



## Manual para el participante Estándar de Competencia Laboral EC0473

Instalación del Sistema de Calentamiento Solar de Agua por Circulación Forzada con Termotanque



El Comité de Gestión por Competencias de Energía Renovable y Eficiencia Energética agradece a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH por la colaboración y asistencia técnica en la elaboración del presente documento. La colaboración de la GIZ se realizó bajo el marco del “Programa de Energía Sustentable en México” el cual se implementa por encargo del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad del/ de los autor/es y no necesariamente representan la opinión del CENCER y/o de la GIZ. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

Edición y Supervisión: Ana Patricia Villaseñor Escalona  
Autor(es): Salvador González González  
Diseño: GIZ Mexico  
Fotos portada: Centro Nacional de Capacitación en Energías Renovables  
Fotos: Cortesía Módulo Solar y CENCER

Centro Nacional de Capacitación en Energías Renovables  
Mar del Néctar Mz. 116 Lt. 5 Col. El Triángulo. Del. Tláhuac. C.P. 13460  
México, D.F.  
[www.cencer.org.mx](http://www.cencer.org.mx)

© Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn/Alemania  
[www.giz.de](http://www.giz.de)

Oficina de Representación de la GIZ en México  
Torre Hemicor, Piso 11  
Av. Insurgentes Sur No. 826  
Col. Del Valle, Del. Benito Juárez  
C.P. 03100, México, D.F.  
T +52 55 55 36 23 44  
F +52 55 55 36 23 44  
E [giz-mexiko@giz.de](mailto:giz-mexiko@giz.de)  
I [www.giz.de/](http://www.giz.de/) [www.gtz.de/mexico](http://www.gtz.de/mexico)

## Tabla de Contenido

<b>Resumen Ejecutivo .....</b>	<b>13</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>14</b>
<b>Energía solar .....</b>	<b>17</b>
<b>1 Módulo I Verificación de los elementos del proyecto para la instalación del Sistema de Calentamiento Solar de Agua por Circulación Forzada con Termotanque (SCSACF). .....</b>	<b>28</b>
1.1 Uso del equipo de seguridad personal en el área de instalación. ....	28
1.1.1 Botas .....	28
1.1.2 Lentes de seguridad .....	28
1.1.3 Guantes.....	28
1.1.4 Vestimenta con reflejantes .....	28
1.1.5 Casco .....	29
1.1.6 Arnés para trabajo en alturas .....	29
1.1.7 Equipo especial para espacios confinados .....	29
1.2 Revisión del plano de instalación .....	29
1.2.1 Diagrama de componentes mínimos de un SCSACF .....	30
1.3 Verificación de la trayectoria de tuberías entre termotanque y campo de colectores... ..	33
1.4 Corroboración del rango de presión de la red hidráulica .....	33
1.4.1 Identificación de la red.....	33
1.4.2 Verificación visual.....	33
1.5 Verificación ubicación de componentes del SCSAC con el cliente .....	35
1.6 Integración de la documentación .....	39
Listado de herramientas validado con el proyecto .....	39
1.6.1 Herramienta básica .....	39
1.6.2 Herramienta especial:.....	40
1.6.3 Tuberías y conexiones .....	41
<b>2 MÓDULO II Instalación de los componentes del SCSACF .....</b>	<b>42</b>
2.1 Verificación de la existencia de los materiales para la instalación, componentes del sistema y herramientas en sitio: .....	42
2.1 Verificación de la existencia de materiales para la instalación .....	42
2.1.1 Verificación de la existencia de componentes del SCSACF .....	42
2.1.2 Verificación de la existencia de la herramienta .....	42
2.2 Habilitar estructura para colectores solares.....	43

2.2.1	Orientar de acuerdo al proyecto .....	43
2.2.2	Verificar montaje en área asignada .....	43
2.2.3	Nivelar vertical y horizontalmente .....	43
2.2.4	Fijar conforme al proyecto .....	44
2.2.5	Acabado final de la estructura. ....	45
2.2.6	Sellar perforaciones de superficie.....	46
2.3	Montaje de colectores solares en estructura .....	46
2.3.1	Colocar material aislante entre dos metales diferentes para evitar par galvánico .....	46
2.3.2	Manejo y cuidado de colectores .....	46
2.3.3	Posición de los colectores .....	47
2.3.4	Interconectar colectores .....	47
2.3.5	Fijación de colectores a la estructura .....	47
2.4	Conexión de los ramales hidráulicos .....	48
2.4.1	Soportería de ramales hidráulicos .....	48
2.4.2	Instalar componentes hidráulicos .....	49
2.4.3	Instalar líneas de carga y descarga .....	52
2.4.4	Tubería alineada, escuadrada y nivelada .....	53
2.5	Realizar uniones entre tubería y conexión.....	54
2.5.1	Alinear conexiones con respecto a la tubería .....	54
2.5.2	Limpieza de conexiones .....	54
2.5.3	Cubrir área donde se aplica la unión .....	55
2.5.4	Aplicar el material de unión según el tipo de proceso .....	55
2.6	Instalación del termotanque en el área asignada .....	57
2.6.1	Delimitar área de instalación con cinta de seguridad .....	57
2.6.2	Ubicar termotanque en el área asignada .....	57
2.6.3	Fijar termotanque .....	58
2.6.4	Colocar material aislante entre dos metales diferentes para evitar par galvánico .....	59
2.6.5	Nivelar con respecto a la horizontal.....	59
2.6.6	Validar maniobra con el cliente en la bitácora.....	60
2.7	Interconexión de los componentes en el cuarto de máquinas .....	60
2.7.1	Bypass de agua fría.....	60
2.7.2	Cerrar el sistema de agua fría y salida de agua caliente .....	61

2.7.3	Conecta alimentación de agua fría al termotanque.....	61
2.7.4	Instalación hidráulica del equipo de bombeo.....	61
2.7.5	Orientar y canalizar elementos de seguridad y medición.....	62
2.7.6	Conectar componentes de instrumentación y seguridad del termotanque y bomba.....	64
2.8	Instalación de componentes eléctricos en cuarto de máquinas.....	64
2.8.1	Conectar el sistema de bombeo.....	64
2.8.2	Canalizando las conexiones eléctricas de potencia y señal.....	65
2.8.3	Fijar el tablero de control.....	65
2.8.4	Conectar control automático con la bomba.....	65
2.8.5	Colocar sensores de temperatura.....	66
<b>3</b>	<b>Módulo III Puesta en marcha del SCSACF.....</b>	<b>68</b>
3.1	Revisar el funcionamiento de los instrumentos de medición del termotanque.....	68
3.1.1	Abrir las llaves de alimentación hidráulica y permitiendo la purga del termotanque.....	68
3.1.2	Verificar que no presente goteo de agua en:.....	68
3.1.3	Revisar la aguja de cada instrumento que marque dentro del rango de medición de acuerdo con lo establecido en el proyecto.....	69
3.2	Llenar de agua las líneas hidráulicas y campo de colectores.....	70
3.2.1	Abrir las válvulas de la línea de carga del termotanque al campo de colectores.....	70
3.2.2	Abrir las llaves de purga en el campo de colectores.....	70
3.2.3	Revisar físicamente ausencia de fugas en las conexiones del sistema de bombeo, tuberías y campo de colectores.....	70
3.2.4	Corroborar que la soportería no esté desprendida o floja al moverla.....	71
3.2.5	Revisar que las válvulas eliminadoras de aire y las válvulas de seccionamiento funcionen al accionarlas.....	71
3.3	Verificar el funcionamiento de los componentes eléctricos del sistema.....	71
3.3.1	Verificar que el plano de bornes esté conectado en la polaridad que corresponde conforme al manual del fabricante.....	71
3.3.2	Programar en el control automático, los parámetros de arranque y paro, de acuerdo con el proyecto.....	72
3.3.3	Revisar la lectura de temperatura en el control automático.....	73
3.3.4	Hacer pruebas en el arrancador, pasando de manual a automático para el arranque de la bomba.....	73
3.3.5	Set point.....	73

3.4	Medir amperaje en la bomba.....	74
3.4.1	Tomar las lecturas de amperaje en cada fase de la bomba con carga, con el amperímetro de gancho.....	74
3.4.2	Registrar el amperaje que indica la placa del equipo contra las lecturas tomadas. ....	74
3.4.3	Realizando prueba de giro y sentido de la bomba conforme al manual del fabricante. ....	74
3.4.4	Apagar inmediatamente el sistema si el amperaje está fuera de los rangos establecidos. ....	74
3.4.5	Reportar las fallas en la bomba al responsable de obra y en bitácora. ....	74
3.4.6	Reportar la falla conforme a las indicaciones del responsable de obra.....	74
3.5	Listado de materiales y herramientas entregados .....	75
3.5.1	Incluir cantidad de materiales sobrantes y clasificados de acuerdo a su tipo... ..	75
3.5.2	Indicar la cantidad de herramienta devuelta al responsable de obra. ....	75
3.6	Reporte de puesta en marcha del SCSACF .....	75
3.6.1	Incluir mediciones de todos los componentes de instrumentación.....	75
3.6.2	Incluir en el reporte comentarios, observaciones, fugas de agua detectadas y corregidas por parte del instalador.....	75
3.6.3	Incluir las lecturas de la instrumentación para cada período de tiempo determinado en el procedimiento de pruebas de la empresa.....	75
3.6.4	Incluir nombre, firma del instalador y fecha de la puesta en marcha.....	75
3.6.5	Procedimiento para resolver un desperfecto del sistema como Situación Emergente.....	76
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>77</b>

### **Lista de Tablas**

Tabla 1: Temperaturas y presiones de los diferentes materiales de tuberías .....	41
--	----

### **Lista de Figuras**

Figura 1: Potencial de la energía renovable. ....	15
Figura 2: Diversidad de Fuentes de Energía Renovable y No Renovable.....	16
Figura 3: Energía solar se propaga en el espacio en onda electromagnética y llega a la Tierra .....	17
Figura 4: Espectro electromagnético de la irradiación solar.....	17
Figura 5: Irradiancia con radiación directa vs radiación difusa .....	18

Figura 6: Circulación de caldera vs termotanque.....	19
Figura 7: Colectores solares vs termotanque independiente para sistema solar y el termotanque entrega el agua precalentada a un intercambiador de calor. ....	19
Figura 8: Circulación de Caldera vs termotanque.....	20
Figura 9: Funcionamiento de un Molino de Nixtamal.....	21
Figura 10: Colectores solares.....	22
Figura 11: Colector plano desnudo.....	22
Figura 12: Colector plano.....	22
Figura 13: Tubo de vacío.....	22
Figura 14: Tubo de vacío con heat pipe.....	22
Figura 15: Tecnologías existentes para el calentamiento de agua.....	23
Figura 16: Termotanque.....	23
Figura 17: Termotanque fabricado a la medida.....	24
Figura 18: Demanda de agua caliente.....	24
Figura 19 Recuperación de calor por caldera.....	25
Figura 20: Diagrama de funcionamiento del control diferencial de temperatura.....	25
Figura 21: Diagrama de incremento de temperatura en un SCSACF temperatura vs tiempo ....	26
Figura 22: Control diferencial.....	27
Figura 23: Reverso del control diferencial.....	27
Figura 24: Bomba recirculadora.....	27
Figura 25: Botas de seguridad.....	28
Figura 26: Lentes de seguridad.....	28
Figura 27: Guantes antiderrapantes.....	28
Figura 28: Vestimenta con reflejantes.....	29
Figura 29: Casco.....	29
Figura 30: Arnés de seguridad.....	29
Figura 31: Equipo especial para espacios confinados.....	29
Figura 32: Diagrama de componentes mínimos de un SCSACF.....	31
Figura 33: Recorrido entre azotea y cuarto de máquinas.....	32
Figura 34: Medidas en la azotea con ayuda de Google Maps.....	33
Figura 35: Manómetro.....	34
Figura 36: Obstáculos en la loza.....	35
Figura 37: Fotos y diagrama de cuarto de máquinas.....	36

Figura 38: Diagrama de succiones y retornos .....	36
Figura 39: Fotografía de placa con especificaciones del equipo .....	37
Figura 40: Diagrama a mano alzada de distribución del cuarto de máquinas .....	38
Figura 41: Diagrama de distancias .....	39
Figura 42: Herramienta Básica .....	39
Figura 43: Herramienta Especial .....	40
Figura 44: Herramienta necesaria para la instalación de SCSACF; <b>Error! Marcador no definido.</b>	
Figura 45: Tuberías disponibles .....	41
Figura 46: Instalador hablando con proyectista .....	43
Figura 47: Reubicación de estructura hacia el Sur .....	43
Figura 48: Nivelación de estructura .....	43
Figura 49: Interconexiones alineadas .....	44
Figura 50: Detalle de fijación en cilindros de cemento .....	45
Figura 51: Fijaciones con cilindros de cemento .....	45
Figura 52: Rompe Vientos .....	45
Figura 53: Estructura con pintura epóxica negra. ....	45
Figura 54: Impermeabilización con sílica .....	46
Figura 55: Manejo y cuidado de colectores .....	46
Figura 56: Paneles orientados hacia el sur .....	47
Figura 57: Interconexión de colectores .....	47
Figura 58: Ramales hidráulicos con soportería .....	48
Figura 59: Tipos de fijación para tuberías .....	49
Figura 60: Instalación de componentes hidráulicos .....	49
Figura 61: Válvula liberadora de aire y válvula de alivio de presión .....	50
Figura 62: Válvula de drenaje o drenado .....	50
Figura 63: Válvulas de corte por banco .....	51
Figura 64: Transición de materiales .....	51
Figura 65: Líneas de carga .....	53
Figura 66: Tuberías alineadas .....	53
Figura 67: Ramales de carga y descarga en diferentes diámetros .....	53
Figura 68: Conexiones alineadas respecto a la tubería .....	54
Figura 69: Limpieza de conexiones .....	55
Figura 70: Limpieza de conexiones .....	55
Figura 71: unión de materiales .....	56

Figura 72: mancha de pegamento de cpvc.....	56
Figura 73: Uso de la tarraja .....	57
Figura 74: Delimitado de área con cinta de seguridad.....	57
Figura 75: Ubicación de termotanque.....	58
Figura 76: Fijación de termotanque horizontal.....	58
Figura 77: Fijación de termotanque vertical.....	59
Figura 78: Aislante entre materiales diferentes.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 79: Durmientes rectificadas para alinear termotanque.....	60
Figura 80: Bypass .....	61
Figura 81: Válvulas de acometida de agua fría.....	61
Figura 82: Válvula Check .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 83: Elementos hidráulicos de instalación de bomba de recirculación.....	62
Figura 84: Orientar instrumentos de medición.....	63
Figura 85: Orientar válvula de alivio para evitar riesgos .....	63
Figura 86: Válvulas de seguridad en termotanque.....	64
Figura 87: Sistema de bombeo.....	64
Figura 88: Tablero de control fijado .....	65
Figura 89: Diagrama de conexión de control y bomba.....	66
Figura 90: Sensor dentro de colector.....	67
Figura 91: Espacio para sensor en cabezal de tubería principal.....	67
Figura 92: Sensor de termotanque .....	67
Figura 93: Llave de alimentación.....	68
Figura 94: Fuga entre conexiones .....	68
Figura 95: Termómetro.....	69
Figura 96: Manómetro .....	69
Figura 97: Llave de purga.....	70
Figura 98: Soportería a la pared.....	71
Figura 99: Soportería Verical.....	71
Figura 100: Plano de bornes .....	71
Figura 101: Diagrama de dispositivo de control.....	72
Figura 102: Válvula anticongelamiento.....	72
Figura 104: Control diferencial USDT-2005 con tres posiciones: Off, Auto y On.....	73
Figura 103: Temperatura en el tablero de control.....	73

Figura 105: Lectura con amperímetro de gancho ..... 74

## Listado de Abreviaturas

CENCER	Centro Nacional de Capacitación en Energías Renovables
EC	Estándar de Competencia Laboral
SCSACFT	Sistema de Calentamiento Solar de Agua por Circulación Forzada con Termotanque
SENER	Secretaría de Energía
VAE	Válvula Eliminadora de Aire
VAP	Válvula de Alivio de Presión

## **Resumen Ejecutivo**

### **Antecedentes**

Debido a la creciente demanda de personal con mano de obra calificada para realizar instalaciones de calidad en los Sistemas de Calentamiento Solar de Agua por Circulación Forzada, es necesario crear la documentación que permita realizar la docencia de dicha instalación, para así promover la instalación de éstos sistemas para contribuir a abatir los altos costos de calentamiento con hidrocarburos y dejar de emitir estos contaminantes.

### **Objetivo y Alcance**

Este documento pretende ser una guía para todo aquél que pretende instalar Sistemas de Calentamiento Solar de Agua por Circulación forzada con Termotanque y aspira a certificarse en el Estándar de Competencia EC0473.

### **Metodología**

Este documento se realizó en base a la experiencia en la instalación de Sistemas de Calentamiento Solar de Agua por Circulación Forzada con Termotanque; consta de una introducción y 3 capítulos en los cuales se detalla la instalación de un Sistema de Calentamiento Solar de Agua por Circulación Forzada con Termotanque, con pase en los lineamientos del Estándar de competencia EC0473.

### **Resultados Clave**

El estudiante que siga esta guía de instalación tendrá los elementos necesarios para realizar la evaluación del Estándar de competencia EC0473.

### **Conclusiones y recomendaciones**

Se recomienda seguir esta guía además del curso de capacitación del Estándar de competencia EC0473 para obtener un puntaje que le permita ser calificado como “competente”.

## Introducción

### Generalidades

#### ¿Qué es un Estándar de Competencia?

Un **Estándar de Competencia** es un documento oficial aplicable en toda la República Mexicana que sirve de referencia para evaluar y certificar la competencia de las personas. Las **competencias**, son los conocimientos, habilidades, destrezas y comportamientos individuales, es decir, aquello que las hace competentes para desarrollar una actividad en su vida laboral. La **certificación de competencias** es el proceso a través del cual las personas demuestran por medio de evidencias, que cuentan, sin importar como los hayan adquirido, con los conocimientos, habilidades y destrezas necesarias para cumplir una función a un alto nivel de desempeño de acuerdo con lo definido en un Estándar de Competencia.

#### Perfil del instalador del EC0473

- Plomería general en herramienta y materiales hidráulicos
- Soldadura de cobre de baja y alta presión
- Soldadura eléctrica para estructuras metálicas ligeras
- Obra civil en general
- Conocimientos generales de energía solar térmica
- Conocimientos básicos de electricidad para conectar bomba centrífuga y tablero de control

#### Perfil del Estándar de Competencia Laboral EC0473

Nivel del EC0473: TRES

Desempeña actividades:

- programadas
- rutinarias
- también impredecibles.

Recibe:

- orientaciones generales e
- instrucciones específicas de un superior.

Requiere:

- supervisar y orientar a otros trabajadores jerárquicamente subordinados

### Elementos del Estándar de Competencia

- (I) Verificar los elementos del proyecto para la instalación del Sistema de Calentamiento Solar de Agua por Circulación Forzada con Termotanque (SCSACF).
- (II) Instalar los componentes del sistema de SCSACF.
- (III) Realizar la puesta en marcha del SCSACF.

### Generalidades de un SCSACF

¿Cuál es la aplicación de un Sistema de Calentamiento Solar de Agua por Circulación Forzada?

Un SCSACF se aplica cuando se necesita calentar grandes volúmenes de agua; esto se realiza moviendo el agua nuevamente hacia el calentador solar, incrementando así su temperatura.

A continuación estudiaremos los principios básicos de la radiación solar:

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Entre las energías renovables se cuentan la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar, undimotriz, la biomasa y los biocombustibles

- **Potencial de la energía renovable**

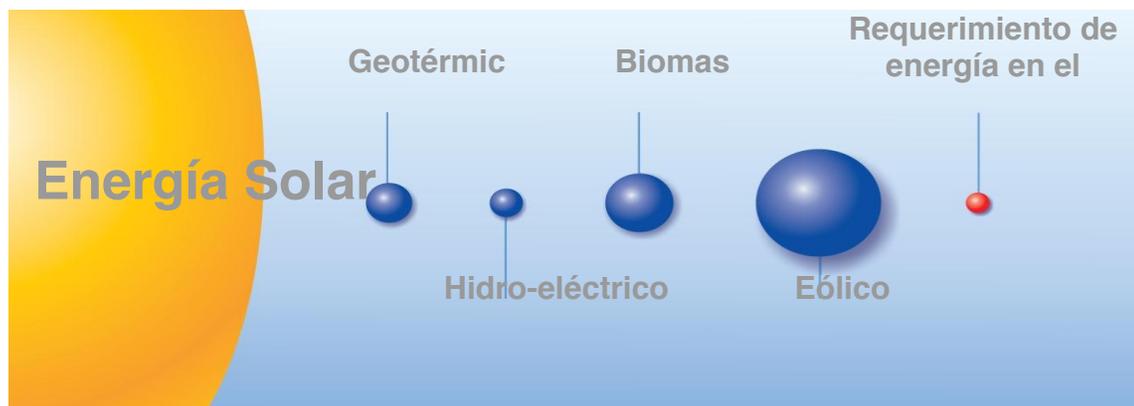


Figura 1: Potencial de la energía renovable.

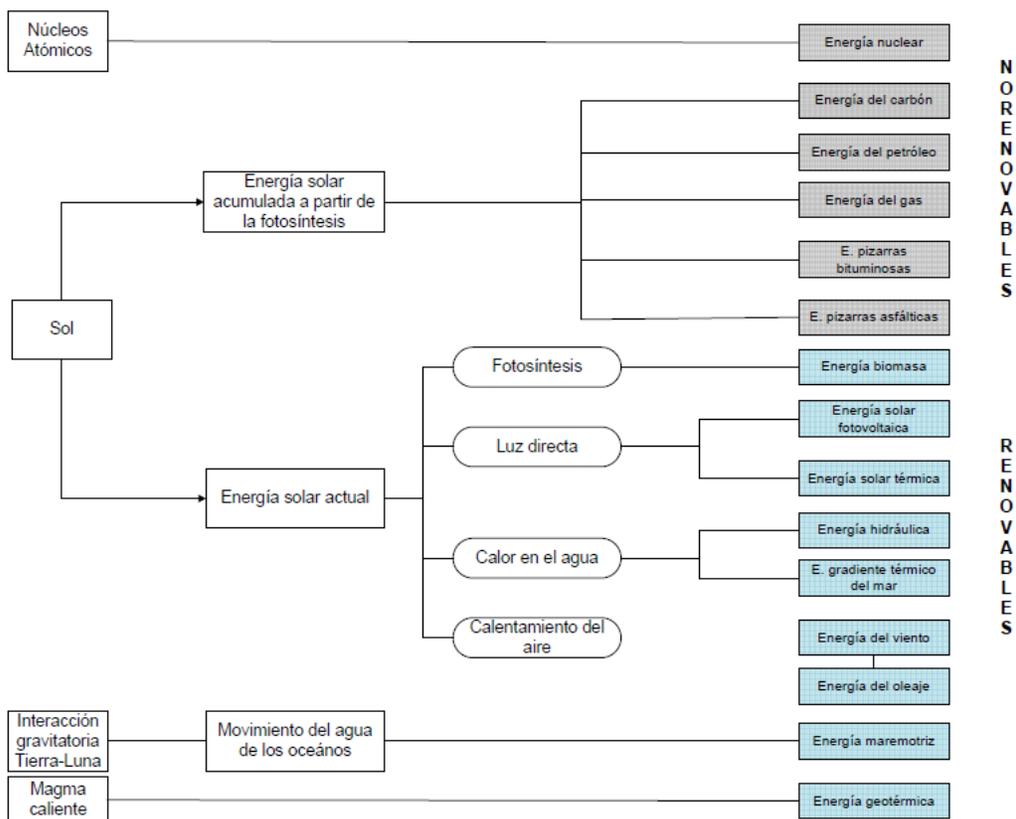


Figura 2: Diversidad de Fuentes de Energía Renovable y No Renovable

## Energía solar



Figura 3: Energía solar se propaga en el espacio en onda electromagnética y llega a la Tierra

Origen: Sol. (Onda electromagnética). Explicar que la energía solar nos llega a la Tierra por medio de ésta onda electromagnética que se propaga a través del espacio.

Potencial energético: 1.4 kW/m<sup>2</sup> en la atmósfera. En superficie depende de la posición geográfica. En México se estima un potencial teórico de 3600 TWh/año, sin contemplar litorales.

Formas de aprovechamiento: Térmicos y fotovoltaicos. Los sistemas térmicos ocupan la parte no visible de la onda electromagnética, los sistemas fotovoltaicos aprovechan en mayor medida la parte visible de la onda electromagnética.

Duración: ilimitada. De aquí que la energía no debiera llamarse renovable sino Inagotable.

### Espectro solar

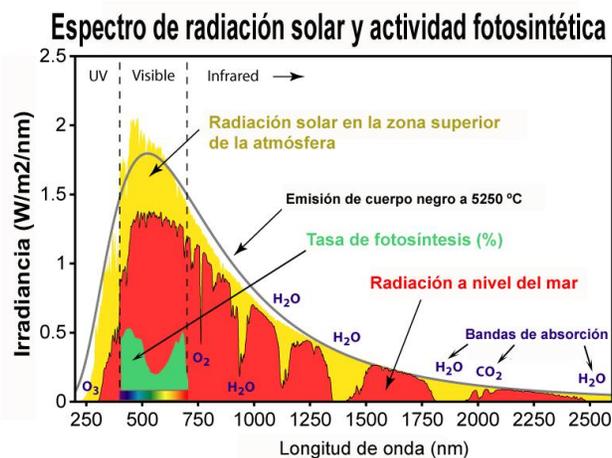


Figura 4: Espectro electromagnético de la irradiación solar

El espectro de la radiación solar que en su forma de onda electromagnética tiene una parte visible y una no visible.

La parte infrarroja, no visible es la que porta la energía calorífica.

## La luz del sol bajo diferentes condiciones del cielo

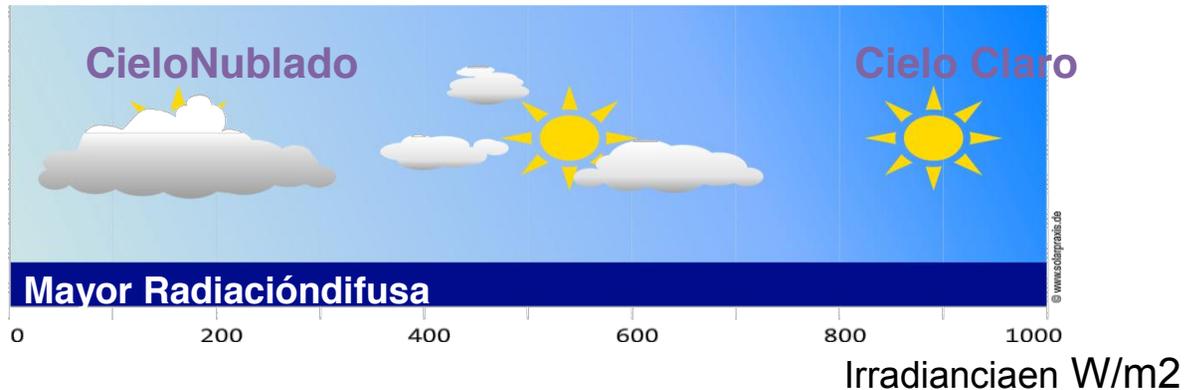
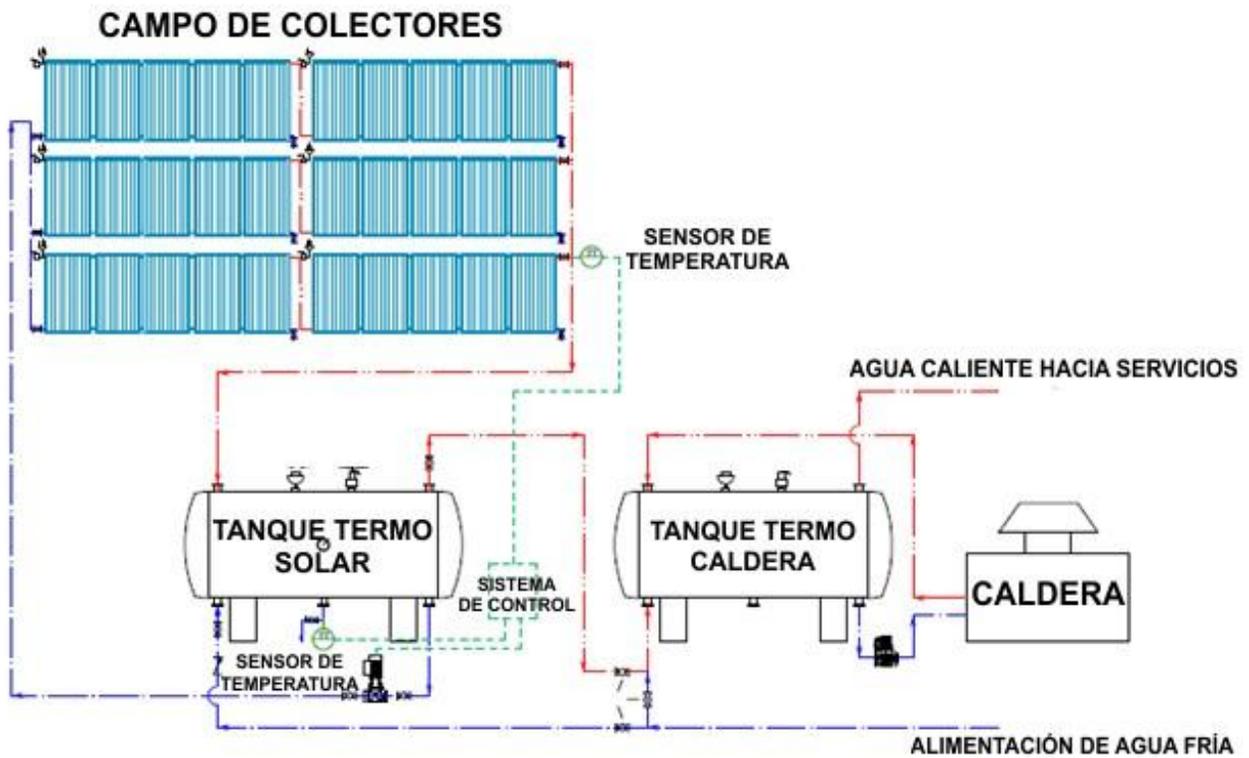


Figura 5: Irradiancia con radiación directa vs radiación difusa

La energía radiante y la proporción de la radiación directa y difusa puede variar mucho dependiendo de las condiciones de nubosidad y la hora del día. Como la radiación directa entrega mayor cantidad de energía, es la ideal para todo sistema de calentamiento solar tanto como para los sistemas fotovoltaicos.

## Componentes de un Sistema de Calentamiento Solar de Agua por Circulación Forzada

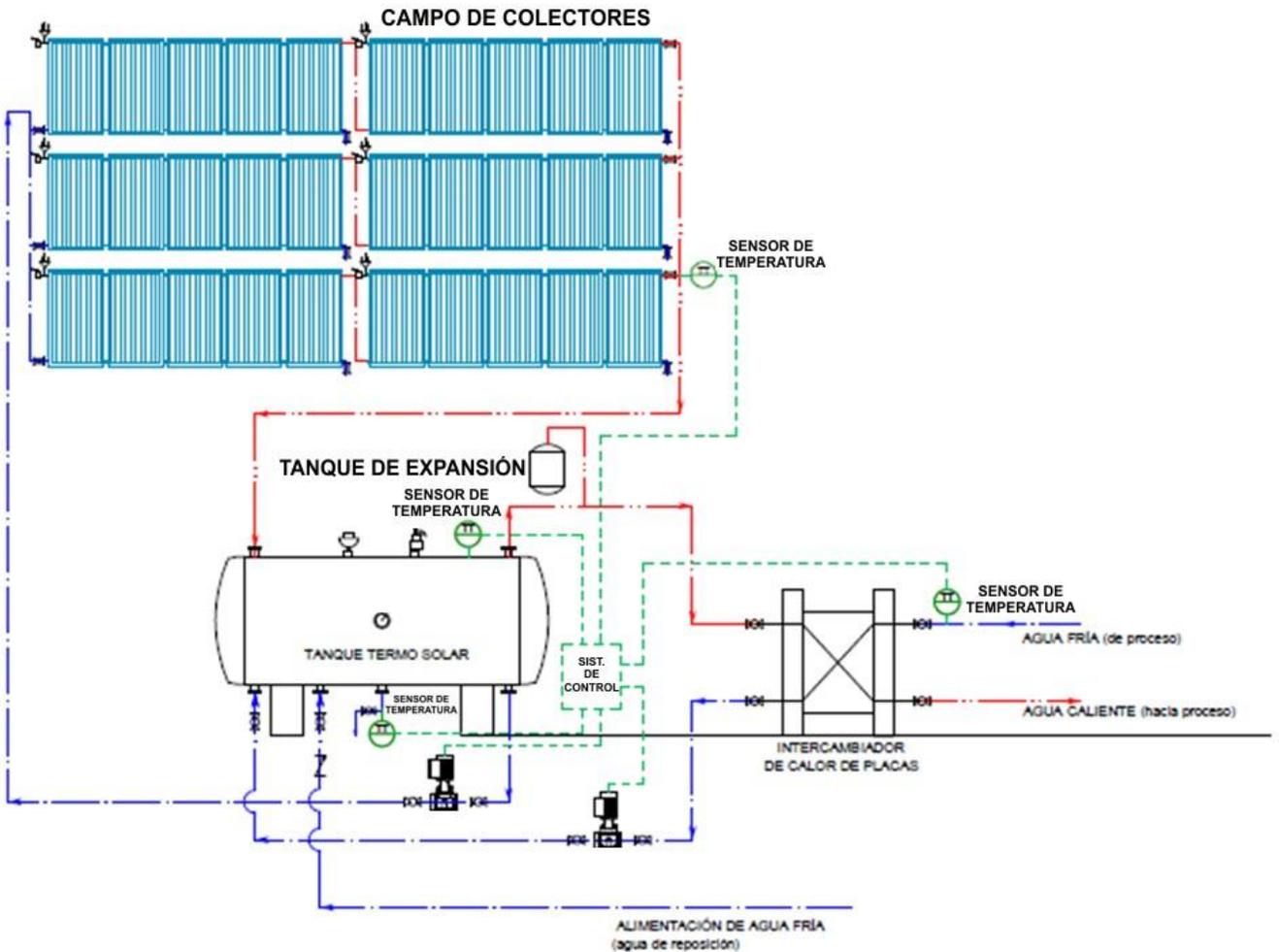
A continuación veremos algunos tipos de sistema de circulación forzada y enseguida desglosaremos cada uno de los componentes del mismo:



**Figura 6: Circulación de caldera vs termotanque.**

**Colectores solares vs termotanque independiente para sistema solar.**

A continuación se muestra un sistema de calentamiento solar por circulación forzada con intercambiador de calor:



**Figura 7: Colectores solares vs termotanque independiente para sistema solar y el termotanque entrega el agua precalentada a un intercambiador de calor.**

A continuación se muestra un sistema de calentamiento solar por circulación forzada de funcionamiento típico, con un arreglo de termotanques:

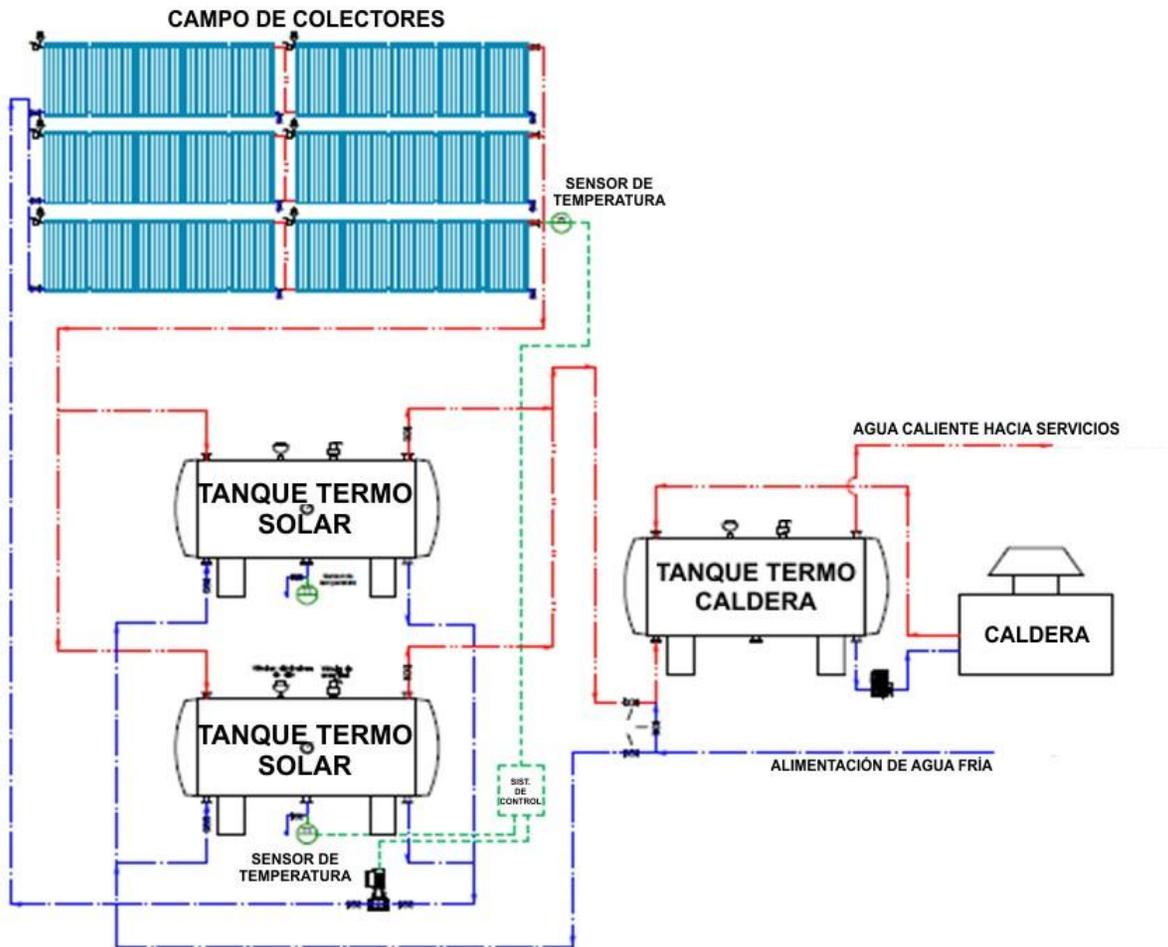


Figura 8: Circulación de Caldera vs termotanque

Colectores solares vs un arreglo de termotanques que pueden dar agua precalentada a distintas aplicaciones, o la misma.

A continuación se muestra un sistema de calentamiento solar por circulación forzada tinaco y entrega de agua precalentada por bacheo:

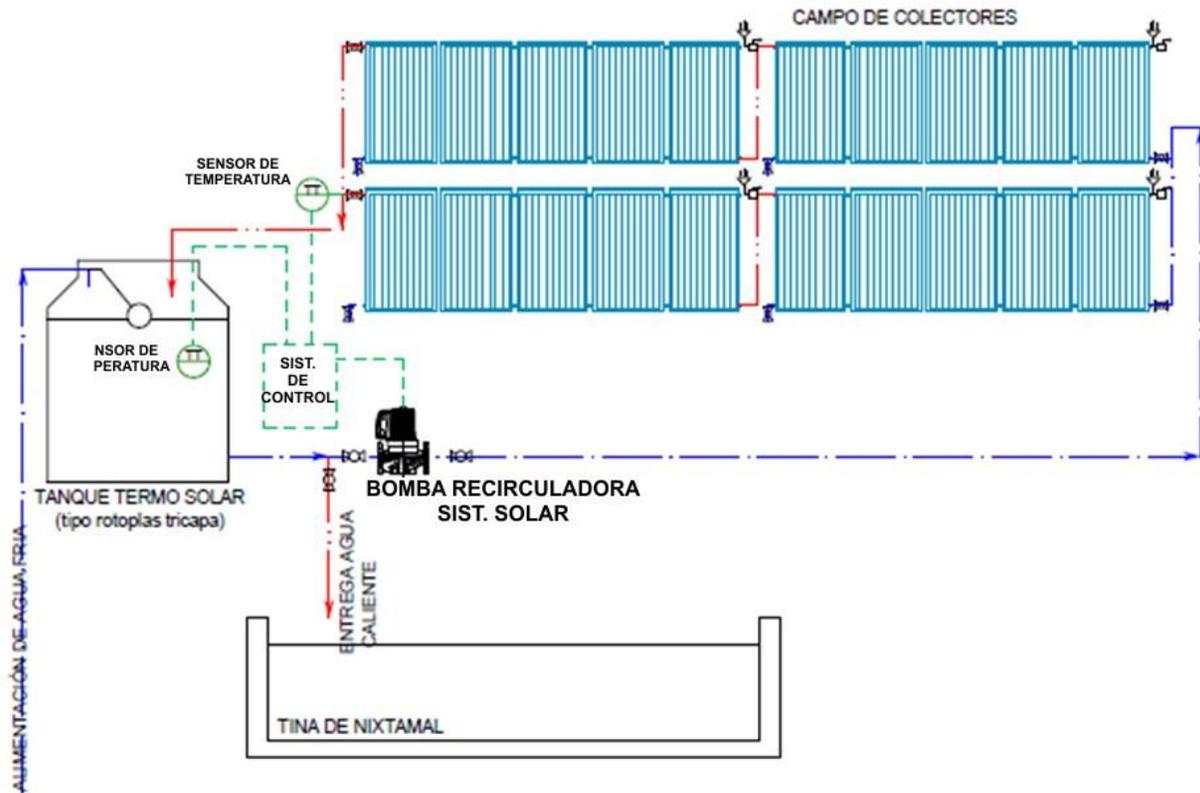


Figura 9: Funcionamiento de un Molino de Nixtamal

Colectores solares vs termotanque abierto y el termotanque entrega el agua precalentada en periodos de demanda específicos.

## Componentes básicos de un SCSACF

- Colectores
- Tanque
- Control
- Bomba

## Colector Solar

El colector solar es un dispositivo que capta la energía proveniente del sol y la transfiere en forma de calor a un fluido que circula dentro de él; es una pieza fundamental del SCSACF



Figura 10: Colectores solares

## Tipos de colector

Existen fundamentalmente dos tipos de colectores: planos y de tubos evacuados. Dentro de los colectores planos podemos encontrar la sub categoría “Colectores desnudos” y dentro de los tubos evacuados podemos encontrar la sub categoría “Heat Pipes”



Figura 11: Colector plano desnudo

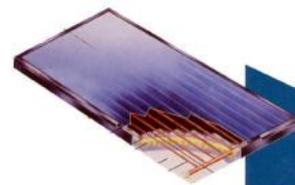


Figura 12: Colector plano



Figura 14: Tubo de vacío con heat pipe



Figura 13: Tubo de vacío

## Tecnologías existentes:



Figura 15: Tecnologías existentes para el calentamiento de agua

## Termotanque

- Es un depósito de agua con características adiabáticas, para tenerla disponible en el momento de uso

### Características del termotanque

- Capacidad en litros
- Presión de trabajo
- Interior (porcelanizado o con recubrimiento epóxico)
- Aislamiento
- Acabado exterior
- Prefabricado – Listo para usarse.
- Capacidad limitada a las dimensiones de prefabricación (150, 300, 450, 750 y 1,000 litros)
- Interior porcelanizado
- Soporta hasta 6 Kg/cm<sup>2</sup>
- Aislamiento de 1" en lana mineral con reflejante de aluminio
- Acabado exterior en lámina pintro



Figura 16: Termotanque

### Termotanque de acero fabricado a la medida

- Capacidad según necesidad desde 1,000l hasta 30,000 litros
- Acero negro galvanizado (menos de 2000 litros)
- Acero negro con recubrimiento epóxico (más de 2,000 litros)
- Para presiones desde 4kg/cm<sup>2</sup> hasta 8kg/cm<sup>2</sup>
- Aislamiento de fibra de vidrio y acabado en lámina de aluminio
- Aislado en obra



Figura 17: Termotanque fabricado a la medida

### ¿Por qué usar un termotanque independiente del sistema de respaldo?

- Una de las preguntas más frecuentes de los usuarios es si necesitan un termotanque independiente al que ya tienen para el sistema de respaldo (calderas o calentadores industriales)
- Es indispensable que el sistema solar cuente con su propio termo; no se debe compartir este con ningún otro sistema de calentamiento ya que se podría tener un pobre desempeño en el SCSACF

### Desempeño de un SCSACF con y sin termotanque

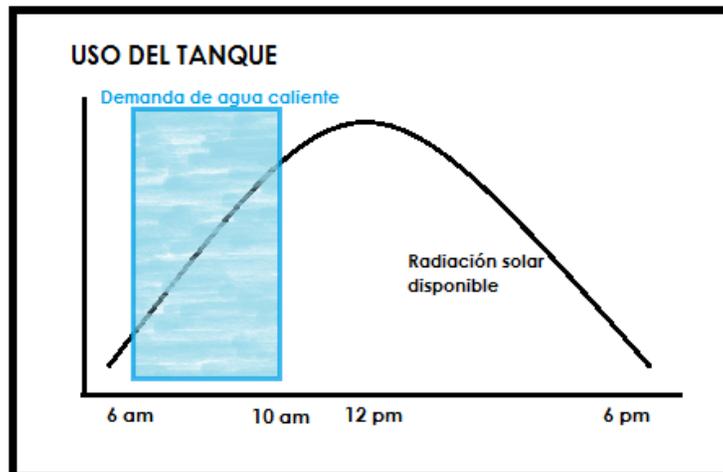


Figura 18: Demanda de agua caliente

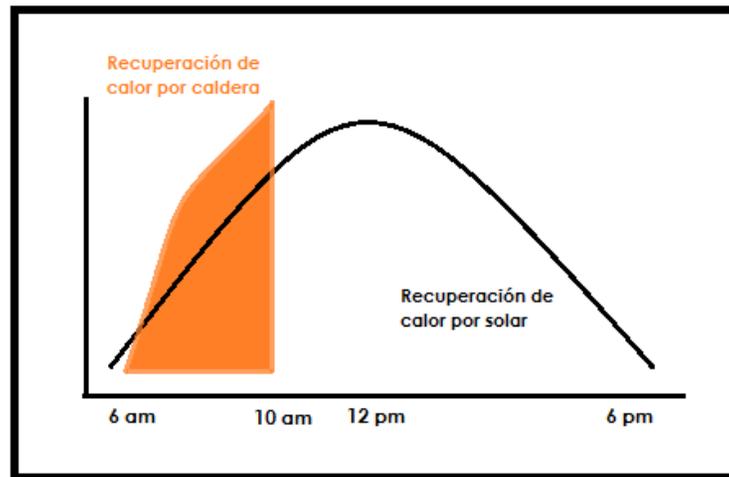


Figura 19 Recuperación de calor por caldera

En éstas dos gráficas podemos ver cómo la demanda de agua caliente (ashurado azul) se lleva a cabo en el mismo periodo de tiempo que la caldera compensa la solicitud de agua caliente. Esto quiere decir que si usamos el mismo termostanque de la caldera para recircular contra los colectores solares, el control diferencial no detectará necesidad de recircular el agua caliente pues cuando el sistema llegue al horario en que el sistema solar puede entregar temperatura, la caldera ya lo hizo.

### Control diferencial de temperatura

- Regula el funcionamiento de la bomba mediante la medición de 2 puntos de temperatura

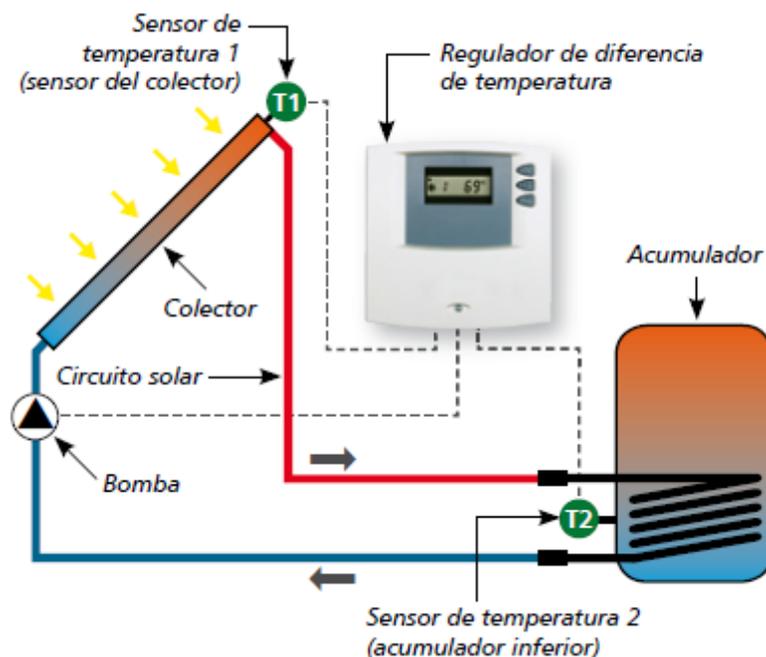


Figura 20: Diagrama de funcionamiento del control diferencial de temperatura

### Incremento de temperatura en un SCSACF

En ésta gráfica se observa que el incremento de temperatura es en forma escalonada:

1. La parte horizontal de la gráfica corresponde a la acumulación de calor en los colectores mientras la bomba está apagada. No hay ganancia de temperatura, solo pasa el tiempo.
2. La parte vertical corresponde a la bomba encendida y la ganancia de temperatura del agua corriendo a través de los colectores. La ganancia de temperatura es muy rápida

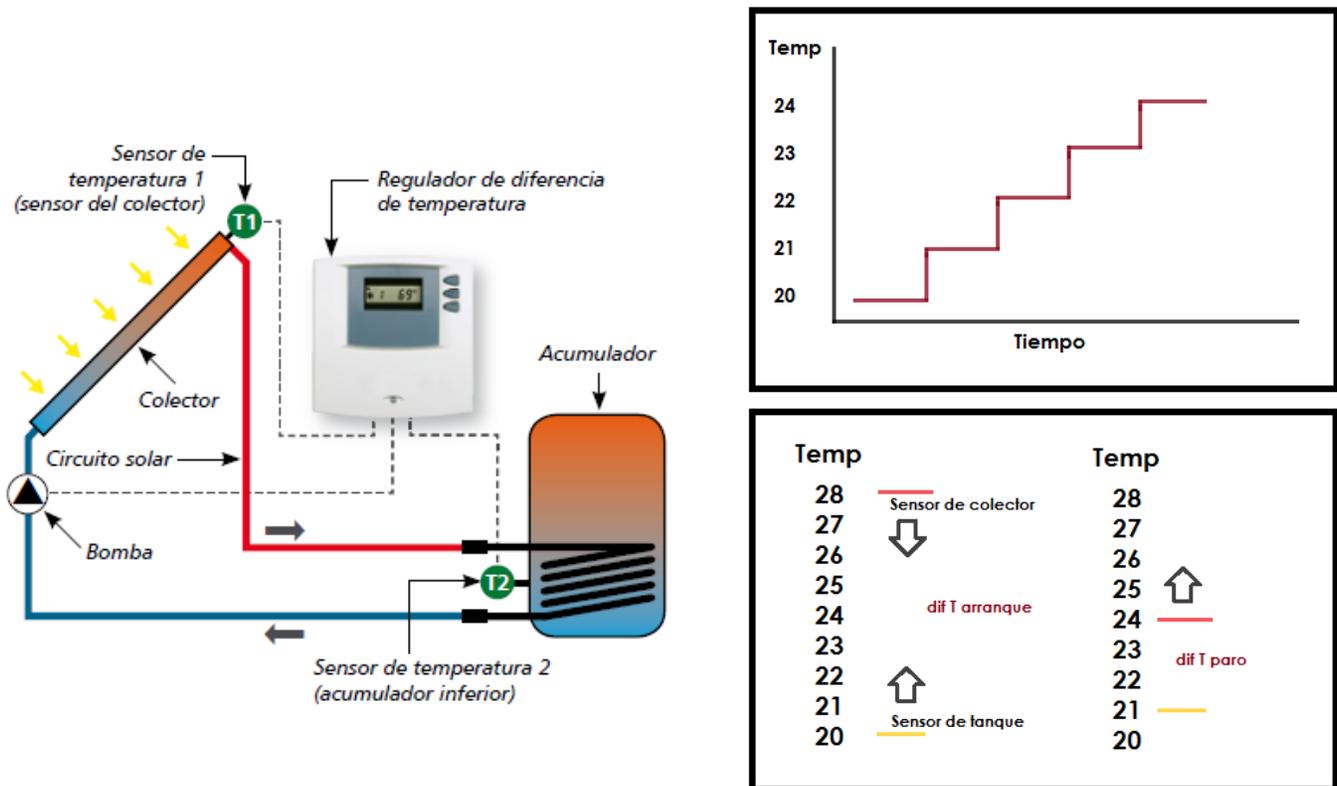


Figura 21: Diagrama de incremento de temperatura en un SCSACF temperatura vs tiempo

### Funciones de un control diferencial

Requerimientos indispensables:

- Display (digital o analógico)
- Elementos para set-point
- Sensores de temperatura (al menos dos)
- 1 Respuesta 110 V ó 220V



### Funciones adicionales de un control diferencial

- Contador de energía
- Se puede asociar con otro componente como
- Registradores (datalogger), caudalímetro,
- Sensor de radiación, etc.
- Más de 3 sensores de temperatura
- Más de una respuesta a 110 V



Figura 23: Reverso del control diferencial

Figura 22: Control Diferencial

### Bomba recirculadora

Hacen fluir el agua dentro de campo de colectores para transferir el calor de este al tanque termo.

#### Características técnicas

- Material de la carcasa
- Para agua caliente (hasta 110°C)
- Caudal en gal x min
- Altura de impulso del caudal
- Potencia en HP
- Voltaje y fase (monofásica, bifásica, trifásica)
- Importante que sea bridada
- Material de impulsor



Figura 24: Bomba recirculadora

# 1 Módulo I Verificación de los elementos del proyecto para la instalación del Sistema de Calentamiento Solar de Agua por Circulación Forzada con Termotanque (SCSACF).

## 1.1 Uso del equipo de seguridad personal en el área de instalación.

### 1.1.1 Botas

Características que deben cumplir:

- Suela antiderrapante
- Casquillo
- Usar durante toda la instalación



Figura 25: Botas de seguridad

### 1.1.2 Lentes de seguridad

Características que deben cumplir:

- Protección lateral de los ojos
- Elástico o sistema ajustable
- Usar durante toda la instalación



Figura 26: Lentes de seguridad

### 1.1.3 Guantes

Características que deben cumplir:

- Sencillos para manipular herramientas
- Cambiar a uso rudo para trabajos especiales
- Usar durante toda la instalación



Figura 27: Guantes Antiderrapantes

### 1.1.4 Vestimenta con reflejantes

Características que deben cumplir:

- Sin rasgaduras
- Pueden ser parte del uniforme



- Usar durante toda la instalación

**Figura 28: Vestimenta con reflejantes**

### **1.1.5 Casco**

Características que deben cumplir:

- Barbiquejo o
- Ajustador de matraca
- Usar durante toda la instalación



**Figura 29: Casco**

### **1.1.6 Arnés para trabajo en alturas**

Características que deben cumplir:

- Condiciones de los broches y amarres
- Línea de vida con amortiguador
- Usar solo en trabajo en alturas



**Figura 30: Arnés de seguridad**

### **1.1.7 Equipo especial para espacios confinados**

Características que deben cumplir:

- Careta completa
- Respiradores
- Usar para situaciones específicas
- Referir a la NOM-009-STPS-2011



**Figura 31: Equipo especial para espacios confinados**

## **1.2 Revisión del plano de instalación**

Los objetos a revisar son los siguientes:

- Instalación hidráulica
- Instalación eléctrica
- Lista de componentes

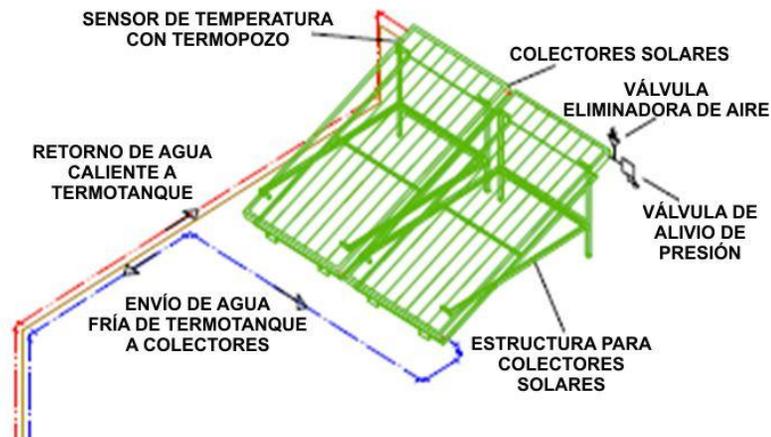
Consideraciones:

- Revisar el plano y describirlo verbalmente con el proyectista o el supervisor de obra.

- Retroalimentar la descripción en un proyecto final
- Es muy importante que el instalador tenga claros los siguientes componentes del sistema en el plano:

### 1.2.1 Diagrama de componentes mínimos de un SCSACF

- Campo de colectores
- Bases o estructura para colectores
- Termotanque
- Válvulas eliminadoras de aire para el campo de colectores
- VEA para termotanque
- Válvula de seguridad para termotanque
- Control diferencial de temperatura
- Bomba recirculadora entre termotanque y colectores



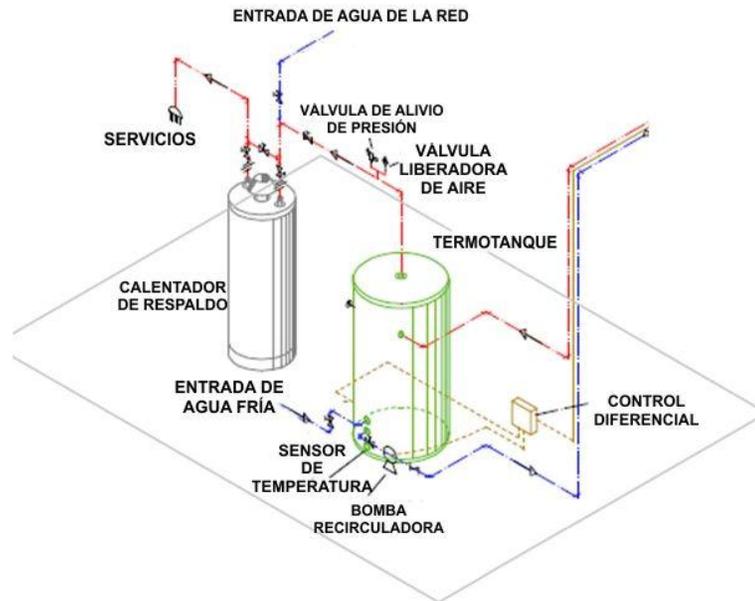


Figura 32: Diagrama de componentes mínimos de un SCSACF

Se deben revisar los siguientes elementos en los planos para que el instalador los tenga claros:

- Acometida de agua fría
- Diámetro de tubería de ramaleos hidráulicos
- Material de los ramaleos
- Puntos de interconexión de materiales
- Arreglo del campo de colectores:
- Detalle de fijación de colectores a la estructura
- Arreglo hidráulico
- Detalle de bypass en cuarto de máquinas
- Detalle de conexión eléctrica del control diferencial
- Detalle de conexión eléctrica de la bomba

Se deberá revisar el plano y describirlo verbalmente con el proyectista o el supervisor de obra para que exista una retroalimentación en un proyecto final.

#### Zonas a revisar durante el levantamiento:

- Azotea
- Cuarto de
- Recorrido



### Recorrido entre Azotea y cuarto de máquinas.

Se deberá Indicar en un diagrama sencillo las distancias en horizontal y vertical desde el cuarto de máquinas a la azotea.



Figura 33: Recorrido entre Azotea y cuarto de máquinas

- Es necesario indicar si la tubería tiene que ir sobre muro, sobre piso, o dentro de alguna trinchera existente.
- En el caso de existir trincheras será necesario tomar fotos y medidas, y describir el material con el que está hecha la trinchera. Igualmente describir tipo y materiales de muros.
- La descripción de materiales tiene el propósito de proponer la soportaría adecuada en cada caso.
- Se deberá preguntar con el encargado de la obra por parte del cliente (técnico o ingeniero de mantenimiento) si las líneas pueden ir por el recorrido propuesto.
- Lo primero es identificar qué tipo de losa es: concreto, multipanel, estructura metálica, etc. tomar foto y describir losa para determinar la mejor opción de fijación de los paneles.
- Se deberá preguntar la personal de mantenimiento sobre el tipo de impermeabilizante de la losa y sus condiciones (si es nuevo o si se va a renovar en el futuro próximo a renovarse), si es posible perforar la losa y cuáles deben ser las medidas a tomar en caso de perforar para proteger el impermeabilizante.

### Medir la azotea y determinar orientación.

- Para losa inclinada es necesario medir o estimar la pendiente. Para losas inclinadas que miran hacia el norte no deben tener más de 3% de pendiente (pendiente pluvial), de lo contrario no se recomienda su uso.
- Acompañe esta información de diagrama con las medidas y la orientación de la azotea. Lo puede hacer sobre una imagen tomada del Google Earth o Google Maps. No olvide incluir las coordenadas del sitio para poder buscarlo en estas herramientas.



Figura 34: Medidas en la azotea con ayuda de Google Maps

### 1.3 Verificación de la trayectoria de tuberías entre termotanque y campo de colectores.

Es necesario verificar las tomas que alimentaran nuestro sistema, para ello se deberá realizar lo siguiente:

- Se deberán identificar los recorridos y conexiones de agua fría y caliente de acuerdo a lo establecido en el proyecto.
- Se deberá señalar físicamente en el área de instalación la entrada y salida del suministro de agua caliente y fría de acuerdo con el plano de instalación hidráulica.

### 1.4 Corroboración del rango de presión de la red hidráulica

#### Verificación en el manómetro rango de presión según proyecto

Es muy importante verificar las unidades en que el manómetro entrega la información.

#### 1.4.1 Identificación de la red

Se deberá Identificar la red hidráulica a la que va conectado el sistema de calentamiento solar, ya sea tanque elevado / tinaco / hidroneumático / presurizador / presión municipal.

#### 1.4.2 Verificación visual

Se deberá verificar visualmente en el manómetro si la presión de agua se encuentra dentro del rango especificado en el proyecto.



Figura 35: Manómetro

## 1.5 Verificación ubicación de componentes del SCSAC con el cliente

Para ello se deben realizar las siguientes acciones:

- Medir áreas asignadas por el proyectista
- Marcar área de colectores solares
- Señalar elementos de sombreado
- Señalar obstáculos y riesgos para el instalador
- Orientación del proyecto
- Acordar con el cliente la ubicación de los componentes

### Elementos clave de la verificación de la instalación

- Usar ley de sombras.
- Corroborar orientación del proyecto y retroalimentar si existe una mejor posición del campo de colectores.
- Medir permite evitar errores graves de espacio, como en que no quepa el termotanque o que el bypass del sistema de respaldo tenga inconvenientes por altura del cuarto de máquinas. Es muy importante pues un termotanque no puede “ajustar” su tamaño, así que el proyecto se detiene completamente si la selección del lugar no es apropiada.
- Describa los obstáculos que pueda haber en la losa: (equipos de aire acondicionado, travesaños, altura de los pretilos, tuberías y líneas eléctricas sobre la azotea, tragaluces, ect). Incluya fotos representativas de los obstáculos, si es posible también un corte.



Figura 36: Obstáculos en la losa

- Verificar el tipo de acometida eléctrica que tiene el cuarto de máquinas (110V o 220V, monofásica o trifásica).
- Incluya un diagrama del cuarto de máquinas, con sus dimensiones aproximadas y la ubicación de los equipos. Incluya además algunas fotos representativas del cuarto de máquinas para estimar los espacios disponibles para la ubicación de líneas y otros equipos como bombas e intercambiadores. Así como la ubicación de la acometida eléctrica.

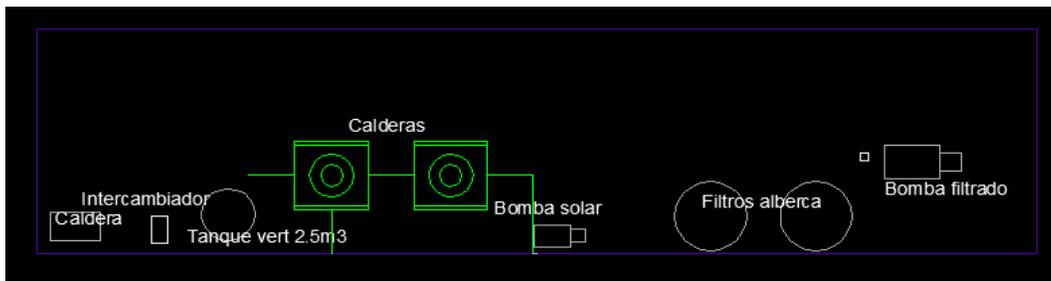


Figura 37: Fotos y diagrama de cuarto de máquinas

- Incluya un diagrama de las tuberías de succiones y retornos incluyendo sus diámetros

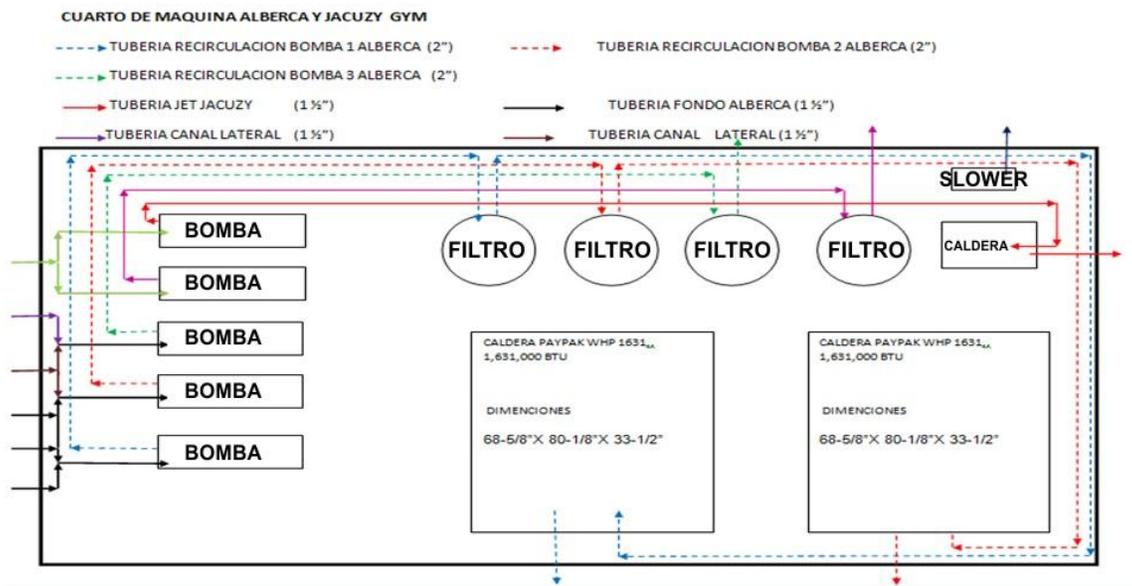


Figura 38: Diagrama de succiones y retornos

- Ubique el posible lugar donde se puede hacer la interconexión del sistema solar con el sistema convencional (bypass). Incluir fotos de la posible ubicación e incluir medidas de los espacios disponibles (longitud del tramo de la línea donde se interconectará y diámetro).
- Pregunte con el encargado de la obra por parte del cliente (técnico o Ing de mantenimiento) la posible ubicación de bombas e intercambiadores a instalar.
- Haga un listado de los equipos que interactuarán con el sistema solar.
- Tome nota de las especificaciones de los equipos del cuarto de máquinas: caldera(s) de respaldo, intercambiadores de calor, bomba(s). Tome una foto del equipo y de su placa. En el caso de bombas también verifique el diámetro de succión y de descarga. Describa de qué material están hechas las tuberías de filtrado en el cuarto de máquinas.



**Figura 39: Fotografía de placa con especificaciones del equipo**

- Para la mayoría de los sistemas de agua caliente, la interconexión del sistema solar con el convencional se hace como precalentamiento del tanque de las calderas existentes. Anexe un diagrama de las conexiones que tiene el tanque de la caldera, identifique cual corresponde a cada uso (salida a la caldera, retorno de la caldera, alimentación de agua fría, salida de agua caliente hacia servicios). Mencione los diámetros de estas tuberías y los materiales de los que están hechos.
- Revise la presión hidráulica de la red de suministro. Si no hay manómetro, pregunte al encargado de mantenimiento.
- Registre en bitácora toda la información
- Preguntar al personal de mantenimiento sobre los horarios de operación de los sistemas convencionales, (a qué hora prenden o apagan las calderas) así como los consumos estimados de agua caliente. Es deseable tener un flowsheet (diagrama conceptual) del proceso para entender mejor la operación, o al menos una descripción de proceso que involucrará el agua caliente solar.

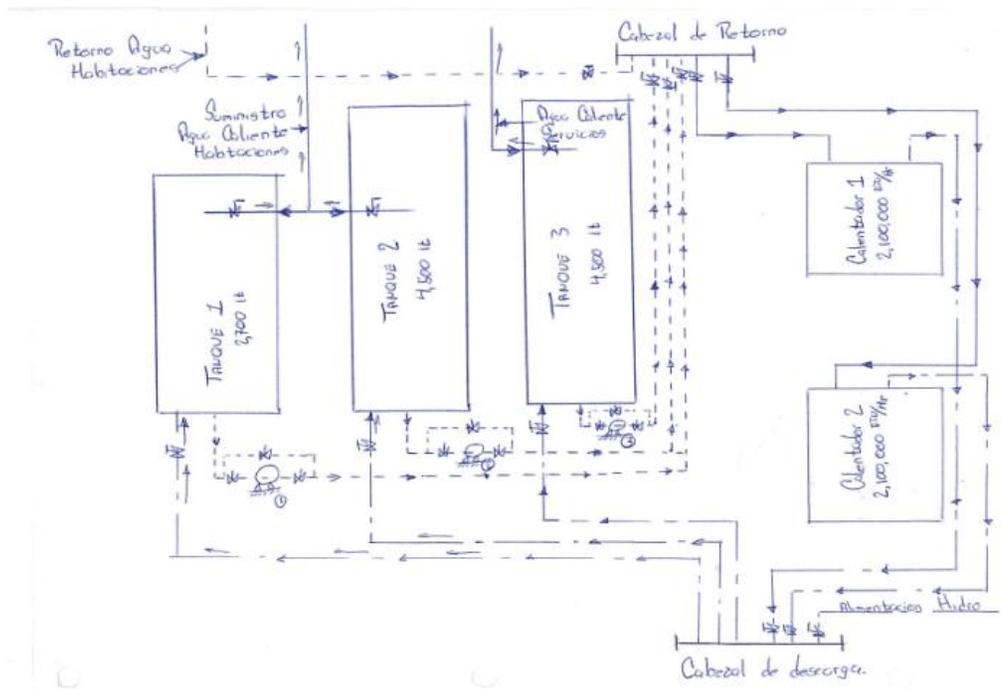
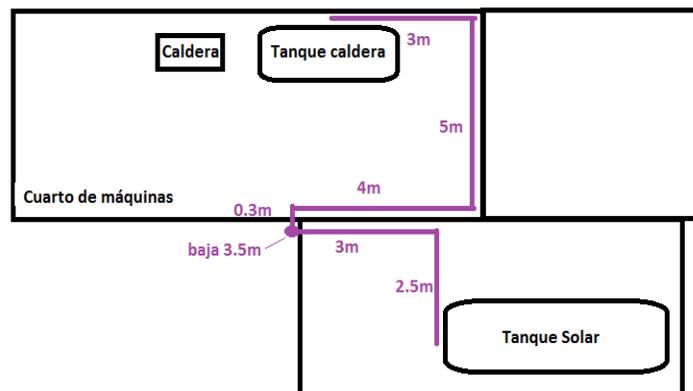


Figura 40: Diagrama a mano alzada de distribución del cuarto de máquinas

- En los proyectos de agua caliente puede haber termostanques que van desde los 1,000 litros hasta los 30,000 litros.
- La ubicación de los tanques es un tema importante: el espacio que ocupan y el peso de los tanques.
- Ubique los lugares posibles para instalar el tanque (azotea, cuarto de máquinas, exterior del cuarto de máquinas) Tome una fotografía del lugar, indique las dimensiones del sitio disponible. Anexe un diagrama de las distancias desde esta ubicación al cuarto de máquinas.



- Pregunte c **Figura 41: Diagrama de distancias** técnico o Ing. de mantenimiento) los convenientes o inconvenientes de la ubicación propuesta para el tanque.
- Es importante comentar con el personal de mantenimiento los pesos y dimensiones.
- Para definir el mejor lugar para la ubicación del tanque hay que tener en cuenta las dificultades de la maniobra para colocarlo en ese lugar.
- Por facilidad de la maniobra, el lugar más sencillo es a nivel de piso.
- Una vez definidos los detalles del lugar de cada elemento del SCSACF: Firmar el acuerdo en bitácora con el cliente.

## 1.6 Integración de la documentación

- Se deberá realizar un listado de componentes que contenga las herramientas básicas y especiales de acuerdo con las medidas de los componentes a instalar.
- Debe Incluir la cantidad y descripción de los componentes del sistema solar a instalar, así como la cantidad de los materiales hidráulicos y eléctricos.

### Listado de herramientas validado con el proyecto

Consideraciones clave en listado de herramientas:

#### 1.6.1 Herramienta básica

- Flexómetro, juego de desarmadores, pinzas mecánicas, pinzas de corte, steelson, juego de llaves españolas, matraca con dados, arco con segueta, taladro con brocas, martillo con cabeza metálica y con cabeza de goma.



Figura 42: Herramienta Básica

## 1.6.2 Herramienta especial:

- Termofusora, tijeras de corte de ppr según el diámetro del material, planta para soldadura eléctrica, pinzas para sujetar tuberías de diámetros mayores a 1.5”.



Figura 43: Herramienta Especial

- Es importante contar con una caja de herramienta básica.
- Se agrega herramienta especial, según la retroalimentación del instalador con el proyectista.
- El instalador demuestra comprensión del proyecto cuando puede realizar la lista de herramienta y materiales mínimos necesarios para llevar a cabo la instalación del proyecto de SCSACF.



Figura 44: Herramienta necesaria para la instalación de SCSACF

- Materiales mínimos indispensables: El listado mínimo se deriva de los ramaleos primario y secundario, cuantificando los metros de tubo de diferentes diámetros en el ramal primario y secundario.
- Material especial: El material especial se deriva de los detalles:

- Fijación de estructura a losa, fijación de colectores a estructura, detalles de interconexión de materiales, acometida de líneas de carga y descarga, detalle de la bomba, detalle del bypass de agua fría y del calentador de respaldo.

### 1.6.3 Tuberías y conexiones

Las instalaciones de un SCSACF deben considerar ramaleos en materiales que soporten el calor del fluido que vamos a calentar.

Por lo que usaremos Cobre, CPVC, PPR, Pex-Al-Pex y en casos muy especiales, PVC hidráulico de cédula 80. Es importante explicar que el flujo a través de la tubería causa enfriamiento, por lo que toda tubería debe aislarse con cualquier material que evite el paso del aire sobre su superficie.

Hablar sobre los tipos de aislamiento de las tuberías haciendo énfasis que lo importante es evitar que circule el aire para que no se enfríe el fluido interior.



Figura 45: Tuberías disponibles

Material en 1 1/2"	Temperatura	Presión a 23° C	Presión a 60° C	Presión a 90° C	Norma
PVC cédula 40	-30 hasta 60 °C	23.1 Kg/cm <sup>2</sup>	5.82 Kg/cm <sup>2</sup>	N/R	NMX-E-224
PVC cédula 80	-30 hasta 70 °C	32 Kg/cm <sup>2</sup>	7.04 Kg/cm <sup>2</sup>	N/R	NMX-E-224
CPVC cédula 40	4 hasta 93°C	23.2 Kg/cm <sup>2</sup>	11.6 Kg/cm <sup>2</sup>	4.64 Kg/cm <sup>2</sup>	ASTM F-441
CPVC cédula 80	4 hasta 93°C	33.04 Kg/cm <sup>2</sup>	16.52 Kg/cm <sup>2</sup>	6.6 Kg/cm <sup>2</sup>	ASTM F-441
Tuboplus	-5 hasta 90 °C	24 Kg/cm <sup>2</sup>	13.2 Kg/cm <sup>2</sup>	6.1 Kg/cm <sup>2</sup>	NMX-E- 226
Cobre	-20 hasta 120 °C	36.3 Kg/cm <sup>2</sup>	36.3 Kg/cm <sup>2</sup>	36.3 Kg/cm <sup>2</sup>	UNE EN 1057

Tabla 1: Temperaturas y presiones de los diferentes materiales de tuberías

## **2 MÓDULO II Instalación de los componentes del SCSACF**

### **2.1 Verificación de la existencia de los materiales para la instalación, componentes del sistema y herramientas en sitio:**

#### **2.1 Verificación de la existencia de materiales para la instalación**

##### Elementos clave:

- Corroborar la lista derivada del análisis del proyecto.
- Es muy sencillo generar un checklist por medio de lo propuesto en el levantamiento (Módulo I) y complementar conforme se registran los avances de la instalación del día.
- Esto genera una buena práctica: Registrar el avance de la instalación al final de cada día para realizar las modificaciones en la lista de materiales y preparar herramienta o maniobras especiales, según los eventos que se presentan en el proceso de la instalación.

#### **2.1.1 Verificación de la existencia de componentes del SCSACF**

##### Elementos clave:

- Verificar el tipo, cantidad y condiciones de los colectores solares
- Verificar el tipo de termostato que se instalará (suele iniciar la instalación mientras se fabrica el termostato, por lo que es momento justo para evitar la fabricación de un termostato erróneo)
- Verificar el tipo de control diferencial
- Verificar las características técnicas de la bomba de recirculación forzada. En caso de error, si la bomba no se ha sacado de su caja, existen mayores probabilidades de que pueda ser cambiada por el proveedor.

#### **2.1.2 Verificación de la existencia de la herramienta**

##### Buena práctica:

- Mantener una caja de herramienta básica con un inventario de su contenido. Esto permite cumplir rápidamente con los requisitos de seguridad de la mayoría de las empresas.
- Con un inventario predefinido, sólo se requiere revisar la herramienta especial.
- Revisar los insumos consumibles, como lija, pasta, soldadura, gas, electrodos y brocas.

## 2.2 Habilitar estructura para colectores solares

### 2.2.1 Orientar de acuerdo al proyecto

El instalador debe buscar que el campo de colectores quede orientado al Sur con desviación de 0°. Si el proyecto marca un desvío, durante la presentación de la instalación puede encontrarse una orientación que mejore el proyecto.

Muy importante: Retroalimentar nueva orientación con el proyectista y/o supervisor de obra. NO DECIDIR SOLO



Figura 46: Instalador hablando con proyectista

### 2.2.2 Verificar montaje en área asignada

Elemento clave:

- Una vez que el proyectista y/o el supervisor de obra están de acuerdo con la nueva ubicación, se puede comenzar a trabajar en la estructura.



Figura 47: Reubicación de estructura hacia el Sur

### 2.2.3 Nivelar vertical y horizontalmente

- Consideraciones:
  - La estructura se nivela por medio de un nivel de burbuja, inclinómetro o con manguera transparente.
  - Una estructura que no sea nivelada causará inconvenientes en la interconexión de los colectores.



Figura 48: Nivelación de estructura



Figura 49: Interconexiones alineadas

## 2.2.4 Fijar conforme al proyecto

- Hay diferentes tipos de fijación La más usada en por medio de soportes de obra civil.



**Figura 50: Detalle de fijación en cilindros de cemento**



**Figura 51: Fijaciones con cilindros de cemento**

- También se pueden usar tirantes de herrería a los pretilos cercanos.



**Figura 52: Rompe Vientos**

- En algunos casos, se usa estructura ligera por medio de andén-montén.
- Los rompe vientos se colocarán en caso de que el cliente no permita perforar su losa, estos se fijarán a pretilos, se hacen con cable de acero 1/8" recubierto con vinil, con tensores y amarres perros de 3/16". Se deben impermeabilizar igual que las perforaciones en losa.

### **2.2.5 Acabado final de la estructura.**

- Elementos clave:
- El acabado en la estructura puede ser en pintura



**Figura 53: Estructura con pintura epóxica negra.**

especial aplicada en sitio (su aplicación es más económica)

- Un acabado que venga desde fábrica (recomendado en zonas de alta humedad en el ambiente, aunque es más cara, evita la oxidación del material al ensamblar)

### 2.2.6 Sellar perforaciones de superficie

Es indispensable la impermeabilización de la losa en la que se perfora para fijar la estructura.

Se recomienda el siguiente protocolo:

- Perforar con la herramienta adecuada
- Limpiar la perforación
- Impermeabilizar el orificio
- Puede usarse silicón, poliestireno, resinas, neopreno cualquier material que evite la filtración del agua
- Presentar lo que se va a fijar
- Dar apriete
- Impermeabilizar por encima de elemento de sujeción



Figura 54: Impermeabilización con Sílica

## 2.3 Montaje de colectores solares en estructura

### 2.3.1 Colocar material aislante entre dos metales diferentes para evitar par galvánico

- Se puede usar una pintura aislante, epóxica resistente a la corrosión, o un colchón de neopreno de 1/8" entre los elementos metálicos.

### 2.3.2 Manejo y cuidado de colectores

El manejo y cuidado de los colectores tiene los siguientes puntos clave:

- Usar guantes antiderrapantes.- El sudor puede causar que se resbale el cristal de la cubierta o de un tubo evacuado.
- Manipular entre dos personas.- Cuando manipula solo una persona, pierde visión de campo y puede tener un accidente por falta de visión.
- Usar el calzado de seguridad.- Si te resbalas, el colector te caerá encima. Si el calzado no tiene casquillo, un colector puede causar fácilmente fracturas en los huesos del pie.
- No estibar colectores uno sobre otro. Se debe buscar un lugar en que se recarguen verticalmente y su peso no sea de uno sobre el otro.



Figura 55: Manejo y cuidado de colectores

- Cubrir después de montarlos.

### 2.3.3 Posición de los colectores

- La posición está definida por el proyecto. Sin embargo, es importante observar los detalles del
- plano para fijación a losa y a estructura.
- La posición sobre la estructura puede ser vertical, horizontal, sin embargo, se debe cuidar
- la interconexión con el cabezal de carga y el de retorno.



Figura 56: Paneles orientados hacia el sur

### 2.3.4 Interconectar colectores

- En la interconexión de los colectores debe cuidarse la unión horizontal de los colectores (en serie). El proyecto debe considerar el equilibrio hidráulico del banco de colectores.



Figura 57: Interconexión de colectores

### 2.3.5 Fijación de colectores a la estructura

- Una vez interconectados, nuestro banco de colectores tendrá un efecto de “vela izada” con el viento. La fijación de los colectores a la estructura es muy importante para evitar que el viento los desplace o incluso los arranque de la estructura. La manera más común para fijar es con segmentos de ángulo de aluminio que se fijan a la estructura, anclando dos colectores por segmento de aluminio.

## 2.4 Conexión de los ramales hidráulicos

### 2.4.1 Soportería de ramales hidráulicos

- La soportería de los ramales hidráulicos tiene por finalidad soportar la deformación horizontal que se presenta con el paso del agua caliente a través de la tubería. Por lo tanto, la clave de la instalación es la rigidez vertical. El elemento más común es el riel unicanal fijado directamente a la losa o a un bloque de obra civil.



Figura 58: Ramales hidráulicos con soportería

- También pueden usarse como elementos de fijación para tubería:
- Abrazaderas de uña
- Abrazaderas omega
- Abrazaderas de pera con tirantes al techo
- Obra civil (pollos o durmientes).

#### 2.4.1.1 Elementos de fijación para tubería:

- Abrazaderas de uña
- Abrazaderas omega
- Abrazaderas de pera con tirantes al techo
- Obra civil (pollos o durmientes).



Figura 59: Tipos de fijación para tuberías

## 2.4.2 Instalar componentes hidráulicos

Esta es la actividad en que el instalador usará su experiencia previa en plomería.

Los cuidados de ésta actividad son:

- No sobrecalentar en la termofusión.
- Proteger conexiones plásticas o material flamable al soldar con soplete.
- Limpiar antes y después de las uniones para evitar excedentes.
- Instalar tuercas unión en uniones roscadas



Figura 60: Instalación de componentes hidráulicos

### 2.4.2.1 Válvulas:

Se colocaran una V.E.A y una V.A.P. en el mismo lado de la alimentación de agua fría. La V.E.A. es con especificación de 180°C y la V.A.P. con set de 150psi y 210°F. El número y la posición se especificara en proyecto.



Figura 61: Válvula Liberadora de Aire y Válvula de Alivio de Presión

#### 2.4.2.1.1 Válvula Eliminadora de Aire:

La VEA tiene una bolita de plástico termo resistente que sella la salida de agua por flotación pero en ausencia de columna de agua, baja por gravedad y deja salir el aire.

#### 2.4.2.1.2 Válvula Eliminadora de Presión:

La VAP se abre mecánicamente a través de un resorte graduado para dilatarse a ciertas condiciones de temperatura y presión.

#### 2.4.2.1.3 Válvulas de drenaje o tipo esfera:

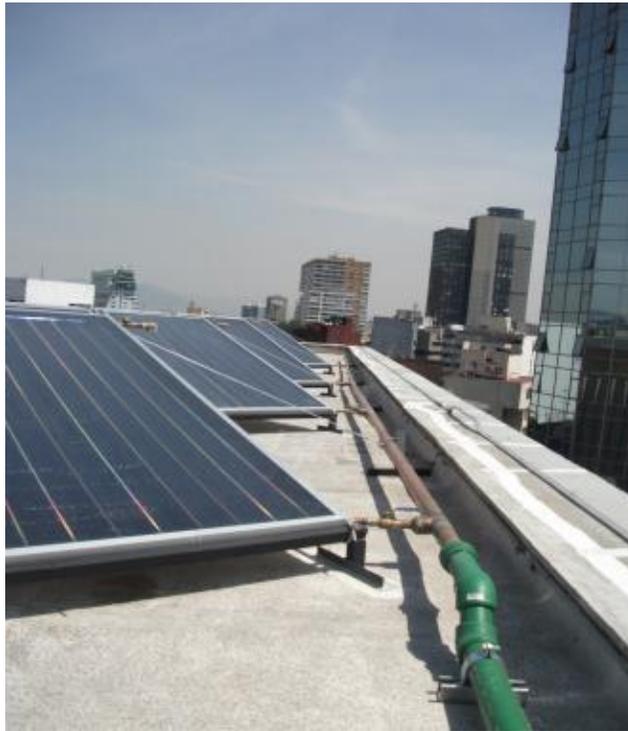
Se dejaran válvulas tipo esfera  $\frac{3}{4}$ " en cada banco de colectores para drenar el sistema cuando sea necesario, el número y ubicación será determinado en el proyecto.



Figura 62: Válvula de drenaje o drenado

Válvulas corte.

Se deberán colocar en la entrada y salida de cada colector (en cabezales) una válvula de corte para independizar la operación de cada banco, por mantenimiento y reparaciones.



**Figura 63: Válvulas de corte por banco**

Transición de materiales:

- La transición de materiales, deberán ser conectores macho-hembra.
- El material de mayor resistencia es el macho y el que recibe es el conector hembra.
- Adicionalmente, se colocará una válvula check, para impedir que el agua estancada regrese al material “débil”.
- Después de la check, dejar 15-30cm de material fuerte y hacer la transición.



**Figura 64: Transición de materiales**

### 2.4.3 Instalar líneas de carga y descarga

La línea de carga es la tubería que entrega el agua del termotanque a los colectores para que absorba el calor al pasar a través de su absorbedor.

La línea de descarga es la que sale del último banco de colectores y regresa el agua precalentada al termotanque.

Es muy importante cuidar los cambios de diámetro o los retornos inversos que el proyecto establezca en estos ramales.

La línea de carga del termotanque a los colectores suele tomarse de la parte superior del termotanque.

La línea de descarga de los colectores hacia el termotanque suele entregarse en la parte baja del termotanque para aprovechar la estratificación del agua caliente.



Figura 65: Líneas de carga

#### 2.4.4 Tubería alineada, escuadrada y nivelada

Alinear la tubería otorga ventajas en la instalación como son:

- Estética en la instalación
- La trayectoria recta y alineada contribuye al uso de menos material, por lo tanto tiene un costo menor.
- La tubería nivelada provoca menos acumulación de aire en el recorrido del fluido en el interior de la tubería.
- Por lo anterior, hay menos pérdidas por fricción y la bomba se esforzará menos.



Figura 66: Tuberías alineadas



Figura 67: Ramales de carga y descarga en diferentes diámetros

## 2.5 Realizar uniones entre tubería y conexión

### 2.5.1 Alinear conexiones con respecto a la tubería

Una conexión no alineada provocará que en el caso de uniones roscadas, las cuerdas se barran y la unión tenga una fuga.

En el caso de soldadura, una unión desalineada requiere más material y la tubería “dispara” la trayectoria hacia el desvío, lo que esforzará el material de la conexión, por lo tanto, también tenemos riesgo de fugas a corto plazo.



Figura 68: Conexiones alineadas respecto a la tubería

### 2.5.2 Limpieza de conexiones

Un buen técnico sabe que el exceso de grasa, polvo, humedad y otros elementos en la tubería requieren ser limpiados porque en caso contrario, la unión no podrá realizarse y la fuga será inmediata.



Figura 69: Limpieza de conexiones

### 2.5.3 Cubrir área donde se aplica la unión

Esta es una muy buena práctica que permite:

- Proteger los empaques plásticos de los colectores.
- Proteger las tuberías de materiales plásticos.
- Mejorar la calidad de la soldadura al evitar el viento sobre el soplete.
- Trabajar con seguridad en una actividad de riesgo.

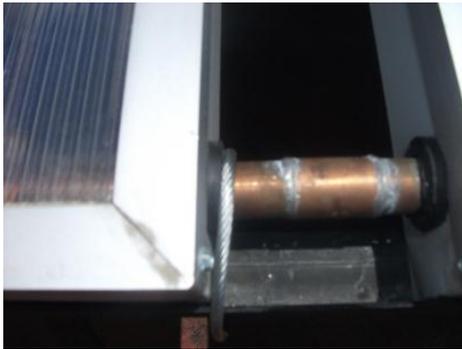


Figura 70: Limpieza de conexiones

### 2.5.4 Aplicar el material de unión según el tipo de proceso

- Soldadura de cobre:
  - 95/5 + cordón de 50/50
  - Acetileno (usar careta)
- Termofusión (para unir PPR, comúnmente llamado tuboplus):
  - No sobrecalentar
  - Termofusionar entre dos personas





**Figura 71: unión de materiales**

- CPVC:
  - Usar limpiador para cpvc
  - Usar pegamento especial para cpvc
  - Cuidar los excedentes de pegamento para evitar membranas interiores
  - Cuidar que el pegamento no caiga y ensucie el impermeabilizante



**Figura 72: mancha de pegamento de cpvc**

- Tarraja:
  - Fijar bien la tubería al banco o tripié
  - Usar peines bien afilados
  - Lubricar mientras se realiza el giro para crear el roscado
  - Cuidar la limpieza de la zona al terminar el roscado levantandola viruta metálica.



Figura 73: Uso de la tarraja

## 2.6 Instalación del termotanque en el área asignada

### 2.6.1 Delimitar área de instalación con cinta de seguridad

Es importante delimitar con cinta de seguridad el área en la cual se trabaje con el termotanque para prevenir accidentes, apertura o cierre de válvulas por personal distinto a los instaladores, o algún evento que pueda poner en riesgo al personal o la instalación.



Figura 74: Delimitado de área con cinta de seguridad

### 2.6.2 Ubicar termotanque en el área asignada

- Validar la maniobra con el encargado de mantenimiento.
- Cuidar el desplazamiento sobre pisos con acabados especiales (usar tortugas de nylon o patines neumáticos)
- Cuando la maniobra es aérea, restringir el paso a la zona de maniobra. ES MUY PELIGROSO ENCONTRARSE DEBAJO DEL TERMOTANQUE ELEVADO



Figura 75: Ubicación de termotanque

### 2.6.3 Fijar termotanque

La mayoría de los termotanques de gran volumen se fabrican con su base para montarlo.

En los termotanques horizontales, la más común son silletas con una herradura sobre la que se ubica el cilindro.

Los principales cuidados son:

- Alinear y centrar el termotanque en las silletas.
- Alinear silletas a la zona de la losa que soporte el peso
- Alinear la base para que el termotanque quede horizontal sin inclinación.



Figura 76: Fijación de termotanque horizontal

En los termotanques verticales, la base más común son anillos con varias patas que ya están incorporados en el cuerpo del termotanque.

Los principales cuidados son:

- Alinear y centrar las patas en la zona de la losa que soporte el peso.
- Alinear la base para que el termotanque quede vertical sin inclinación.



Figura 77: Fijación de termotanque vertical

#### **2.6.4 Colocar material aislante entre dos metales diferentes para evitar par galvánico**

En el caso de uniones roscadas, el aislamiento es tan sencillo como usar cinta teflón, con los cuidados de cubrir bien las cimas y valles de la cuerda, así como la dirección de la cuerda para evitar que al roscar, el teflón se haga girones.



Figura 78: Aislante entre materiales diferentes

#### **2.6.5 Nivelar con respecto a la horizontal**

La forma más sencilla de nivelar

Es con una base de obra civil previamente rectificada.

En caso de que el termotanque no quede en horizontal, se pueden calzar las silletas con cuñas de madera que deberán ser impermeabilizadas para evitar su degradamiento.



Figura 79: Durmientes rectificadas para alinear termotanque

## 2.6.6 Validar maniobra con el cliente en la bitácora

El cliente debe firmar de conformidad en:

- Posición del termotanque
- Ubicación en el cuarto de máquinas
- Maniobra sin percances
- No hay desperfectos derivados de la maniobra
- Fecha de ubicación (reciben uno de los elementos más caros del SCSACF)
- Hacer énfasis en que si la maniobra no está validada, puede haber repercusiones económicas muy cuantiosas en el proyecto.

## 2.7 Interconexión de los componentes en el cuarto de máquinas

### 2.7.1 Bypass de agua fría

Consideraciones:

- La función del Bypass es la de mandar directamente el agua proveniente del SCSACF directamente a los servicios, sin pasar por el termotanque.
- Colocar en la línea de agua fría, que alimenta al tanque de agua caliente en el cuarto de máquinas.
- Se deberá respetar el diámetro existente, si hay reducciones, retroalimentar con

proyectista.



Figura 80: Bypass de agua fría, de doble punteo con válvulas solenoides y de dos vías

## 2.7.2 Cerrar el sistema de agua fría y salida de agua caliente

Elemento clave: Basarse en el detalle del proyecto.

## 2.7.3 Conecta alimentación de agua fría al termotanque.

Elementos clave:

- Considerar el plano, o croquis del termotanque para instalar las acometidas de agua fría y agua caliente en las entradas del termotanque apropiadas.
- En ausencia o ambigüedad de un plano o proyecto, considerar como criterio de selección de entrada los conceptos de estratificación del agua caliente y fría.



Figura 81: Válvulas de acometida de agua fría

## 2.7.4 Instalación hidráulica del equipo de bombeo.

Consideraciones clave:

- Bridas
- Tuerca unión

#### 2.7.4.1 Válvula antiretorno o válvula check

Está hecha de tal manera que solo permite el flujo del agua en un solo sentido, evitando así su retorno.



Figura 82: Válvula Check

#### 2.7.4.2 Material hidráulico

- No reducir en entrada nivalida de caudal de la bomba.
- La bomba deberá colocarse a nivel de piso, fijada al mismo con una base y colocando neopreno entre ella y la misma.
- En caso de intemperie se colocará una guarda para evitar que se moje por lluvias. Se deben colocar tuercas unión y válvulas de corte en succión y descarga.



Figura 83: Elementos hidráulicos de instalación de bomba de recirculación

#### 2.7.5 Orientar y canalizar elementos de seguridad y medición

Consideraciones clave:

- Las válvulas deben quedar en un lugar de fácil acceso.

- Las válvulas que emiten fluidos deben orientarse hacia una pared o canalizarse hacia drenaje para evitar riesgo de accidente.
- Los accesorios de medición deben quedar en un lugar de fácil visualización.



**Figura 84: Orientar instrumentos de medición**



**Figura 85: Orientar válvula de alivio para evitar riesgos**

## 2.7.6 Conectar componentes de instrumentación y seguridad del termostanque y bomba



Figura 86: Válvulas de seguridad en termostanque

### 2.7.6.1 Válvulas de seguridad:

#### 2.7.6.1.1 Válvula Eliminadora de Aire:

Las Válvulas eliminadoras de aire VEA deberán ser tipo industrial, por lo menos de 3/4"

- Deberá ir colocada en la parte superior del termostanque, evitando el par galvánico.

#### 2.7.6.1.2 Válvula de Alivio de Presión:

- La válvula de alivio de presión VAP deberá colocarse de igual manera en la parte superior del termostanque, cuidando que el disparo se canalice por lo menos hacia abajo, evitando posibles accidentes.

### 2.7.6.2 Termómetro y Manómetro.

- Deberán tener por lo menos carátula de 3" y un vástago de por lo menos 9".

Así mismo deberá ser bimetálico y se colocará en el centro del termostanque

## 2.8 Instalación de componentes eléctricos en cuarto de máquinas

### 2.8.1 Conectar el sistema de bombeo

- La alimentación eléctrica de la bomba deberá realizarse con el cable definido en el proyecto.
- Considerar que el calibre del cable está definido con base en el voltaje y amperaje de



Figura 87: Sistema de bombeo

consumo de la bomba.

- La canalización eléctrica también debe llevar soportería.

## 2.8.2 Canalizando las conexiones eléctricas de potencia y señal

Instalación eléctrica.

- Toda canalización deberá estar conforme lo especificado en el proyecto.
- El control automático deberá llevar un contactor o en su defecto un arrancador para el motor en cuestión.
- Se colocará lo más cercano al termotanque y bomba, para facilitar su control y medición.

## 2.8.3 Fijar el tablero de control

- Utilizar un tablero contra implosiones, por lo menos de 30\*30\*15 c.
- Considerar protocolo contra intemperie IP65

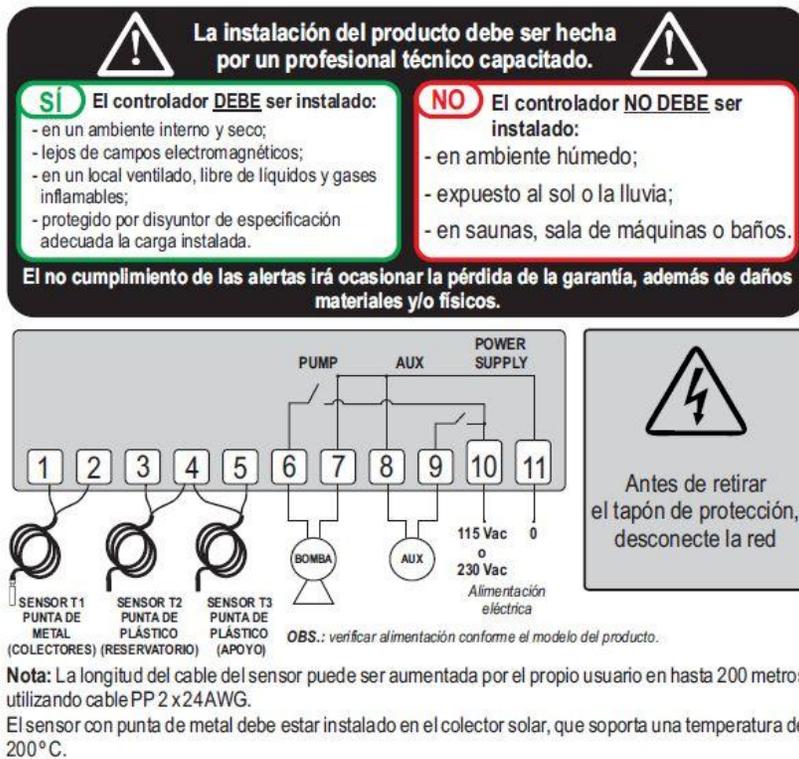


Figura 88: Tablero de control fijado

## 2.8.4 Conectar control automático con la bomba

Utilizar diagrama eléctrico (de preferencia unifilar) para la conexión correcta.

Este diagrama debe solicitarse en el proyecto.



**Figura 89: diagrama de conexión de control y bomba**

## 2.8.5 Colocar sensores de temperatura

### Sensor colectores

Debe colocarse en el colector más lejano del arreglo, dando prioridad a lo que indique el proyecto.

Se deberá colocar un termo pozo que entre al cabezal interno del colector o de la tubería principal para obtener una medición fiable.



Figura 90: sensor dentro de colector



Figura 91: Espacio para sensor en cabezal de tubería principal

Debe colocarse en el colector más lejano del arreglo, dando prioridad a lo que indique el proyecto.

Se deberá colocar un termo pozo que entre al cabezal interno del colector o de la tubería principal para obtener una medición fiable.

- Sensor termotanque.

Debe colocarse en la parte inferior del mismo, cuidando que entre por lo menos 10 cm al mismo, esto para evitar errores en la medición.

Se deberá colocar un termo pozo que asegure que entre al tanque lo suficiente para obtener una medición fiable.

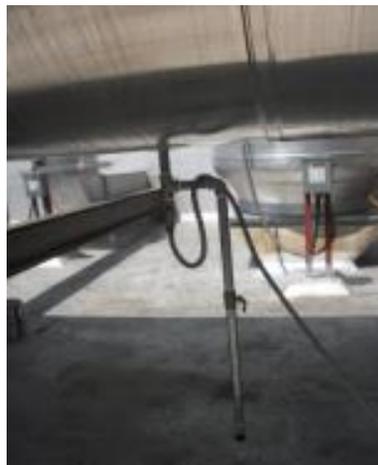


Figura 92: sensor de termotanque

### 3 Módulo III Puesta en marcha del SCSACF

#### 3.1 Revisar el funcionamiento de los instrumentos de medición del termotanque.

##### 3.1.1 Abrir las llaves de alimentación hidráulica y permitiendo la purga del termotanque.

- Es muy útil poner un contador de agua a la entrada del termotanque del SCSACF, pues se puede medir con certeza la cantidad de agua que se está consumiendo por hora, día, o cualquier período de tiempo que el cliente requiera medir.
- La purga del termotanque la realiza la válvula liberadora de aire.
- Al abrir la válvula de alimentación de la red hacia el termotanque, se puede escuchar cómo la válvula expulsa el aire desplazado por el agua, hasta que el termotanque queda completamente lleno. Si la válvula liberadora tira agua continuamente (llora), no funciona adecuadamente y debe ser reemplazada de inmediato.



Figura 93: Llave de alimentación

##### 3.1.2 Verificar que no presente goteo de agua en:

- Registro del termotanque
- Conexiones
- Tuberías
- Equipos periféricos
- Revisar las roscas de los accesorios de medición y TODA la valvulería periférica.



Figura 94: Fuga entre conexiones

##### 3.1.3

### 3.1.3 Revisar la aguja de cada instrumento que marque dentro del rango de medición de acuerdo con lo establecido en el proyecto.

#### Termómetro

- La temperatura en el termotanque es el principal indicador de que el SCSACF está funcionando, por lo que se requiere un termómetro en el termotanque.
- Se suele poner una carátula que permita leer al menos hasta 100° C.
- También es muy útil poder leer la temperatura de la línea hidráulica de los colectores.



Figura 95: Termómetro

#### Manómetro

- La presión es un factor que debe cuidarse en las lecturas.
- Se suele poner una carátula que permita leer al menos hasta el 30% adicional de la presión máxima de trabajo.

##### 3.1.3.1 Presión mayor a la presión de trabajo

- Si se rebasa la presión que soporta el termotanque, se puede agrietar.
- En caso de sobrepresión, el sistema se debe detener inmediatamente.



Figura 96: Manómetro

## **3.2 Llenar de agua las líneas hidráulicas y campo de colectores**

### **3.2.1 Abrir las válvulas de la línea de carga del termotanque al campo de colectores.**

#### **3.2.1.1 Prueba hidrostática**

Es presurizar el sistema para probar fugas:

- Cada banco de colectores tiene una válvula de corte que se abre una por una para llenar un banco.
- Se llena un banco y hasta entonces, se abre la válvula del siguiente.
- Esto se repite por el número total de bancos.
- Lo anterior, permite ir revisando las fugas que puedan presentarse en las conexiones, las válvulas liberadoras, las válvulas de purga e incluso, en los colectores.

#### **3.2.1.2 Protocolo general de corrección de fugas**

1. Cerrar las líneas de carga y descarga del sistema
2. Desconectar la tuerca unión más cercana
3. Reparar la fuga
4. Volver a presurizar por bloques permitiendo la purga del sistema
5. Analizar que no haya más fugas.

### **3.2.2 Abrir las llaves de purga en el campo de colectores.**

- Cuando la válvula de llenado está abierta y llena todo el campo de colectores, la válvula de purga comienza a tirar agua, desplazando todo el aire contenido en las líneas.
- Esto permite purgar de aire todos los serpentines de los colectores, así como la tubería de llenado.



Figura 97: Llave de purga

### **3.2.3 Revisar físicamente ausencia de fugas en las conexiones del sistema de bombeo, tuberías y campo de colectores**

- Es muy importante revisar cada colector para encontrar fugas internas. Las de la bomba y de la tubería se notan muy rápido y se deben corregir de inmediato.

### 3.2.4 Corroborar que la soportería no esté desprendida o floja al moverla.

- La soportería a la pared permite alinear y dar estética a la instalación hidráulica.
- La soportería vertical se prueba con presión y tensión repetidamente (jalando y empujando).
- Si se desprende o se mueve demasiado, debe corregirse.



Figura 98: Soportería a la pared



Figura 99: Soportería Vertical

### 3.2.5 Revisar que las válvulas eliminadoras de aire y las válvulas de seccionamiento funcionen al accionarlas

- Las válvulas liberadoras de aire no suelen probarse, solo escuchar la salida del aire para después observar que no tiren agua.
- Las válvulas de seccionamiento ya fueron probadas al momento de abrirlas para llenar los bancos. Para probar que cierren, basta con abrir la llave de purga del banco completo y cerrar la de llenado, si deja de salir agua, la válvula funciona correctamente.
- Las válvulas de alivio de presión se prueban moviendo su pivote para observar que saque agua y que se selle completamente al cerrarse por medio de su resorte interno.

## 3.3 Verificar el funcionamiento de los componentes eléctricos del sistema

### 3.3.1 Verificar que el plano de bornes esté conectado en la polaridad que corresponde conforme al manual del fabricante.

- El plano de bornes debe considerarse en conjunto con el manual del control diferencial.

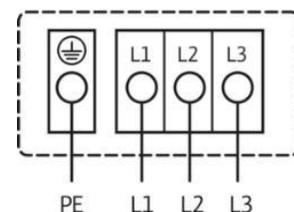


Figura 100: Plano de bornes

### 3.3.2 Programar en el control automático, los parámetros de arranque y paro, de acuerdo con el proyecto.

- Programar el control diferencial se hace con base en los valores de referencia del proyecto.
  - La programación suele ser muy sencilla y se debe usarse el manual del equipo



1	Tecla modo de Bomba
2	Tecla modo de Apoyo
3	Tecla Reloj
4	Tecla Disminuye
5	Tecla Set
6	Tecla Aumenta
7	Indicación de modo de operación de la bomba
8	Indicación del modo de operación del apoyo
9	Señalización del controlador
10	Representación del sistema de calentamiento solar
11	Dígito del display inferior
12	Dígitos del display superior

Figura 101:Diagrama de dispositivo de control

#### 3.3.2.1 Protección anticongelamiento:

- La función anticongelamiento se puede programar en el control diferencial o se puede sustituir ésta función con una válvula anticongelamiento mecánica por cada 3 – 5 colectores.



Figura 102: Válvula anticongelamiento

### 3.3.3 Revisar la lectura de temperatura en el control automático

Se deberá revisar la temperatura en los controles.



Figura 103: Temperatura en el tablero de control

### 3.3.4 Hacer pruebas en el arrancador, pasando de manual a automático para el arranque de la bomba.

En un control diferencial típico, podemos encontrar un botón con tres posiciones: Off, Auto y On; si se pasa de Auto a On, es el equivalente a encender y apagar la bomba para probar la circulación forzada de la bomba.



Figura 104: Control diferencial USDT-2005 con tres posiciones: Off, Auto y On.

### 3.3.5 Set point

El set point se refiere a los parámetros de arranque de la bomba.

Si el termómetro del termotanque no entrega una lectura cercana a la que fue definida como set point del control diferencial, se deben hacer pruebas de funcionamiento y derivar la razón de por qué no se llega a la temperatura solicitada.

La razón puede ser el clima, los hábitos de consumo, necesidad de purga en la línea, fugas, entre otras.

### **3.4 Medir amperaje en la bomba**

**3.4.1 Tomar las lecturas de amperaje en cada fase de la bomba con carga, con el amperímetro de gancho.**

**3.4.2 Registrar el amperaje que indica la placa del equipo contra las lecturas tomadas.**



**Figura 105: Lectura con amperímetro de gancho**

**3.4.3 Realizando prueba de giro y sentido de la bomba conforme al manual del fabricante.**

La prueba de giro es muy sencilla:

- Se desacopla la conexión de carga de agua de la bomba y se conecta el sistema, si el giro de la bomba es correcto, lanzará agua en la dirección vertical.
- De lo contrario, hay que cambiar los cables de polaridad.

**3.4.4 Apagar inmediatamente el sistema si el amperaje está fuera de los rangos establecidos.**

- Este punto es bastante claro para todo instalador, con riesgo de que se queme la bomba.

**3.4.5 Reportar las fallas en la bomba al responsable de obra y en bitácora.**

- Es muy importante que el instalador anote todos los incidentes dentro de su bitácora, para observar mejoras en todo el proceso.

**3.4.6 Reportar la falla conforme a las indicaciones del responsable de obra.**

- El responsable de obra es quien debe comentar con el instalador sobre a quién reportarle cualquier incidente. NO LO DEBE HACER EL INSTALADOR SIN APROBACIÓN PREVIA.

### **3.5 Listado de materiales y herramientas entregados**

#### **3.5.1 Incluir cantidad de materiales sobrantes y clasificados de acuerdo a su tipo.**

- Esta actividad se vuelve muy sencilla cuando ya se tenía un inventario de materiales y herramientas previo a su evaluación.

#### **3.5.2 Indicar la cantidad de herramienta devuelta al responsable de obra.**

- También se vuelve muy sencillo por medio del inventario de la caja básica de herramienta.
- Este inventario se corrobora con la herramienta de salida, y se le agrega la herramienta especial.

### **3.6 Reporte de puesta en marcha del SCSACF**

#### **3.6.1 Incluir mediciones de todos los componentes de instrumentación.**

- Presión del manómetro del termostanque
- Presión del manómetro de las líneas de colectores
- Temperatura del termómetro del termostanque
- Temperatura del termómetro de las líneas
- Valores de punto inicial del control diferencial.

#### **3.6.2 Incluir en el reporte comentarios, observaciones, fugas de agua detectadas y corregidas por parte del instalador.**

- Si se reporta cada incidente diario durante la instalación, también se contará con el avance en las reparaciones.

#### **3.6.3 Incluir las lecturas de la instrumentación para cada período de tiempo determinado en el procedimiento de pruebas de la empresa.**

- El periodo de prueba puede ser de 15 min o según lo establezca el protocolo de su empresa.
- Al menos dos mediciones: temperatura y presión del termostanque.

#### **3.6.4 Incluir nombre, firma del instalador y fecha de la puesta en marcha.**

- Elementos muy importantes.
- También deberá poner el número de certificación del EC0473 cuando sea declarado competente.

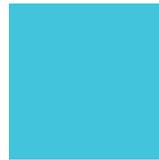
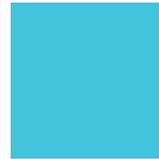
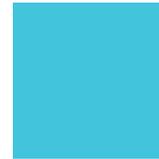
### **3.6.5 Procedimiento para resolver un desperfecto del sistema como Situación Emergente.**

Si se presenta una fuga o desperfecto en el equipo termosolar o en el sistema de respaldo:

- Parar el sistema
- Cerrar llaves de seccionamiento
- Protocolo de reparaciones
- Reportar al responsable
- Registro en bitácora

## **Bibliografía**

- Estándar de Competencia Laboral EC0473 “EC0473 Instalación del Sistema de Calentamiento Solar de Agua por Circulación Forzada con Termotanque”.  
<http://www.conocer.gob.mx/index.php/estandaresdecompetencia>
- Norma NMX-E-224.
- Norma NMX-E-226.
- Norma ASTM F-441
- Norma UNE EN 1057



© Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn/Alemania  
[www.giz.de](http://www.giz.de)

- Cooperación Alemana al Desarrollo -

Agencia de la GIZ en México  
Torre Hemicor, PH  
Av. Insurgentes Sur No. 826  
Col. del Valle  
C.P. 03100, México, D.F.  
T +52 55 55 36 23 44  
F +52 55 55 36 23 44  
E [giz-mexiko@giz.de](mailto:giz-mexiko@giz.de)  
I [www.giz.de/mexico](http://www.giz.de/mexico)