intensidad de corriente alta, se producirán pérdidas de rendimiento en los procesos electroquímicos de descarga que harán que la cantidad neta de electricidad que nos pueda suministrar sea bastante menor que si la extracción se efectúa más lentamente.

Por eso, junto a la cifra de la capacidad se suele especificar el tiempo de descarga. A veces este tiempo, expresado en horas, se sitúa como subíndice del símbolo C de la capacidad. También se debería expresar la tensión final, valor de la tensión al finalizar el proceso de descarga.

Existe la costumbre de expresar las capacidades en amperios hora (Ah), una unidad algo complicada pero que tiene la ventaja de dar instantáneamente el número de horas que teóricamente se podría disponer de una corriente de intensidad determinada procedente de un acumulador.

- Profundidad de descarga: es el porcentaje sobre la capacidad máxima de un acumulador que se llega a extraer del mismo en las aplicaciones habituales. Influye decisivamente en su tiempo de vida útil.
- La vida útil: se suele medir en ciclos en vez de en años. Un ciclo es un proceso completo de carga y descarga (hasta alcanzar la profundidad de descarga recomendada).
- Autodescarga: fenómeno por el cual un acumulador, debido a causas diversas, experimenta una lenta pero continua descarga aunque no esté conectado a ningún

circuito externo. Si no se conocen los datos, la autodescarga deberá estimarse de 0.5% a 1% diario de la capacidad del acumulador, según la temperatura del lugar.

- Asociación de acumuladores:

Los acumuladores se pueden unir entre sí en serie, paralelo o de forma mixta, a fin de producir el voltaje e intensidad totales convenientes para una determinada instalación. Es imprescindible que todos los acumuladores que se combinen sean idénticos entre sí y se encuentren en el mismo estado de carga, para evitar desequilibrios en el sistema.

A la hora de elegir el tipo y modelo de batería a utilizar, se deberá exigir al fabricante o proveedor información detallada de sus características:

- Tipo de batería y tensión nominal, dimensiones, peso, etc.
- Capacidad para descarga en 20, 50 y 100 horas, con sus tensiones de corte.
- Rango de temperatura de funcionamiento.
- Profundidad máxima de descarga.
- Valor de la autodescarga.
- Ciclaje máximo diario permitido.
- Tiempo máximo de trabajo a un 50% de carga y con un ciclaje del 10%.
- Rendimiento de carga.
- Variación de la capacidad con la temperatura.
- Voltajes finales en función del régimen de descarga.
- Voltaje máximo de carga en función de la temperatura y del régimen de carga.
- Temperatura de congelación.
- Densidad en función del estado de carga.

10.1.3. Regulador

Los paneles fotovoltaicos se diseñan para que puedan producir una tensión de salida de algunos voltios superior a la tensión que necesita una batería para cargarse. Esto se hace así para asegurar que el panel siempre estará en condiciones de cargar la batería, incluso cuando la temperatura de la célula sea alta y se produzca una disminución del voltaje generado.

El inconveniente de esta ligera sobretensión es doble. Por una parte se desperdicia un poco de la energía máxima obtenible del panel (alrededor del 10%). Por otra, ocurrirá que, aunque ésta llegue a su estado de plena carga, no alcanzará el potencial máximo que el panel teóricamente puede lograr y éste seguirá intentando inyectar energía a través de los bornes de la batería, produciendo una sobrecarga perjudicial para la misma, que puede llegar a destruirla.

El regulador de carga tiene la misión de regular la corriente que absorbe la batería con el fin de que en ningún momento pueda ésta sobrecargarse peligrosamente pero evitando que deje de aprovechar energía captada por los

paneles. Para ello, el regulador, mediante dispositivos electrónicos, debe detectar y medir constantemente el voltaje, que será una indicación del estado de carga de la batería y si éste llega al valor de consigna previamente establecido, correspondiente a la tensión máxima admisible, actuar de forma que impida que la corriente siga fluyendo hacia la batería, o bien que fluya únicamente la justa para mantenerla en estado de plena carga, pero sin sobrepasarse. Dicha corriente mínima se denomina "de flotación" y se dice que la batería se encuentra en dicho estado cuando sólo recibe la cantidad de energía suficiente para mantenerse a plena carga.

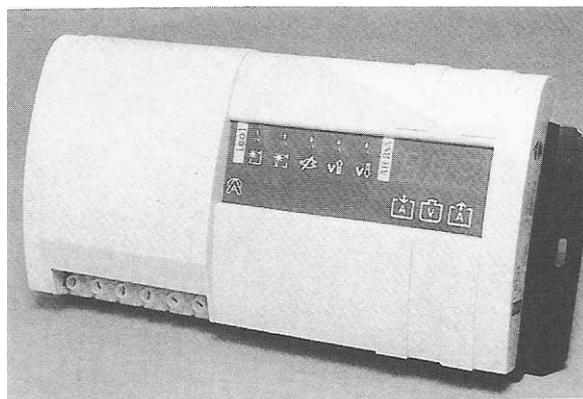


Figura 79.- Regulador de carga de baterías.

- Tipos de reguladores:

Existen dos tipos de reguladores, los de tipo paralelo (shunt) y los de tipo serie.

El regulador shunt, al detectar un valor de la tensión demasiado alto, deriva la corriente a través de un dispositivo de baja resistencia, convirtiendo su energía en calor por efecto Joule, disipando dicho calor mediante unas aletas metálicas. Ha sido utilizado en pequeñas instalaciones, aunque se imponen actualmente los reguladores serie.

El regulador serie, en vez de disipar energía, simplemente interrumpen el circuito cuando el voltaje alcanza un valor determinado. Un relé de alta fiabilidad comandado por un dispositivo electrónico de control se encarga de abrir o cerrar el circuito. Al no existir disipación de calor, este tipo de reguladores puede ser de pequeño tamaño.

Al realizar la conexión a los bornes de la batería hay que asegurarse bien de la polaridad de los conductores, ya que la inversión de polaridad puede producir daños al equipo.

10.1.4. Inversor

Los convertidores son dispositivos capaces de alterar la tensión y características de la corriente eléctrica que reciben, transformándola de manera que resulte más apta para los usos específicos a que vaya destinada en cada caso.

Los convertidores que reciben corriente continua a un determinado voltaje y la transforman en corriente continua pero a un voltaje diferente se denominan convertidores CC-CC y los que transforman corriente continua en alterna se denominan convertidores CC-CA.

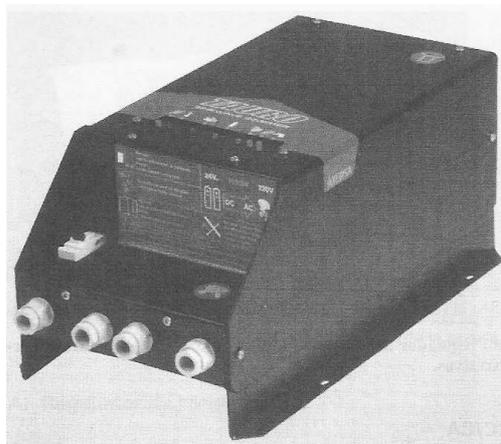


Figura 80.- Inversor.

Los convertidores CC-CA (inversores) deben tener las siguientes cualidades para instalaciones solares:

- Capacidad de resistir potencias punta.
- Una eficiencia razonable.
- Estabilidad del voltaje.
- Baja distorsión armónica.
- Posibilidad de poder ser combinado en paralelo.
- Arranque automático.
- Poseer seguridad contra cortocircuitos, sobrecarga e inversión de polaridad.
- Buen comportamiento frente a la variación de temperatura.
- Señalización adecuada.
- Documentación técnica suficiente.

10.2. Cálculo de la capacidad y determinación del acumulador

Para comenzar con el cálculo, hay que determinar el número máximo N de días de autonomía previstos para la instalación de acuerdo con las características climatológicas de la zona, el servicio que presta la instalación y las circunstancias de cada usuario.

Este valor es el máximo número de días consecutivos que pueden producirse con condiciones meteorológicas muy desfavorables. Durante este tiempo el consumo se hace a través de la reserva de la batería, ya que los paneles no captan prácticamente energía.

Normalmente, es preferible reducir el número N de días de autonomía, aunque en algún momento se deba reducir el consumo para evitar que la batería se descargue más de lo conveniente.

		Máximo	Normal	Mínimo		Máximo	Normal	Mínimo	
1	Alava	25	20	15	27	León	23	18	14
2	Albacete	19	15	11	28	Lérida	23	18	14
3	Alicante	16	13	10	29	Lugo	24	19	14
4	Almería	15	12	9	30	Madrid	20	16	12
5	Asturias	24	19	14	31	Málaga	15	12	9
6	Avila	22	18	13	32	Melilla	13	10	8
7	Badajoz	20	16	12	33	Murcia	15	12	9
8	Baleares	19	15	11	34	Navarra	24	19	14
9	Barcelona	20	16	12	35	Orense	24	19	14
10	Burgos	24	19	14	36	Palencia	24	19	14
11	Cáceres	19	15	11	37	Las Palmas	8	6	5
12	Cádiz	16	13	10	38	Pontevedra	21	17	13
13	Cantabria	24	19	14	39	La Rioja	23	18	14
14	Castellón	17	14	10	40	Salamanca	22	18	13
15	Ceuta	13	10	8	41	Sta. C. Tenerife	12	10	7
16	Ciudad Real	19	15	11	42	Segovia	22	18	13
17	Córdoba	18	14	11	43	Sevilla	18	14	11
18	La Coruña	22	18	13	44	Soria	21	17	13
19	Cuenca	21	17	13	45	Tarragona	19	15	11
20	Gerona	19	15	11	46	Teruel	22	18	13
21	Granada	17	14	10	47	Toledo	21	17	13
22	Guadalajara	21	17	13	48	Valencia	19	15	11
23	Guipúzcoa	23	18	14	49	Valladolid	25	20	15
24	Huelva	16	13	10	50	Vizcaya	24	19	14
25	Huesca	22	18	13	51	Zamora	24	19	14
26	Jaén	19	15	11	52	Zaragoza	21	17	13

Tabla 47.- Días de autonomía recomendados para baterías en servicio todo el año (Censolar, 1991).

En la tabla anterior, los valores de la columna de la izquierda son los días consecutivos cubiertos que cabe esperar que se produzcan según unos modelos estadísticos obtenidos a partir de datos meteorológicos en los últimos años. Este número de días asegura el servicio permanente de la instalación.

Los valores centrales son los que se recomiendan usar y los de la derecha son el número mínimo de días de autonomía que se deben utilizar.

En el caso del albergue, se usarán los valores de Huesca, debido a que el clima es muy parecido al de Trasmoz. En cuanto a los días de autonomía, se escogerá el valor de la columna de la derecha porque el albergue está abierto desde marzo hasta octubre y normalmente, los días que están totalmente cubiertos suelen ser los días durante los meses en los que no está abierto el albergue.

Por lo que la autonomía del albergue será de 13 días y eso conllevará a un considerable ahorro económico, al usar un modelo de batería de menor capacidad.

El tipo de acumulador que interesa es el estacionario pues éste será el adecuado para las instalaciones solares fotovoltaicas, en las que no se debe, excepto en casos muy específicos, instalar un acumulador de arranque.

Las baterías que se van a utilizar son del modelo Powerblock de la marca Fulmen.

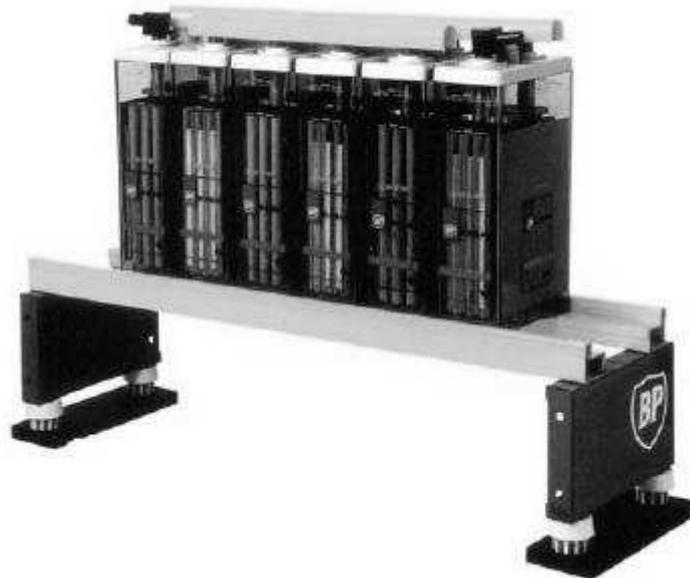


Figura 81.- Baterías Fulmen Powerblock.

Sabiendo la energía total teórica E_T que se requiere en 24 horas y el número de días de autonomía máxima, se pasará a calcular la energía real necesaria E .

La energía E equivaldrá exactamente a la energía que se necesite diariamente, teniendo en cuenta las pérdidas que se producen (Censolar, 1991).

$$E = E_T/R$$

Siendo:

R es un factor global de rendimiento de la instalación.

$$R = 1 - [(1 - k_b - k_c - k_v) \cdot k_a \cdot N/p_d] - k_b - k_c - k_v$$

Donde:

K_b : Coeficiente de pérdidas por rendimiento en el acumulador.

K_a : Coeficiente de autodescarga.

K_c : Coeficiente de pérdidas en el convertidor.

K_v : Coeficiente que agrupa otras pérdidas (rendimiento global de toda la red de consumo, pérdidas por efecto Joule, etc.).

p_d : profundidad de descarga máxima admisible.

K_b indica la fracción de energía que la batería no devuelve con respecto a la que entra en ella. Los valores que toma son:

- Servicios en condiciones que no demanden descargas intensas: 0,05.
- Casos más desfavorables (acumuladores viejos, descargas intensas): 0,1.

K_a representa la fracción de energía de la batería que se pierde diariamente por autodescarga. Normalmente, el fabricante especifica el valor, pero si no es así se toma este valor igual a 0,005 (0,5%). Si se conoce el tipo de batería, puede tomar estos valores:

- Para baterías de baja autodescarga, como las de Ni-Cd o las de Pb-Ca, sin mantenimiento: 0,002.
- Para las baterías estacionarias de Pb normalmente utilizadas en energía solar: 0,005.
- Para el resto de las baterías de alta autodescarga: 0,012.

k_c toma estos valores:

- Si no existe convertidor: 0.
- Cuando el convertidor es senoidal: 0,2.
- Cuando el convertidor es de onda cuadrada: 0,1.

k_v toma estos valores:

- Si las potencias utilizadas son las teóricas de cada aparato: 0,15.
- Si no se dispone de información en detalle de los rendimientos: 0,1.
- Si las potencias usadas son las reales de cada aparato: 0,05.

El valor de la profundidad de descarga máxima admisible la proporciona el fabricante y es igual a 0,8.

En este caso, los valores que toman los coeficientes son:

$$K_b = 0,05; k_a = 0,005; k_c = 0,2; k_v = 0,15; N = 13; p_d = 0.8$$

$$R = 1 - [(1 - 0,05 - 0,2 - 0,15) \cdot 0,005 \cdot 13 / 0,8] - 0,05 - 0,2 - 0,15$$

$$R = 0,56$$

$$E = E_T / R = 3609,36 / 0,56 = 6445 \text{ Wh}$$

La capacidad útil C_u que debe tener la batería será igual a la energía total E que es preciso producir diariamente multiplicada por el número N de días de autonomía, ya que la batería debe ser capaz de acumular toda la energía necesaria para dicho período.

$$C_u = E \cdot N = 6445 \cdot 13 = 83.789 \text{ Wh}$$

(3492 Ah si el voltaje nominal es 24 V)

La capacidad normal C asignada por el fabricante será igual al cociente entre C_u y la profundidad máxima de descarga admisible p_d .

$$C = C_u / p_d = 83.789 / 0,8 = 104.736 \text{ Wh}$$

(4364 Ah si el voltaje nominal es 24 V)

10.2.1. Elección del acumulador

El tipo de acumulador más adecuado para instalaciones fotovoltaicas es el estacionario, apto para servicios semicontinuos o intermitentes.

La elección del acumulador suele resultar complicada, ya que aquellos acumuladores que tienen una autodescarga muy baja no soportan descargas

excesivas y los que permiten profundas descargas resultan muy caros. Por lo que siempre se tienen en cuenta tres factores: la economía, la idoneidad y la calidad mínima necesaria para asegurar la fiabilidad y larga vida de la instalación.

Las baterías que se van a utilizar son del modelo Powerblock de la marca Fulmen, como se ha mencionado anteriormente.

Las baterías Powerblock han sido especialmente diseñadas para sistemas fotovoltaicos. Son la solución más rentable y, técnicamente la más adecuada, dadas sus características de:

- Larga duración.
- Gran profundidad de descarga.
- Reducido consumo de agua.
- Mínima autodescarga.
- Casi nulo mantenimiento.

- Características técnicas:

- Batería estacionaria de plomo ácido, con placa positiva tubular y placa negativa de tipo FAURE, de gran espesor.
- Elementos de 2 V con recipiente transparente, y bornes de tornillo para facilitar su montaje. Conexiones protegidas contra posibles cortocircuitos.
- Electrolito con densidad 1,24 que le confiere gran longevidad. La gran reserva de electrolito le permite reducir la frecuencia de mantenimiento.
- Aleaciones de las rejillas y espigas de bajo contenido en antimonio, que limitan la autodescarga, el consumo de agua y la corrosión.
- Separación triple que garantiza el aislamiento eléctrico entre placas, una repartición homogénea.

- Características de los elementos:

- Capacidad en 100 horas: 4400 Ah.
- Resistencia interna: 0,17 mΩ.
- Volumen de electrolito: 54,5 l.
- Volumen de reserva: 5,15 l.
- Capacidad en 10 horas: 3259 Ah.
- Peso: 220 Kg.
- Dimensiones totales: 820 x 210 x 576 mm.

- Carga:

La capacidad en Ah que una batería puede restituir, está en función principalmente de:

- Las condiciones de descarga.
- Su estado de carga.
- La temperatura.

- Ciclaje:

El número de ciclos depende de la profundidad de la descarga y del coeficiente de recarga (ver gráfico):

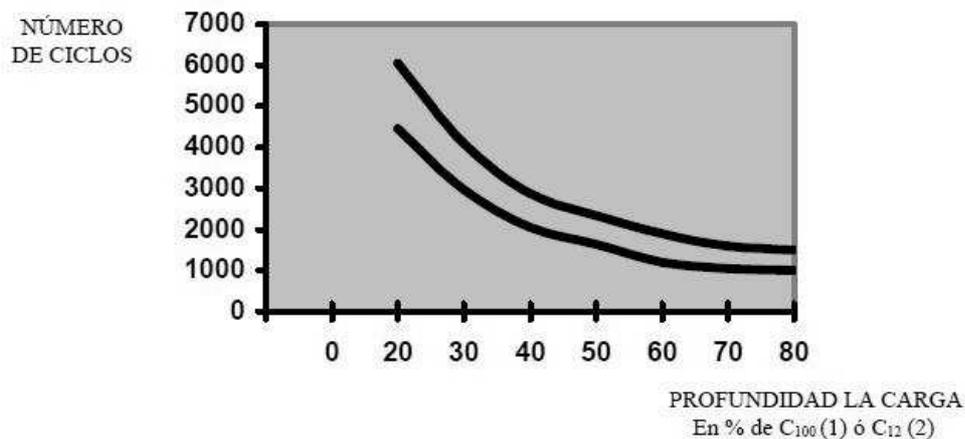


Figura 82.- Número de ciclos en función de la profundidad de descarga.

- Autodescarga:

La autodescarga de los elementos es muy débil debido a la composición de las aleaciones empleadas. Depende de: la temperatura, la edad de los elementos y de la estratificación del electrolito. En un elemento en fin de vida, con una fuerte estratificación de electrolito, puede triplicarse.

- Consumo de agua:

La naturaleza de las aleaciones y la gran reserva de electrolito, situada por encima de las placas, permite espaciar considerablemente la reposición de agua (cada 2 ó 3 años).

10.2.2. Conexión y ubicación

Como cada batería Fulmen Powerblock proporciona un voltaje de 2 V y se necesitan 24 V, se requieren 12 baterías en serie. Además, para conseguir la corriente necesaria se deberán colocar baterías en paralelo, tantas como sean necesarias. En este caso, si se escoge la batería cuyo código es S-4400, sólo se tendrá que colocar esa fila de 12 baterías en serie, ya que proporciona 4400 Ah (C-100) cada batería, por lo tanto el total que proporcionan es 4400 Ah, cubriendo así las necesidades.

La ubicación de los acumuladores será en una caseta que está situada a 5 metros a la izquierda del albergue.

10.3. Cálculo de los paneles fotovoltaicos

La energía E necesaria diariamente es aquella que debe entrar a través de los bornes del acumulador, la cual tiene su origen en los paneles fotovoltaicos y en el generador eólico. Pero, entre éstos y la batería hay instalado un regulador, por lo que los paneles solares deberán producir una cantidad diaria de energía E_p superior a la energía E necesaria.

Las pérdidas del regulador son difíciles de calcular, ya que dependen del estado de carga de la batería. Como es evidente, cuando la batería está cargada en su totalidad, el regulador no deja pasar energía. Normalmente, se considera que un 10% de la energía que producen los paneles va a ser disipada en el regulador.

$$E_p = E/0,9 = 6445/0,9 = 7161 \text{ Wh}$$

Para evaluar la energía que un panel puede producir diariamente en la localidad de Trasmoz es útil usar el concepto del número de horas de sol pico (H.S.P.), que es el valor de la energía H total incidente sobre la superficie horizontal de 1m^2 expresado en kWh en vez de en MJ.

Una de las ventajas de usar este concepto de las H.S.P. es que permite evaluar más rápidamente los rendimientos energéticos.

$$\text{H.S.P.} = 0,2778 \cdot k \cdot H$$

K es el coeficiente de corrección por inclinación de los paneles (igual que la latitud).

Los paneles fotovoltaicos se instalarán mirando al sur y su inclinación será (Censolar, 1991):

- 20° mayor que la latitud para instalaciones de función prioritaria en invierno.

- 15° mayor que la latitud para instalaciones de funcionamiento más o menos uniforme durante todo el año.
- Igual que la latitud para instalaciones de funcionamiento prioritario en primavera o verano.

En esta ocasión, como Trasmoz tiene una latitud de 41,8254° y el funcionamiento de los paneles del albergue es desde marzo a octubre (abarca primavera y verano), la inclinación a la que se instalarían estos sería la más cercana a 41,8254°, que es 40°. Sin embargo, se aprovechará la inclinación del tejado y se pondrán a los 35° de este, ya que no existen muchas diferencias entre el coeficiente de corrección a 35° y a 40°.

Mes	k	
	35°	40°
Marzo	1,19	1,19
Abril	1,08	1,06
Mayo	1	0,97
Junio	0,97	0,94
Julio	1	0,97
Agosto	1,09	1,08
Septiembre	1,23	1,24
Octubre	1,4	1,42

Tabla 48.- Factor de corrección k para superficies inclinadas.

Mes	H (tablas)	H (corregida)
Marzo	14,3	15
Abril	18,7	19,6
Mayo	20,3	21,3
Junio	22,1	23,2
Julio	23,1	24,3
Agosto	20,9	22
Septiembre	16,9	17,8
Octubre	11,3	11,9

Tabla 49.- Energía en megajulios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes.

Los valores de irradiación H han sido multiplicados por 1,05 (factor de corrección) debido a que la ubicación del albergue está en zona de montaña con atmósfera muy limpia.

Una vez calculados los términos k y H, se procede a evaluar las horas de sol pico (H.S.P.).

Mes	k (35°)	H (corregida)	H.S.P.
Marzo	1,19	15	4,96
Abril	1,08	19,6	5,88
Mayo	1	21,3	5,92
Junio	0,97	23,2	6,25
Julio	1	24,3	6,75
Agosto	1,09	22	6,66
Septiembre	1,23	17,8	6,08
Octubre	1,4	11,9	4,63

Tabla 50.- Número de horas de sol pico.

En la tabla anterior el dato más desfavorable de H.S.P. es en el mes de octubre, que es el que se utilizará para los siguientes cálculos.

La energía diaria teórica que produciría cada panel de potencia nominal P sería el producto de este por el número de H.S.P.

El panel seleccionado es el módulo fotovoltaico BP 3125 S de inelsacontrols. Sabiendo los paneles que se van a utilizar, se puede calcular el número de paneles necesarios de potencia nominal P:

$$N^{\circ} \text{ de paneles} = E_p / 0,9 \cdot P \cdot (\text{H.S.P.}) = 7161 / 0,9 \cdot 160 \cdot 4,63 = 10,74 \approx 12$$

10.3.1. Elección de los paneles fotovoltaicos

El módulo fotovoltaico BP 3160 está diseñado para generar corriente eléctrica a partir de los rayos solares, incluso con bajos niveles de radiación. Sus niveles de tensión de salida están preparados para cargar una batería de 24V gracias a sus 72 células de silicio policristalino. Pueden conectarse en serie, permitiendo tensiones mayores como las habituales de 48V o 120V. Módulo que presenta el marco más resistente del sector y conectores multicontact que agilizan la instalación. Su marco de aluminio permite un fácil anclaje a los diferentes tipos de estructuras.

- Características de la célula:

72 células de eficacia avanzada de silicio policristalinas pueden trabajar en sistemas tanto aislados como de conexión a red.

- Garantías:

- Potencia de salida durante 25 años.
- Libre de defectos en materiales y mano de obra durante 3 años.

- Dimensiones:

- Peso: 12,4 Kg.
- Dimensiones: 1587 x 790 x 50 mm
- Cable conductor con conectores multicontact clase II de 600 mm de longitud.

- Características eléctricas:

- Potencia máxima nominal: 160 W.
- Tensión de $P_{MÁX}$: 35,1 V.
- Intensidad de $P_{MÁX}$ (Imp): 4,55 A.
- Corriente de cortocircuito (Isc): 4,8 A.
- Tensión a circuito abierto (Voc): 44,2 V.
- Potencia mínima garantizada: 150 W.
- Máximo voltaje del sistema: 600 V.
- Coeficiente de Temperatura (Isc): $(0,065 \pm 0,015) \% / ^\circ C$.
- Coeficiente de Temperatura (Voc): $-(160 \pm 20) mV / ^\circ C$.
- Desviación por $^\circ T$ (W): $-(0,5 \pm 0,05) \% / ^\circ C$.
- NOCT: $47 \pm 2^\circ C$.

Estructura de sujeción:

El modelo del soporte de los paneles BP 3160 S es el Console 4.1 del tipo de estructuras Console. Este modelo tiene una estructura lo más adecuada y cómoda para instalaciones en tejados o terrazas planas. Fabricada con polietileno sin cloro 100% reciclado y presenta una larga duración sin mantenimiento. Su ligero peso y diseño funcional reducen al máximo el tiempo de instalación y el coste. Incorpora conductos de cables integrados y ranuras de refrigeración.

10.3.2. Conexión y ubicación

La conexión que se utilizará será de forma que en su salida consigan 24 V, por lo tanto se conectarán los doce paneles en paralelo, ya que cada panel tiene 24 V entre sus bornes (como se indica a continuación).

Su ubicación será en el tejado del albergue, al lado de la instalación de A.C.S.

10.4. Elección del aerogenerador

Para la elección del aerogenerador se tienen en cuenta las velocidades del viento que se llegan a producir en la localidad de Trasmoz. Como no se tienen registros de vientos de esta localidad, se tienen en cuenta los datos mensuales de velocidad de la ciudad de Huesca, considerándolos buenos para la localidad de Trasmoz y se recogen en la siguiente tabla:

Mes	Velocidad media del viento (Km/h)	Velocidad media del viento (m/s)
Marzo	13,9	3,86
Abril	16,3	4,53
Mayo	13,8	3,83
Junio	14,5	4,03
Julio	14,3	3,97
Agosto	13,2	3,67
Septiembre	12,7	3,53
Octubre	13,2	3,67
Período	14	3,89

Tabla 51.- Velocidades del viento durante el período de apertura.

El tipo de generador que se va a utilizar es el modelo Inclin 600 de la marca Bornay. Éste se va ubicar a 20 metros al oeste de la caseta donde estarán los reguladores, acumuladores y el inversor.

Los aerogeneradores Inclin están concebidos para trabajar en conjunto con las instalaciones solares. La combinación formada por una instalación mixta garantiza el suministro de energía en cualquier condición climatológica.



Figura 83.- Aerogenerador Inclín 600 Bornay.

- Especificaciones técnicas:

- Número de hélices: 2.
- Diámetro: 2m.
- Material: fibra de vidrio/carbono.
- Dirección de rotación: contrario a las agujas del reloj.
- Sistema de control: 1) Regulador electrónico.
2) Pasivo por inclinación.

- Especificaciones eléctricas:

- Alternador: trifásico de imanes permanentes.
- Imanes: ferrita.
- Potencia nominal: 600 W.
- Voltaje: 12, 24 y 48 V.
- RPM: 1000.
- Regulador: 12 V 60 A
24 V 30 A
48 V 15 A

- Velocidad del viento:

- Para arranque: 3,5 m/s.
- Para potencia nominal: 11 m/s.
- Para frenado automático: 13 m/s.
- Máxima velocidad de viento: 60 m/s.

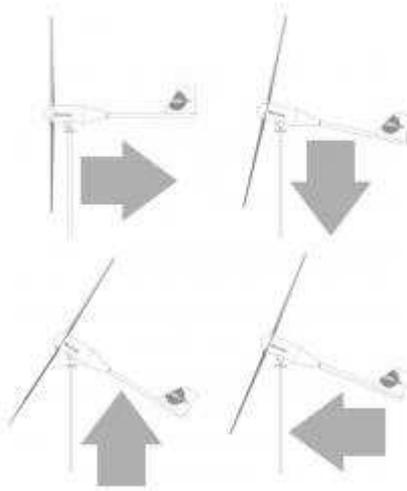


Figura 84.- Sistema de frenado del aerogenerador.

- Especificaciones físicas:

- Peso aerogenerador: 38 Kg.
- Peso regulador: 7 Kg.
- Embalaje (dimensiones-peso): 50 x 77 x 57 cm – 55 Kg
104 x 27 x 7 cm – 4,7 Kg
- Garantía: 3 años.



Figura 85.- Potencia aerogenerador en función de la velocidad del viento.

La energía que podemos captar del viento con un aerogenerador es proporcional al cubo de la velocidad con que sopla; esto es, cuando la velocidad del viento se duplica, la potencia que podemos producir con un aerogenerador es ocho veces superior. Por ello, es interesante instalar el aerogenerador en un lugar donde el viento sople con la mayor velocidad y constancia posibles. La velocidad del viento depende en gran medida del terreno sobre el que se mueve el aire; la vegetación, tipo de terreno, construcciones cercanas, etc. frenan el viento y producen turbulencias.

El lugar idóneo para un aerogenerador, es una zona libre de obstáculos, y lo más alto posible respecto de los obstáculos.

El aerogenerador se colocará encima de una torre cuatripata P-400 de 12 metros, que es la torre recomendada por el fabricante para el aerogenerador seleccionado, es de las más utilizadas debido a su simplicidad, facilidad de fabricación y un coste no muy elevado.

El aerogenerador va a ser un elemento importante, la alternativa de producción de electricidad en los días en los que la incidencia solar sea mínima o nula, además de complementar a la energía que produzcan los paneles en cualquier día del período de apertura del albergue.

10.5. Elección del regulador

Se van a utilizar dos reguladores, uno para cada aplicación (solar, eólica). Los dos reguladores van a estar ubicados en la caseta situada al lado del albergue. El regulador eólico es suministrado junto al aerogenerador, por lo que está adaptado a éste, es un regulador 24 V 30 A. El regulador solar debe tener una capacidad de corriente que sea como mínimo la misma que la de los paneles solares. El regulador seleccionado es el modelo 2140 Steca Power Tarom.

Diseñado para aplicaciones industriales y en exteriores, como sistemas de telecomunicación. Los reguladores Steca Power Tarom vienen en una caja de acero IP 65 para aplicaciones de alta potencia (hasta 8400 Wp) y los tres niveles de tensión (12 V, 24 V, 48 V). Los Power Tarom están basados en la misma tecnología que los Tarom. Si se conectan en paralelo en un bus común de alimentación de corriente directa, todos los reguladores operarán en un mismo sistema fotovoltaico o híbrido en el rango de hasta 20 kWp de potencia solar.

- Características:

- Carga de baterías por modulación de duración de impulsos shunt (PWM).
- Regulación basada en el estado de carga (SOC) de la batería.
- Contador de Ah integrado.
- Carga reforzada.
- Carga de compensación.
- Tensión final de carga.
- Reconexión automática del consumidor.
- Reconocimiento automática de tensión para 12 V / 24 V.
- Compensación de temperatura.
- Toma de tierra positiva.
- (o) Toma de tierra negativa en un terminal.
- Ajustable in situ por medio de cuatro botones.
- Opciones de control de luces por la noche.
- Interfaz RJ45.
- Desconexión manual del consumidor.
- Contacto seco libre de potencia.

- Protección electrónica:

- Sobrecarga.
- Descarga profunda.
- Voltaje de desconexión contra descarga.
- Polaridad invertida en los módulos solares.
- Polaridad invertida en el consumidor y la batería.

- Cortocircuito en los módulos solares.
- Cortocircuito en el consumidor.
- Sobretemperatura.
- Sobretensión.
- Varistor para una protección contra descargas electromagnéticas.
- Compatibilidad electromagnética (CEM).
- Protección contra circuito abierto.
- Corriente invertida por la noche.

- Visualización:

- LCD de dos líneas que muestra SOC, Vbat, todas las corrientes, Ah, alarmas, procedimientos de carga y otros.

- Características eléctricas:

- Tensión del sistema: 24 V.
- Corriente máxima de cortocircuito de entrada del módulo: 140 A.
- Corriente máxima de salida del consumidor: 70 A.
- Consumo propio máximo: 14 mA.
- Tensión final de carga: 27,4 V.
- Tensión de carga reforzada: 28,8 V.
- Carga de compensación: 29,4 V.
- Tensión de reconexión (SOC/LVR): >50% / 25,2 V / 50,4 V.
- Protección contra descarga profunda (SOC/LVD): <30% / 22,2 V / 44,4 V.
- Temperatura ambiente admisible: -10°C...+60°C.
- Tamaño del terminal (cable fino/único): 50 mm² / 70 mm².
- Tipo de protección de la caja: IP 65.
- Peso: 10Kg.
- Dimensiones: 330 x 360 x 157 mm.

10.6. Dimensionado del convertidor

El convertidor seleccionado es el modelo HPC 4024 de los inversores STUDER HP COMPACT SENOIDAL. La potencia nominal es de 4000W, frente a los 3000 W instalados aproximadamente. Se ha sobredimensionado ligeramente el convertidor por si se producen consumos un poco más altos. La ubicación de éste será dentro de la caseta situada al lado del albergue.

- Características generales:

La serie Compact combina tres aplicaciones:

- El cargador de baterías incorporado podrá realizar operaciones a través de la línea eléctrica y generador, enviando una señal ON/OFF.
- Un regulador solar (opcional) controlará de forma eficiente los parámetros procedentes del campo PV.
- Las características adicionales son:
- La nueva gama de altas potencias (HP) permitirán trabajar a mayores regímenes.
- Relé de transferencia que permitirá una notable mejora en la integración del equipo con el generador.
- Mejoras en la accesibilidad al panel de control y a los contactos para las conexiones eléctricas, como consecuencia del nuevo diseño de la carcasa.

- Robusto y fiable:

- La mejor onda senoidal disponible en el mercado.
- Funciona en condiciones extremas, gracias a la utilización de la última generación de sistemas de microcontroladores, y una sobredimensionada etapa de potencia.
- El modulador de onda es del orden de 50 a 100 veces más rápido que los existentes en el mercado.
- La forma de onda perfectamente senoidal no se verá afectada por las cargas.
- El transformador toroidal y los sistemas MOSFET de potencia darán al inversor la mayor eficiencia y la mejor capacidad de sobrecarga posible.
- La implementación del sistema de búsqueda de stand-by podrá detectar cargas tan pequeñas como 1W.

- La serie compact ofrece:

- Onda senoidal pura.
- Alta capacidad de sobrecarga y eficiencia.
- Muy bajo autoconsumo.
- Sistema de búsqueda de carga.
- Cuatro estados de carga de batería.
- Verdadero control del estado del acumulador por TLBM.
- Señal de arranque del generador por batería baja, sobrecarga y estado del equipo.
- Alarma multifuncional.
- Construcción robusta.
- Compensación de temperatura (sensor opcional).
- Fácil conexión.
- Silencioso.

- Indicación por leds:

- Modo de trabajo.
- Control de entradas y salidas.
- Estado de batería.
- Cargador de baterías.
- Control de entrada AC.

- Control remoto (opcional):

Para mejorar el sistema fotovoltaico, un control remoto está disponible opcionalmente. Todos los datos del inversor podrán ser examinados a través de este sistema a una distancia máxima de 25 metros.

- Un perfecto control de batería:

El más importante criterio para incrementar la vida de la batería es un perfecto control de su tensión. Los sistemas estándar están basados en una compensación dinámica de la corriente. STUDER ha desarrollado el sistema TLBM (True Level Battery Management), el cual controlará de forma eficiente el estado del acumulador. Como opción dispondremos de un sensor de temperatura.

- Características eléctricas:

- Voltaje nominal de batería: 24 V.
- Rango de voltaje de entrada: 19 – 34 V.
- Potencia nominal: 4000 W.
- Máxima potencia de carga 30 min: 4500 W.
- Máxima potencia de carga 5 seg: $3 \times P_{NOM}$.
- Carga máxima: hasta cortocircuito.
- Carga asimétrica máxima: hasta P_{NOM} .
- Ajuste Standby: 1 a 25 W.
- $\cos\phi$: 0,1 - 1.
- Rendimiento máximo: 94%.
- Consumo OFF / Standby / ON: 0,8 / 1 / 16 W.
- Tensión de salida: 230 Vac (0/-10%).
- Frecuencia de salida con control de cuarzo: 50 Hz \pm 0,05 %.
- Distorsión armónica total: < 2 %.
- Comportamiento dinámico cambio carga 0 -> 100 %: 0,5 ms.
- Protección contra sobrecarga y cortocircuito: 3 intentos de reconexión automática.

- Protección contra sobrecalentamiento: alarma acústica antes de apagar – contra rearme automático.

- Cargador de batería (4 etapas):

- Ajuste de intensidad de carga: 0 – 100 A.
- Ajuste de corriente de entrada: 1 – 30 A.
- Frecuencia máxima de entrada: 265 Vac.
- Frecuencia mínima de entrada: umbral ajustable desde 150 a 230 Vac.
- Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz.
- Corrección del factor de potencia (PFC): EN 61000-3-2.

- Regulador solar (4 etapas):

- Máxima tensión en circuito abierto: 45 V.
- Intensidad máxima: 50 A.
- Principio de funcionamiento: serie regulador con ecualización cada 25 ciclos.

- Control de batería por TLBM (Trae Level Battery Management):

- Tiempo de absorción: 0 - 4 h.
- Fin de la tensión del ciclo de carga: 28,8 V.
- Tensión de flotación: 27,2 V.
- Tensión de ecualización: 31,2 V.
- Protección contra descarga: 21,6 V.
- Compensación de temperatura (opcional): -3mV / °C / célula.

- Datos generales:

- Contacto multifuncional libre de potencia (3 puntos): 16 A – 250 Vac.
- Intensidad máxima en el relé de transferencia: 30 A / 6,9 kVA
- Tiempo de transferencia: < 20 ms.
- Peso: 35 Kg.
- Dimensiones: 242 x 288 x 480 mm.
- IP: IP 20.
- Conformidad CE: EN50081 I/II, EN 55014 – EN 55022, EN 61000-3-2, IEC 801 I/II/III/IV, CEI555, IEC 1000-3-2, LVD 73/23/EEC.
- Temperatura de protección: - 20 a 55°C.
- Ventilación forzada: desde 45°C.
- Nivel acústico con/sin ventilación: < 10 dB/ < 35 dB.
- Garantía: 2 años.

- Opciones:

- Control remoto RCC-01 (112 *138 * 25mm / 20 m. cable): RCC-01.
- Distribución de corriente de entrada remoto (20m cable): RPS-xx.
- Sensor de temperatura de batería (58*51.5*.22mm / 3 m. cable): CT-35.

- Importante:

- No opera en paralelo con el generador.
- Envía señal ON/OFF en el caso de sobrecarga (no programable e indicada por el led, apagado del equipo).

10.7. Cálculo de secciones

Cálculo del cable INVERSOR-CGD

- Tensión de servicio: 230 V.
- Longitud: 25 m; $\text{Cos}\phi$: 1; X_u (mW/m): 0;
- Potencia de cálculo: 4000 W.

$$I = P/V \cdot \text{Cos}\phi$$

$$I = 4000/230 \cdot 1 = 17,39 \text{ A.}$$

Caída de tensión:

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S \quad (e \leq 1\%)$$

$$S = 2 \cdot 25 \cdot 17,39 / 56 \cdot 1 = 15,53 \text{ mm}^2$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16 mm² RV-K de Cu
Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE - 0,6/1 kV.

Enterrado y bajo tubo.

D. tubo: 63 mm. según ITC-BT-21

$$e = 2 \cdot 25 \cdot 17,39 / 56 \cdot 16 = 0,97\%.$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 20 A.

Cálculo del cable BATERIA-INVERSOR

- Tensión de servicio: 24 V.
- Longitud: 2 m; $\text{Cos}\phi$: 1; X_u (mW/m): 0;

- Intensidad máxima: $4000/24 = 160$ A.

Caída de tensión:

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S \quad (e \leq 1\%)$$

$$S = 2 \cdot 2 \cdot 160 / 56 \cdot 1 = 11,43 \text{ mm}^2$$

Se eligen conductores que tengan una caída de tensión menor al 1% y además, que soporten la intensidad máxima: Unipolares 2x1x 50 mm² RZ1-K (AS) de Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE – 0,6/1 kV.

En instalación interior y bajo tubo.

D. tubo: 40 mm. según ITC-BT-21

$$e = 2 \cdot 2 \cdot 160 / 56 \cdot 25 = 0,46\%.$$

Protección:

Fusibles 160 A.

Cálculo del cable REGULADOR (SOLAR)-BATERÍA

- Tensión de servicio: 24 V.

- Longitud: 2 m; Cosφ: 1; Xu (mW/m): 0;

- Potencia del regulador: 1920 W.

$$I = P/V$$

$$I = 1920/24 = 80 \text{ A.}$$

Caída de tensión:

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S \quad (e \leq 1\%)$$

$$S = 2 \cdot 2 \cdot 80 / 56 \cdot 1 = 5,71 \text{ mm}^2$$

Se eligen conductores Unipolares 2x10 mm² RZ1-K (AS) de Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE – 0,6/1 kV.

En instalación interior y bajo tubo.

D. tubo: 25 mm. según ITC-BT-21

$$e = 2 \cdot 2 \cdot 80 / 56 \cdot 10 = 0,57\%.$$

Cálculo del cable GENERADOR SOLAR-REGULADOR

- Tensión de servicio: 24 V.

- Longitud: 25 m; Cosφ: 1; Xu (mW/m): 0;

- Potencia de cálculo: 1920 W.

$$I = P/V$$

$$I = 1920/24 = 80 \text{ A.}$$

Caída de tensión:

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S \quad (e \leq 3\%)$$

$$S = 2 \cdot 25 \cdot 80 / 56 \cdot 3 = 23,81 \text{ mm}^2$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1x25 mm² RV-K (AS) de Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE - 0,6/1 kV.

Parte enterrado, parte en interior y bajo tubo.

D. tubo: 90 mm. según ITC-BT-21

$$e = 2 \cdot 25 \cdot 80 / 56 \cdot 25 = 2,85\%.$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 80 A.

Cálculo del cable CONVERTIDOR-REGULADOR (AEROGEN.)-BATERÍA

- Tensión de servicio: 24 V.

- Longitud: 2 m; Cosp: 1; Xu (mW/m): 0;

- Potencia del regulador: 720 W.

$$I = P/V$$

$$I = 720/24 = 30 \text{ A.}$$

Caída de tensión:

$$e = 2 \cdot \rho \cdot L \cdot I / S = 2 \cdot L \cdot I / \sigma \cdot S \quad (e \leq 1\%)$$

$$S = 2 \cdot 2 \cdot 30 / 56 \cdot 1 = 2,14 \text{ mm}^2$$

Se eligen conductores Unipolares 2x6 mm² RZ1-K (AS) de Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE - 0,6/1 kV.

En instalación interior y bajo tubo.

D. tubo: 16 mm. según ITC-BT-21

$$e = 2 \cdot 2 \cdot 30 / 56 \cdot 6 = 0,36\%.$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 32 A.

Cálculo del cable AEROGENERADOR-REGULADOR

- Tensión de servicio: 24 V.
- Longitud: 20 m; $\text{Cos}\varphi$: 1; X_u (mW/m): 0;
- Potencia de cálculo: 720 W.

$$I = P/\sqrt{3}\cdot V\cdot \text{cos}\varphi$$

$$I = 720/\sqrt{3}\cdot 230 = 1,81 \text{ A.}$$

Caída de tensión:

$$e = 2\cdot \rho\cdot L\cdot I/S = 2\cdot L\cdot I/\sigma\cdot S \quad (e \leq 0,5\%)$$

$$S = 2\cdot 20\cdot 1,81/56\cdot 0,5 = 2,58 \text{ mm}^2$$

Se eligen conductores Unipolares 3x6 mm² RV-K (AS) de Cu
Aislamiento, Nivel Aislamiento: XLPE - 0,6/1 kV.

Parte enterrado, parte en interior y bajo tubo.

D. tubo: 50 mm. según ITC-BT-21

$$e = 2\cdot 20\cdot 1,81/56\cdot 6 = 0,21\%.$$

11. Resumen del presupuesto

El presupuesto global de todo el proyecto, sin incluir la legalización y la mano de obra es de 60.667,13 €.

12. Bibliografía

- Bernal L.M., Campos C., Monne C., Turégano, J.A., Diputación General de Aragón (Departamento de Industria, Comercio y Turismo). **Atlas de radiación solar en Aragón.**
- Censolar, 1991, Editorial Progensa. **Instalaciones de energía solar (Tomos I, II, III, IV, V, VI).**
- Colección leyes, normas y reglamentos LNR, Ministerio de Industria y Energía. **Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias.**
- De Juana J.M., 2003, Editorial Paraninfo. **Energías renovables para el desarrollo.**
- Fernández J.M., 2007, Editorial Mundi-Prensa. **Guía completa de la energía solar térmica (adaptado al código técnico de la edificación).**
- Fernández J.M., 2008, Editorial Mundi-Prensa. **Compendio de energía solar: fotovoltaica, térmica y termoeléctrica (adaptado al código técnico de la edificación y al nuevo RITE).**
- Ortega M., 2000, Editorial Paraninfo. **Energías renovables.**
- Perales T., 2005. **Guía del instalador de energías renovables.**
- Peuser Felix A., Remmers K-H., Schnauss M., 2005, Grupo Editorial Progensa. **Sistemas solares térmicos (diseño e instalación).**
- Universidad de Zaragoza y Departamento de Industria, Comercio y Turismo del Gobierno de Aragón, 2008. **Energía solar y datos climáticos en Aragón (revisión y actualización para el diseño de instalaciones y edificios).**
- <http://edison.upc.es>
- <http://inelsacontrols.com>
- <http://www.aiscan.com>
- www.alinsa.com
- www.asif.org
- www.baxi-roca.com
- www.bornay.com
- www.climacity.com
- www.construnario.es
- www.energia.inf
- www.energias-renovables.com
- www.energuia.com
- www.frica.es
- www.gaspropano.es
- www.generador-electrico.com
- www.infoeolica.com
- www.isover.net

- www.iverlux.com
- www.lapesa.com
- www.mcebora.com
- www.mityc.es
- www.philips.es
- www.solarweb.net

ANEXO 1:

1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.

1.1. INTRODUCCIÓN.

La ley **31/1995**, de 8 de noviembre de 1995, de **Prevención de Riesgos Laborales** tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las **normas reglamentarias** irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.

1.2.1. DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES.

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

1.2.2. PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA.

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

1.2.3. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS.

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:

- Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
 - Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
 - Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
 - Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
 - Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
 - Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de "tijera" entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

1.2.4. EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN.

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

1.2.5. INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.2.6. FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

1.2.7. MEDIDAS DE EMERGENCIA.

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

1.2.8. RIESGO GRAVE E INMINENTE.

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

1.2.9. VIGILANCIA DE LA SALUD.

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

1.2.10. DOCUMENTACIÓN.

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

1.2.11. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES.

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

1.2.12. PROTECCIÓN DE TRABAJADORES ESPECIALMENTE SENSIBLES A DETERMINADOS RIESGOS.

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

1.2.13. PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD.

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

1.2.14. PROTECCIÓN DE LOS MENORES.

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

1.2.15. RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN DETERMINADA Y EN EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL.

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

1.2.16. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS.

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

1.3.1. PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES.

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

1.3.2. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa,

de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

1.4. CONSULTA Y PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES.

1.4.1. CONSULTA DE LOS TRABAJADORES.

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

1.4.2. DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN.

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

1.4.3. DELEGADOS DE PREVENCIÓN.

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

2. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO.

2.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a *garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo*, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **486/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo**, entendiéndose como tales las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo, sin incluir las obras de construcción temporales o móviles.

2.2. OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO.

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.

En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

2.2.1. CONDICIONES CONSTRUCTIVAS.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbaciones o caídas de materiales sobre los trabajadores, para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo, llano y liso sin solución de continuidad, de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el

uso y de fácil limpieza, las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y blanqueadas y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables, adoptando una superficie libre superior a 2 m² por trabajador, un volumen mayor a 10 m³ por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m. Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

El suelo deberá ser fijo, estable y no resbaladizo, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Las aberturas, desniveles y las escaleras se protegerán mediante barandillas de 90 cm de altura.

Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, y en cualquier situación no supondrán un riesgo para éstos.

Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista y deberán estar protegidas contra la rotura.

Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variará entre un 8 y 12 %. La anchura mínima será de 55 cm para las escaleras de servicio y de 1 m. para las de uso general.

Caso de utilizar escaleras de mano, éstas tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En cualquier caso, no se emplearán escaleras de más de 5 m de altura, se colocarán formando un ángulo aproximado de 75° con la horizontal, sus largueros

deberán prolongarse al menos 1 m sobre la zona a acceder, el ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán frente a las mismas, los trabajos a más de 3,5 m de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad y no serán utilizadas por dos o más personas simultáneamente.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocarán en el exterior. El número, la distribución y las dimensiones de las vías deberán estar dimensionadas para poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente, dotando de alumbrado de emergencia aquellas que lo requieran.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobreintensidades previsibles y se dotará a los conductores y resto de aparamenta eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección conectados a las carcasas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

2.2.2. ORDEN, LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO. SEÑALIZACIÓN.

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.

Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.

2.2.3. CONDICIONES AMBIENTALES.

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. En los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
 - Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
 - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
 - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.
- La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m³ de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m³ en los casos restantes.
- Se evitarán los olores desagradables.

2.2.4. ILUMINACIÓN.

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Los puestos de trabajo llevarán además puntos de luz individuales, con el fin de obtener una visibilidad notable. Los niveles de iluminación mínimos establecidos (lux) son los siguientes:

- Áreas o locales de uso ocasional: 50 lux
- Áreas o locales de uso habitual: 100 lux
- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.
- Vías de circulación de uso habitual: 50 lux.
- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales moderadas: 200 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas: 500 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales muy altas: 1000 lux.

La iluminación anteriormente especificada deberá poseer una uniformidad adecuada, mediante la distribución uniforme de luminarias, evitándose los deslumbramientos directos por equipos de alta luminancia.

Se instalará además el correspondiente alumbrado de emergencia y señalización con el fin de poder iluminar las vías de evacuación en caso de fallo del alumbrado general.

2.2.5. SERVICIOS HIGIÉNICOS Y LOCALES DE DESCANSO.

En el local se dispondrá de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores.

Se dispondrán vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, con una capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Si los vestuarios no fuesen necesarios, se dispondrán colgadores o armarios para colocar la ropa.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros sistema de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración. Llevarán alicatados los paramentos hasta una altura de 2 m. del suelo, con baldosín cerámico esmaltado de color blanco. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante.

Si el trabajo se interrumpiera regularmente, se dispondrán espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, diferenciándose espacios para fumadores y no fumadores.

2.2.6. MATERIAL Y LOCALES DE PRIMEROS AUXILIOS.

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, en lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurocromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsa de agua, torniquete, guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas.

3. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

3.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud*, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **485/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las **disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo**, entendiéndose como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

4.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la

salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1215/1997** de 18 de Julio de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo**, entendiéndose como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

4.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida

en la utilización de los equipos de trabajo.

4.2.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO.

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier

caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

4.2.2. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MOVILES.

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

4.2.3. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACION DE CARGAS.

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

4.2.4. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL.

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barros y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruído y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

4.2.5. DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA.

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

Las pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante y estarán dotadas de aro de protección antiatrapamientos o abrasiones.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilería, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.

5.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a *garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1627/1997** de 24 de Octubre de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción**, entendiéndose como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la *Ejecución de una Edificación de uso Industrial o Comercial* se encuentra incluida en el **Anexo I** de dicha legislación, con la clasificación **a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, d) Montaje y desmontaje de elementos prefabricados, e) Acondicionamiento o instalación, l) Trabajos de pintura y de limpieza y m) Saneamiento**.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 75 millones de pesetas.
- b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un **estudio básico de seguridad y salud**. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

5.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

5.2.1. RIESGOS MAS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.

Los *Oficios* más comunes en las obras de construcción son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Cubiertas.
- Alicatados.
- Enfoscados y enlucidos.
- Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.
- Carpintería de madera, metálica y cerrajería.
- Montaje de vidrio.
- Pintura y barnizados.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.
- Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.
- Instalación de antenas y pararrayos.

Los *riesgos más frecuentes* durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.

- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Caída de los encofrados al vacío, caída de personal al caminar o trabajar sobre los fondillos de las vigas, pisadas sobre objetos punzantes, etc.
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Los derivados de la rotura fortuita de las planchas de vidrio.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

5.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL.

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos

(vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilera metálica, piezas prefabricadas, carpintería metálica y de madera, vidrio, pinturas, barnices y disolventes, material eléctrico, aparatos sanitarios, tuberías, aparatos de calefacción y climatización, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados (sacos de aglomerante, ladrillos, arenas, etc) se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo están en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por

distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

5.2.3. MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO

Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

Relleno de tierras.

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

Encofrados.

Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablonas, sopandas, puntales y ferralla; igualmente se procederá durante la elevación de viguetas, nervios, armaduras, pilares, bovedillas, etc.

El ascenso y descenso del personal a los encofrados, se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.

Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de losas horizontales, para impedir la caída al vacío de las personas.

Los clavos o puntas existentes en la madera usada, se extraerán o remacharán, según casos.

Queda prohibido encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la ubicación de redes de protección.

Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

Trabajos de manipulación del hormigón.

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablones, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde "castilletes de hormigonado"

En el momento en el que el forjado lo permita, se izará en torno a los huecos el peto definitivo de fábrica, en prevención de caídas al vacío.

Se prohíbe transitar pisando directamente sobre las bovedillas (cerámicas o de hormigón), en prevención de caídas a distinto nivel.

Montaje de estructura metálica.

Los perfiles se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Una vez montada la "primera altura" de pilares, se tenderán bajo ésta redes horizontales de seguridad.

Se prohíbe elevar una nueva altura, sin que en la inmediata inferior se hayan concluido los cordones de soldadura.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilería.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

Se prohíbe trepar directamente por la estructura y desplazarse sobre las alas de una viga sin atar el cinturón de seguridad.

El ascenso o descenso a/o de un nivel superior, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío por fachadas se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

Montaje de prefabricados.

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

Albañilería.

Los grandes huecos (patios) se cubrirán con una red horizontal instalada alternativamente cada dos plantas, para la prevención de caídas.

Se prohíbe concentrar las cargas de ladrillos sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar, para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente mediante trompas de vertido montadas al efecto, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Las rampas de las escaleras estarán protegidas en su entorno por una barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm.

Cubiertas.

El riesgo de caída al vacío, se controlará instalando redes de horca alrededor del edificio. No se permiten caídas sobre red superiores a los 6 m. de altura.

Se paralizarán los trabajos sobre las cubiertas bajo régimen de vientos superiores a 60 km/h., lluvia, helada y nieve.

Alicatados.

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas, se ejecutará en vía húmeda, para evitar la formación de polvo ambiental durante el trabajo.

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas se ejecutará en locales abiertos o a la intemperie, para evitar respirar aire con gran cantidad de polvo.

Enfoscados y enlucidos.

Las "miras", reglas, tablones, etc., se cargarán a hombro en su caso, de tal forma que al caminar, el extremo que va por delante, se encuentre por encima de la altura del casco de quién lo transporta, para evitar los golpes a otros operarios, los tropezones entre obstáculos, etc.

Se acordonará la zona en la que pueda caer piedra durante las operaciones de proyección de "garbancillo" sobre morteros, mediante cinta de banderolas y letreros de prohibido el paso.

Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.

El corte de piezas de pavimento se ejecutará en vía húmeda, en evitación de lesiones por trabajar en atmósferas pulverulentas.

Las piezas del pavimento se izarán a las plantas sobre plataformas emplintadas, correctamente apiladas dentro de las cajas de suministro, que no se romperán hasta la hora de utilizar su contenido.

Los lodos producto de los pulidos, serán orillados siempre hacia zonas no de paso y eliminados inmediatamente de la planta.

Carpintería de madera, metálica y cerrajería.

Los recortes de madera y metálicos, objetos punzantes, cascotes y serrín producidos durante los ajustes se recogerán y se eliminarán mediante las tolvas de vertido, o mediante bateas o plataformas emplintadas amarradas del gancho de la grúa.

Los cercos serán recibidos por un mínimo de una cuadrilla, en evitación de golpes, caídas y vuelcos.

Los listones horizontales inferiores contra deformaciones, se instalarán a una altura en torno a los 60 cm. Se ejecutarán en madera blanca, preferentemente, para hacerlos más visibles y evitar los accidentes por tropiezos.

El "cuelgue" de hojas de puertas o de ventanas, se efectuará por un mínimo de dos operarios, para evitar accidentes por desequilibrio, vuelco, golpes y caídas.

Montaje de vidrio.

Se prohíbe permanecer o trabajar en la vertical de un tajo de instalación de vidrio.

Los tajos se mantendrán libres de fragmentos de vidrio, para evitar el riesgo de cortes.

La manipulación de las planchas de vidrio, se ejecutará con la ayuda de ventosas de seguridad.

Los vidrios ya instalados, se pintarán de inmediato a base de pintura a la cal, para significar su existencia.

Pintura y barnizados.

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Se prohíbe realizar "pruebas de funcionamiento" en las instalaciones, tuberías de presión, equipos motobombas, calderas, conductos, etc. durante los trabajos de pintura de señalización o de protección de conductos.

Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios o de planta, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

300 mA. Alimentación a la maquinaria.

30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.

30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.

El transporte de tramos de tubería a hombro por un solo hombre, se realizará inclinando la carga hacia atrás, de tal forma que el extremo que va por delante supere la altura de un hombre, en evitación de golpes y tropiezos con otros operarios en lugares poco iluminados o iluminados a contra luz.

Se prohíbe el uso de mecheros y sopletes junto a materiales inflamables.

Se prohíbe soldar con plomo, en lugares cerrados, para evitar trabajos en atmósferas tóxicas.

Instalación de antenas y pararrayos.

Bajo condiciones meteorológicas extremas, lluvia, nieve, hielo o fuerte viento, se suspenderán los trabajos.

Se prohíbe expresamente instalar pararrayos y antenas a la vista de nubes de tormenta próximas.

Las antenas y pararrayos se instalarán con ayuda de la plataforma horizontal, apoyada sobre las cuñas en pendiente de encaje en la cubierta, rodeada de barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié, dispuesta según detalle de planos.

Las escaleras de mano, pese a que se utilicen de forma "momentánea", se anclarán firmemente al apoyo superior, y estarán dotados de zapatas antideslizantes, y sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar.

Las líneas eléctricas próximas al tajo, se dejarán sin servicio durante la duración de los trabajos.

5.3. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un *coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra*, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un *plan de seguridad y salud en el trabajo* en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un *aviso* a la autoridad laboral competente.

6. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL.

6.1. INTRODUCCION.

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las ***normas de desarrollo reglamentario*** las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar *la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual* que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que *no puedan evitarse o limitarse* suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

6.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

6.2.1. PROTECTORES DE LA CABEZA.

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

6.2.2. PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS.

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).

- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

6.2.3. PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS.

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

6.2.4. PROTECTORES DEL CUERPO.

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

LUGAR

FECHA

FIRMA DEL PROYECTISTA