

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE DISEÑO Y MONTAJE DE INSTALACIONES SOLARES TERMICAS PARA
PRODUCCION DE AGUA CALIENTE

INDICE

1. Objetivo.
2. Alcance de las especificaciones.
3. Definiciones.
4. Clasificación de las instalaciones. Configuraciones básicas.
5. Memoria del diseño de la instalación.
6. Cálculo de la carga de consumo.
7. Cálculo de la energía disponible.
8. Dimensionado de la superficie de captadores y el volumen de acumulación solar.
9. Selección de la configuración básica.
10. Selección del fluido de trabajo.
11. Diseño del sistema de captación en instalaciones con circulación forzada.
12. Diseño del sistema de acumulación en instalaciones con circulación forzada.
13. Dimensionado del sistema de intercambio en instalaciones con circulación forzada.
14. Diseño del circuito hidráulico.
15. Diseño del circuito en sistemas con circulación por termosifón.
16. Diseño del sistema de energía auxiliar.
17. Definición del sistema eléctrico y de control.
18. Componentes de la instalación.
19. Aislamiento.
20. Materiales y protecciones.
21. Diseño de la estructura soporte.
22. Montaje de instalaciones con circulación forzada.
23. Montaje de instalaciones con circulación por termosifón.
24. Recepción y pruebas funcionales de la instalación.
25. Mantenimiento.
26. Referencias.

1. OBJETIVO.

1.1. Definir los requisitos que deben cumplir el proyecto, los componentes, la instalación, puesta en funcionamiento, operación y mantenimiento de los sistemas térmicos solares de calentamiento de agua.

2. APLICACION.

2.1. Estos requisitos deben ser aplicados a todas las instalaciones solares térmicas de calentamiento de agua tanto para uso domestico, social e industrial.

3. ACLARACION DE LOS TERMINOS FUNDAMENTALES QUE APARECEN EN ESTE DOCUMENTO.

3.1. TERMINOS AMBIENTALES

3.1.1. Radiación solar: es la energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

3.1.2. Radiación solar directa: es la radiación solar por unidad de tiempo y unidad de área, que sin haber sufrido modificación en su trayectoria, incide sobre una superficie.

3.1.3. Radiación solar difusa celeste: es la radiación por unidad de tiempo y unidad de área que, procedente de la dispersión de la radiación solar directa por las moléculas de aire, partículas sólidas, vapor de agua en suspensión en la atmósfera, etc., incide directamente sobre una superficie.

3.1.4. Radiación solar reflejada: es la radiación por unidad de tiempo y unidad de área que, procedente de la reflexión de la radiación solar en el suelo y otros objetos, incide sobre una superficie.

3.1.5. Radiación difusa: es la suma de la radiación difusa celeste y la radiación solar reflejada.

3.1.6. Radiación solar global: es la suma de la radiación directa y difusa.

3.1.7. Radiación solar media: es la integral de la radiación solar global incidente sobre una superficie en un período de tiempo, dividido por este período de tiempo.

3.2. INSTALACION.

3.2.1. Instalaciones abiertas: instalaciones en las que el circuito primario está comunicado de forma permanente con la atmósfera.

3.2.2. Instalaciones cerradas: instalaciones en las que el circuito primario no tiene comunicación directa con la atmósfera.

3.2.3. Instalaciones de sistema directo: son aquellas en las que el fluido de trabajo es el agua de consumo que pasa por los captadores.

3.2.4. Instalaciones de sistema indirecto: en las que el fluido de trabajo se mantiene en un circuito cerrado, sin posibilidad de ser distribuido al consumo.

3.2.5. Instalaciones por termosifón: en la que el fluido de trabajo circula por convección libre.

3.2.6. Instalación con circulación forzada: instalación equipada con dispositivos que provocan la circulación forzada del fluido de trabajo.

3.2.7. Circuito primario: circuito formado por los captadores y las tuberías que los unen, en el que el fluido de trabajo recoge la energía solar y la transmite al acumulador solar mediante el intercambiador de calor.

3.2.8. Circuito secundario: circuito en el que el fluido de trabajo recoge la energía transferida del circuito primario para ser distribuida a los puntos de consumo.

3.3. CAPTADORES.

3.3.1. Captador solar térmico: es un sistema capaz de transformar la radiación solar incidente en energía térmica de un fluido de trabajo.

3.3.2. Absorbedor: es la parte del captador solar que transforma en energía interna la radiación solar que incide sobre ella.

3.3.3. Apertura: es la máxima proyección plana de la superficie del captador transparente a la radiación solar incidente no concentrada.

3.3.4. Área total expuesta: es la máxima proyección plana del captador expuesta a la radiación solar incidente.

3.3.5. Cubierta: es el elemento de material transparente a la radiación solar que cubre la apertura, para disminuir las pérdidas de calor y proteger el absorbedor del medio ambiente.

3.3.6. Fluido de transferencia de calor o fluido de trabajo: es el fluido encargado de recoger y transmitir la energía captada por el absorbedor.

3.3.7. Carcasa: es el componente del captador que conforma su superficie exterior, fija la cubierta, contiene y protege a los restantes componentes del captador y soporta los anclajes.

3.3.8. Materiales aislantes: son aquellos materiales de bajo coeficiente de conductividad térmica, cuyo empleo en el captador solar tiene por objeto reducir las pérdidas de calor por la parte posterior y laterales.

3.3.9. Junta de cubierta: es un elemento de material elástico cuya función es asegurar la estanqueidad de la unión cubierta-carcasa.

3.3.10. Sistema compacto: conjunto formado por el captador solar, el acumulador solar, circuitos y accesorios, montados sobre una estructura.

3.3.11. Calentador solar compacto: Equipo formado por una superficie semicilíndrica envolvente que concentra los rayos solares incidentes en el tanque de almacenamiento que está ubicado dentro de esta propia estructura y que es a su vez la superficie de absorción de calor.

3.3.12. Calentador solar plano: Calentador solar formado por una superficie de absorción de tubos y aletas situados dentro de una caja donde la parte frontal es un cristal que permite la absorción de la radiación solar y la parte posterior está aislada térmicamente para impedir las pérdidas del calor absorbido.

3.3.13. Calentador solar de tubos de vacío: Calentador solar donde la superficie absorbidora está formada por dos tubos de cristal concéntricos de los cuales el interior tiene un recubrimiento selectivo para facilitar la absorción de la radiación solar y entre ambos tubos está un espacio al vacío asegura un perfecto aislamiento térmico. De este tipo de calentador se derivan otras aplicaciones como los de tubos calóricos y los de tubos en U.

3.3.14. Calentador solar de polipropileno: Es una superficie compuesta de dos cabezales que se unen una por una gran cantidad de finos tubos todo de polipropileno, que se extienden directamente sobre la cubierta y se utilizan fundamentalmente en aplicaciones de baja temperatura como piscinas y otras.

3.4. COMPONENTES.

3.4.1. Intercambiador de calor: dispositivo en el que se produce la transferencia de energía del circuito primario al circuito secundario.

3.4.2. Acumulador solar o depósito solar: depósito en el que se acumula el agua calentada por energía solar.

3.4.3. Depósito de expansión: dispositivo que permite absorber las variaciones de presión en un circuito cerrado producidas por las variaciones de temperatura del fluido circulante. Puede ser abierto o cerrado, según esté o no en comunicación con la atmósfera.

3.4.4. Bombas de circulación: dispositivo electromecánico que produce la circulación forzada del fluido a través de un circuito.

3.4.5. Purgador de aire: dispositivo que permite la salida del aire acumulado en el circuito. Puede ser manual o automático.

3.4.6. Válvula de seguridad: dispositivo que limita la presión máxima del circuito.

3.4.7. Válvula antirretorno: dispositivo que permite interrumpir el paso de fluido en un sentido.

3.4.8. Válvula de corte: dispositivo que interrumpe el paso de fluido en un circuito.

3.4.9. Control diferencial de temperaturas: dispositivo eléctrico o electrónico que arranca o para las bombas en función de la diferencia de temperaturas prefijada entre los captadores y el acumulador solar.

3.4.10. Termostato de seguridad: dispositivo que controla la temperatura del fluido de trabajo.

4. CLASIFICACION DE LAS INSTALACIONES.

CONFIGURACIONES BASICAS.

4.1. En consideración con los diferentes objetivos atendidos por las especificaciones, se aplicarán los siguientes criterios de clasificación:

a) La configuración, definida por el principio de circulación, los componentes y la conexión entre los mismos.

b) La aplicación a que vaya a ser destinada la instalación.

c) El carácter público o privado de la utilización de la instalación.

4.2. Clasificación de las instalaciones atendiendo a su configuración.

4.2.1. Atendiendo al principio de circulación se clasificarán en:

4.2.1.1. Instalaciones por termosifón

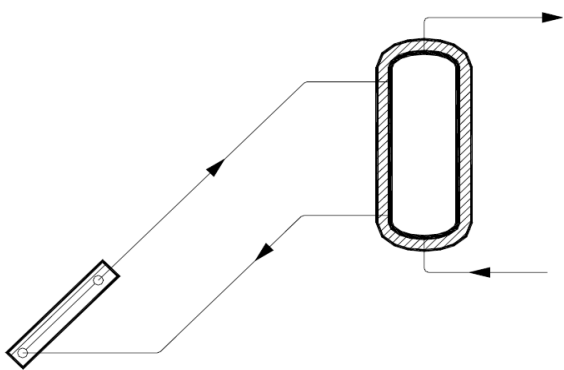


FIG. 1 TERMOSIFON DIRECTO

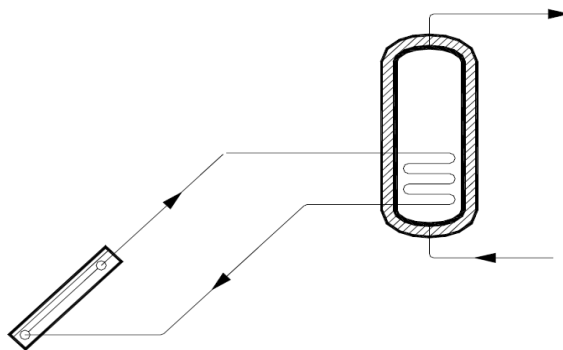


FIG. 2a TERMOSIFON CON INTERCAMBIADOR DE CALOR EN EL ACUMULADOR SOLAR

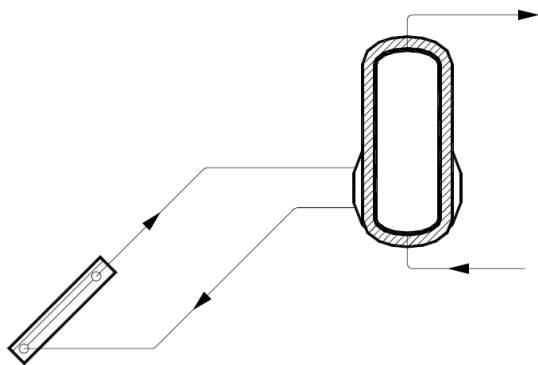


FIG. 2b TERMOSIFON CON INTERCAMBIADOR DE CALOR EN EL ACUMULADOR SOLAR

4.2.1.2. Instalaciones por circulación forzada.

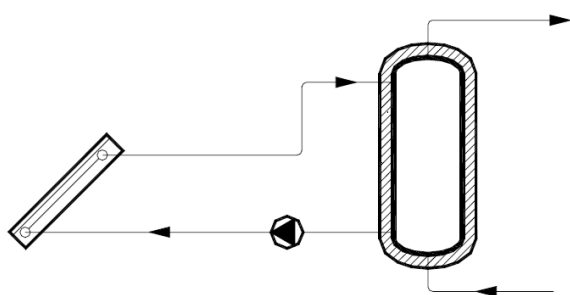


FIG. 3 CIRCULACION FORZADA SIN INTERCAMBIADOR DE CALOR

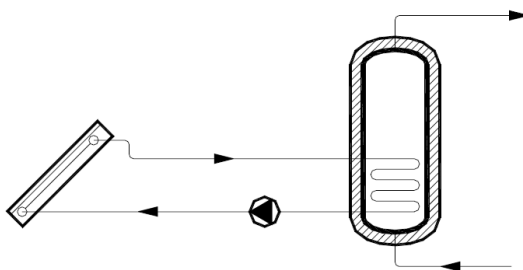


FIG. 4a CIRCULACION FORZADA CON INTERCAMBIADOR DE CALOR EN EL ACUMULADOR SOLAR

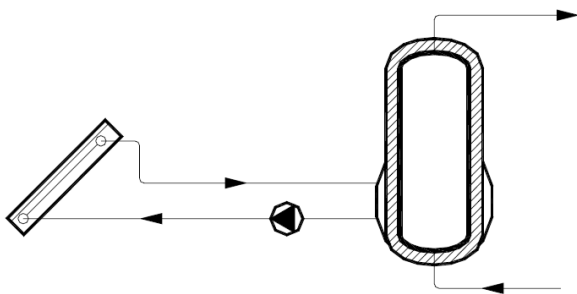


FIG. 4b CIRCULACION FORZADA CON INTERCAMBIADOR DE CALOR EN EL ACUMULADOR SOLAR

4.2.2. Atendiendo al sistema de transferencia de calor entre los captadores y el acumulador solar, se clasificarán en:

4.2.2.1. Instalaciones de transferencia directa sin intercambiador de calor.

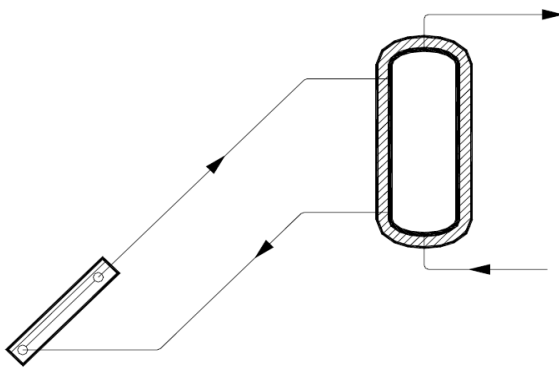


FIG. 1 TERMOSIFON DIRECTO

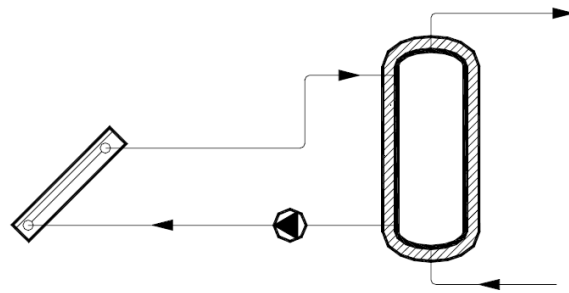


FIG. 3 CIRCULACION FORZADA SIN INTERCAMBIADOR DE CALOR

4.2.2.2. Instalación con intercambiador de calor en el acumulador solar.

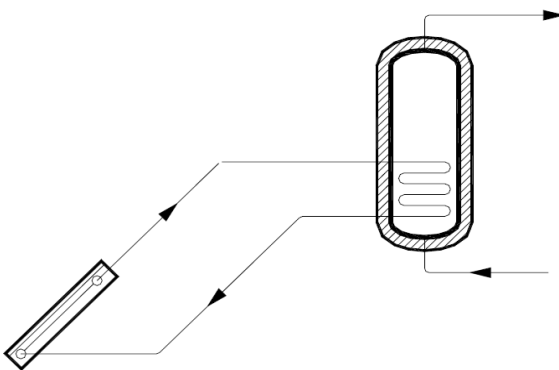


FIG. 2a TERMOSIFON CON INTERCAMBIADOR DE CALOR EN EL ACUMULADOR SOLAR

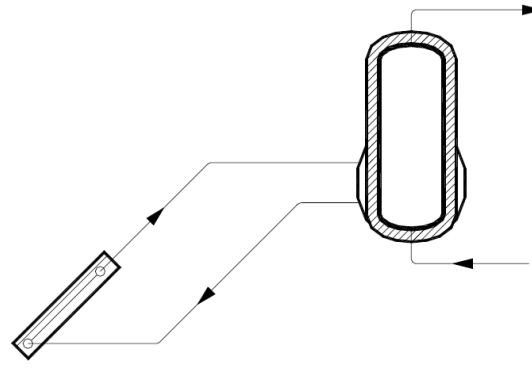


FIG. 2b TERMOSIFON CON INTERCAMBIADOR DE CALOR EN EL ACUMULADOR SOLAR

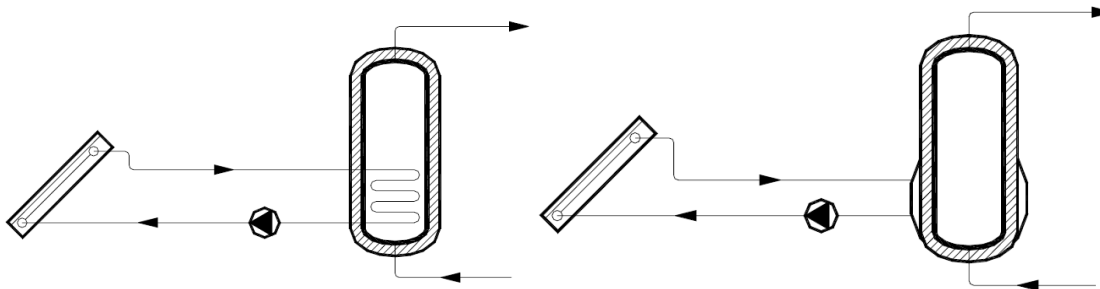


FIG. 4a CIRCULACION FORZADA CON INTERCAMBIADOR DE CALOR EN EL ACUMULADOR SOLAR

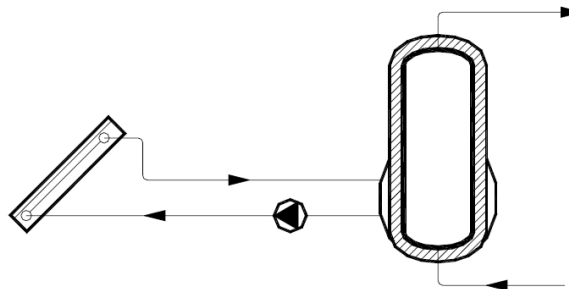


FIG. 4b CIRCULACION FORZADA CON INTERCAMBIADOR DE CALOR EN EL ACUMULADOR SOLAR

4.2.2.3. Instalaciones con el intercambiador de calor independiente.

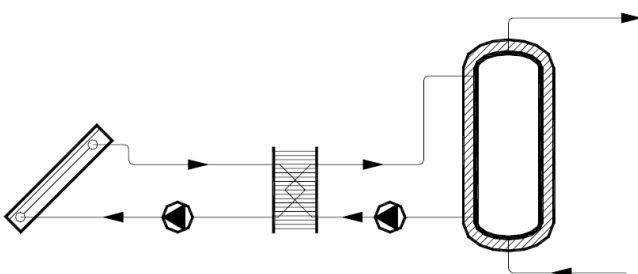


FIG. 5 CIRCULACION FORZADA CON INTERCAMBIADOR DE CALOR INDEPENDIENTE

4.2.3. Atendiendo al sistema de aporte de energía auxiliar, las instalaciones se clasificarán según los apartados siguientes:

4.2.3.1. Sistema de energía auxiliar en depósito secundario individual.

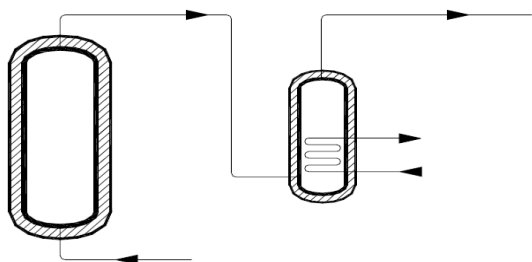


FIG. 6 SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR EN DEPÓSITO SECUNDARIO CENTRALIZADO

4.2.3.2. Sistema de energía auxiliar en depósito secundario centralizado.

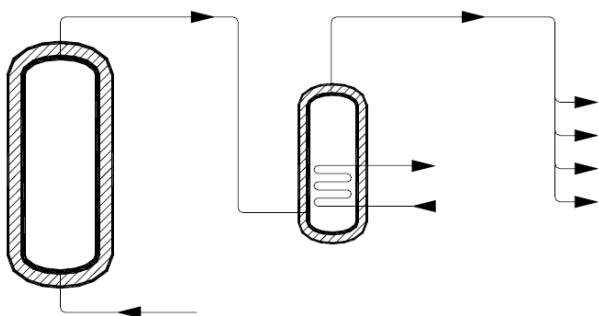


FIG. 7 SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR EN DEPÓSITO SECUNDARIO CENTRALIZADO

4.2.3.3. Sistema de energía auxiliar en depósitos secundarios distribuidos.

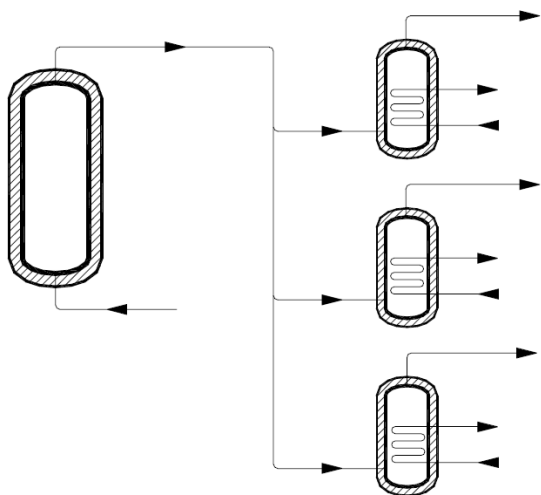


FIG. 8 SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR EN DEPÓSITOS SECUNDARIOS DISTRIBUIDOS

4.2.3.4. Sistema de energía auxiliar en línea centralizado.

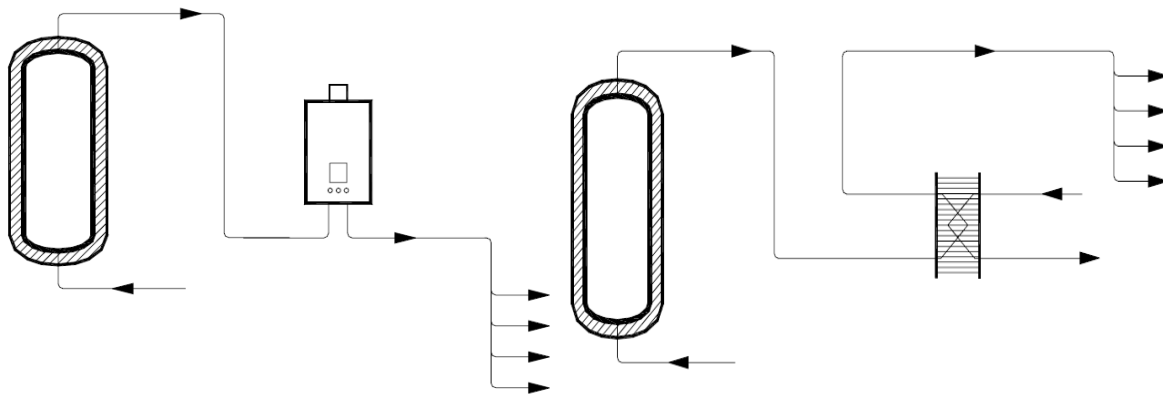


FIG. 9 SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR EN LÍNEA CENTRALIZADO

FIG. 10 SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR EN LÍNEA CENTRALIZADO

4.2.3.5. Sistema de energía auxiliar en línea distribuido.

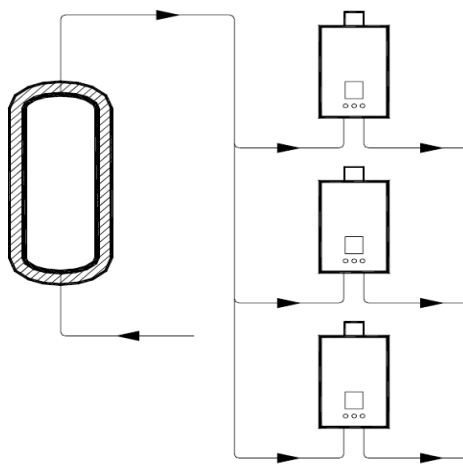


FIG.11 SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR EN LÍNEA DISTRIBUIDO

4.3. Clasificación de las instalaciones por su aplicación.

4.3.1. Instalación de producción de agua caliente para uso sanitario.

4.3.2. Instalaciones de producción de agua caliente para procesos industriales y agrícolas.

4.4. La combinación de los anteriores criterios proporcionan diferentes configuraciones básicas del circuito primario y secundario:

4.4.1. Configuración nº 1: se incluyen en este grupo las instalaciones por termosifón directas, sin intercambiador entre el captador y el depósito acumulador. (Figura 1 del 4.2.1.1)

4.4.2. Configuración nº 2: instalaciones por termosifón indirectas, con intercambiador en el depósito acumulador, tipo cambiador interno o acumulador de doble envolvente. (Figuras 2a y 2b del 4.2.1.1)

4.4.3. Configuración nº3: instalaciones por circulación forzada directo sin intercambiador de calor, con o sin depósito de acumulación. (Figura 3 del 4.2.1.2)

4.4.4. Configuración nº 4: instalaciones por circulación forzada con intercambiador de calor en el depósito tipo serpentín o depósito de doble envoltente. (Figuras 4a y 4b del 4.2.1.2)

4.4.5. Configuración nº 5: instalaciones por circulación forzada con intercambiador de calor separado. (Figura 5 del 4.2.2.3)

4.4.6. Las configuraciones básicas anteriores admiten dos variantes según que el circuito primario sea abierto o cerrado.

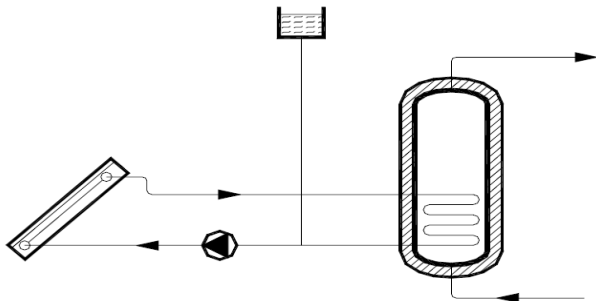


FIG. 12 CIRCUITO PRIMARIO ABIERTO

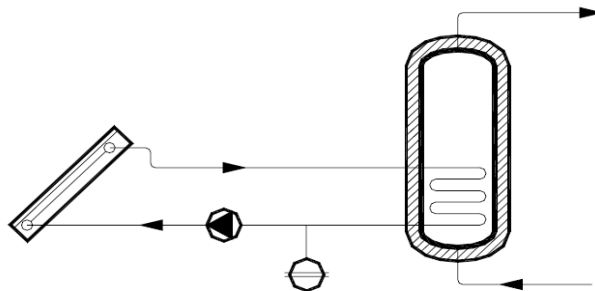


FIG. 13 CIRCUITO PRIMARIO CERRADO

4.5. Las configuraciones básicas se completan con los sistemas de aporte de energía auxiliar incluidos en los puntos 4.2.3.1. a 4.2.3.5. (Figuras 6 a la 11)

5. DISEÑO DE LA INSTALACION.

5.1. El diseño de la instalación se presentará en un documento que contemplará como mínimo los siguientes conceptos:

- Datos de Partida.
- Esquema de Principio de la Instalación.
- Cálculo de la carga de consumo.
- Cálculo de la energía disponible.
- Determinación de la superficie de captadores y del volumen de acumulación.
- Cálculo del costo estimado de la inversión.
- Cálculo del ahorro anual estimado.
- Cálculo del periodo de recuperación de la inversión.
- Selección de la configuración básica.
- Selección del fluido de trabajo.
- Diseño del sistema de captación.
- Diseño del sistema de acumulación.
- Dimensionado del sistema de intercambio.
- Diseño del circuito hidráulico.
- Diseño del sistema de energía auxiliar.

- Diseño del sistema eléctrico y de control.
- Características técnicas de los componentes.
- Materiales y protecciones.
- Diseño de la estructura soporte.
- Recepción y pruebas funcionales de la instalación.
- Mantenimiento de las instalaciones.

6. DATOS DE PARTIDA.

6.1. La Memoria de Diseño especificará las cargas de consumo, con indicación del volumen diario medio mensual referida a una temperatura de utilización de 45°C.

6.2. En instalaciones de producción de agua caliente sanitaria en las que no se disponga de datos, se utilizarán para el diseño los valores siguientes:

TABLA I

Vivienda	20-25-30 l por persona por día
Hospitales	20-30 l por paciente por día
Hogares de ancianos y maternos	20 l por cama por día
Círculos infantiles	10 l por niño por día
Escuelas	10 l por estudiante por día
Duchas colectivas	10 l por persona por día
Gimnasio	15-20 l por persona por día
Restaurantes	3-6 l por comensal por día
Cafeterías	1 l por comensal por día
Fábricas y talleres	10 l por persona por día
Centros de elaboración de alimentos	2-4 l por comida por día
Hotel de 3 estrellas o más	50 l por huésped por día

6.3. En instalaciones de producción de agua caliente sanitaria, para las que se disponga de datos de consumo medidos en años anteriores, se utilizarán estos datos previa justificación de los mismos.

6.4. En instalaciones de producción de agua caliente para las que se disponga de datos de consumo de instalaciones similares, podrán utilizarse éstos previa justificación.

6.5. En instalaciones de producción de agua caliente para procesos industriales, se utilizarán los valores de consumo previstos en el proceso.

6.6. A efectos del cálculo de la carga de consumo los valores de temperatura de agua fría se tomarán en la Tabla II. La utilización de otros datos deberá ser justificada indicando la procedencia y proceso de obtención de los mismos.

Localidad	Aire		Agua Tmedia
	Tmax media	Tmin media	
Pinar del Río			
La Palma	29,4	20,6	25.0
San Juan y Martínez	29,6	20,1	25.2
Isabel Rubio	29,4	20,0	25.0
Santa Lucía	29,2	20,9	24.8
Paso Real de San Diego	29,5	20,7	25.1
Bahía Honda	29,2	21,5	24.8
La Habana			
Tapaste	29,1	18,8	24.7
Melena del Sur	30,2	19,5	25.8
Ciudad de La Habana			
Casablanca	28,9	22,0	24.5
Santiago de las Vegas	29,5	20,1	25.1
Matanzas			
Jovellanos	30,3	18,7	25.9
Villa Clara			
Sagua la Grande	29,4	20,1	25.0
Caibarién	29,1	21,8	24.7
Santa Clara (Yabú)	30,2	19,4	25.8
Cienfuegos			
Aguada de Pasajeros	31,3	19,2	26.9
Sancti Spiritus			
Topes de Collantes	30,1	21,9	25.7
Trinidad	25,0	17,7	21.6
Sancti Spiritus	30,3	20,1	25.9
Ciego de Avila			
Camilo Cienfuegos	30,6	19,8	26.2
Ciego de Avila	31,4	20,2	26.0
Camagüey			
Nuevitas (Tarafa)	28,6	21,7	24.2
Florida	31,1	21,2	26.7
Las Tunas			
Puerto Padre	30,5	21,4	26.1
Las Tunas	31,2	21,3	26.8
Holguín			
Punta Lucrecia	29,3	24,4	24.9
Guaro	30,6	20,8	26.2
La Jíquima (Holguín)	31,1	20,7	26.7
Pinares de Mayarí	26,5	16,5	22.1
Granma			
Jucarito	32,5	20,7	28.1
Cabo Cruz	30,2	23,1	25.8
Manzanillo	31,8	21,9	26.2
Santiago de Cuba			
Santiago de Cuba (Univer.)	30,7	21,2	26.3
Gran Piedra	22,8	15,6	18.4
Guantánamo			
Guantánamo	32,1	21,0	27.7
Punta Maisí	29,5	24,1	25.1
Isla de la Juventud			
La Fé	29,5	21,5	25.1
Punta del Este	28,5	21,8	24.1

Como valor promedio se utiliza 25.0 °C en el agua fría.

6.7. La Memoria de Diseño incluirá los valores de la radiación solar utilizados para el dimensionado de la instalación.

LOCALIDAD	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROM
Guantánamo-S. Cuba	4.21	5.00	5.67	6.21	5.99	6.22	6.38	6.09	5.51	4.89	4.28	3.88	5.36
Granma-Holguín	4.17	4.86	5.48	6.04	5.84	5.98	6.05	5.76	5.35	4.77	4.37	3.91	5.21
Camagüey-Las Tunas	3.98	4.78	5.40	5.96	5.81	5.86	5.97	5.67	5.19	4.61	3.99	3.71	5.08
Ciego de Avila	4.18	4.97	5.69	6.28	6.12	6.07	6.24	5.86	5.31	4.76	4.25	3.96	5.31
Sancti Spiritus	3.89	4.73	5.47	6.18	5.93	5.72	6.01	5.74	5.10	4.49	3.88	3.54	5.05
V.Clara-Cienfuegos	3.98	4.76	5.47	6.18	5.93	5.61	5.94	5.66	5.00	4.54	3.99	3.70	5.06
Matanzas	4.10	4.93	5.74	6.42	6.20	5.73	6.04	5.75	5.10	4.70	4.17	3.84	5.23
C.Habana-Habana	4.04	4.88	5.65	6.41	6.26	5.74	6.14	5.87	5.07	4.77	4.20	3.77	5.23
Pinar del Río	4.01	4.73	5.51	6.23	6.15	5.84	5.85	5.60	5.07	4.67	4.11	3.72	5.13

Como valor promedio se utiliza en los cálculos de diseño 5.00 kWh/m² día.

7. CALCULO DE LA CARGA DE CONSUMO Y ENERGIA

DISPONIBLE.

7.1. A partir de los valores obtenidos en el epígrafe 6 se calculará la carga de consumo diario medio de cada mes.

7.2. A partir de las tablas de radiación se determinará el valor de la radiación total diaria media de cada mes para la orientación e inclinación de diseño y para el lugar geográfico más próximo al punto donde vaya a estar situada la instalación solar.

8. DIMENSIONADO DE LA SUPERFICIE DE CAPTADORES Y EL VOLUMEN DE ACUMULACION.

8.1. La Memoria de Diseño incluirá la determinación de la superficie de captadores solares y del volumen de acumulación solar.

8.2. Para la determinación de la superficie de captadores y del volumen de acumulación solar podrán seguirse cualquiera de los métodos de cálculo de uso aceptado por proyectistas e instaladores. El método de cálculo especificará, al menos en base mensual, la carga de consumo y el aporte solar.

8.3. Al objeto de estas especificaciones los valores obtenidos en el punto anterior deberán cumplir con los criterios de diseño fijados en los puntos 8.4, 8.5, 8.6 y 8.7.

8.4. El área total de captadores estará comprendida entre los siguientes valores:

$$60 \leq \frac{M}{A} \leq 100$$

donde: A = área de captadores en m²

M = carga de consumo en litros/día

8.5. El volumen de acumulación solar cumplirá la siguiente condición:

$$80 \text{ litros/m}^2 \quad \text{ó} \quad 0,8 \leq \frac{V}{M} \leq 1,2$$

Donde V es la capacidad del acumulador solar, en litros.

8.6. En todos los casos la carga de consumo diario (M) se referirá al valor medio diario anual cuando el consumo sea constante a lo largo del año o a los valores medios diarios de los meses calidos cuando sea variable a lo largo del año.

8.7. Cuando por razones justificadas no se instale toda el área de diseño, el volumen de acumulación solar cumplirá la siguiente condición:

$$50 \leq \frac{V}{A} \leq 120$$

9. SELECCION DE LA CONFIGURACION BASICA.

9.1. La Memoria de Diseño incluirá la selección de la configuración básica.

9.2. La configuración elegida estará dentro de las especificadas en el punto 4.4.

9.3. En instalaciones con volumen de acumulación superior a 500 litros es aconsejable no utilizar las configuraciones nº 1 y 2.

9.4. En instalaciones con volumen de acumulación superior 5.000 litros es aconsejable utilizar la configuración nº 5.

9.5. A partir de 10 m² de superficie útil de captación, sólo serán admisibles circuitos indirectos, tanto en instalaciones como en equipos solares domésticos. Se utilizarán por tanto las configuraciones nº 2, 4 y 5.

10. SELECCION DEL FLUIDO DE TRABAJO.

10.1. La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles.

10.2. El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l expresados como contenido en carbonato cálcico.

10.3. El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

11. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACION EN INSTALACIONES CON CIRCULACION FORZADA.

11.1. La Memoria de Diseño especificará la orientación, inclinación, tipo de captador y esquema de conexionado elegidos. El captador seleccionado se ajustará a las especificaciones del punto 18.1.

11.2. Todos los captadores que integren la instalación serán del mismo modelo.

11.3. Los captadores se orientarán al sur. A los efectos de estas especificaciones se admiten desviaciones respecto al sur de $\pm 20^\circ$.

11.4. En instalaciones de uso anual la inclinación respecto del plano horizontal será de 30° . A efectos de estas especificaciones se admiten desviaciones de $\pm 10^\circ$.

Serán admisibles instalaciones apoyadas en cubierta cuya inclinación respecto al plano horizontal esté comprendida entre 15° y 60° .

11.5. En instalaciones integradas en cubiertas no será necesario ajustarse a lo especificado en el punto 11.4.

11.6. La distancia entre comienzos de filas de captadores que estén al mismo nivel no será inferior a la obtenida por la expresión:

$$d = 1.732 \times l$$

Siendo: l = altura del captador

11.7. La distancia entre la primera fila de captadores y los obstáculos que puedan producir sombras sobre la instalación será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = 1,732 \times h$$

Donde h es la altura del obstáculo.

11.8. La conexión entre sí de los captadores asegurará igual recorrido hidráulico en todos ellos.

11.9. Los captadores podrán conectarse entre sí formando grupos en paralelo o en serie de acuerdo con las Fig. 15, 16 (paralelo) y 17 (serie).

11.10. Si fuera necesario, los grupos de captadores podrán conectarse entre sí en paralelo o en serie.

11.11. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo según Fig. 15 y 16, tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante.

11.12. El número de captadores conectados en serie no será en ningún caso superior a cuatro.

11.13. La estructura de soporte de los captadores, así como el sistema de sujeción se ajustarán a lo especificado en el apartado 21.

12. DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACION EN INSTALACIONES CON CIRCULACION FORZADA.

12.1. La Memoria de Diseño incluirá el volumen, tipo, número y ubicación de los depósitos de acumulación.

Los acumuladores cumplirán con las especificaciones del punto 18.2.

12.2. El volumen del acumulador solar seleccionado será el normalizado igual o inmediatamente superior al calculado en el apartado 8.

12.3. Cuando el aporte de energía auxiliar se realice en el acumulador solar se cumplirán los requisitos establecidos en el apartado 16.

12.4. Preferentemente el sistema de acumulación solar estará constituido por un solo depósito.

12.5. Cuando sea necesario que el sistema de acumulación solar esté formado por más de un depósito, estos se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo (Fig. 20a y 20b) o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrado (Fig. 21a y 21b).

12.6. El acumulador solar preferentemente será de configuración vertical.

12.7. Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido (Fig. 22a y 22b).

12.8. La conexión de entrada de agua caliente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará por la parte superior de éste.

12.9. La entrada de agua caliente de los captadores en depósitos con aporte de energía auxiliar en su parte superior, estará situada por debajo del volumen destinado a dicho aporte.

12.10. La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.

12.11. El serpentín incorporado al acumulador solar se situará en la parte inferior del depósito.

12.12. En depósitos horizontales las tomas de agua caliente y fría estarán situadas en extremos opuestos (Fig. 22b).

12.13. La alimentación de agua fría al depósito se realizará por la parte inferior.

12.14. La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.

12.15. El sensor de la temperatura del acumulador del sistema de control se situará en la parte inferior del depósito.

12.16. El acumulador solar preferentemente se ubicará en zonas interiores.

13. DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO EN INSTALACIONES CON CIRCULACION FORZADA.

13.1. La Memoria de Diseño incluirá tipo, potencia y efectividad o superficie de intercambio del cambiador de calor.

La efectividad del cambiador de calor se define como:

$$\mu = \frac{T_{fs} - T_{fe}}{T_{ce} - T_{fe}}$$

Siendo:

Tfs = Temperatura salida del cambiador del circuito secundario.

Tfe = Temperatura entrada al cambiador del circuito secundario.

Tce = Temperatura entrada al cambiador del circuito primario.

13.2. En acumuladores solares con intercambiador incorporado al acumulador se especificará la superficie de intercambio.

13.3. La relación entre la superficie de intercambio referida en el punto 13.2. y el área de captadores no será inferior a 0.15.

13.4. En instalaciones con intercambiador independiente se especificará la potencia y la eficiencia de éste.

13.5. La potencia de diseño del intercambiador se determinará según la expresión:

$$P \geq 500 S$$

siendo:

P = potencia en W

S = superficie de captadores en m²

13.6. En instalaciones con intercambiador independiente los caudales de diseño de los circuitos primario y secundario no diferirán en más de un 10%. En ningún caso el caudal del secundario será superior al del primario.

13.7. Los intercambiadores independientes se dimensionarán de forma que con la temperatura de entrada de primario de 50°C la temperatura de salida de secundario no será inferior a 45°C.

13.8. La pérdida de carga de diseño en el intercambiador de calor no será superior a 3 mca, tanto en el circuito primario como en el secundario.

13.9. El factor de ensuciamiento del intercambiador de calor no será inferior a lo especificado en la Tabla IV para cada tipo de agua utilizada como fluido de trabajo.

TABLA IV

Circuitos de consumo m.K/W

Agua blanda y limpia0.0006

Agua dura0.0012

Agua muy dura y/o sucia0.0018

Circuitos cerrados0.0008

14. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRAULICO.

14.1. La Memoria de Diseño incluirá un esquema de línea de la instalación, el cálculo del caudal de diseño, el dimensionado de tuberías y componentes y la especificación del aislamiento térmico.

14.2. El esquema de línea de la instalación especificará sobre planos a escala del lugar, la ubicación de los captadores solares, el depósito de acumulación, el intercambiador de calor, el grupo de bombeo y el trazado de tuberías del circuito primario y secundario.

14.3. El esquema de línea de la instalación tendrá el grado de definición necesario para efectuar los cálculos de dimensionado del circuito.

14.4. El esquema de línea especificará las secciones de tuberías.

14.5. El caudal de diseño se determinará en función de la superficie de captadores instalados. Su valor estará comprendido entre 0.8 y 1 l/min por m² de captadores, que corresponde con 48 y 60 l / h m².

14.6. En las instalaciones con conexiones en serie, el valor del caudal de la instalación será el obtenido aplicando el criterio del punto 14.5 dividido por el número de captadores conexados en serie.

14.7. Debe concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado.

14.8. Para asegurar igual recorrido hidráulico en los captadores solares el trazado de tuberías del circuito primario se realizará con retorno invertido.

14.9. Siempre que sea posible el montaje en retorno invertido se realizará de forma que la parte más corta del circuito primario corresponda a los tramos de la salida caliente de los captadores.

14.10. El diámetro de las tuberías se seleccionará de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s cuando la tubería discurra por locales habitados hasta 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados.

14.11. El dimensionado de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria nunca sea superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal.

14.12. Las bombas de circulación preferentemente serán en línea.

14.13. La bomba se seleccionará de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificado por el fabricante.

14.14. Las bombas se situarán en las zonas más frías del circuito.

14.15. Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en tramos de tubería verticales, evitando las zonas más bajas del circuito.

- 14.16. En instalaciones superiores a 100 m² se montarán dos bombas idénticas en paralelo, una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.
- 14.17. El diseño de la instalación deberá prever un sistema que absorba la dilatación del fluido y asegure un valor mínimo de la presión en el circuito.
- 14.18. El sistema de expansión se diseñará para un volumen de dilatación como mínimo igual al 4,3% del volumen total de fluido en el circuito primario.
- 14.19. Los vasos de expansión preferentemente se conectarán a la aspiración de la bomba.
- 14.20. Los vasos de expansión cerrados se dimensionarán de forma que la presión mínima en frío en el punto más alto del circuito no sea inferior a 1,5 Kg/cm² y la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo de los componentes.
- 14.21. Cuando no se cumpla el punto 14.19 la altura a la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.
- 14.22. En sistemas en los que se utilicen vasos de expansión abiertos conectados al circuito a través de una válvula de carga de doble dirección, la presión de tarado de la descarga asegurará que la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito, no sobrepase la presión máxima de trabajo de los componentes.
- 14.23 El circuito primario y el circuito secundario deberán ir provistos de válvulas de seguridad taradas a una presión que garantice que en cualquier punto del circuito no se superará la presión máxima de trabajo de los componentes.
- 14.24 La descarga de las válvulas de seguridad debe garantizar, en caso de apertura, la no provocación de accidentes o daños
- 14.25. Se colocarán sistemas antirretorno en los circuitos primario y secundario para evitar la circulación inversa, así como en la entrada de agua fría del acumulador solar.
- 14.26. Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado.
- 14.27. Los sistemas con vaso de expansión abierto podrán utilizarlo como sistema de llenado.
- 14.28. Se montarán válvulas de corte, para facilitar la sustitución o reparación de componentes sin necesidad de realizar el vaciado completo de la instalación, que independicen baterías de captadores, el intercambiador, el acumulador y la bomba.
- 14.29. Se instalarán válvulas de corte a la entrada de agua fría y salida de agua caliente del depósito de acumulación solar.
- 14.30. Se instalarán válvulas que permitan el vaciado total o parcial de la instalación de acuerdo con el criterio especificado en el punto 14.28.
- 14.31. En cada zona de las baterías de captadores en que se hayan situado válvulas de corte se instalarán válvulas de seguridad.
- 14.32. En los puntos altos de la salida de baterías de captadores se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será de 15 cm³ por m² de batería.

14.33. En el trazado del circuito deberá evitarse en lo posible los sifones invertidos. Cuando se utilicen se situarán sistemas similares a los descritos en 14.32 en el punto más desfavorable del sifón. En general, el trazado del circuito evitará en lo posible caminos tortuosos que favorecen el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos.

14.35. Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de circulación.

14.36. Las tuberías y accesorios se aislarán y protegerán con materiales que cumplan con lo especificado en el apartado 19.

15. DISEÑO DEL CIRCUITO EN SISTEMAS CON CIRCULACION POR TERMOSIFON.

15.1. La Memoria de Diseño especificará las características de los captadores solares utilizados, la inclinación y el esquema de conexión, así como el volumen y características del depósito de acumulación.

15.2. Los captadores, acumuladores, cambiador y accesorios seleccionados, cumplirán con las especificaciones del punto 18.

15.3. El diseño de la batería de captadores se ajustará a lo especificado en los puntos 11.2, 11.3, 11.4, 11.5 y 11.9.

15.4. Cuando la instalación consta de varios captadores, éstos se conectarán en paralelo o en serie, según los esquemas de las figuras 15 a 19.

15.5. La batería de captadores estará situada siempre por debajo del tanque de acumulación.

15.6. El diseño del acumulador tendrá en cuenta lo indicado en los puntos 12.3, 12.6, 12.8, 12.9, 12.10, 12.12, 12.13 y 12.14.

15.7. El diseño del captador y su conexión debe favorecer el funcionamiento por termosifón, por esta razón preferentemente no se instalarán captadores con conductos horizontales o cambios complejos de dirección de los conductos internos.

15.8. La Memoria de Diseño incluirá el tipo y superficie de intercambio del cambiador de calor.

15.9. A los efectos de estas especificaciones podrán utilizarse cambiadores de calor sumergidos en el depósito y depósitos de doble envolvente.

15.10. El dimensionado y diseño del cambiador de calor se ajustará a lo especificado en los puntos 13.2, 13.3, 13.5 y 13.9.

15.11. El diseño del cambiador de calor evitará caminos de circulación del fluido que impliquen cambios de dirección que impidan el efecto termosifón.

15.12. El diseño del circuito hidráulico tendrá en cuenta lo especificado en los puntos 14.1, 14.4, 14.7, 14.17, 14.18, 14.20, 14.21, 14.22, 14.23, 14.24, 14.26, 14.27, 14.28, 14.31 y 14.33.

15.13. Todas las instalaciones dispondrán de un sistema antirretorno para evitar la circulación inversa cuyo diseño debe ser previamente aprobado como se recoge en 14.25.

15.14. En ningún caso el diámetro de las tuberías será inferior a 1/2 pulgada.

En general, el diámetro de las tuberías se calculará de forma que corresponda al diámetro normalizado inmediatamente superior al necesario en una instalación equivalente con circulación forzada.

15.15. La construcción del circuito debe evitar restricciones internas, por esta razón no se instalarán filtros, válvulas u otros estrangulamientos al flujo, con excepción de lo indicado en 15.13.

15.16. El trazado de tuberías deberá ser de la menor longitud posible, situando el tanque cercano a los captadores.

15.17. Deben evitarse en lo posible las tuberías horizontales y en todo caso montarlas con una inclinación de al menos 5% y siempre en dirección al tanque.

15.18. Debe situarse un purgador en la parte alta del circuito.

16. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGIA AUXILIAR.

16.1. En instalaciones con sistema de energía auxiliar la Memoria de Diseño contemplará la configuración elegida, el tipo de energía, la capacidad de acumulación secundaria y las especificaciones del equipo generador de calor.

16.2. Las configuraciones que se podrán utilizar serán cualquiera de las representadas en las Fig. 6 a 11 admitiéndose, con las limitaciones establecidas, las configuraciones definidas en 16.6 y 16.7.

16.3. El cálculo del volumen de acumulación secundario y/o de la potencia del sistema de energía auxiliar se realizará de acuerdo con la reglamentación vigente.

16.4. Con independencia de lo especificado en el punto 16.3 el volumen de acumulación secundario estará comprendido entre el 30% y el 100% de la carga de consumo diario.

16.5. El sistema de aporte de energía auxiliar, con acumulación o en línea, siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en ningún caso será superior a 50°C. Este requisito no será de aplicación a los calentadores instantáneos de gas no modulantes.

16.6. El sistema de energía auxiliar no se podrá incorporar al acumulador solar en ningún caso.

16.7. Se permitirá la conexión del sistema de energía auxiliar en paralelo con la instalación solar cuando se cumplan los siguientes requisitos:

16.7.1. El sistema de energía auxiliar sea del tipo en línea, esté constituido por uno o varios calentadores instantáneos no modulantes o no sea posible regular la temperatura de salida del agua.

16.7.2. Cuando se produzcan alguna de las situaciones siguientes:

16.7.2.1. Exista una preinstalación solar que impida o dificulte el conexionado en serie.

16.7.2.2. Cuando el recorrido de tuberías de agua caliente desde el acumulador solar hasta el punto de consumo más lejano sea superior a 15 metros lineales a través del sistema auxiliar.

16.7.3. En todos estos casos, la conmutación de sistemas será fácilmente accesible y se recomienda disponer un indicador de la temperatura del acumulador solar fácilmente visible y accesible por el usuario.

16.8. Cuando el sistema de energía auxiliar sea eléctrico, la potencia correspondiente será inferior a 300 W/m² de captador solar. Si la instalación es de producción centralizada (servicio a distintos usuarios), se debe aplicar una relación de 150 W/m². Para instalaciones de tamaño inferior a 5 m², la potencia podrá ser de 1500 W.

17. DEFINICIÓN DEL SISTEMA ELECTRICO Y DE CONTROL.

17.1. La Memoria de Diseño incluirá un esquema eléctrico del sistema.

17.2. El sistema eléctrico y de control cumplirá con las normas para instalaciones eléctricas de baja tensión en todos aquellos puntos que sean de aplicación.

17.3. El control de funcionamiento normal de las bombas será siempre del tipo diferencial, actuando en función del salto de temperatura entre la salida de la batería de captadores y el depósito de acumulación solar.

17.4. La precisión del sistema de control y la regulación de los puntos de consigna asegurará que en ningún caso las bombas estarán en marcha con diferencias de temperaturas menores de 2°C y en ningún caso paradas con diferencias superiores a 7°C.

17.5. La diferencia de temperaturas entre el punto de arranque y parada del termostato diferencial no será inferior a 2°C.

17.6. El sistema de control asegurará que en las instalaciones para agua sanitaria en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a 45°C en los puntos de consumo recomendándose el uso de válvulas mezcladoras.

17.7. El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos del circuito secundario.

17.8. El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de la alimentación del sistema y del funcionamiento de bombas.

17.9. El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control será como mínimo entre -10 y 50°C.

17.10. El tiempo mínimo entre fallos especificados por el fabricante del sistema de control no será inferior a 7.000 horas.

18. COMPONENTES DE LA INSTALACION.

18.1. Captadores.

18.1.1. El captador solar seleccionado deberá estar homologado CUBAENERGIA.

18.1.2. La Memoria de Diseño indicará el modelo y fabricante del captador, así como las fechas de certificación del punto 18.1.1.

18.1.3. La Memoria de Diseño incluirá los siguientes datos técnicos del captador, proporcionados por el fabricante:

- Dimensiones principales: alto, ancho, largo.
- Area de la superficie transparente.
- Material y transmisividad de la cubierta transparente.
- Tipo de configuración del absorbedor.
- Materiales y tratamiento del absorbedor.
- Situación y dimensiones de las tomas de entrada y salida.
- Materiales de las juntas de estanqueidad de la cubierta y de las salidas de las conexiones del circuito.
- Material de la carcasa.
- Tipo de cierre de la cubierta transparente.
- Situación y configuración de los puntos de amarre.
- Materiales aislantes.
- Esquema general del captador.

18.1.4. El captador llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre del fabricante.

18.1.5. Sólo se utilizarán captadores que se ajusten a las siguientes características técnicas:

18.1.5.1. Material de la cubierta transparente: vidrio normal o templado de espesor no inferior a 3 mm y transmisividad mayor o igual a 0,8. La utilización de un material de otras características requiere el informe de un organismo acreditado que garantice las características funcionales y de durabilidad del captador.

18.1.5.2. Distancia media entre el absorbente y la cubierta transparente no inferior a 2 cm ni superior a 4 cm.

18.1.5.3. Material del absorbedor: materiales metálicos o materiales de caucho para calentamiento de agua de piscinas.

18.1.5.4. En ningún caso el tratamiento del absorbedor se aplicará sobre acero galvanizado.

18.1.6. La pérdida de carga del captador para un caudal de 1 l/min por m² será inferior a 1 m.c.a.

18.1.7. El captador llevará un orificio de ventilación de diámetro no inferior a 4 mm situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de forma que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

18.1.8. A los efectos de estas especificaciones no podrán utilizarse captadores de más de un vidrio.

18.1.9. La utilización de sistemas integrados en cubierta requieren un informe adicional a la Memoria de Diseño , que garantice las características funcionales y de durabilidad del conjunto.

18.2. Acumuladores.

18.2.1. La Memoria de Diseño especificará el tipo de acumulador utilizado y las siguientes características técnicas:

- Volumen cubicado real.
- Principales dimensiones.
- Presión máxima de máximo trabajo.
- Situación y diámetro de las bocas de conexión.
- Situación y especificación de los puntos de sujeción o apoyos.
- Máxima temperatura de utilización.
- Tratamiento y protección.
- Material y espesor de aislamiento y características de su protección.

18.2.2. El depósito estará fabricado de acuerdo con lo especificado en NC 15-66 y NC 19-04

18.2.3. El acumulador llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:

- Nombre del fabricante y razón social.
- Contraseña y fecha de registro de tipo.
- Número de fabricación.
- Volumen neto de almacenamiento en litros o m³.
- Presión máxima de servicio.

18.2.4. Cuando el intercambiador esté incorporado al sistema de acumulación, la placa de identificación indicará además de lo especificado en el punto 18.2.3. lo siguiente:

- Superficie de intercambio térmico en m².
- Presión máxima de servicio, del circuito primario.

18.2.5. Los depósitos vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior.

18.2.6. Al objeto de estas especificaciones, podrán utilizarse depósitos de las siguientes características y tratamientos.

- Depósitos de acero galvanizado en caliente de cualquier tamaño.
- Depósitos de acero vitrificado de volumen inferior a 500 l.
- Depósitos de acero con tratamiento epoxídico.
- Depósitos de acero inoxidable de cualquier tamaño.
- Depósitos de cobre de cualquier tamaño.

18.2.7. La utilización de depósitos de hormigón requerirá la presentación de un proyecto firmado por un técnico competente.

18.3. Cambiadores de calor.

18.3.1. La Memoria de Diseño, además de las características señaladas en 13.1 indicará el fabricante y modelo del cambiador de calor, así como datos de sus características de actuación medidos por el propio fabricante o por un laboratorio acreditado.

18.3.2. El cambiador seleccionado resistirá la presión máxima de la instalación.

En particular se prestará especial atención a los cambiadores que, como en el caso de los depósitos de doble pared, presentan grandes superficies expuestas por un lado a la presión, y por otro a la atmósfera, o bien, a fluidos a mayor presión.

18.3.3. En ningún caso se utilizarán inter-acumuladores con envolvente.

18.3.4. Los materiales del cambiador de calor resistirán temperaturas de 110°C y serán compatibles con el fluido de trabajo.

18.3.5. Los cambiadores de calor utilizados en circuitos de agua sanitaria serán de acero inoxidable o cobre.

18.3.6. El diseño del cambiador de calor permitirá su limpieza utilizando productos líquidos.

18.3.7. El fabricante del cambiador de calor aportará los datos referidos en el punto 13.9.

18.3.8. Los tubos de los cambiadores de calor tipo serpentín sumergido en el depósito para sistemas con circulación por bombeo, tendrán diámetros interiores inferiores o iguales a una pulgada.

18.3.9. Los tubos de los cambiadores de calor tipo serpentín sumergido en el depósito para sistemas por termosifón, tendrán un diámetro mínimo de media pulgada.

18.4. Bombas.

18.4.1. La Memoria de Diseño especificará las características de funcionamiento de la bomba referidas a los datos facilitados por el fabricante.

18.4.2. Las características de funcionamiento incluirán, como mínimo, los siguientes puntos:

- Tipos de fluido compatibles con la bomba.
- Caudal volumétrico (l/h).
- Altura manométrica (mca).
- Temperatura máxima del fluido 110°C
- Presión de trabajo.
- Velocidad de rotación (r.p.m.).
- Potencia absorbida (kW).
- Características de la acometida eléctrica (número de fases, tensión y frecuencia).
- Clase de protección del motor (IP 44 ó IP 54).
- Acoplamientos hidráulicos (tipo y diámetros).
- Marca, tipo y modelo.

18.4.3. Las bombas podrán ser del tipo en línea, de rotor seco o húmedo o de bancada. Siempre que sea posible se utilizarán bombas tipo circuladoras en línea.

18.4.4. En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.

18.4.5. Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con el fluido de trabajo utilizado.

18.4.6. Las bombas serán resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas.

18.4.7. Las bombas serán resistentes a la presión máxima del circuito.

18.4.8. Preferentemente, se utilizarán bombas con capacidad de regulación de caudal por variación de la potencia consumida.

18.4.9. La bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga.

18.5. Tuberías.

18.5.1. La Memoria de Diseño especificará las siguientes características de las tuberías: clase de material, tipo de unión, diámetro nominal y presión nominal de trabajo.

18.5.2. Las tuberías del circuito primario podrán ser de acero negro, acero galvanizado, acero inoxidable, cobre y de material plástico acreditado apto para esta aplicación.

18.5.3. En el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria podrá utilizarse tubería de cobre, acero inoxidable o hierro galvanizado.

Además podrán utilizarse materiales plásticos que soporten temperaturas de 80°C y esté autorizada su utilización para el suministro de agua potable.

18.5.4. Las de cobre serán tubos estirados en frío y uniones por capilaridad.

18.5.5. No se utilizarán tuberías de acero negro para circuitos de agua sanitaria.

18.5.6. No se utilizarán tuberías de acero galvanizado para agua caliente por encima de 53°C. A los efectos de estas especificaciones se considera que el circuito primario puede sobrepasar los 65°C.

18.6. Válvulas y accesorios.

18.6.1. La Memoria de Diseño especificará el tipo y aplicación de las válvulas y accesorios de la instalación, diámetros, formas de las conexiones y presión nominal.

18.6.2. La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura) siguiendo los siguientes criterios:

18.6.2.1. Para aislamiento: válvulas de esfera.

18.6.2.2. Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.

18.6.2.3. Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.

18.6.2.4. Para llenado: válvulas de esfera.

18.6.2.5. Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.

18.6.2.6. Para seguridad: válvula de resorte.

18.6.2.7. Para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta.

18.6.3. Se hará en un uso limitado de las válvulas para el equilibrado de circuitos, debiéndose concebir, en fase de diseño, un circuito de por sí equilibrado, como se especifica en 14.7.

18.6.4. A los efectos de estas especificaciones no se permitirá la utilización de válvulas de compuerta.

18.6.5. La presión nominal mínima de todo tipo de válvulas y accesorios deberá ser igual o superior a 4 Kg/cm².

18.6.6. Los componentes fundamentales de las válvulas deberán estar constituidos por los materiales que se indican a continuación:

18.6.6.1. Válvulas de esfera:

- Cuerpo de fundición de hierro o acero.
- Esfera y eje de acero durocromado o acero inoxidable.
- Asientos, estopada y juntas de teflón.

Podrán ser de latón estampado para diámetros inferiores a 1 1/2 con esfera de latón durocromado.

18.6.6.2. Válvulas de asiento:

- Cuerpo de bronce (hasta 2") o de fundición de hierro o acero.

Tapa del mismo material que el cuerpo.

- Obturador en forma de pistón o de asiento plano con cono de regulación de acero inoxidable y aro de teflón. No será solidario al husillo.

- El asiento será integral en bronce o en acero inoxidable según sea el cuerpo de la válvula.

- Prensa-estopas del mismo material que el cuerpo y tapa, y estopada de amianto lubricado.

18.6.6.3. Válvulas de macho:

- Cuerpo y macho cónico de fundición.
- Prensa-estopas de acero y estopada de amianto grafitado.
- Accionamiento manual, por llave, con un cuarto de vuelta e indicador de posición. Los grifos de macho para manómetro serán de acero inoxidable o bronce cromado con pletina de comprobación.

Podrán ser contruidos totalmente en bronce con prensa-estopas hasta diámetros inferiores a 1 1/2.

18.6.6.4. Válvulas de seguridad de resorte:

- Cuerpo de hierro fundido o acero al carbono con escape conducido.
- Obturador y vástago de acero inoxidable.
- Prensa-estopas de latón y estopada de amianto grafitado.
- Resorte en acero especial para muelle.

18.6.6.5. Válvulas de retención de clapeta:

- Cuerpo y tapa de bronce o latón.
- Asiento y clapeta de bronce.
- Conexiones rosca hembra.

18.6.6.6. Los diámetros libres en los asientos de las válvulas tienen que ser correspondientes con los diámetros nominales de las mismas y en ningún caso inferior a 12 mm.

18.6.6.7. Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

18.6.6.8. Las válvulas llevarán impreso de forma indeleble el diámetro nominal y la presión de ajuste.

18.6.6.9. Los purgadores automáticos de aire se construirán con los siguientes materiales:

- Cuerpo y tapa de fundición de hierro, bronce, cobre o latón.
- Mecanismo de acero inoxidable.
- Flotador y asiento de acero inoxidable.
- Obturador de goma sintética.

18.6.6.10. Los purgadores automáticos resistirán temperaturas de 120°C.

18.7. Vasos de expansión cerrados

18.7.1. Las membranas de los vasos de expansión serán resistentes a temperaturas de 110°C y a esfuerzos alternativos. El fabricante del vaso especificará estos datos que el instalador exigirá e incluirá en la Memoria de Diseño.

18.8. Vasos de expansión abiertos

18.8.1. Los vasos de expansión abiertos se construirán soldados o remachados, en todas sus juntas, y reforzados para evitar deformaciones, cuando su volumen lo exija.

18.8.2. El material y tratamiento del vaso de expansión será capaz de resistir temperaturas de 70°C por períodos intermitentes.

18.8.3. Los vasos de expansión abiertos tendrán una salida de rebose.

18.8.4. Los vasos de expansión abiertos, cuando se utilicen como sistemas de llenado o de rellenado, dispondrán de una línea de alimentación automática, mediante sistemas tipo flotador o similar.

18.8.5. La salida de rebose se situará de forma que el incremento del volumen de agua antes del rebose sea igual o mayor que un tercio del volumen del depósito. Al mismo tiempo, permitirá que, con agua fría, el nivel sea tal que al incrementar la temperatura de agua en el sistema a 80°C, no se produzca derrame de la misma.

18.8.6. En ningún caso la diferencia de alturas entre el nivel de agua fría en el depósito y el rebosadero será inferior a 3 cm.

18.8.7. El diámetro del rebosadero será igual o mayor al diámetro de la tubería de llenado. En todo caso, el dimensionado del diámetro rebosadero asegurará que con válvulas de flotador totalmente abierta y una presión de red de 4 Kg/cm² se produzca derramamiento de agua.

18.8.8. La capacidad de aforo de la válvula de flotación cuando se utilice como sistema de llenado no será inferior a 5 l/min. En todo caso, el diámetro de la tubería de llenado no será inferior a 1/2 pulgada o 15 mm.

18.8.9. El flotador del sistema de llenado resistirá, sin deterioro, la inmersión en agua a 100°C durante 48 horas.

19. AISLAMIENTO.

19.1. Se dispondrá un aislamiento térmico equivalente a los espesores que se indican en el apartado 19.1.1. para un material cuyo coeficiente de conductividad térmica λ es de 0,040 W/m.°C, a 20°C.

19.1.1. Los espesores de aislamientos de tuberías y accesorios no serán inferiores a los siguientes valores:

DIÁMETRO INTERIOR DE LA TUBERÍA (mm)	ESPESOR (mm)
$D \leq 50$	10
$50 \leq D$	20

19.1.2. Para materiales con conductividad térmica distinta a 0,04 W/m°C, el espesor se calculará de la siguiente forma:

a) Superficies planoparalelas:

$$e(\text{mm}) = (\text{valor punto 19.1.1}) \lambda (\text{W/m}^\circ\text{C}) / 0,04$$

b) Conductos de la sección circular:

$$r_e \cdot \ln \frac{r_i}{\lambda} = r'_e \cdot \ln \frac{r'_i}{\lambda}$$

Donde r_i es el radio interior del aislamiento, igual al radio exterior del conducto o tubería, r_e y r'_e , son los radios exteriores del aislante en uno y otro caso, y λ y λ' las conductividades térmicas respectivas.

19.2. El aislamiento de acumuladores cuya capacidad sea inferior a 300 litros tendrá un espesor mínimo de 30 mm, para volúmenes superiores el espesor mínimo será de 40 mm.

19.3. El espesor del aislamiento del cambiador de calor no será inferior a 20 mm.

19.4. El material aislante se sujetará con medios adecuados de forma que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios.

19.5. Cuando el material aislante de tubería y accesorios sea de fibra de vidrio deberá cubrirse con una protección no inferior a la proporcionada por un recubrimiento de venda y escayola. En los tramos que discurran por el exterior será terminada con pintura asfáltica.

19.6. El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

20. MATERIALES Y PROTECCIONES.

20.1. En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales que se indican en el apartado 18.5.2.

20.2. En sistemas directos sólo podrá utilizarse cobre o acero inoxidable en el circuito primario.

20.3. Cuando sea imprescindible utilizar, en el mismo circuito, materiales diferentes especialmente cobre y acero, en ningún caso estarán en contacto debiendo situar entre ambos juntas o manguitos dieléctricos.

20.4. Cuando se utilicen captadores con absorbedores de aluminio obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre e hierro.

20.5. En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero.

20.6. Cuando se utilice aluminio en tuberías o accesorios, la velocidad del fluido será inferior a 1,5 m/s. y su pH estará comprendido entre 5 y 7. No se permitirá el uso de aluminio en sistemas abiertos o sistemas sin protección catódica.

20.7. Cuando se utilice acero en tuberías o accesorios la velocidad del fluido será inferior a 3 m/s en sistemas cerrados y el pH del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 12.

20.8. Cuando se utilice acero galvanizado en contacto con el fluido de trabajo se evitará que la temperatura del fluido sobrepase 65°C por periodos prolongados.

20.9. La tornillería y piezas auxiliares estarán protegidas por galvanizado o zincado, o bien serán de acero inoxidable.

20.10. Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

20.11. Para la protección del material aislante situado en intemperie se podrá utilizar una cubierta o revestimiento de escayola protegido con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o chapa de aluminio.

En el caso de depósitos o cambiadores de calor situados en intemperie, podrán utilizarse forros de telas plásticas.

21. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE.

21.1. La estructura soporte de captadores se calculará para resistir, con los captadores instalados, las sobrecargas de viento.

21.2. El diseño y construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores permitirá las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o el circuito hidráulico.

21.3. El material de la estructura soporte cumplirá con lo especificado en el apartado 20.

21.4. La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. Las estructuras de acero podrán protegerse mediante galvanizado por inmersión, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes.

21.5. El diseño de la estructura tendrá en cuenta el ángulo de inclinación especificado para el captador, su orientación y la facilidad de montaje, desmontaje y acceso de los captadores.

21.6. La estructura se diseñará y construirá de forma que los apoyos de sujeción del captador sean suficientes en número y tengan el área de apoyo y posición relativa adecuada de forma que no se produzcan flexiones del captador superior a las permitidas por el fabricante.

21.7. El conjunto de la estructura se diseñará para que su peso por m^2 de superficie proyectada en el plano horizontal no supere $100 \text{ Kg}/m^2$.

21.8. Para el cálculo de la estructura se tendrá en cuenta lo señalado en las NC que le fueran aplicables.

21.9. El anclaje de la estructura se dimensionará de forma que resista las cargas indicadas en el punto 21.1.

21.10. En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanqueidad entre captadores se ajustará a las exigencias de las NC Básicas de la Edificación y a las técnicas usuales en la construcción de cubiertas.

21.11. La realización de taladros en la estructura se llevarán a cabo antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura.

21.12. Los topes de sujeción de captadores y la propia estructura no arrojará sombra sobre los captadores.

22. MONTAJE DE INSTALACIONES CON CIRCULACION FORZADA.

22.1. Generales del montaje de la instalación.

22.1.1. La instalación se construirá en su totalidad utilizando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento.

22.1.2. A efectos de las especificaciones de montaje de la instalación, éstas se complementarán con la aplicación de las NC vigentes que tengan competencia en el caso y con las recomendaciones de montaje de los fabricantes de los componentes.

22.1.3. Es responsabilidad de los instaladores comprobar que el edificio reúne las condiciones necesarias para soportar la instalación, indicándolo en la Memoria de Diseño.

22.1.4. Es responsabilidad del instalador comprobar la calidad de los materiales y del agua utilizada, cuidando que se ajusten a lo especificado en estas normas y el evitar el uso de materiales incompatibles entre sí.

22.1.5. El instalador evitará que los captadores queden expuestos al sol por períodos prolongados durante el montaje. En este período las conexiones del captador deben estar abiertas a la atmósfera, pero impidiendo la entrada de suciedad.

22.1.6. Terminado el montaje, durante el tiempo previo al arranque de la instalación, si se prevé que éste pueda prolongarse, el instalador procederá a tapar los captadores.

22.1.7. En las partes dañadas por roces en los equipos, producidos durante el traslado o el montaje, el instalador aplicará pintura rica en zinc u otro material equivalente.

22.1.8. En el montaje de la instalación y a efectos de su influencia en los componentes se tendrá en cuenta la máxima presión de red en el lugar.

22.1.9. La instalación de los equipos, válvulas y purgadores permitirá su posterior acceso a las mismas a efectos de su mantenimiento, reparación o desmontaje.

22.1.10. Una vez instalados, se procurará que las placas de características de los equipos sean visibles.

22.1.11. Todos los elementos metálicos que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por el fabricante, serán recubiertos con dos manos de pintura antioxidante.

22.1.12. Los circuitos de distribución de agua caliente sanitaria, se protegerán contra la corrosión por medio de ánodos de sacrificio.

22.1.13. Todos los equipos y circuitos de tubería deberán vaciarse total y parcialmente.

22.1.14. Se dispondrá vaciado parcial en todas las zonas del circuito que puedan independizarse.

22.1.15. El vaciado total se hará desde el punto más bajo con el diámetro mínimo, en función del tamaño de la instalación siguiente.

22.1.16. Las conexiones de las válvulas de vaciado a las redes de desagües se pueden realizar en PVC, acero galvanizado o cobre.

22.1.17. Las conexiones entre los puntos de vaciado y desagües se realizarán de forma que el paso del agua quede perfectamente visible.

22.1.18. Los botellines de purga serán siempre accesibles y siempre que sea posible, deben conducirse a un lugar visible.

22.1.19. Los vasos de expansión abiertos se instalarán con una distancia mínima de 1 m entre su conexión al circuito y el nivel libre de agua.

22.2. Montaje de la estructura soporte y la batería de captadores.

22.2.1. La estructura soporte se fijará al edificio de forma que resista las cargas indicadas en el punto 20.1.

22.2.2. La sujeción de los captadores a la estructura resistirá las cargas del viento, pero el sistema de fijación permitirá, si fuera necesario, el movimiento del captador de forma que no se transmitan esfuerzos de dilatación.

22.2.3. La instalación permitirá el acceso a los captadores de forma que su desmontaje sea posible en caso de rotura, pudiendo desmontar cada captador con el mínimo de actuaciones sobre los demás.

22.2.4. La conexión entre captadores podrá realizarse con accesorios metálicos o manguitos flexibles o tubería flexible.

22.2.5. Las tuberías flexibles se conectarán a los captadores solares utilizando preferentemente accesorios para mangueras flexibles.

22.2.6. El montaje de las tuberías flexibles evitará que la tubería quede retorcida y que se produzcan radios de cobertura superior a las especificadas por el fabricante.

22.2.7. La tubería de conexión entre los captadores y la válvula de seguridad tendrá la menor longitud posible y no se instalarán llaves o válvulas que puedan obstruirse por suciedad y otras restricciones entre ambos.

22.3. Instalación del depósito acumulador.

22.3.1. La estructura soporte para depósitos y su fijación se realizará según la normativa vigente.

22.4. Montaje de bomba.

22.4.1. Las bombas en línea se instalarán con el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para que puedan ser desmontadas con facilidad y sin necesidad de desarmar las tuberías adyacentes.

22.4.2. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

22.4.3. Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de las bombas de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos.

22.4.4. La conexión de las tuberías a las bombas no podrá provocar esfuerzos recíprocos (se utilizarán manguitos antivibratorios cuando la potencia de accionamiento sea superior a 700 W).

22.4.5. Todas las bombas estarán dotadas de tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión.

22.4.6. Todas las bombas deberán protegerse, aguas arriba, por medio de la instalación de un filtro de malla o tela metálica.

22.4.7. Cuando se monten bombas con prensa-estopas se instalarán sistemas de llenado automáticos.

22.5. Montaje de tuberías y accesorios.

22.5.1. Las tuberías serán instaladas de forma ordenada, utilizando fundamentalmente, tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a elementos estructurales del edificio, salvo las pendientes que deban darse.

22.5.2. Las tuberías se instalarán lo más próximo posible a paramentos, dejando el espacio suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios. En cualquier caso, la distancia mínima de las tuberías o sus accesorios a elementos estructurales será de 5 cm.

22.5.3. Las tuberías discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen o corran paralelamente.

22.5.4. La distancia en línea recta entre la superficie exterior de la tubería, con su eventual aislamiento, y la del cable o tubo protector no deben ser inferiores a la siguiente:

- 5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1.000 V.

- 30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1.000 V.

- 50 cm para cables con tensión superior a 1.000 V.

22.5.5. Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos como cuadros o motores.

22.5.6. No se permitirá la instalación de tuberías en hueco y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

22.5.7. Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos.

22.5.8. Las conexiones de componentes al circuito deben ser fácilmente desmontables por bridas o racores con el fin de facilitar su sustitución o reparación.

22.5.9. Los cambios de sección en tuberías horizontales se realizarán de forma que evite la formación de bolsas de aire mediante manguitos de reducción excéntricos o enrasado de generatrices superiores para uniones soldadas.

22.5.10. Para evitar la formación de bolsas de aire, los tramos horizontales de tubería se montarán siempre con una pendiente ascendente en el sentido de circulación, del 1% de acuerdo con el punto 14.35.

22.5.11. Se facilitarán las dilataciones de tuberías utilizando los cambios de dirección o dilatadores axiales.

22.5.12. Las uniones de tuberías de acero podrán ser por soldadura o roscadas.

Las uniones con valvulería y equipos podrán ser roscadas hasta 2", para diámetros superiores se realizarán las uniones por bridas.

22.5.13. En ningún caso se permitirán ningún tipo de soldadura en tuberías galvanizadas.

22.5.14. Las uniones de tuberías de cobre se realizarán mediante manguitos soldados por capilaridad.

22.5.15. Las uniones entre tubos de acero galvanizado y cobre se harán por medio de juntas dieléctricas. En circuitos abiertos el sentido de flujo del agua deberá ser siempre del acero al cobre.

22.5.16. El dimensionado, distancia y disposición de los soportes de tubería se realizará de acuerdo con las prescripciones de la NC 02-04-12.

22.5.17. Durante el montaje de las tuberías se evitarán en los cortes para la unión de tuberías, las rebabas y escorias.

22.5.18. En las ramificaciones soldadas el final del tubo ramificado no debe proyectarse en el interior del tubo principal.

23. MONTAJE DE INSTALACIONES CON CIRCULACION POR TERMOSIFON.

23.1. El montaje de los sistemas por termosifón cumplirá con las especificaciones del apartado 22 que le sean de aplicación.

23.2. No se instalarán codos a 90º en el circuito.

23.3. Los cambios de dirección se realizarán con curvas con un radio mínimo de tres veces el diámetro del tubo.

23.4. Se cuidará de mantener rigurosamente la sección interior de paso de las tuberías, evitando aplastamientos durante el montaje.

23.5. Se permitirá reducir el aislamiento de la tubería de retorno para facilitar el efecto termosifón.

24. RECEPCION Y PRUEBAS FUNCIONALES DE LA INSTALACION.

24.1. El instalador se responsabilizará de la ejecución de las pruebas funcionales, del buen funcionamiento de la instalación y del estado de la misma en el momento de su entrega a la propiedad.

24.2. El instalador, salvo orden expresa, entregará la instalación llena y en funcionamiento.

24.3. Con el fin de probar su estanqueidad, todas las redes de tuberías deben ser probadas hidrostáticamente antes de quedar ocultas por obras de albañilería o por el material aislante.

24.4. De igual forma, se probarán hidrostáticamente los equipos y el circuito de energía auxiliar cuando corresponda.

24.5. Se comprobará que las válvulas de seguridad funcionan y que las tuberías de descarga de las mismas no están obturadas y en conexión con la atmósfera. La prueba se realizará incrementando hasta un valor de 1,1 veces el de tarado y comprobando que se produce la apertura de la válvula.

24.6. Se comprobará la correcta actuación de las válvulas de corte, llenado, vaciado y purga de la instalación.

24.7. Al objeto de la recepción de la instalación se entenderá que el funcionamiento de la misma sea correcto, cuando la instalación satisfaga las pruebas parciales incluidas en el presente capítulo.

24.8. Se comprobará que alimentado (eléctricamente) las bombas del circuito, entran en funcionamiento y el incremento de presión indicado con los manómetros se corresponden en la curva con el caudal del diseño del circuito.

24.9. Se comprobará la actuación del sistema de control y el comportamiento global de la instalación realizando una prueba de funcionamiento diario, consistente en verificar, que en un día claro, las bombas arrancan por la mañana, en un tiempo prudencial, y paran al atardecer, detectándose en el depósito saltos de temperatura significativos.

25. MANTENIMIENTO.

25.1. El instalador garantizará el conjunto de la instalación y los equipos por un período acordado con el cliente.

25.2. El instalador se responsabilizará del mantenimiento de la instalación por, al menos, el mismo período de tiempo que la garantía.

25.3. El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones inferiores o iguales a 20 m² de superficie útil homologada y una revisión cada seis meses para instalaciones superiores a 20 m².

25.4. El instalador entregará al titular de la instalación un manual de operación y mantenimiento.

25.5. El manual de operación y mantenimiento deberá contener:

- La Memoria de Diseño de la instalación.
- Instrucciones de operación.
- Instrucciones sobre las operaciones sobre mantenimiento exigibles.

25.6. Las instrucciones de operación incluirán las siguientes supervisiones mínimas a cargo del usuario, así como los procedimientos correctivos correspondientes.

25.6.1. Comprobación, en frío, de la presión el circuito cerrado.

25.6.2. Comprobación, en frío, del nivel de agua en los vasos de expansión de circuitos abiertos.

25.6.3. Vaciado de aire de los sistemas de purga.

25.6.4. Verificación de la alimentación eléctrica.

25.7. Las operaciones de mantenimiento exigibles son:

25.7.1. Control del estado de captadores solares, estructura soporte, tuberías y aislamientos.

25.7.2. Verificación de la actuación de los elementos del circuito hidráulico: válvulas, purgadores, etc.

25.7.3. Comprobar presión del vaso de expansión.

25.7.4. Verificar prestaciones del intercambiador.

25.7.5. Revisión de la actuación de los elementos de control y maniobra del sistema eléctrico.

